2019

Algas

Estudio de la presencia de metales pesados y yodo en algas destinadas al consumo humano. Evaluación del riesgo asociado y su contribución a la dieta total

Salut/Agència Catalana de Seguretat Alimentària

Generalitat de Catalunya
Departament de Salut

Dirección:
Carme Chacón Villanueva
Agencia de Salud Pública de Cataluña

Autores:
Isabel Timoner Alonso, Jaume Bosch Collet, Victòria Castell Garralda
Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

Sonia Abuin, Josep Calderón
Servicio de Química
Laboratorio de la Agencia de Salud Pública de Barcelona

Diseño: Vincent Agència

Algunos derechos reservados
© 2020, Generalidad de Catalunya. Departamento de Salud

Los contenidos de esta obra están sujetos a una licencia de Reconocimeinto-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 de Creative Commons.

Esta licencia no incluye las fotografías de la cubierta. Derechos gestionados por los respectivos bancos de imágenes: Unsplash, Pixabay i Freepik.

Edición:
Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

1a. edición:
Barcelona, octubre de 2020

Asesoramiento lingüístico:
Servicio de Planificación Lingüística del Departamento de Salud

URL:
Estudios de dieta de la web de ACSA

Sumario

Palabras clave: Alga, metal pesado, yodo, ingesta, evaluación del riesgo, dieta total

La Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA) presenta un estudio sobre la presencia de yodo y metales pesados en algas, una evaluación de los riesgos asociados a su ingesta y su incidencia en la dieta total de la población de Cataluña.

Aparte del yodo, se ha analizado arsénico total e inorgánico, cadmio, plomo, mercurio total y metilmercurio en 10 tipos diferentes de macroalgas que se comercializan en Cataluña. La mayoría de especies de algas estudiadas presentan niveles elevados de yodo y metales pesados, pero destacan las elevadas concentraciones de yodo en el alga kombu (*Laminaria* spp.) (medía 3969,8 mg/kg) y de arsénico inorgánico en el alga hijiki (*Hizikia fusiforme*) (medía 85,7 mg/kg) y la concentración baja de mercurio total y la no detección de metilmercurio en ninguna de las muestras recogidas.

Para la estimación de la ingesta se han planteado 6 escenarios generales para cada alga, con consumos que van de 15 gramos al día a 6 gramos al mes (0,2 gramos al día) y 3 escenarios específicos para tener en cuenta las recomendaciones de consumo o usos culinarios de las algas kombu, hijiki y nori (*Porphyra* spp.*)*. Los intervalos de exposición dietética de la población según los escenarios generales planteados y las concentraciones medías serían: yodo (0,01mg/día-59,6 mg/día), arsénico inorgánico (0,0001 µg/kg pc·día-18,4 µg/kg pc·día), cadmio (0,0002 µg/kg pc·semana-5,1 µg/kg pc·semana), plomo (0,0002 µg/kg pc·día-0,201 µg/kg pc·día) y mercurio (0,0001 µg/kg pc·semana-0,0465 µg/kg pc·semana).

La evaluación del riesgo se ha llevado a cabo, para cada contaminante, a partir de la relación entre las ingestas estimadas para cada alga y los valores de referencia que establecen su ingesta adecuada o segura. Se han detectado posibles situaciones de riesgo asociadas a la ingesta de arsénico inorgánico por el consumo de hijiki, en la ingesta de yodo por consumo de kombu y por el consumo del resto de algas por parte de la población vulnerable al yodo, ya que la dieta total de la población catalana ya aporta las cantidades adecuadas. Para el resto de algas, debido a la ingesta de cadmio y plomo en la dieta total y a la especial vulnerabilidad de la población joven, se ha detectado cierto riesgo en la población menor de 10 años y mujeres gestantes en el supuesto de que hagan un consumo habitual de algas.

Abstract

Keywords: Seaweed, heavy metal, iodine, intake, risk assessment, total diet

The Food Safety Catalan Agency (ACSA) presents a study regarding the levels of iodine and heavy metals at seaweeds, an appraisal of the risk associated with their intake and their incidence on the total diet of the Catalan population.

Apart from the iodine, total and inorganic arsenic, cadmium, lead, total mercury and methyl mercury have been analysed in 10 distinct types of seaweed that are commercialised in Catalonia.

Most of the seaweed species that have been studied present high levels of iodine and heavy metals, excelling the overhead concentrations of iodine at the kombu seaweed (*Laminaria* spp.)(mean 3969,8 mg/kg) and of inorganic arsenic at the hijiki seaweed (*Hizikia fusiforme*)(mean 85,7 mg/kg), as well as the low concentration of total mercury and no detection of methyl mercury at any of the collected samples.

In order to estimate the intake, we have posed 6 general scenarios for each seaweed, each one with consumptions that range from 15 grams by the day to 6 grams by the month (0,2 grams by the day), along with 3 specific scenarios to consider the recommendations of consumption or culinary uses of kombu, hijiki and nori seaweeds (*Porphyra* spp.). According to the posed general scenarios, the range of dietary exposures of the population and the mean concentrations would be the following: iodine (0,01 mg/day-59,6 mg/day), inorganic arsenic (0,0001 µg/kg pc·day-18,4 µg/kg pc·day), cadmium (0,0002 µg/kg pc·week-5,1 µg/kg pc·week), lead (0,0002 µg/kg pc·day-0,201 µg/kg pc·day) and mercury (0,0001 µg/kg pc·week-0,0465 µg/kg pc·week).

The appraisal of the risk has been carried out, for each pollutant, from the ratio between the estimated intakes for each seaweed and the values of reference that establish their adequate or safe intake. Some of the risks that have been detected are associated with the intake of inorganic arsenic due to the consumption of hijiki as well as with the intake of iodine from the consumption of kombu; arising other risk from the consumption of any other seaweed by the population vulnerable to iodine, since the total diet of the Catalan population already contributes with the adequate intake. As for the rest of the seaweeds, and due to the intake of cadmium and lead in the total diet and to the special vulnerability of the young population, some risk has been detected among the population under 10 years of age and pregnant women, supposing they make an habitual consumption of seaweeds.

Abreviaturas y acrónimos

ACSA - Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

AESAN - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición

AFSSA - Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

ANSES -Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

AI - Adequate Intake- Ingesta Adequada- Es el valor que se establece cuando no existen datos suficientes para calcular la necesidad media para un nutriente. Una AI es el nivel medio de ingesta de un nutriente que se considera adecuado sobre la base de observaciones o experimentos.

BfR - Bundesinstitut für Risikobewertung

BMDL $_{01, 10}$ – Benchmark Dose Level- Límite inferior del intervalo de dosis que produce un cambio predeterminado (01=1%, 10=10%) en el índice de respuesta de un efecto adverso.

CEVA – Centre d'Étude et de Valorisation des Algues

CFS – Center for Food Safety Hong Kong

EFSA – European Food Safety Authority

FSAI – Food Safety Authority of Ireland

FSANZ – Food Standard Australia New Zealand

g/día – gramos per día. Unidad de medida de ingesta

g/semana – gramos por semana. Unidad de medida de ingesta

g/mes - gramos por mes. Unidad de medida de ingesta

ICP-MS – Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry- Espectrometría de masas por plasma de acoplamiento inductivo.

IST – Ingesta Semanal Tolerable. Es una estimación de la cantidad de una sustancia que se puede ingerir semanalmente durante toda la vida sin riesgo para la salud.

m/z - Mass-to-charge ratio -Relación masa carga

mg/día – milígramos por día. Unidad de medida de ingesta

mg/kg – milígramos por kilogramo. Unidad de medida de concentración

µg/día – microgramos por día. Unidad de medida de ingesta

µg/kg pc · día – microgramos por kilogramos de peso corporal y día. Unidad de medida de ingesta

µg/kg · día- µg/kg pc·día, reducido en gráficos y tablas

µg/kg pc · semana – microgramos por kilogramos de peso corporal y semana. Unidad de medida de ingesta

µg/kg · semana - µg/kg pc·semana, reducido en gráficos y tablas

MoE – Margin of Exposure- Margen de Exposición. Es la relación entre un punto de referencia toxicológico (NOAEL, BMDL) y el nivel de exposición o ingesta estimada.

UL - Tolerable Upper Intake Level - Nivel máximo de ingesta tolerable. Nivel máximo de ingesta crónica diaria con pocas probabilidades de tener efectos adversos sobre la salud humana.

Índice

1. Introducción 9

2. Objetivos 10

3. Algas de consumo humano 11

3.1 Algas de consumo humano en la UE 12

3.2 Requisitos de seguridad alimentaria. Legislación 15

4. Materiales y métodos 16

4.1 Selección de algas analizadas 16

4.2 Selección de contaminantes 18

4.3 Preparación de muestras y métodos de análisis 18

4.4 Consideraciones generales para la evaluación del riesgo 20

4.5 Estimación de la ingesta diaria de un contaminante 20

5. Resultados 21

6. Datos de consumo de algas 24

7. Valores de seguridad 25

8. Yodo 27

8.1. Exposición dietética y evaluación del riesgo 28

8.2. Contribución de las algas a la exposición dietética total de yodo de la población de Cataluña 30

8.3. Consideraciones de la evaluación del riesgo respecto al yodo 31

8.4. Límites legales y recomendaciones de otros organismos 32

9. Arsénico 34

9.1 Exposición dietética y evaluación del riesgo del arsénico inorgánico 35

9.2 Evaluación del riesgo de arsénico inorgánico 37

9.3 Límites legales y recomendaciones de otros organismos 37

10. Cadmio 39

10.1 Exposición dietética y evaluación del riesgo del cadmio 39

10.2 Evaluación del riesgo del cadmio 42

10.3 Límites legales y recomendaciones de otros organismos 42

11. Plomo 43

11.1 Exposición dietética, evaluación del riesgo y recomendaciones para el plomo 43

11.2 Límites legales y recomendaciones de otros organismos 45

12. Mercurio 45

12.1 Exposición dietética, evaluación de riesgos y recomendaciones para el mercurio 46

12.2 Límites legales y recomendaciones de otros organismos 47

13. Conclusiones generales y recomendaciones 48

14. Bibliografia 50

1 Introducción

Las algas marinas son un recurso importante del océano y han sido explotadas y utilizadas en la alimentación humana desde la antigüedad, especialmente en China, la Península de Corea y Japón, debido a su alto valor nutricional y alto contenido de vitaminas y minerales.

En Europa, las algas se han utilizado principalmente para la extracción de ficocoloides, que se utilizan como agentes gelificantes, espesantes y estabilizantes en multitud de aplicaciones en la industria alimentaria, en artículos de cosmética y uso de higiene personal, del hogar y productos biomédicos.

Actualmente, la globalización y la innovación tecnológica han favorecido que este producto se valorice y, poco a poco, su consumo se introduzca en la dieta europea y en la alimentación animal. Aunque su consumo es bajo comparado con los países asiáticos.

Actualmente, podemos encontrar una amplia variedad de algas para uso alimentario, tanto secas como frescas, en casi todas las partes del mundo. Por lo tanto, la contribución de las algas a las pautas de consumo de los europeos es cada vez más importante.

Las algas marinas se caracterizan por absorber y acumular minerales y metales presentes al agua que las baña. Dependiendo del mineral, la especie en cuestión y las condiciones ambientales el factor de bioacumulación puede ser mayor o menor.

La literatura científica muestra que debido a esta capacidad de unirse a ciertos minerales y elementos, y bioacumularlos, pueden contener cantidades significativas de arsénico, cadmio, plomo, mercurio y yodo, por lo que su consumo puede representar un factor de riesgo para la salud.

Diferentes estudios han puesto de relieve concentraciones significativas de arsénico, cadmio, yodo, plomo y mercurio en diferentes especies de algas marinas (arsénico (Almela [et al.], 2002), (Rose [et al.], 2007) y yodo (SCF 2002).

El objetivo de este estudio es recopilar datos actuales sobre los niveles de metales pesados y yodo en algas marinas de consumo humano comercializadas durante el año 2018 en Cataluña y estimar la exposición dietética de metales pesados (arsénico total, arsénico inorgánico, cadmio, mercurio total, metilmercurio y plomo) y yodo asociada al consumo de algas de la población de Cataluña, además de evaluar los posibles riesgos para la salud.

2 Objetivos

El estudio se centra en macroalgas marinas de consumo humano comercializadas a establecimientos minoristas de Cataluña.

