

# **Yodo en algas comestibles. Evaluación del riesgo tóxico**

Aitana González Martín

Trabajo de Fin de Grado

Tutor: Arturo Hardisson de la Torre

Co-Tutora: Soraya Paz Montelongo

Curso 2018/19

## **Resumen**

El creciente consumo de dos especies de algas, Wakame (*Undaria pinnatifida*) y Kombu (*Laminaria ochorleuca*), como parte de la dieta habitual por su atractivo culinario genera la necesidad de estudiar su composición en elementos como el yodo, al estar notablemente presente en productos de origen marino y dado su potencial dañino cuando no se consume en las cantidades adecuadas.

La cantidad de yodo en estas algas es fácilmente medible, primeramente se realiza una extracción, mediante procesos de desecado, incineración y decantación, y posteriormente se valora la cantidad de este elemento presente en la muestra de alga mediante una reacción de reducción-oxidación utilizando como agente valorante el tiosulfato sódico.

Comparando la cantidad de yodo en ambas especies y comparando dos orígenes productores diferentes (China y Galicia) concluimos que las algas de la especie Kombu tienen cantidades de yodo superiores a la especie Wakame, además las algas procedentes de Galicia tienen un contenido en yodo mayor que las procedentes de China en ambas especies.

De forma general, por su contenido en yodo, consideramos a las especies estudiadas con riesgo tóxico bajo siempre y cuando se consuman siguiendo las recomendaciones de ingesta diaria establecidas por los productores.

## **Abstract**

The growing intake of two species of seaweed, Wakame (*Undaria pinnatifida*) y Kombu (*Laminaria ochorleuca*), as part of daily diet because of its culinary appeal generates the need of study its composition in elements like iodine since this is an element typically present in products from the sea and because of its harmful potential when is not consumed in the right quantities.

The amount of iodine in this seaweed can be quantified easily extracting it first using proceedings of drying, incineration and decanting and second measuring the amount of iodine using a reduction-oxidation reaction with sodium thiosulfate as titrating agent.

If we compare the amount of iodine in both species and comparing two different provenances (China and Galicia) we conclude that Kombu seaweed have higher amounts of iodine than Wakame seaweed, in addition seaweed from Galicia have higher amounts of iodine than the ones from China in both species.

In general, because of its amount of iodine we consider that the studied species have low toxic risk as long as its consumption follows the recommendations of daily intake from the manufacturers.

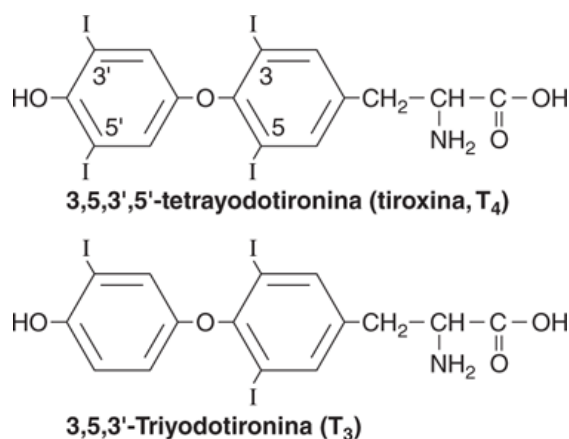
## Índice

Introducción.....	1
Objetivos .....	4
Material y métodos .....	4
<i>Muestras</i> .....	4
<i>Método analítico</i> .....	5
<i>Análisis estadístico</i> .....	6
Resultados y discusión .....	8
<i>Cantidad de yodo en las algas analizadas</i> .....	8
<i>Comparación con otros autores</i> .....	10
<i>Evaluación del riesgo tóxico</i> .....	11
Conclusiones .....	14
Bibliografía.....	15

## Introducción

El yodo es un elemento químico perteneciente al grupo de los halógenos y clasificado como un oligoelemento. Se encuentra en la naturaleza formando parte del suelo y de las rocas, sin embargo, los procesos naturales de erosión del agua y del hielo, y el lixiviado posterior de los terrenos, han contribuido a que la mayor concentración de yodo se encuentre en el agua del mar y, por tanto, en los seres vivos que lo habitan, entre ellos las algas. Este elemento es una pieza clave en 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 <sup>(1)</sup>, es por ello que variaciones en sus niveles pueden provocar alteraciones en el cuerpo humano <sup>(2)</sup>.