Los objetivos específicos de este estudio son:

- Analizar las concentraciones de metales pesados y yodo en algas de uso alimentario comercializadas en Cataluña en el año 2018.
- Estimar la exposición dietética al yodo y a los metales pesados por el consumo de algas.
- Evaluar los riesgos para la salud asociados a la exposición por el consumo de algas.
- Estimar la contribución de la ingesta de algas en la exposición dietética de la población catalana de los contaminantes estudiados.

3 Algas de consumo humano

Las algas comprenden una gran familia botánica que incluye microalgas (también llamadas fitoplancton, microfitos, algas planctónicas) y macroalgas (generalmente conocidas como algas).

En este estudio nos hemos centrado en las macroalgas, que son un grupo heterogéneo de organismos fotosintéticos similares a las plantas, pero carentes de órganos verdaderos y sistema vascular. Son organismos multicelulares que normalmente se reconocen a simple vista y que generalmente se fijan en las rocas u otros sustratos duros de la zona costera en alguna fase de su ciclo vital. La mayoría de las macroalgues son marinas, pero también hay especies de agua dulce

Evolutivamente, las algas se clasifican en tres grandes grupos dependiendo de su color: algas rojas o rodófitos, algas marrones o feófitos y algas verdes o clorófitos, solo estos últimos están relacionados con plantas vasculares terrestres.

Estos tres grupos tienen historias evolutivas muy diferentes y muestran características ultra estructurales y bioquímicas específicas. Los tres grupos de macroalgas difieren en el tipo de pigmentos fotosintéticos, sustancias de reserva y la estructura y composición de la pared celular. Esto los hace muy diferentes desde el punto de vista nutricional.

Las algas rojas (*Rhodophyta*) tienen una pared celular formada por polisacáridos, como la agarosa, y diferentes carragenatos, así como celulosa. Presentan clorofila A y D, y se caracterizan por la ausencia de almidón en los cloroplastos. Este grupo de algas, donde encontramos la dulse (*Palmaria palmata*) y nori (*Porphyra* spp. y *Pyropia* spp.), se utilizan principalmente en el sector alimentario y farmacéutico, por ejemplo, para la producción de agar-agar, una sustancia gelatinosa que se utiliza en el medio de cultivo de bacterias y hongos, como estabilizador de ciertos alimentos comestibles o para producir gelatinas.

Las algas marrones o grises (*Phaenophyceae*) tienen una pared formada por alginatos, fucanos, azufre y celulosa. Las feofíceas presentan clorofila A i C, además de la fucoxantina (pigmento responsable de su coloración). Se encuentran principalmente en zonas boreales y frías, aunque en el Mediterráneo también se pueden encontrar. Pueden convertirse en grandes algas creando bosques submarinos como es el caso de las laminarias, algas típicas que encontraríamos en las playas gallegas cuando baja la marea. Muchas de ellas son comestibles,

por ejemplo, *Undaria pinnatifida* (wakame) o *Laminaria* spp. (kombu). De las algas marrones se extraen los alginatos, un aditivo alimentario muy utilizado.

Las algas verdes (*Chlorophyta*) tienen una pared celular formada por celulosa y pectina. Presentan clorofila A y B en la misma proporción que las plantas, y almidón en los cloroplastos. Muestran características similares a las plantas terrestres, por lo que muchas personas las confunden con las plantas. En este grupo encontramos la lechuga del mar (*Ulva lactuca*).

3.1 Algas de consumo humano en la UE

Se estima que actualmente se utilizan entre 150 y 200 especies de macroalgas para el consumo humano en todo el mundo.

Más de 70 especies han sido descritas en la dieta china, pero sólo una selección de ellas es reconocida para su uso para el consumo humano en la UE o en alguno de sus estados miembros. En Europa no existe una regulación específica de las algas aprobadas para el consumo humano y su uso en el sector alimentario en la Unión Europea está directamente relacionado con la regulación de nuevos alimentos. Sin embargo, las principales algas comercializadas en Europa están reconocidas, ya que se consumían en un grado significativo antes del 15 de mayo de 1997. Así pues, su acceso al mercado no está sujeto al Reglamento 2015/2283 sobre nuevos alimentos (anteriormente Reglamento (CE) No 258/97).

Para saber si una especie de alga tiene reconocido su uso para el consumo humano en la UE es necesario consultar, por el nombre científico, su situación en el catálogo de nuevos alimentos de la Comisión Europea y la lista de nuevos alimentos de la UE.

Se debe tener presente que los nombres comerciales no están estandarizados, lo cual genera una notable confusión. Así, algaebase (https://www.algaebase.org/) denomina Royal kombu a *Laminaria japonica*, mientras que la Agencia Francesa para la Seguridad y Salud Alimentaria, Ambiental y Ocupacional (ANSES) y el Centre d'Étude et de Valorisation des Algues de Francia (CEVA) emplean la denominación *kombu royal* para denominar a *Saccharina latissima*.

Por otro lado, también debe tenerse en cuenta que la denominación comercial kombu se usa para denominar un amplio abanico de otras especies de algas laminariales.

La tabla 1 muestra las principales algas de uso alimentaria e indica las algas que están reconocidas para su uso en alimentación.

Tabla 1. Principales algas de uso alimentario y su situación en la UE

Nombre científico	Nombre común	Algas aceptadas como alimento en la UE
Fucus vesiculosus	Fucus	x
Himanthalia elongata	Espagueti de mar	x
Undaria pinnatifida	Wakame	x
Laminaria digitata	Kombu	x
Laminaria saccharina (Saccharina latissima)	Kombu de azúcar, kelp de azúcar nom comercial Kombu royal	x
Laminaria japonica (Saccharina japonica)	Kombu, kombu japonés nombre comercial kombu royal	x
Alaria esculenta	Wakame atlántico o kelp	x
Hizikia /Sargassum fusiforme	Hiziki, hijiki	x
Durvillaea antarctica	Cochayuyo	
Palmaria palmata	Dulse	x
Porphyra spp. Pyropia spp.	Nori	x
Chondrus crispus	Musgo de Irlanda	x
Mastocarpus stellatus	Falso musgo de Irlanda	
Gracilaria verrucosa		x
Lithothamnium calcareum		x
Ulva lactuca	Lechuga de mar	x

Nombre científico	Nombre común	Algas aceptadas como alimento en la UE
Enteromorpha spp.		x
Chlorella spp.	Microalga	x
Codium spp.		
Spirulina spp.	Cianobacteri	x
Odontella aurita	Díatomea	

Entre las principales algas de uso alimentario comercializadas en Europa se encuentran macroalgas, como las feofíceas o algas marrones *Saccharina japonica* i *S. latissima* (anteriormente llamada *Laminaria japonica*, conocida como kombu o kelp japonés , y *L. saccharina*, conocida como kombu, laminaria o kelp de azúcar (sugar kelp), que se cultiva principalmente en China y Japón, aunque Galicia también ha introducido el cultivo de kombu; *Undaria Pinnatifida*, conocida como wakame, se cultiva en Japón, Corea, China, la Bretaña francesa y Galicia; *Hizikia fusiforme* de Japón; algas rojas como varias especies de *Porphyra/Pyropia*, conocidas como el nombre vulgar de nori, procedentes principalmente de China, Japón y Corea; algas verdes como *Ulva lactuca* (lechuga de mar), *Himanthalia elongata* (espagueti de mar) o el musgo de Irlanda(*Chondrus cispus)* que a pesar de no tener un gran peso en el comercio global se comercializan en España procedentes de las costas de Galicia, Cádiz o Francia; y microalgas como *Chlorella* o la cianobacteria espirulina (*Arthrospira*) que se utilizan en la elaboración de complementos alimentarios o como un ingrediente.

Francia ha sido el primer país de la Unión Europea que ha establecido un reglamento específico sobre el uso de algas marinas para el consumo humano y ha publicado una compilación con la lista de macroalgas, microalgas y plantas halófilas susceptibles de ser consumidas en Francia.

3.2 Requisitos de seguridad alimentaria. Legislación

Uno de los principales riesgos del consumo de algas es la posibilidad de que se acumulen sustancias tóxicas como metales pesados, plaguicidas, bifenilos policlorados (PCB) o hidrocarburos.

En Europa, las algas marinas que se encuentran en el mercado deben cumplir el requisito básico de la legislación alimentaria, establecido por el Reglamento (CE) No. 178/2002, que determina que sólo se comercializaran alimentos seguros que no supongan un riesgo para la salud. En lo que respecta a los contaminantes, el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión, que establece el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, sólo establece el contenido máximo legal de cadmio en las algas marinas utilizadas como complementos alimenticios.

Debido a la falta de una norma española o europea que regule específicamente el contenido de metales pesados y yodo en las algas se suele hacer referencia a los criterios establecidos en las recomendaciones de la Agencia Francesa de Seguridad Alimentaria (AFSSA).

Tabla 2. Valores máximos recomendados en Francia por AFSSA

Elemento	Contenido máximo (mg/kg de peso seco de alga)
Arsénico mineral	3
Cadmio	0,5
Mercurio	0,1
Plomo	5
Yodo	2000

El incremento del consumo de algas entre los consumidores de la UE y su capacidad de acumular determinados compuestos químicos llevaron a la Comisión Europea a publicar la Recomendación (UE) 2018/464, de la Comisión, de 19 de marzo de 2018, relativa al control de metales y yodo en las algas marinas, plantas halófilas y productos a base de algas marinas con el fin de obtener datos de la presencia de estos contaminantes en las algas para poder tomar decisiones respecto al establecimiento de medidas de gestión, cómo establecer límites máximos o recomendaciones de consumo.

4 Materiales y métodos

4.1 Selección de algas analizadas

Se seleccionaron macroalgas de consumo humano comercializadas en Cataluña que se obtuvieron en establecimientos comerciales de Cataluña en 2018.

La selección de algas se tuvo en cuenta la Recomendación (UE) 2018/464, de la Comisión, de 19 de marzo de 2018, sobre el control de metales y yodo en las algas marinas, plantas halófilas y productos marinos a base de algas.

El origen de las algas era preferentemente nacional, pero incluyo todos los productos comercializados en Cataluña. Algunas de las muestras adquiridas a los establecimientos minoristas de Cataluña son especies originarías de terceros países.

Se han recogido un total de 35 muestras de macroalgas marinas comercializadas y consumidas en Cataluña, que incluyen, según su nombre comercial, los siguientes tipos de algas: lechuga de mar (*Ulva spp*.), Cochayuyo (*Durvillaea antartica*), espagueti de mar (*Himanthalia elongata*), hiziki (*Hizikia fusiforme*), kombu, que agrupa bajo este nombre comercial diferentes especies del genero *Laminaria)*, wakame (*Undaria pinnatifida*), agar agar (*Gelydium* spp.), dulse (*Palmaria palmata*), nori o laver púrpura (*Porphyra* y *Pyropia spp*.), musgo de Irlanda (*Chondrus crispus*) y musgo de mar (*mezcla de Chondrus crispus / Mastocarpus stellatus*).

Las muestras comercializadas con el nombre comercial de kombu agrupan muestras de algas de diferentes especies y orígenes, que en algunos casos están bien identificadas, con el nombre científico completo, pero que en la mayoría de casos solo están identificadas en la etiqueta del alimento como *Laminaria spp*.

Entre las muestras identificadas por el nombre científico podemos diferenciar el kombu atlántico (*Laminaría orchroleuca*) que corresponden a muestras de origen español (Galicia) y la *Laminaría longuissima* correspondiente a muestras de kombu de Japón. El resto de muestras de kombu están identificadas como *Laminaria spp*. y corresponden a muestras de diferentes origen chino, coreano, japonés y español.

Las muestras de wakame (*Undaria pinnatifida*) son de origen europeo (Galicia), excepto una muestra de Corea.

Las muestras de nori (*Porphyra* y *Pyropia spp*.) son mayoritariamente de países asiáticos, China, Japón y Corea del sur y solo una muestra corresponde en el Atlántico suroeste.

El cochayuyo (*Durvillaea antartica*) es originaría de Chile y el alga hiziki (*Hizikia fusiforme*) de Japón. Todas las muestras de agar agar son originarias de China.

El resto de muestras de algas son todas de origen europeo, España (Galicia), Francia o Irlanda.