El déficit de yodo puede ser la causa de diferentes alteraciones funcionales como: bocio (aumento del tamaño de la glándula tiroidea lo que provoca alteraciones en las hormonas tiroideas), hipotiroidismo y cretinismo en niños <sup>(3)</sup>. Por otro lado, altas concentraciones hacen de éste un elemento tóxico por provocar un aumento en la producción de hormonas tiroideas (hipertiroidismo), cuyas manifestaciones clínicas son: aumento de la tasa metabólica, aumento de la temperatura corporal y de la sudoración, nerviosismo y excitabilidad, entre otros <sup>(4)</sup>. En la *Figura 1* se presentan las estructuras de las hormonas T<sub>4</sub> y T<sub>3</sub>.



*Figura 1: Estructura química de las hormonas tiroideas* <sup>(5)</sup>

Debido a que la dieta es la principal fuente de yodo es necesario establecer valores recomendados de consumo que ayuden a la población a minimizar su riesgo tóxico. La Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD) establece en el Consenso de 2010 una Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de yodo de 140-150 µg/día en hombres y 110-150 µg/día en mujeres <sup>(6)</sup>. Además, el Institute of Medicine (IOM), actualmente conocido como National Academy of Medicine, estableció en 2001 el "Tolerable Upper Intake level" (UL), ó nivel más alto de ingesta sin efectos

adversos observables, en 1100 µg/día <sup>(7)</sup>. Este UL es equivalente a la Ingesta Diaria Admisible (IDA) al ser el yodo un oligoelemento <sup>(8)</sup>. Más adelante, y en contraposición a lo establecido por la entidad americana anteriormente citada, en 2006, el Comité Científico de la Alimentación Humana de la Comisión Europea estableció el límite máximo de ingesta de yodo diario en 600 µg/día para adultos y 200 µg/día para niños entre 1 y 3 años <sup>(9)</sup>.

El ambiente marino constituye la fuente principal de yodo no radiactivo <sup>(10)</sup>, destacando ciertas especies de algas que pueden extraer y acumular este elemento en forma de yodato de calcio. Dentro de este grupo de algas destacamos dos especies: Wakame (*Undaria pinnatifida*) y Kombu (*Laminaria ochroleuca*), por su creciente consumo en Europa como complemento en dietas como la vegetariana y en la cocina japonesa, ambas especies son algas pardas (Clase Phaeophyceae). Las algas pardas se caracterizan por reproducirse mediante esporas flageladas, a diferencia del resto de algas del Phylum Heterokontophyta, y por contener el pigmento fucoxantina, el cual le proporciona el color verde-marrón que da nombre al grupo, entre otras características <sup>(11)</sup>. En la *Tabla 1* se detalla la composición nutricional de ambas especies de algas pardas.

*Tabla 1: Composición nutricional de ambas especies de algas en 100g* <sup>(12)</sup>

Nutriente	Especie		
	Wakame	Kombu	
Agua (g)	79,99	-	
Energía (kcal)	45	243	
Proteínas (g)	3,03	14,29	
Lípidos totales (g)	0,64	0	
Carbohidratos (g)	9,14	42,86	
Fibra (g)	0,5	14,3	
Azúcares totales (g)	0,65	0	
Vitaminas y minerales	Sodio (mg)	872	2300
	Calcio (mg)	150	60
	Magnesio (mg)	107	-
	Hierro (mg)	2,18	15,43
	Vitamina C (mg)	3,0	17,1
	Vitamina A (IU)	360	714
	Folato (µg)	196	-
	Vitamina K (µg)	5,3	-

Como podemos observar en la *Tabla 1* ambas especies son ricas en macro y micronutrientes <sup>(13)</sup>. De forma general la especie Kombu aporta cantidades mayores de estos nutrientes que la especie Wakame, excepto en el caso de los lípidos totales, azúcares totales y calcio donde el aporte de estos es mayor en la especie Wakame.

Podemos encontrar a la venta preparados de ambas especies en grandes centros comerciales, herbolarios y tiendas especializadas en productos alimenticios procedentes de Asia. Estos preparados son en su mayoría de algas desecadas. En el año 2018 la Comisión Europea publicó una serie de recomendaciones relativas al control de metales y yodo en algas marinas, plantas halófitas y productos a base de algas marinas. Entre estas recomendaciones destacamos aquellas relativas a las algas marinas donde se redacta textualmente que “durante los años 2018, 2019 y 2020, los Estados miembros, en colaboración con los explotadores de empresas de alimentos y de piensos, procedan al control de la presencia de arsénico, cadmio, yodo, plomo y mercurio en las algas marinas [...] A fin de permitir una estimación exacta de la exposición, dicho control debe incluir [...] una amplia variedad de especies de algas marinas que reflejen los hábitos de consumo y los usos como [...] el kombu (*Laminaria japonica*) [...] el wakame (*Undaria pinnatifida*) [...]” <sup>(9)</sup>.

En lo referente a la tradición culinaria las algas Kombu se utilizan en sopas, caldos, guisos y seitán, y las algas Wakame se adicionan a verduras ya cocinadas, entre otros usos <sup>(14)</sup>. Por esta amplia comercialización y diverso uso culinario podemos deducir que su consumo es alto y es por ello que nos centraremos en la determinación de yodo en estas especies haciendo una comparación entre los principales orígenes productores de Europa (Galicia) y Asia (China).

## Objetivos

- Determinar el contenido de yodo en dos especies de algas pardas procedentes de dos zonas geográficas distintas.
- Comparar el contenido en yodo de ambas especies según el origen de éstas (Asia y Galicia).
- Comparar el contenido en yodo entre las dos especies analizadas (Wakame y Kombu) con el fin de determinar la existencia o no de diferencias significativas.
- Evaluar el riesgo tóxico derivado del consumo de las algas analizadas teniendo en cuenta los valores de ingesta diaria admisible de yodo.

## Material y métodos

### Muestras

Se han analizado un total de 30 muestras de dos especies diferentes de algas pardas (Kombu y Wakame) procedentes de dos zonas geográficas diferentes (China y Galicia) con pesos de entre 10 y 12 g.

En la *Tabla 2* se detallan algunos datos de interés sobre las muestras analizadas.

*Tabla 2: Datos sobre las muestras de algas analizadas*

Especie	Marca	Origen; Recolección	Nº muestras	Envase	Fecha envasado
Kombu ( <i>Laminaria ochroleuca</i> )	Fuzhou Hailin Food Co. Ltd.	China; desconocida	9	Plástico	25/01/2018
	PORTO – MUIÑOS®	Galicia; a mano	6	Plástico	14/12/2018
Wakame ( <i>Undaria pinnatifida</i> )	Comercio Chino, Marca desconocida	China; desconocida	9	Plástico	10/01/2018
	PORTO – MUIÑOS®	Galicia; a mano	6	Plástico	16/10/2018

Además de las muestras de algas se utilizaron: cápsulas de porcelana, estufa, horno mufla, placa calefactora, vasos de precipitado, papel de filtro, embudo cónico, embudo de decantación, matraz Erlenmeyer, probeta, pipetas graduadas de 2ml y bureta de doble llave de 2ml. En cuanto a reactivos: ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), cloroformo (CHCl<sub>3</sub>) y tiosulfato sódico (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sup>(15)</sup>. Las *Imágenes 1* y *2* muestran envases de algas de distintas procedencias.