Tabla 3. Especies y número de algas muestreadas. En color verde aparecen agrupadas las algas clorofitas, en marrón las feofitas y en rojo las rodofitas

Nombre común y presentación	Nombre científico	Muestras
Lechuga de mar	*Ulva spp.*	2
Cochayuyo deshidratada	*Durvillaea antartica*	1
Espagueti de mar	*Himanthalia elongata*	2
Hiziki	*Hizikia fusiforme Sargassum fusiforme*	2
Kombu deshidratada	*Laminaria spp.* *Laminaria ochroleuca* *Laminaria longuissima*	10
Wakame deshidratada	*Undaria pinnatifida*	4
Wakame natural	*Undaria pinnatifida*	2
Agar agar	*Gelydium spp*	2
Dulse	*Palmaria palmata*	2
Nori en copos deshidratados	*Porphyra o Pyropa*	1

Nombre común y presentación	Nombre científico	Muestras
Nori en hojas deshidratadas	*Porphyra o Pyropa*	4
Musgo de Irlanda	*Chondrus crispus*	1
Musgo de mar	*Chondrus crispus/Mastocarpus stellatus*	2
Total algas		35

4.2 Selección de contaminantes

Los contaminantes químicos analizados en este estudio de dieta total fueron: yodo (I), arsénico total (As), arsénico inorgánico (InAs), cadmio (Cd), mercurio total (Hg), metilmercurio (MeHg) y plomo (Pb).

4.3 Preparación de muestras y métodos de análisis

Para el tratamiento de la muestra para el análisis de arsénico total, cadmio, plomo y mercurio total se añadieron, a 0,5 gramos de muestra, 9 ml de HNO_3 diluidos 1/3 y 0,5 ml de H_2O_2. Posteriormente, se llevó a cabo una digestión de microondas hasta una temperatura final de 200 °C durante un tiempo total de 40 minutos de programa. Finalmente, se añadió agua purificada a los extractos hasta un volumen final de 30 ml. Fueron analizados por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS con célula de colisión).

Para el tratamiento de muestras para el análisis de yodo se añadieron, a 0,2 g de muestra, 1,25 ml de hidróxido de tetrametilamonio al 25% y 8 ml de agua purificada. Posteriormente, se llevó a cabo una digestión de microondas hasta una temperatura final de 200 °C durante un tiempo total de 40 minutos de programa. Finalmente, se añadió agua purificada a los extractos hasta un volumen final de 100 ml. El extracto se diluyó, entre 1/2-1/10, antes de la inyección en el ICP-MS. Se utilizo una espectrometría de masas (ICP-MS con célula de colisión), midiendo el ion 127 m/z para el yodo.

El procedimiento para el arsénico inorgánico, tanto el método de extracción como el método HPLC-ICP-MS, se basa en un estudio preliminar (Llorente-Mirandes [et al.], 2012). Para algunos tipos de algas marinas, como algas frescas

wakame, hiziki, lechuga marina y agar agar, utilizamos 0,25 g de muestra y 10 ml de una solución ácido-oxidante (0,2% ácido nítrico p/v + peróxido de hidrógeno 1% p/v). La extracción de la muestra dura una hora hasta una temperatura final de 95 °C. El arsénico inorgánico se determinó por medio de un cromatógrafo líquido (columna Hamilton PRP-X100 de 150 mm x 4,1 mm, circuito de inyección de 125 µL y flujo de 1 ml/min de $NH_4H_2PO_4$ 26 mm pH = 6.2) acoplado al ICP-MS (medida del ion 75 m/z para arsénico). Para otros tipos de algas, como nori, fucus y kombu, después de la extracción de microondas, el método continúa con una limpieza adicional con un cartucho SPE. Por lo tanto, en 5 ml del extracto de microondas, se añaden 5 ml de agua purificada y 1,2 ml de NaOH 0,1 M. El pH se ajusta entre 6,0-7,0. Posteriormente, se vierte sobre un cartucho acondicionado "Strata SAIX" (base de sílice; 6 ml, 500 mg, 55 m). Se lava con 3 ml de ácido acético 0,5 M y se elude con 5 ml de ácido nítrico 0,5 M. 5 ml de agua se añade al extracto eluido. El arsénico inorgánico se determina en esta solución final mediante un cromatógrafo líquido acoplado al ICP-MS como se ha descrito anteriormente.

El metilmercurio se analizó únicamente en muestras con niveles detectables de mercurio, por encima de 10 µg/kg de mercurio total. La preparación de las muestras para la determinación del metilmercurio se llevó a cabo mediante una extracción de muestras con tolueno y retroextracción de cisteína y la detección se llevó a cabo con un analizador de mercurio computarizado), tal como se describe en el método CEN/TC/275 (EU IRMM IMEP-115 "Metilmercurio en cáscara"):

- Pesar 0,7 g-0,8 g de muestra (o 0,2 g en el caso de muestras liofilizadas, más 0,5 ml de agua purificada) en un tubo centrífugo de 50 ml, añadir 10 ml de ácido bromhídrico y agitarlo a mano, añadir 20 ml de tolueno y agitarlo vigorosamente (por ejemplo, con vórtice) durante al menos 2 minutos. Centrifugar durante 10 minutos a 3000 rpm. Tomar aproximadamente 15 ml de la fase orgánica anterior y colocarlo en un tubo centrífugo de 50 ml con 6,0 ml de la solución de L-cisteína al 1% (P/V). Añadir 15 ml de tolueno en el tubo centrífugo inicial (que todavía contiene la fase del ácido bromhídrico) y repetir una segunda extracción con la fase orgánica. Después de la centrifugación, tomar la fase orgánica superior restante y colocarlo en el tubo centrífugo de 50 ml con la solución de L-cisteína. Agitar vigorosamente durante al menos 2 minutos y centrifugarlo durante 10 minutos a 3000 rpm. Con la pipeta de vidrio Pasteur, tomar un total de 2-3 ml de la fase inferior con L-cisteína (que ya contiene el mercurio orgánico extraído) y colocarlo en un vial para cromatografía. Inserte el vial en el analizador automático adecuadamente programado.

El control de calidad/garantía de calidad (QC/QA) del método analítico se garantizó mediante el análisis de patrones y espacios en blanco de cada lote de muestras, así como de muestras enriquecidas y materiales de referencia (de varias pruebas de competencia interlaboratorio de FAPAS). Todos los métodos están acreditados bajo la norma ISO 17025.

4.4 Consideraciones generales para la evaluación del riesgo

Para la evaluación, se plantea el escenario más conservador, por lo tanto:

- Se considera que los contaminantes estudiados tienen una biodisponibilidad del 100%.
- No se tienen en cuenta los efectos culinarios y de conservación en la concentración de contaminantes.
- En caso de no detectado se considera que la concentración es el límite de detección analítico. Si todos los resultados son no detectados (caso de metilmercurio), siguiendo las recomendaciones de la OMS, se considera que el contaminante no està presente en esa tipología de muestras.

Para la estimación de la exposición, se ha considerado el consumo individual de cada alga, es decir, teniendo en cuenta que un individuo sólo consume un tipo de alga específica. No se han evaluado consumos mixtos, es decir, diferentes tipos de algas.

La evaluación del riesgo se realiza con respecto a los valores de seguridad mencionados en el apartado 7 y se centra en la población adulta, para la cual se considera un peso de 70 kg. Para estimar la contribución de las algas con respecto a la exposición dietética global de los diferentes contaminantes, se ha hecho referencia en la exposición estimada de la población catalana según el estudio dietético más reciente de ACSA.

4.5 Estimación de la ingesta diaria de un contaminante

La estimación de la exposición dietética se ha calculado para cada uno de los escenarios establecidos en el apartado 6, individualmente para cada tipo de alga y para cada uno de los contaminantes. La ingesta de un contaminante para cada tipo de alga se ha calculado multiplicando la concentración media del contaminante en cada tipo de alga por la cantidad ingerida de acuerdo con los escenarios propuestos. A continuación, se ha dividido o no por el peso corporal y se han realizado las conversiones dimensionales necesarias para que las unidades resultantes sean directamente comparables a las unidades de los valores de seguridad respectivos.

Ingesta= (concentración del contaminante x cantidad de alimento) / peso corporal

5 Resultados

La tabla 4 muestra todos los resultados individuales y la primera conclusión es que no puede generalizarse al concepto algas, dado que la variabilidad entre especies es, en algunos casos, muy marcada. En esta diversidad, destaca el contenido diferenciado de yodo en la kombu, donde todos los resultados individuales son entre 10 y 100 veces los resultados de todas las demás especies y el contenido diferenciado de arsénico inorgánico en la hiziki, entre 100 y 1000 veces los resultados de las otras algas. Un hecho notable es que en ningún caso se ha detectado metilmercurio, mientras sí que se ha detectado mercurio, por lo que es necesario concluir (con estos datos) que ninguna de las algas estudiadas parece tener la capacidad de acumularlo en esta forma química. Los otros analitos (arsénico total, mercurio total, cadmio y plomo) tienen una distribución variable entre las diferentes especies de algas, pero dentro del mismo orden de magnitud para cada uno de los analitos.

Tabla 4. Resultados individuales de las muestras analizadas, en mg/kg (sobre materia natural)

Origen	Tipo	As	InAs	Cd	Pb	Hg	MeHg	Yodo
China	Agar agar	0,113	0,043	0,013	0,056	0,0022	< 0,0020	1,00
Desconocido	Agar agar deshidratada	0,066	0,041	0,008	0,109	0,0020	< 0,0020	25,5
Bretaña Fr.	Alga dulse deshidratada	9,5	0,31	0,147	0,941	0,0074	< 0,0020	114
Bretaña Fr./ Irlanda	Alga dulse deshidratada	8,8	0,29	0,133	0,94	0,0070	< 0,0020	249
Chile	Cochayuyo deshidratada	16,5	0,148	3,410	0,063	0,0040	< 0,0020	80
Galicia	Lechuga de mar deshidratada	2,39	0,137	0,058	0,296	0,0070	< 0,0020	62
Galicia-doll	Lechuga de mar deshidratada	3,6	0,095	0,139	0,63	0,008	< 0,0020	54
Galicia	Espagueti de mar deshidratado	37,7	0,080	0,294	0,115	0,0073	< 0,0020	97
Galicia-doll	Espagueti de mar deshidratado	37,7	0,097	0,460	0,083	0,010	< 0,0020	79
Galicia	Copos deshidratados de Nori	33,9	< 0,030	1,950	0,158	0,0049	< 0,0020	70
Corea del Sud	Hojas de nori deshidratadas	31,3	0,057	2,260	0,35	0,011	< 0,0020	80
Japón	Hojas de nori deshidratadas	12,3	< 0,030	0,137	0,094	0,014	< 0,0020	14,2

China	Hojas de nori deshidratadas	21,6	0,136	1,830	0,098	0,010	< 0,0020	37,4
China	Hojas de nori deshidratadas	15	0,237	3,430	0,116	0,0067	< 0,0020	13,9
Japón	Hiziki deshidratada	85	73	0,880	0,278	0,037	< 0,0020	558
Japón	Hiziki deshidratada	111	98	1,060	0,139	0,024	< 0,0020	701
Corea	Kombu deshidratada	65	0,238	0,260	0,25	0,021	< 0,0020	4428
Galicia	Kombu deshidratada	49,7	< 0,030	0,319	< 0,095	0,025	< 0,0020	4092
Galicia	Kombu deshidratada	52	< 0,030	0,141	0,194	0,016	< 0,0020	5719
Galicia	Kombu deshidratada	44,5	< 0,030	0,075	0,093	0,013	< 0,0020	4815
Galicia-doll	Kombu deshidratada	64	< 0,030	0,696	0,120	0,011	< 0,0020	3288
Japón	Kombu deshidratada	26,4	0,30	0,180	0,032	0,019	< 0,0020	2246
Japón	Kombu deshidratada	121	0,082	1,690	0,024	0,017	< 0,0020	3643
Japón	Kombu deshidratada	96	< 0,030	0,842	0,052	0,024	< 0,0020	4273
China	Kombu deshidratada	52	0,136	0,121	0,38	0,040	< 0,0020	3224
China	Kombu deshidratada	11,6	< 0,030	0,318	1,86	0,031	< 0,0020	216
Galicia	Musgo de mar deshidratado	12,2	0,115	0,710	0,173	0,0047	< 0,0020	418
Galicia	Musgo de mar deshidratado	18,7	0,093	0,587	0,188	0,0056	< 0,0020	392
Galicia	Musgo de Irlanda deshidratado	15,3	0,103	0,740	0,58	0,008	< 0,0020	465
Corea	Wakame deshidratada	42,5	< 0,030	2,130	0,37	0,023	< 0,0020	292
Galicia	Wakame deshidratada	39,6	< 0,030	0,177	0,42	0,012	< 0,0020	288
Galicia	Wakame deshidratada	35,8	< 0,030	0,560	0,207	0,011	< 0,0020	113
Galicia	Wakame deshidratada	35,90	< 0,030	0,583	1,32	0,011	< 0,0020	149
Galicia	Wakame natural	2,32	< 0,030	0,134	0,042	0,0021	< 0,0020	8,4
Galicia	Wakame natural	2,6	< 0,030	0,137	0,045	0,0023	< 0,0020	8,3

Para llevar a cabo la evaluación, utilizamos las medias para cada una de las especies, valores que siguen las distribuciones de concentración que indicaban los valores individuales, aunque el número de casos para algunas especies es pequeño para asegurar que se trata de un comportamiento intraespecífico generalizado.

Tabla 5. Promedios de los resultados por especie, en mg/kg sobre materia natural

Tipo	As	InAs	Cd	Pb	Hg	MeHg	Yodo
Agar agar deshidratada	0,066	0,041	0,0084	0,1090	0,0020	< 0,0020	25,5
Alga dulse deshidratada	9,150	0,301	0,1400	0,9390	0,0072	< 0,0020	181,5
Cochayuyo deshidratada	16,500	0,148	3,4100	0,0630	0,0040	< 0,0020	80,0
Lechuga de mar deshidratada	2,995	0,116	0,0985	0,4630	0,0075	< 0,0020	58,0
Espagueti de mar deshidratada	37,700	0,089	0,3770	0,0990	0,0087	< 0,0020	88,0
Hojas de nori deshidratadas	22,820	0,098	1,9214	0,1634	0,0093	< 0,0020	43,1
Hiziki deshidratada	98,000	85,700	0,9700	0,2085	0,0305	< 0,0020	629,5
Kombu deshidratada	63,400	0,101	0,4804	0,1387	0,0207	< 0,0020	3969,8
Musgo de mar deshidratada	15,400	0,104	0,6790	0,3130	0,0061	< 0,0020	425,0
Wakame deshidratada	38,450	0,030	0,8625	0,5790	0,0143	< 0,0020	210,5

6 Datos de consumo de algas

Según los datos de consumo de la encuesta ENALIA 2 (Encuesta Nacional de Alimentación en población adulta, mujeres de edad avanzada y embarazadas en España) de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), el consumo medio se estima en 0,01 g/día para el global de la población y en 10,39 g/día en el caso de considerar únicamente los consumidores de algas. Estos valores se derivan únicamente de la respuesta de dos consumidores.

Como no es un alimento básico y su consumo se ha popularizado hace relativamente poco tiempo, el consumo de algas es muy variable y hay pocos datos de consumo a la vista de la encuesta ENALIA, por lo que se ha decidido hacer la evaluación planteando diferentes escenarios de consumo de algas.

Para el tamaño de las raciones se consideraron, por un lado, las recomendaciones de los fabricantes, de 5 gramos para una guarnición y 10 gramos para una ensalada (15 gramos en total) y, por otro, las recomendaciones descritas en las recetas culinarias, de 2 y 4 gramos (para guarnición y ensalada respectivamente, 6 gramos en total), siempre hablando respecto al alga deshidratada.

Así, para el escenario general para la evaluación se consideró que una persona consume una ración en formato guarnición y una en formato ensalada. Se consideraron los dos tamaños de raciones mencionadas (15 gramos y 6 gramos). La frecuencia de este consumo se consideró que podía ser: cada día (extremo), cada semana (habitual) o cada mes (ocasional).

Tabla 6. Consumo de algas secas según los escenarios generales planteados

Extremo		Habitual		Ocasional	
15 gramos/día	6 gramos/día	15 gramos / semana	6 gramos / semana	15 gramos/ mes	6 gramos/ mes

Además, si la evaluación lo requiere, también habrá escenarios particulares de acuerdo con las recomendaciones o usos específicos. De este modo, en el caso de kombu y hijiki se han tenido en cuenta que algunos fabricantes hacen recomendaciones de consumo que se indican en los envases; 0,5 gramos por día en el caso de kombu; 0,6 gramos al día en el caso de hijiki. En el caso nori, también se ha tenido en cuenta su uso cuando se utiliza para hacer sushi (2g por ración, el peso aproximado de una lámina, que se utilizaría en una ración de sushi).

7 Valores de seguridad

La evaluación del riesgo se basa en la comparación de la exposición dietética calculada y los valores que determinan si una exposición es segura o no.

En el caso del yodo, los valores de referencia utilizados han sido la ingesta máxima tolerable (*tolerable upper intake level* -UL) y la ingesta adecuada *adequate intake* -AI).

Tabla 7. Ingesta máxima tolerable y adecuada de yodo según la edad

Valores de referencia para el yodo*			
Población	Edad	AI	UL
Bebes	7-11 meses	0,070 mg/día	ND
Niños	1-3 años	0,090 mg/día	0,200 mg/día
Niños	4-6 años	0,090 mg/día	0,250 mg/día
Niños	7-10 años	0,090 mg/día	0,300 mg/día
Niños	11-14 años	0,120 mg/día	0,450 mg/día
Niños	15-17 años	0,130 mg/día	0,500 mg/día
Adultos	≥ 18 años	0,150 mg/día	0,600 mg/día
Mujeres embarazadas	≥ 18 años	0,200 mg/día	0,600 mg/día
Mujeres lactanctes	≥ 18 años	0,200 mg/día	0,600 mg/día

* Datos extraídos del DRV Finder d'EFSA

Para el resto de contaminantes, según el criterio de los estudios dietéticos realizados por ACSA, los valores de seguridad son los que se utilizan en las evaluaciones más recientes de la EFSA para cada uno de los contaminantes.

Así, en el caso del arsénico inorgánico se ha considerado el límite inferior de la dosis de referencia asociada con un incremento del riesgo del 1% ($BMDL_{01}$) de riesgo de sufrir cáncer de pulmón, piel y vejiga.

La IST es el parámetro de evaluación del cadmio y el mercurio inorgánico, en ambos casos por sus efectos tóxicos sobre el riñón. La IST es también el parámetro de la evaluación del metilmercurio, en este caso por sus efectos sobre el desarrollo neuronal en la población infantil y en la fase prenatal.

En el caso del plomo, EFSA considera que es necesario basar la evaluación con el $BMDL_{01}$ de diferentes efectos derivados de su concentración en sangre. Para este estudio se ha elegido el nivel de ingesta de plomo asociado con $BMDL_{01}$ referido a los efectos sobre el desarrollo cerebral en los niños, el efecto más sensible en la población más vulnerable.

Tabla 8. Valor de seguridad para metales pesados

Valores de seguridad			
Arsénico inorgánico	$BMDL_{01}$	0,3-8 µg/kg pc·día	EFSA CONTAM Panel, 2009
Cadmio	IST	2,5 µg/kg pc·semana	EFSA, 2009
Plomo	$BMDL_{01}$	0,5 µg/kg pc·día*	EFSA CONTAM Panel, 2010
Mercurio inorgánico	IST	4 µg/kg pc·semana	EFSA CONTAM Panel, 2012
Metilmercurio	IST	1,3 µg/kg pc·semana	EFSA CONTAM Panel, 2012

* Ingesta asociada a $BMDL_{01}$ en sangre

Además de la evaluación toxicológica del riesgo asociado al consumo de algas, se evaluó la contribución de la exposición a los diferentes elementos asociados al consumo de algas respecto a la exposición dietética global estimada para la población catalana en los últimos estudios de dieta total realizados por ACSA.

Tabla 9. Exposición estimada de la población catalana a metales pesados y yodo

Exposición total estimada para la población catalana 2017*	
Yodo (2015)	0,113 mg/día
Arsénico inorgánico	0,04 µg/kg pc·día
Cadmio	0,65 µg/kg pc·semana
Plomo	0,1 µg/kg pc·día
Mercurio total	0,4 µg/kg pc·semana

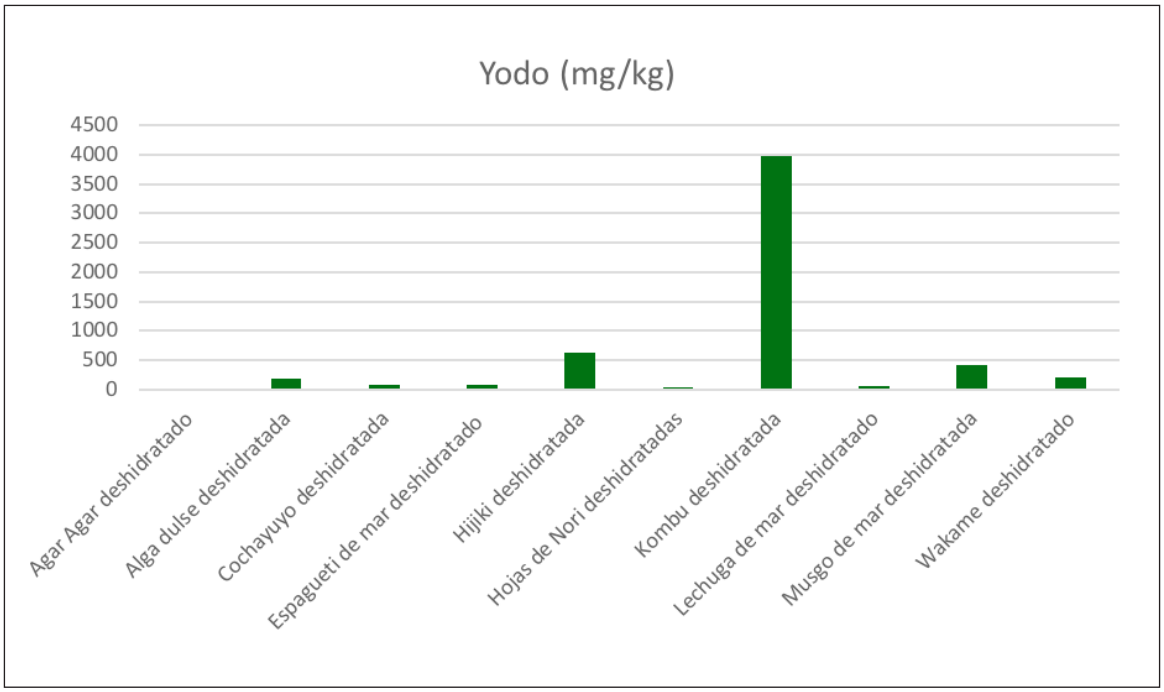
* Datos extraídos de los estudios de dieta total de ACSA

8 Yodo

Hay una larga historia que une el consumo de algas por parte de los seres humanos y la reducción de la incidencia de bocio y otros trastornos de la tiroides. La deficiencia de yodo causa hipotiroidismo mientras que el exceso de yodo puede inducir hiper o hipotiroidismo. Las algas marinas son una fuente nutricional de yodo, especialmente en regiones donde otros alimentos son deficientes, pero el contenido de yodo en las algas marinas disponibles comercialmente varía enormemente según las especies.

Según los datos del estudio, la kombu es el alga con más yodo, con un valor medio de 3970 mg/kg, la hijiki tiene 630 mg/kg (16% respecto a la Kombu) y las otras tienen menos del 10% en relación a la kombu. El contenido en yodo del resto de las algas (las de menor concentración) es superior al resto de los alimentos, de uno a tres órdenes de mayor magnitud en comparación con el grupo alimentario de mayor concentración (pescado y mariscos 0,2-1,5 mg/kg).