Imagen 1: Algas procedentes de Galicia



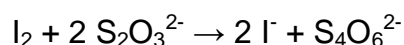
Imagen 2: Algas procedentes de China

### Método analítico

Antes de proceder a la valoración del yodo es necesario un tratamiento previo de las muestras, para ello, y una vez pesada la cantidad deseada en una cápsula de porcelana previamente descontaminada, se introduce ésta en la estufa a 80°C durante 24 horas para asegurar la completa deshidratación del alga. Una vez transcurrido este tiempo se incinera en un horno mufla durante 20 minutos a 500°C para eliminar la materia orgánica y, así, obtener el yodo en forma inorgánica. <sup>(15)</sup>

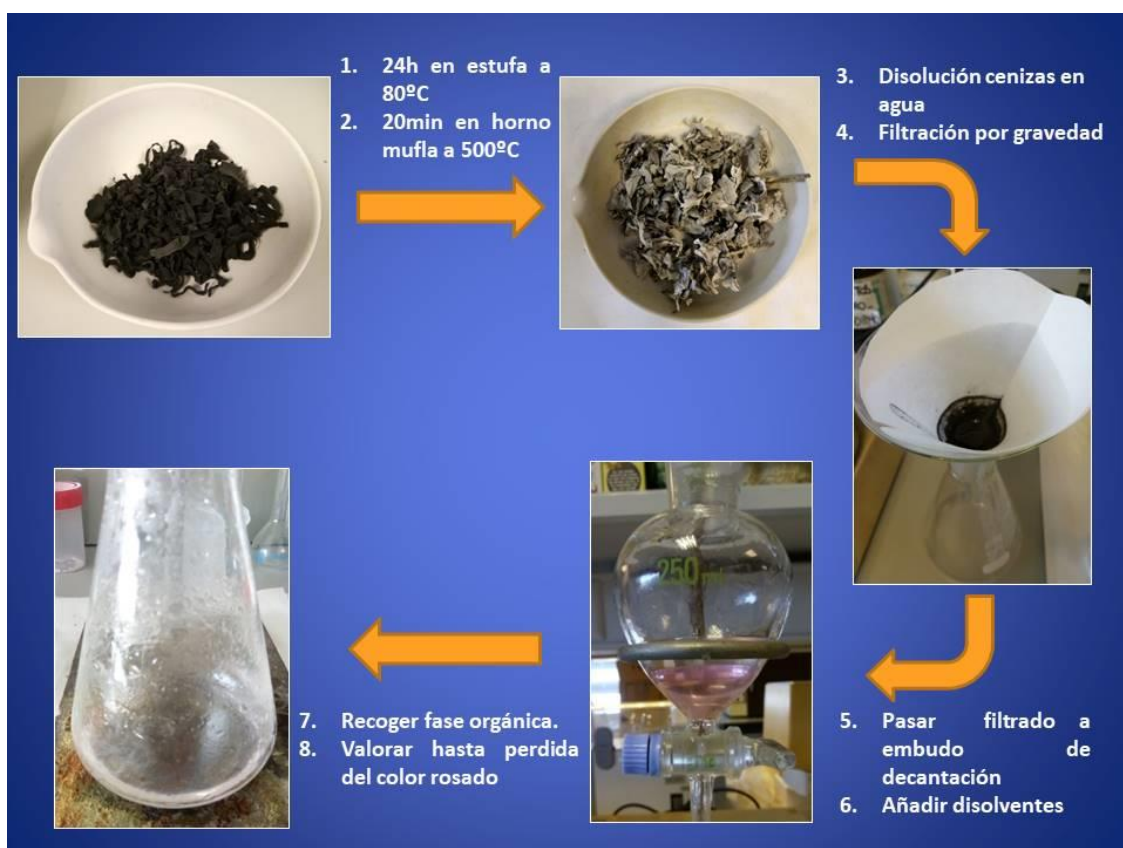
Las cenizas obtenidas en este tratamiento previo se disuelven en agua destilada a alta temperatura y se filtran por gravedad sobre un matraz Erlenmeyer, conteniendo el líquido filtrado el yodo que extraeremos a continuación. Este líquido se lleva a un embudo de decantación y se le añade 25 ml de CHCl<sub>3</sub>, 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5M y 5 ml al 30%; el CHCl<sub>3</sub> actúa como disolvente orgánico del yodo, ya que este es muy poco soluble en agua, el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como oxidante y el H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> aporta el medio ácido necesario para que ocurra la reacción de reducción-oxidación, la cual es indispensable para la posterior valoración. Una vez añadidos todos los reactivos se coloca el tapón del embudo de decantación y se agita con fuerza purgando con frecuencia los gases hasta la completa eliminación de estos. Se coloca el embudo en un soporte adecuado para dejar el proceso de decantación de fases en reposo durante unos minutos y así asegurar la completa separación de las fases acuosa y orgánica y, por tanto, la correcta extracción del yodo. <sup>(15)</sup>