Figura 1. Contenido medio de yodo (mg/kg) de algas analizadas



8.1 Exposición dietética y evaluación del riesgo

Siguiendo la metodología descrita, las exposiciones dietéticas al yodo por el consumo de algas en los escenarios de consumo planteados se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Ingesta estimada de yodo (mg/día) en los escenarios de consumo planteados

Tipos de alga (deshidratada)	Extremo		Habitual		Ocasional	
	15 gramos/día	6 gramos/día	15 gramos / semana	6 gramos / semana	15 gramos/mes	6 gramos/mes
	Ingesta (mg/día)	Ingesta (mg/día)	Ingesta (mg/día)	Ingesta (mg/día)	Ingesta (mg/día)	Ingesta (mg/día)
Kombu	59,55	23,82	8,51	3,40	1,98	0,79
Hiziki	9,44	3,78	1,35	0,54	0,31	0,13
Musgo de mar	6,38	2,55	0,91	0,36	0,21	0,09
Wakame	3,16	1,26	0,45	0,18	0,11	0,04
Alga dulse	2,72	1,09	0,39	0,16	0,09	0,04
Espagueti de mar	1,32	0,53	0,19	0,08	0,04	0,02
Cochayuyo	1,20	0,48	0,17	0,07	0,04	0,02
Lechuga de mar	0,87	0,35	0,12	0,05	0,03	0,01
Hojas de nori	0,65	0,26	0,09	0,04	0,02	0,01
Agar agar	0,38	0,15	0,05	0,02	0,01	0,01

* En rojo destacan todos los resultados que superan la UL (0,6 mg/día) para una persona adulta, en amarillo destacan todos los resultados que superan la ingesta adecuada (0,15 mg/día) para una persona adulta

Si comparamos estas ingestas con la UL (ingesta máxima tolerable) fijada para una persona adulta (0,6 mg/día) vemos que:

- El consumo de kombu provoca una ingesta de yodo superior a la UL en todos los escenarios descritos
- El consumo extremo (≥ 6 gramos por día) de cualquier tipo de alga provoca una ingesta de yodo superior a la UL en la mayoría de los escenarios, y el límite se supera siempre en el caso de raciones grandes (15 gramos).
- El consumo semanal y mensual de algas no supone una ingesta de yodo superior a la UL, exceptuando cualquier consumo de kombu y también el consumo semanal de raciones grandes de hiziki y musgo de mar.

Si comparamos estas ingestas con la AI (ingesta adecuada) fijada para una persona adulta (0,15 mg/día) vemos que:

- El consumo extremo (≥ 6 gramos por día) de cualquier alga significa superar esta ingesta adecuada
- El consumo diario de sushi (1 ración=2 gramos de alga nori) no excede la ingesta adecuada

En el etiquetado de muchos envases de algas kombu hay una recomendación de uso de 0,5 gramos por día. Según esta recomendación, se ha realizado un cálculo específico para la kombu ya que, según los escenarios utilizados en nuestro estudio, todos los consumos superan el UL (tabla 11). Este cálculo incluye las ingestas asociadas a las concentraciones superior e inferior del intervalo de concentraciones detectadas.

Tabla 11. Ingesta estimada de yodo (mg/día) según la recomendación de consumo de kombu de algunos operadores (0,5 gramos/día)

Kombu	Extremo	Habitual	Ocasional
	0,5 gramos día	0,5 gramos semana	0,5 gramos mes
	Ingesta (mg/día)	Ingesta (mg/día)	Ingesta (mg/día)
Valor máximo	2,860	0,409	0,095
Medio	1,9849	0,2836	0,0662
Valor mínimo	1,1230	0,1604	0,0374

* En rojo destacan todos los resultados que superan la UL (0,6 mg/día) para una persona adulta, en amarillo destacan todos los resultados que superan la ingesta adecuada (0,15 mg/día) para una persona adulta

Al comparar los valores de la ingesta estimada de yodo según la recomendación de consumo de kombu (0,5 gramos al día) con la UL fijada para una persona adulta (0,6 mg/día) vemos que:

- El consumo de 0,5 gramos al día de kombu supone un consumo de yodo superior a la UL, tanto en el valor máximo como en el mínimo de todas las concentraciones individuales encontradas. El consumo semanal de esta cantidad (0,5 gramos) de kombu supone una ingesta de yodo que no supera la UL pero que si excede la ingesta adecuada (AI) para una persona adulta (0,15 mg/día) en cualquiera de las concentraciones detectadas.

8.2 Contribución de las algas a la exposición dietética total de yodo de la población de Cataluña

Además de la evaluación del riesgo, para todas las algas excepto la kombu, se ha estimado el efecto de la incorporación de algas a la dieta respecto a la exposición dietética de la población catalana al yodo. Según los datos del estudio de dieta total en Cataluña, la ingesta de yodo de una persona adulta es de 0,113 mg/día, un valor muy cercano a la AI de yodo, por lo que hay muchas situaciones de consumo de algas donde se supera este valor recomendado, Así, si sumamos las ingestas derivadas de los escenarios de consumo elevados (tabla 10) con la ingesta global estimada para la población catalana adulta (0,113 mg/día) vemos que:

- El consumo semanal de 15 gramos de algas que no sean kombu supone un aumento del consumo global de yodo que hace que supere el valor de ingesta adecuada para los adultos (0,150 mg/día) y para las mujeres embarazadas y en periodo de lactancia (0,200 mg/día), pero en ningún caso se excede la UL con un consumo de sólo 6 gramos por semana.

Teniendo en cuenta esta incidencia en la exposición de la población adulta, también se ha hecho una estimación del consumo para los niños y adolescentes (< 17años). Como en el caso de los adultos, su ingesta de yodo asociada a la dieta está muy cercana a los valores recomendados de AI. Así mismo, es necesario tener en cuenta que para los niños y adolescentes los valores de seguridad son más bajos (UL entre 0,200 mg/día y 0,500 mg/día) (AI entre 0,070 mg/día y 0,130 mg/día). De esta manera, se han combinado las ingestas asociadas con la dieta total y las asociadas con los escenarios generales planteados en este estudio[1], y el resultado se ha comparado con la ingesta adecuada (AI) y la ingesta máxima tolerada (UL). En este cálculo no se ha tenido en cuenta el alga kombu porque es evidente, viendo los cálculos en la población adulta, que el consumo de la población infantil supera el UL.

Tabla 12. Estimación de la incidencia de la incorporación de algas en la dieta en el grupo de edad de 10 a 19 años *

Ingesta yodo (mg/día)				
Tipos	**Consumo**	**Asociada al consumo de algas**	**Dieta sin algas**	**Dieta con algas**
Hiziki		0,130		0,238
Musgo de mar		0,085		0,193
Wakame		0,042		0,150
Alga dulce		0,036		0,144
Espagueti de mar	6 gramos/mes	0,018	0,108	0,126
Cochayuyo		0,016		0,124
Lechuga de mar		0,012		0,120
Hojas de nori		0,009		0,117
Agar agar		0,005		0,113

* Esta tabla se presenta como una muestra de los cálculos realizados, que no se pueden presentar completamente en el formato de documento actual

[1] El número y la diferente composición de los grupos de edad entre el estudio de dieta y los valores de referencia imposibilita la presentación global de los cálculos efectuados para este apartado, por lo que presentamos un extracto significativo de uno de los casos (tabla 12).

De la revisión de las estimaciones en los grupos de edad inferior a 17 años se observa que:

- La dieta global de los niños de 4 a 9 años ya representa una ingesta de yodo que supera la AI, y cualquier incorporación de algas en la dieta aumenta la exposición, de modo que la ingesta semanal de 15 gramos de cualquier alga supone superar la UL establecida

- Para grupos de 11 a 17 años, la incorporación de algas en la dieta implica superar la AI de 0,130 (mg/día) en todos los casos planteados (excepto en los casos mostrados en la tabla 12 de consumo ocasional de pequeñas raciones de algunas algas -6 g/mes-).

- En los grupos de edad de 11 a 17 años el consumo semanal de las algas con más yodo (kombu, aparte), hiziki, musgo de mar y wakame, supone exceder el valor máximo tolerable (UL).

8.3 Consideraciones de la evaluación del riesgo respecto al yodo

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se formulan las siguientes consideraciones:

- El consumo de una ración de kombu diaria, semanal o incluso mensual representa superar el valor de seguridad. La recomendación de 0,5 gramos por día que aparece en algunas etiquetas de productos comercializados, también supone la superación del valor de seguridad (UL).

- Con respecto al resto de las algas, el consumo semanal de 6 gramos supone una ingesta que en muchos casos supera la AI, pero no supera la UL en la población adulta.

- Con respecto a las mujeres en lactancia o embarazadas el consumo semanal de algas de las porciones planteadas, supone en algunos casos la superación de los valores de ingesta adecuada (0,20 mg/dia) por lo que recomienda que en general se realice un consumo ocasional.

- En cuanto a los grupos de edad menores de 18 años, la incorporación de algas en la dieta, en todos los escenarios estudiados, supone una ingesta de yodo superior a las recomendaciones de ingesta diaria (AI) y en algunos casos de consumo semanal superar la UL, por lo que estos grupos deben abstenerse o hacer un consumo muy ocasional y selectivo (menos de una vez al mes).

- Con respecto al grupo de edad de 4 a 7 años, donde la ingesta asociada a la dieta total ya supera la AI, un consumo semanal de cualquier alga, y algún consumo mensual, supone superar el UL en la gran mayoría de los casos.

- Con respecto a esta evaluación, cabe señalar que en el caso del yodo está claramente documentado que el tratamiento culinario por calor puede significar una disminución entre el 28% y el 60%, y en cocciones muy largas hasta el 99%. En el caso de que las algas no se consuman crudas debería tenerse en cuenta este aspecto que supondría una disminución de la exposición.

8.4 Límites legales y recomendaciones de otros organismos.

El AESAN (2012) recomienda adoptar un límite de contenido máximo en algas de 2000 mg/kg de peso seco independientemente de la especie y aconsejar un consumo moderado, especialmente niños pequeños y mujeres embarazadas, para evitar superar los valores máximos recomendados. Con este valor de contenido máximo ninguna alga kombu de este estudio se podría comercializar, además con un contenido inferior, también se dan situaciones de riesgo en los escenarios que hemos planteado.

La ANSES expone que el límite legalmente establecido en Francia (2000 mg/kg de peso seco) no impide que todavía exista un riesgo de superar el nivel de seguridad (UL), incluso con la recomendación de consumo de 0,5 gramos al día. Viendo la variabilidad del contenido en yodo, recomienda identificar la especie y detallar el contenido en yodo en el momento de la comercialización. Recomienda evitar el consumo por parte de las poblaciones vulnerables (personas con disfunción tiroidea, cardiopatías o insuficiencia renal; aquellos que están en tratamiento con medicamentos a base de yodo y/o litio; mujeres embarazadas o lactantes) y en el caso de los niños recomienda un consumo prudente porque el riesgo no se ha podido caracterizar completamente. También advierte que el consumo de algas (en cualquier formato: frescas, secas, en complementos alimenticios, etc.) no es adecuado para corregir la deficiencia de yodo.

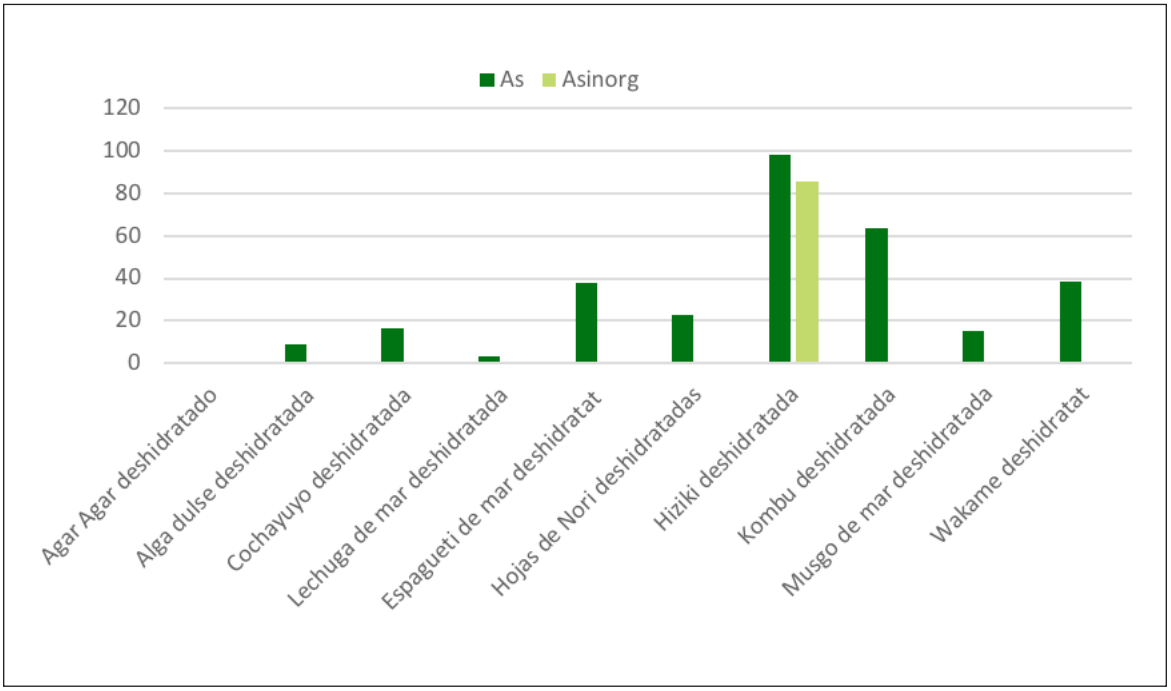
Además, la normativa francesa ha fijado la dosis máxima diaria de yodo de 150 µg para complementos alimenticios.