Finalmente se vierte la fase orgánica (inferior) de tono rosado, que contiene el yodo disuelto, en un Erlenmeyer para su posterior valoración. Esta valoración se llevará a cabo, utilizando el Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1N como valorante, mediante una reacción de oxidación-reducción:





Este proceso de valoración llega a su fin con la desaparición del color rosado de la fase orgánica que vira a transparente <sup>(15)</sup>. Este proceso está representado esquemáticamente en la *Imagen 3*.



*Imagen 3: Esquema del método analítico*

Para transformar el volumen de tiosulfato sódico utilizado en la valoración en cantidad de yodo en la muestra se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración yodo total} \left( \frac{mg}{kg} \right) = V \times C \times \frac{1000}{m}$$

dónde: “V” representa el volumen en ml de tiosulfato utilizado en la valoración, “C” la concentración de tiosulfato (0,1N) y “m” el peso en gramos de la muestra. <sup>(15)</sup>

### **Análisis estadístico**

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el programa IBM Statisticts SPSS 22.0 para Windows™. Se comprobó la normalidad de las muestras mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y Saphiro Wilk y el test de Homogeneidad de las Varianzas de Levene <sup>(16)</sup>. En el caso de la comparación entre especies, al no existir normalidad de los datos, se utilizó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney <sup>(17) (18) (19) (20)</sup>. Por otro lado, en el caso de la comparación entre diferentes orígenes productores de la misma especie, al

existir normalidad de los datos, se utilizó la prueba paramétrica denominada prueba T-medias.

Este análisis estadístico se realizó con el fin de confirmar la existencia o no de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las diferentes muestras según especie y origen (China y Galicia).

## Resultados y discusión

### Cantidad de yodo en las algas analizadas

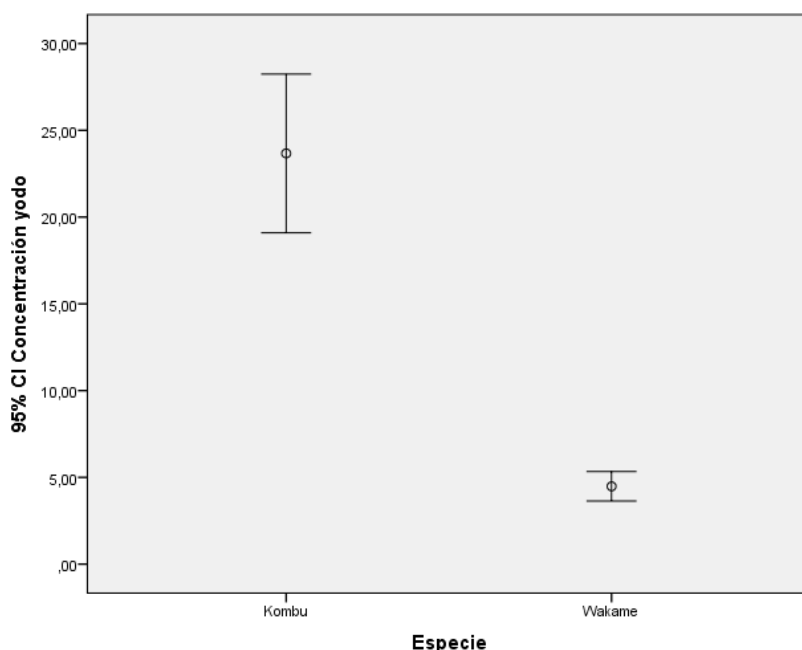
Una vez tratadas todas las muestras y obtenidos los resultados procedemos al análisis de estos. La *Tabla 3* muestra el contenido de yodo (mg/kg) en las algas analizadas, por especie y origen, así como la media y la desviación estándar.