El Instituto Federal para la evaluación de riesgos en Alemania (BfR, 2004) recomienda que se establezcan valores máximos a nivel europeo y que los productores basen el consumo diario máximo de acuerdo con el contenido de yodo de su producto y la ingesta diaria adecuada, ya que consideran que es la única manera de que los consumidores puedan conocer la ingesta de yodo debido al consumo de este tipo de producto. BfR recomienda una ingesta máxima diaria de 500 µg/día y una concentración máxima de 20 mg/kg de yodo en algas secas para el consumo. Este valor restrictivo para el consumo en Alemania está motivado por el riesgo que supondría una eventual y repentina ingesta elevada de yodo en regiones endémicas de deficiencia de yodo, como es el caso de Alemania. Con este valor sólo 5 algas de las 37 estudiadas podrían haber sido comercializadas.

9 Arsénico

El arsénico es un elemento químico presente de forma natural en el suelo, en el agua y en las plantas, es un metaloide que tiene diferentes valencias (–3.0, + 3, + 5), por lo que en la naturaleza hay muchos compuestos arsénicos con diferentes características químicas y tóxicas. Las formas inorgánicas son las más tóxicas, especialmente las que son trivalentes. Las plantas terrestres pueden absorber este arsénico del suelo o agua contaminada a través de las raíces o el aire, de las partículas contaminadas que se depositan en las hojas. Las formas orgánicas, que son muy poco tóxicas, se encuentran principalmente en organismos marinos. Así, al igual que otros organismos marinos, las algas también transforman en formas orgánicas la mayor parte del arsénico inorgánico que absorben. Viendo los valores encontrados parece que todas las algas tienen esta capacidad, excepto la hijiki, porque acumula una gran cantidad de arsénico inorgánico. La hijiki es el alga que con mayor diferencia tiene más arsénico inorgánico (86 mg/kg), ya que las otras tienen como mucho el 0,4% en comparación con hijiki. No obstante, la mayoría de las algas (excepto hijiki) tienen valores similares al arroz (0,151 mg/kg), el alimento con mayor contenido de arsénico inorgánico.Exposición dietética y evaluación del riesgo del arsénico inorgánico

Figura 2. Distribución del arsénico total e inorgánico en las diferentes especies de algas (mg/kg)



9.1 Exposición dietética y evaluación del riesgo del arsénico inorgánico

El arsénico inorgánico es la forma más tóxica y siguiendo el criterio del estudio de la dieta total, sólo se evalua la exposición al arsénico inorgánico.

Teniendo en cuenta los escenarios de consumo explicados anteriormente en la tabla 13 se muestra la exposición a arsénico inorgánico para un individuo de 70 kg.

Tabla 13. Exposiciones al arsénico inorgánico (µg/kg pc·día) en los escenarios planteados

Tipos de alga (deshidratada)	Extremo		Habitual		Ocasional	
	15 gramos/ día	6 gramos/ día	15 gramos / semana	6 gramos / semana	15 gramos/ mes	6 gramos/ mes
	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)
Hiziki o hijiki	18,364	7,346	2,623	1,049	0,612	0,245
Alga dulse	0,064	0,026	0,009	0,0037	0,0021	0,0009
Cochayuyo	0,032	0,013	0,005	0,0018	0,0011	0,0004
Lechuga de mar	0,025	0,010	0,004	0,0014	0,0008	0,0003
Musgo de mar	0,022	0,009	0,003	0,0013	0,0007	0,0003
Kombu	0,022	0,009	0,003	0,0012	0,0007	0,0003
Hojas de nori	0,021	0,008	0,003	0,0012	0,0007	0,0003
Espagueti de mar	0,019	0,008	0,003	0,0011	0,0006	0,0003
Agar agar	0,009	0,004	0,0013	0,0005	0,0003	0,0001
Wakame	0,006	0,003	0,0009	0,0004	0,0002	0,0001

* En rojo se destacan todos los resultados que superan el valor de seguridad (0,3 µg /kg.dia)

Teniendo en cuenta los escenarios de consumo planteados y de acuerdo con el valor de seguridad, el límite inferior de la $BMDL_{01}$ (0,3 µg/kg pc·día), se observa que:

- El consumo del alga hiziki implica una ingesta de arsénico inorgánico que supera el valor de seguridad en la mayoría de los escenarios generales planteados. Solamente en el caso del consumo mensual de raciones pequeñas (6 gramos al mes), el valor de seguridad no se supera

- El consumo del resto de las algas implica una ingesta de arsénico inorgánico entre 10 y 100 veces inferior al valor de seguridad.

- Para el consumo extremo de raciones grandes de alga dulse (el peor de los casos si no tenemos en cuenta la hijiki) supone una ingesta de 0,064 µg/kg pc y día que sumado a la exposición dietética total de la población catalana (0,04 µg/kg pc y día) supone solamente el 30% del valor de seguridad.

La hijiki tiene, según lo indicado en alguna etiqueta, una recomendación de uso de 0,6 gramos por día, por lo que se ha realizado un cálculo específico (tabla 14) y se observa que:

- La recomendación de algunos productores de limitar el consumo de hijiki a 0,6 gramos al día supone una ingesta de arsénico inorgánico superior al valor de seguridad.

- Con un consumo de 0,6 g/semana no se supera el valor de seguridad.

Tabla 14. Exposiciones al arsénico inorgánico (µg/kg pc·día) de acuerdo con la recomendación de consumo de algunos productores

Tipos de alga (deshidratada)	Extremo	Habitual	Ocasional
	0,6 gramos/día	0,6 gramos /semana	0,6 gramos /mes
	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)
Hiziki	0,7346	0,1049	0,0245

* En rojo se destaca todos los resultados que superan el valor de seguridad (0,3 µg/kg pc·día).

9.2 Evaluación del riesgo de arsénico inorgánico

Según lo anterior, se formulan las siguientes consideraciones:

- En el caso de hijiki, la recomendación que hacen varios productores de consumir un máximo de 0,6 gramos por día, implica superar el valor de seguridad.

- El consumo de 0,6 gramos de hijiki a la semana no supera el valor de seguridad. Si consideramos la ingesta total estimada de arsénico inorgánico del último estudio de dieta total de Cataluña, tampoco se superaría el valor de seguridad.

- La incorporación a la dieta de las algas, que no son hijiki, no implica una variación significativa de la evaluación del riesgo de la ingesta de arsénico inorgánico.

- En esta evaluación debe tenerse en cuenta, a diferencia del yodo, que el tratamiento culinario por calor no supone una disminución del contenido por evaporación, aunque si hay cocción y no se absorbe toda el agua, parte del arsénico podría ser lixiviado y no ser ingerido si el agua de cocción fuese rechazada.

9.3 Límites legales y recomendaciones de otros organismos

La AESAN (2012) recomienda no consumir hijiki y elegir otros tipos de algas.

El Consejo Superior de Salud de Bélgica recomienda evitar el consumo de hijiki y restringe el consumo de otras algas a 7 gramos por día (en forma deshidratada). Al mismo tiempo, recomienda que los niños y las mujeres embarazadas no consuman algas, al menos en formato de complemento alimenticio. Se recomienda no comer los líquidos de cocción de las algas, ya que allí se encuentra el arsénico que ha migrado de las algas cocidas. Se recomienda evitar dietas ricas en arsénico y evitar consumir en grandes cantidades de alimentos que proporcionan mayor cantidad arsénico inorgánico (arroz, algas y derivados). En la evaluación del riesgo se establece que el consumo de hijiki puede suponer un aumento del consumo de arsénico inorgánico entre 50 y 150 veces, y que si se dieran estos valores de exposición se tendrían efectos tóxicos a corto y largo plazo.

En Francia, el contenido máximo de arsénico total se establece en 3 mg/kg de peso seco, con este criterio no se podrían haber comercializado ninguna alga de las analizadas en este estudio (excepto el agar). Sería necesario que, tal y como recomiendan en Bélgica, la legislación hablara de arsénico inorgánico.

En Irlanda, la FSAI recomienda limitar el consumo de hijiki y, si es posible, consumir otras algas.

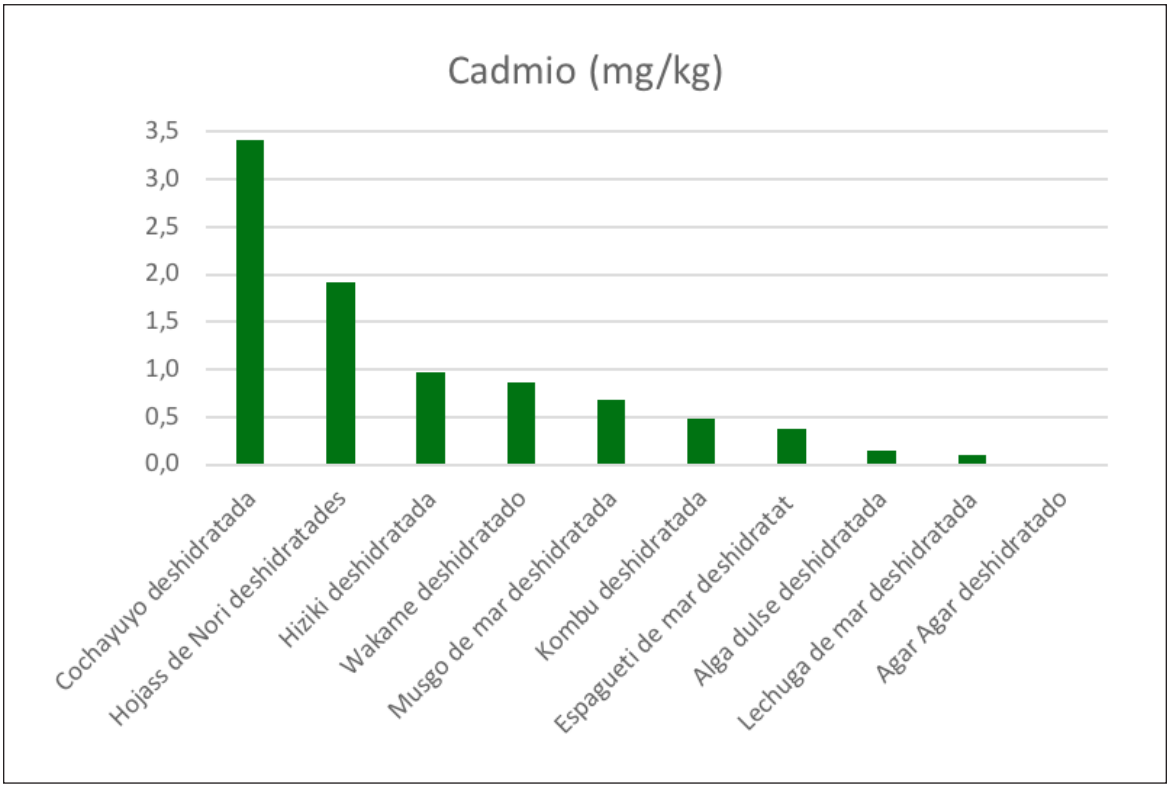
De acuerdo con Food Standards (Australia, Nueva Zelanda) si el contenido de arsénico inorgánico es inferior a 1 mg/kg de peso seco, es poco probable que el consumo de algas tenga algún impacto en la exposición al arsénico. Todas las algas estudiadas, excepto la hijiki y nori, cumplen con este criterio. El alga hijiki se clasifica como un alimento de riesgo por su contenido de arsénico y tiene un seguimiento especial en los controles fronterizos.

El CFS (Hong Kong) recomienda a los consumidores evitar el consumo de hijiki y evitar elegir la hijiki como ingrediente alimenticio.

10 Cadmio

El cadmio es un metal que se encuentra en la corteza terrestre y que se libera al medio ambiente a partir de fuentes naturales y de sus usos en procesos industriales, donde se propaga a través de suelos y aguas donde es capturado por los vegetales. Algunos vegetales, como ciertos cereales concentran selectivamente el cadmio. En el caso de las algas se detectan valores medios de cadmio iguales o superiores a los diferentes alimentos que contienen más cadmio (pescado y mariscos 0,117 mg/kg), teniendo algunas de las algas entre 5 y 25 veces más. El Cochayuyo (3,4 mg/kg) es el alga que contiene más cadmio, seguido por nori que también tiene un contenido destacado (1,9 mg/kg). Las otras algas no tienen tanto, pero su contenido en cadmio supera en un orden de magnitud el contenido medio del resto de los alimentos.

Figura 3. Contenido de cadmio en las diferentes especies de algas (mg/kg)



10.1 Exposición dietética y evaluación del riesgo del cadmio

Teniendo en cuenta los escenarios de consumo anteriormente explicados, presentamos las exposiciones al cadmio para un individuo de 70 kg en los escenarios del consumo de algas planteados. (tabla 15).

Tabla 15. Exposiciones al cadmio (µg/kg pc·semana) en casos de consumo habitual y ocasional

Tipos de alga (deshidratada)	Extremo		Habitual		Ocasional	
	15 gramos/día	6 gramos/día	15 gramos / semana	6 gramos / semana	15 gramos/mes	6 gramos/mes
	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)
Cochayuyo	5,1150	2,0460	0,7307	0,2923	0,1705	0,0682
Nori	2,8821	1,1528	0,4117	0,1647	0,0961	0,0384
Hiziki	1,4550	0,5820	0,2079	0,0831	0,0485	0,0194
Wakame	1,2938	0,5175	0,1848	0,0739	0,0431	0,0173
Musgo de mar	1,0185	0,4074	0,1455	0,0582	0,0340	0,0136
Kombu	0,7207	0,2883	0,1030	0,0412	0,0240	0,0096
Espagueti de mar	0,5655	0,2262	0,0808	0,0323	0,0189	0,0075
Alga dulse	0,2100	0,0840	0,0300	0,0120	0,0070	0,0028
Lechuga de mar	0,1478	0,0591	0,0211	0,0084	0,0049	0,0020
Agar Agar	0,0126	0,0050	0,0018	0,0007	0,0004	0,0002

* En rojo se resaltan todos los resultados que superan el valor de seguridad.

De las exposiciones presentadas en la tabla anterior podemos concluir que:

- Solamente el consumo extremo de grandes porciones de las dos algas que contienen la mayor cantidad de cadmio (Cochayuyo y nori) significa superar el valor de seguridad (IST=2,5 µg/kg pc·semana)

- El consumo extremo (diario) de cualquier alga supone, en la mayoría de los casos, un aumento significativo (> 20%) de la exposición dietética con respecto a la ingesta estimada en el estudio de la dieta total en Cataluña (0,65 µg/kg pc·setmana). Esto también ocurre en el consumo habitual (semanal) de las algas cochayuyo y nori.

- En el caso de los grupos de edad menores de 10 años, el estudio de la dieta total indica que la exposición dietética (2,42-2,78 µg/kg pc·semana) está muy cerca de la IST por lo que la ingesta de algas puede suponer un aumento de la exposición que agrava la situación en estos grupos de población.

Debido a que el nori se utiliza en la producción de sushi, se ha realizado un cálculo específico para este uso (tabla 16), teniendo en cuenta que en esta presentación el consumo es de 2 gramos por ración. Este cálculo muestra que:

- El consumo de sushi no supone la superación del valor de seguridad establecido para el cadmio en ninguno de los escenarios planteados.

- Únicamente el consumo diario (extremo) de sushi implicaría un aumento significativo (60%) de la exposición al cadmio con respecto a la ingesta estimada en el estudio de la dieta total en Cataluña.

Tabla 16. Exposiciones sobre cadmio (µg/kg pc·semana) para el consumo de sushi

Tipos de alga (deshidratada)	Extremo	Habitual	Ocasional
	2 gramos/día	2 gramos/semana	2 gramos/mes
	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)
Hojas de Nori	0,3843	0,0549	0,0128

10.2 Evaluación del riesgo del cadmio

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se formulan las siguientes consideraciones:

- Exceptuando el consumo diario (extremo) de cochayuyo y nori (que no sea el del sushi), el consumo de algas no implica un riesgo con respecto a la ingesta de cadmio.

- El consumo de sushi no supone un riesgo con respecto a la ingesta de cadmio en ninguno de los escenarios planteados.

- Un consumo ocasional o habitual de raciones moderadas no supondría un aumento significativo, excepto en el caso de nori (cuando no es en sushi) y el cochayuyo.

- El estudio de la dieta total indica que los grupos de menores de 10 años se encuentran en el umbral de seguridad establecido para el cadmio, por lo que sería necesario recomendar una limitación en el consumo para estos grupos de edad.

10.3 Límites legales y recomendaciones de otros organismos

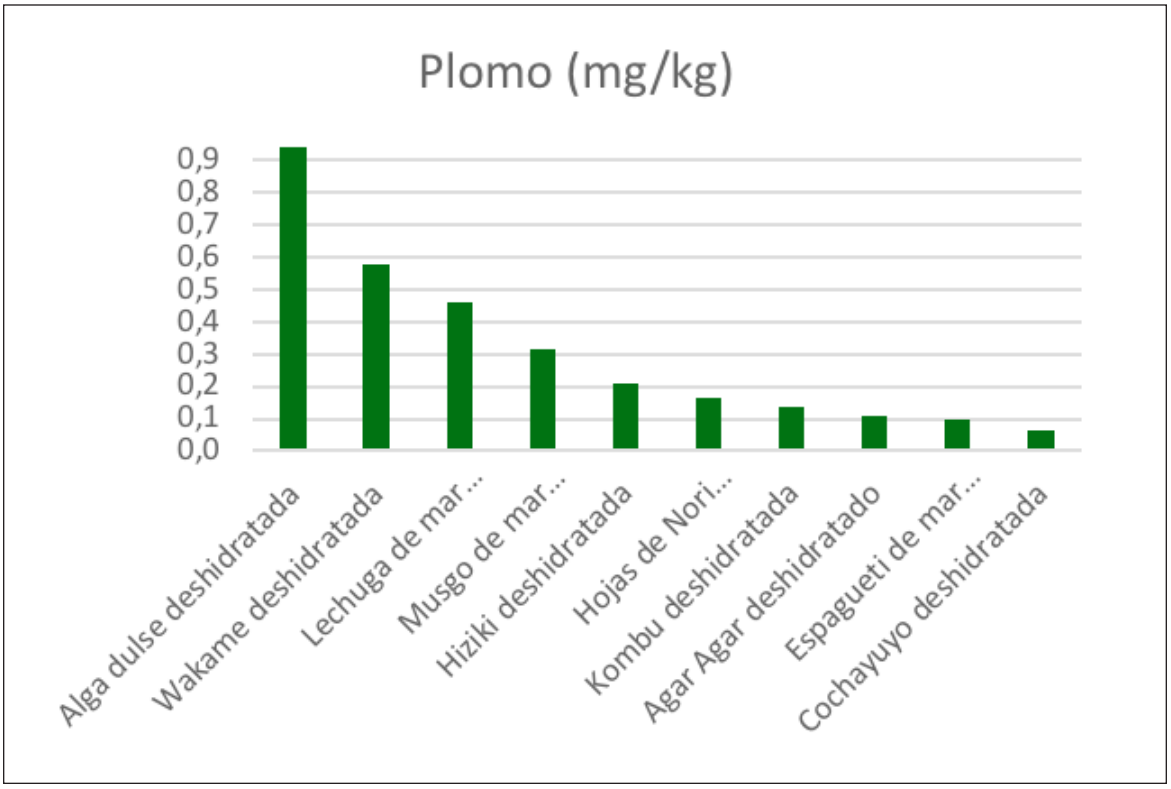
En Francia, el contenido máximo de cadmio se fija en 0,5 mg/kg de peso seco. Con este criterio, solamente 16 de 35 (46%) de las algas analizadas en este estudio podría haber sido comercializadas.

El Reglamento 1881/2006 regula el cadmio en complementos compuestos exclusivamente o principalmente de algas secas y establece un contenido máximo de 3 mg/kg.

11 Plomo

El plomo (Pb) es un elemento abundante en la naturaleza y ha tenido varios usos domésticos e industriales razones por las que tiene una amplia distribución en el medio ambiente por lo que no nos debería extrañar su presencia en los alimentos. Sin embargo, parece que las algas tienen una capacidad especial de acumularlo ya que, en general, su contenido de Pb es alto en comparación con otros alimentos. Las algas tienen al menos 10 veces más que la gran mayoría de los alimentos (0,002-0,010 mg/kg). El alga dulse es el alga con mayor contenido de plomo (0,94 mg/kg).

Figura 4. Contenido de plomo (mg/kg) de las algas analizadas



11.1 Exposición dietética, evaluación del riesgo y recomendaciones para el plomo

Teniendo en cuenta los escenarios de consumo elevado se presenta la ingesta diaria estimada de plomo para un individuo de 70 kg (tabla 17).

Tabla 17. Ingestión de plomo (µg/kg pc·dia) en casos de consumo extremo, habitual y ocasional

Tipos de alga (deshidratada)	Extremo		Habitual		Ocasional	
	15 gramos/día	6 gramos/ día	15 gramos / semana	6 gramos / semana	15 gramos/ mes	6 gramos/ mes
	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)	Exposición (µg/kg·día)
Alga dulse	0,2012	0,0805	0,0287	0,0115	0,0067	0,0027
Wakame	0,1241	0,0496	0,0177	0,0071	0,0041	0,0017
Lechuga de mar	0,0992	0,0397	0,0142	0,0057	0,0033	0,0013
Musgo de mar	0,0671	0,0268	0,0096	0,0038	0,0022	0,0009
Hiziki	0,0448	0,0179	0,0064	0,0026	0,0015	0,0006
Hojas de Nori	0,0349	0,0140	0,0050	0,0020	0,0012	0,0005
Kombu	0,0298	0,0119	0,0043	0,0017	0,0010	0,0004
Agar Agar	0,0234	0,0093	0,0033	0,0013	0,0008	0,0003
Espagueti de mar	0,0212	0,0085	0,0030	0,0012	0,0007	0,0003
Cochayuyo	0,0135	0,0054	0,0019	0,0008	0,0005	0,0002

* En rojo los valores que, según el criterio de la EFSA, no pueden excluirse de los efectos adversos

De las exposiciones presentadas en la tabla anterior podemos concluir que:

- El consumo de algas no representa, en ningún escenario, una ingesta de plomo superior al valor de seguridad ($BMDL_{01}$ =0,5 µg/kg pc·día).
- El consumo habitual (semanal) y ocasional (mensual) de algas no implica un aumento significativo en la exposición dietética al plomo, excepto por el consumo habitual de grandes porciones de algas dulse y wakame que aumenta un 30% la ingesta con respecto a la dieta global.
- Sin embargo, EFSA cree que un MoE > 10 no es motivo de preocupación. Por lo tanto, ingestas superiores a 0,05 µg/kg pc·día, valor 10 veces inferior al $BMDL_{01}$, no se deben considerar como seguras.

- La ingesta media de plomo asociada a la dieta total de la población catalana es de 0,1 µg/kg pc·día, un valor que representa un MoE inferior al que EFSA considera que no supone un riesgo para la salud.

- Por lo tanto, aunque el aumento de la exposición dietética al plomo en la población general asociada a la incorporación de algas en la dieta no supone un aumento significativo en la ingesta total, es necesario tener en cuenta la contribución del plomo derivada del consumo de algas en grupos vulnerables, como los niños menores de 10 años y las mujeres embarazadas por los efectos del plomo en el desarrollo neuronal.

Por lo tanto, el aumento de la exposición dietética al plomo en la población general asociada a la incorporación de algas en la dieta no implica ninguna variación significativa en la evaluación del riesgo, pero considerando que es necesario una disminución global del consumo de este contaminante y su especial vulnerabilidad, se recomienda que los grupos de edad menores de 10 años y las mujeres embarazadas hagan un consumo muy moderado o se abstengan.

11.2 Límites legales y recomendaciones de otros organismos

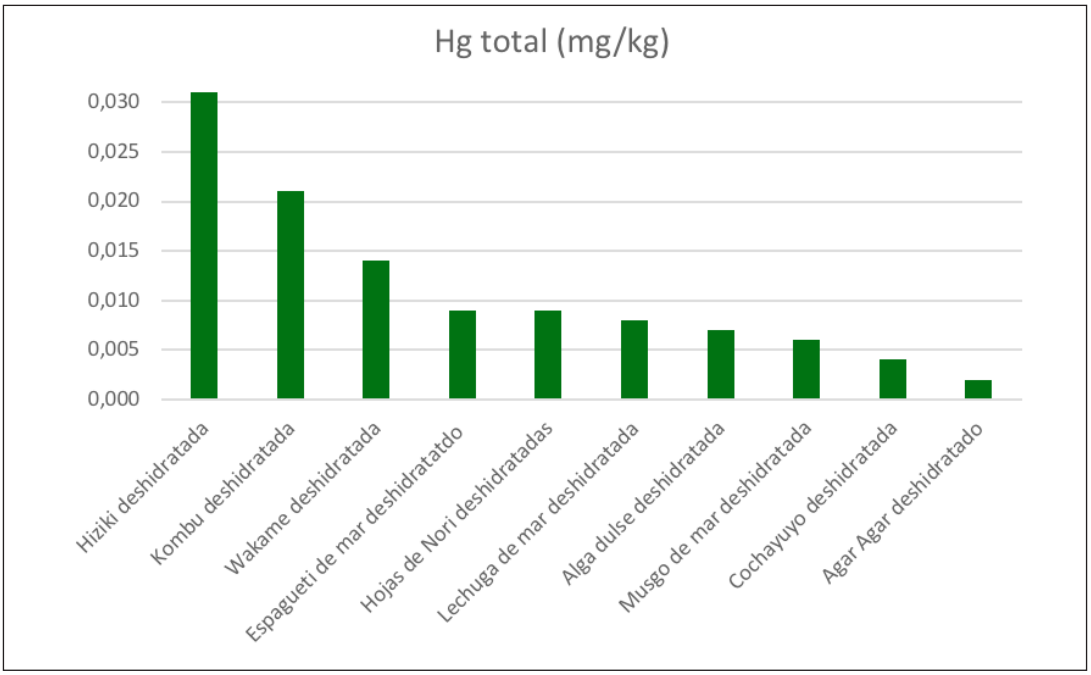
En Francia, el contenido máximo de plomo en las algas se establece en 5 mg/kg de peso seco, con este criterio todas las algas analizadas en este estudio podrían haber sido comercializadas.

12 Mercurio

El mercurio (Hg) se ha diseminado como un contaminante ambiental a partir de procesos naturales como erupciones volcánicas, por su presencia en pilas, termómetros y amalgamas de uso dental y especialmente por sus usos en la minería y obtención de electricidad mediante la combustión de carbón. Todo el mercurio de las emisiones se deposita en la superficie del suelo en forma de mercurio inorgánico. Lo que llega a los medios acuáticos puede ser transformado por bacterias acuáticas y microalgas en mercurio orgánico, metilmercurio, que se bioacumula a través de la cadena trófica y se bioconcentra en los grandes peces depredadores.

No se ha detectado metilmercurio en ninguna de las muestras analizadas (límite de detección analítica 0,0020 mg/kg). A la vista de estos resultados, no se lleva a cabo ninguna evaluación de metilmercurio.

Figura 5. Contenido total de mercurio (mg/kg) de las algas analizadas



12.1 Exposición dietética, evaluación de riesgos y recomendaciones para el mercurio

Teniendo en cuenta los escenarios de consumo explicados anteriormente, presentamos las exposiciones a mercurio total para un individuo de 70 kg en los casos de consumo extremo, habitual y ocasional de grandes raciones de algas (tabla 18). En este caso, no se presenta el cálculo de porciones moderadas (6 gramos), dado que no es necesario, ya que el consumo asociado a raciones grandes aporta toda la información para llegar a las conclusiones.

Tabla 18. Las exposiciones al mercurio (µg/kg pc·semana) en casos de consumo extremo, habitual y ocasional

Tipos de alga (deshidratada)	Extremo	Habitual	Ocasional
	15 gramos/día	15 gramos /semana	15 gramos /mes
	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)	Exposición (µg/kg·semana)
Hijiki	0,0465	0,0066	0,0016
Kombu	0,0315	0,0045	0,0011
Wakame	0,0210	0,0030	0,0007
Espagueti de mar	0,0135	0,0019	0,0005
Hojas de nori	0,0135	0,0019	0,0005
Lechuga de mar	0,0120	0,0017	0,0004
Alga dulse	0,0105	0,0015	0,0004
Musgo de mar	0,0090	0,0013	0,0003
Cochayuyo	0,0060	0,0009	0,0002
Agar agar	0,0030	0,0004	0,0001

De las exposiciones presentadas en la tabla anterior podemos concluir que:

- El consumo de algas no representa, en ningún escenario, una ingesta total significativa de mercurio con respecto al valor de seguridad (IST =4 g/kg pc·semana). La mayor exposición, asociada al consumo extremo y raciones grandes en el alga hijiki, solo supone un 1,8% de la IST.
- La contribución de las algas a la ingesta de mercurio en la dieta de la población catalana supone, en el caso de las algas hijiki y teniendo en cuenta un consumo extremo, un incremento del 11,6%, modificando la exposición estimada de acuerdo con el Estudio de dieta total en Cataluña de 0,4 mg/kg de pc·día a 0,45 mg/kg de pc·día, un valor muy inferior al valor de seguridad de 4 mg/kg·día establecido por la EFSA.
- El consumo de algas no representa, en ningún escenario, un aumento significativo de la ingesta de mercurio total.

12.2 Límites legales y recomendaciones de otros organismos.

En Francia, el contenido máximo de mercurio se establece en 0,1 mg/kg de peso seco, con este criterio todas las algas analizadas en este estudio podrían haber sido comercializadas.

13 Conclusiones generales y recomendaciones

La primera consideración es que cuando se habla de las algas respecto a los contaminantes estudiados no se puede generalizar y las recomendaciones para cada especie se deben diferenciar, para cada contaminante, dado que diferentes algas acumulan diferentes contaminantes

Respecto al alga **kombu**:

- El alga kombu se caracteriza por presentar altas concentraciones de yodo (3969,8 mg/kg). El consumo de una ración diaria, semanal e incluso mensual de esta alga representa exceder el valor de seguridad UL.

- Debe tenerse en cuenta que el tratamiento culinario por calor puede suponer, por evaporación, la pérdida de un porcentaje significativo (hasta 60%) del contenido de yodo, lo que disminuye la exposición estimada en este estudio.

- A pesar de esta disminución debido a los tratamientos culinarios, la ingesta teórica estimada en los escenarios planteados y la recomendación de los productores superarían el valor de seguridad.

- Su consumo debe restringirse a la población adulta. Los grupos de población vulnerables como las personas con disfunción tiroidea, enfermedades cardíacas, insuficiencia renal o tratados con yodo o litio, niños y mujeres embarazadas/en lactancia no deberían consumirla.

Respecto al alga **hijiki**:

- El alga hijiki tiene una concentración muy alta de arsénico inorgánico (85,7 mg/kg). El consumo de una ración diaria, semanal o mensual supone exceder el valor de seguridad. La recomendación de 0,6 gramos al día que aparece en algunas etiquetas de productos comercializados, supone también la superación del valor de seguridad, por lo que se deberia consumir de forma muy ocasional o no consumirla.

- Algunos países recomiendan no consumirla o fijan unos contenidos máximos que supone que en la práctica no se pueda comercializar.

- En el caso de la evaluación del arsénico es necesario mencionar que un tratamiento culinario donde no se aprovechase el agua de cocción i/o lavado podría disminuir la exposición estimada en este estudio. Esto también podría afectar al resto de los contaminantes, pero se necesitan más datos para refinar la evaluación.

Respecto al resto de algas:

- Según el Estudio de dieta total, la ingesta de yodo ya cubre la ingesta adecuada, por tanto, las personas con problemas de tiroides, grupos de edad menores de 20 años y mujeres embarazadas o en lactación tendrían que restringir el consumo de algas ya que podrían superar este valor.

- Según el Estudio de dieta total, la ingesta de cadmio en los grupos de edad menores de 10 años es próximo al valor de seguridad, por lo que tendrían que limitar el consumo de algas para no incrementar la exposición a este contaminante.

- El consumo de algas no supone, en general, a pesar de su alto contenido en plomo, un aumento significativo de la ingesta de plomo o una variación en su evaluación del riesgo, pero hay que tener en cuenta que la dieta total ya indica una ingesta de plomo no completamente exenta del riesgo y que se debe seguir disminuyendo la exposición. Esta recomendación debe ser reforzada para niños menores de 10 años debido a su vulnerabilidad con respecto a los efectos del plomo en el desarrollo neuronal.

Recomendaciones:

- Se debería evitar el consumo del alga hijiki.

- El alga kombu la debería consumir la población adulta de manera moderada y las personas vulnerables al yodo deberían evitar su consumo.

- Para las personas vulnerables al yodo es desaconsejable el consumo de algas.

- Los grupos de edad menores de 10 años deben limitar el consumo de algas a un consumo restringido y ocasional.

14 Bibliografia

ACSA. Estudio de dieta total de yode y contribución de la leche en la exposición de la población catalana, 2015

ACSA. V Estudio de dieta total. Contaminantes químicos. Metales pesados, dioxinas (PCDD/F) y bifenilos policlorados (PCB), 2017

AESAN. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo. AESAN-2012-003

AESAN. Informe de resultados del estudio prospectivo para la determinación de Metales y Yodo en algas marinas AESAN, Estudio prospectivo EP 10 19 ALG, 1 de junio de 2020

AFSSA. Avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments relatif à la teneur maximale en arsenic inorganique recommandée pour les algues laminaires et aux modalités de consommation de ces algues compte tenu de leur teneur élevée en iode. Afssa Saisine n° 2007-SA-0007

ANSES. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au risque d'excès d'apport en iode lié à la consommation d'algues dans les denrées alimentaires. Avis de l'Anses Saisine n° 2017-SA-0086

BfR. Health risks linked to high iodine levels in dried algae. Updated BfR Opinion No. 026/2007, 22 de junio de 2004

CFS. Food Safety Focus (42nd Issue, January 2010) Seaweed. Center for Food Safety Web: Hong Kong.

CEVA. Macroalgues et microalgues alimentaires - Statut règlementaire en France et en Europe Synthèse CEVA 2019 rev 19/03/2020

EFSA. Scientific Opinion on Cadmium in Food. EFSA Journal (2009) 980, 1-139

EFSA. Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Journal 2009; 7(10):1351

EFSA. Scientific Opinion on Lead in Food. EFSA Journal 2010; 8(4):1570

EFSA. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA Journal 2012; 10(12):2985

EFSA. Analysys and Risk Assessment of Seaweed. EFSA Journal 2019;17(52): e170915

FSANZ. Survey of inorganic arsenic in seaweed and seaweeed-containing products available in Australia. Food Standards Australia New Zealand, Canberra.

FSAI. Consumption of Hijiki Seaweed. FSAI Web Review 29/9/2015

Miyai et al. Suppression of Thyroid Function during Ingestion of Seaweed "Kombu" (Laminaria japonica) in Normal Japanese Adults. Endocrine Journal 2008, 55 (6), p. 1103-1108.

Superior Health Council Belgium. Arsenic and other elements in algae and dietary supplements based on algae. Publication of the Superior Health Council No.9149. Versió 1 de abril de 2015.

Teas [et al.]. Variability of Iodine Content in Common Commercially Available Edible Seaweeds. Thyroid 2004, volumen 14, número 10, p. 836-841.

Xia, B.; Abbott, I.A.. Edible seaweeds of China and their place in the Chinese diet. Economic Botany, 1087, 41 (3), p. 341–353.