*Tabla 3: Resultados de la medición de yodo en ambas especies de algas comestibles*

Especie	Procedencia	Cantidad de yodo (mg/kg)	
		Cantidad por muestra	Media $\pm$ DE
Kombu ( <i>Laminaria ochorleuca</i> )	China	35,4	20,98 $\pm$ 8.96
		31,85	
		29,67	
		16,68	
		20,88	
		12,57	
		13,33	
		13,02	
	Galicia	15,42	27,7 $\pm$ 5,44
		22,42	
		24,72	
		26,35	
		25,48	
		37,77	
Wakame ( <i>Undaria pinnatifida</i> )	China	29,47	3,4 $\pm$ 0,54
		4,37	
		2,96	
		3,77	
		2,95	
		2,6	
		3,32	
		3,39	
	Galicia	3,91	6,09 $\pm$ 0,96
		3,41	
		5,53	
		5,67	
		5,01	
		5,81	
7,47			
7,09			

Como puede observarse en los datos mostrados en la *Tabla 3* la cantidad media de yodo en las muestras de algas Kombu procedentes de China y Galicia fue de 20,98 y 27,7 mg/kg, respectivamente, y en las algas Wakame de 3,4 y 6,09 mg/kg. Cabe destacar que en el caso de las algas Kombu de China las cantidades de yodo obtenidas en las muestras procedentes del primer envase, es decir en las tres primeras, fueron notablemente superiores a las obtenidas en las muestras de los dos envases restantes a pesar de que la fecha de envasado de los tres envases es la misma. Esto puede deberse a que se recolectaran especímenes de edades diferentes o a que se hayan recogido a diferentes profundidades, entre otras causas.

Conociendo todos estos datos podemos plantear diferentes comparaciones entre ellos. Por un lado, si realizamos una comparación entre especies, utilizando el análisis estadístico explicado anteriormente, podemos afirmar que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las cantidades de yodo observadas en ambas especies, siendo estas cantidades notablemente superiores en la especie Kombu. Esto se muestra gráficamente en la *Figura 2*.



*Figura 2: Comparación estadística según especies*

Por otro lado, basando nuestra comparación en el origen, podemos afirmar que no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las cantidades de yodo de ambos orígenes productores en el caso de las algas Kombu, representado esto en la *Figura 3*. Sin embargo, en las algas Wakame esta diferencia si es significativa tal y como se muestra en la *Figura 4*.

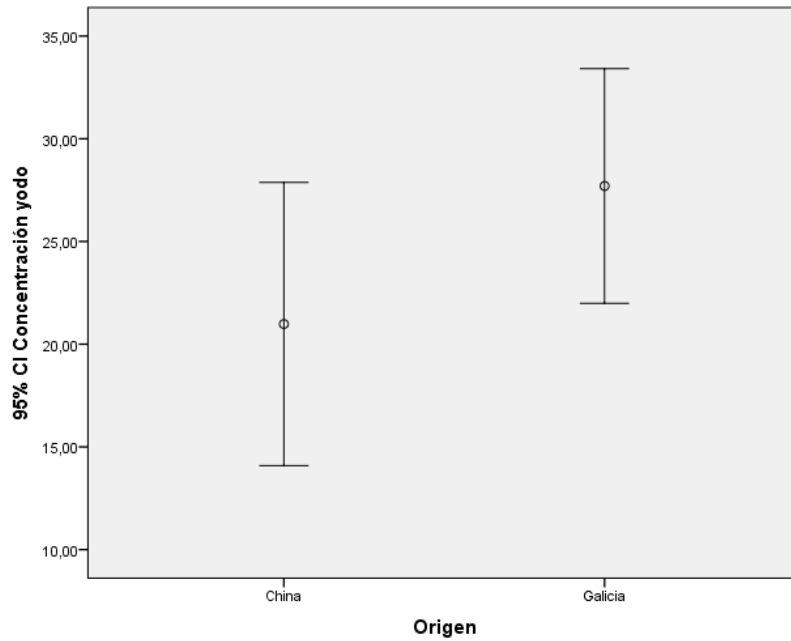


Figura 3: Comparación estadística según origen de la especie Kombu.

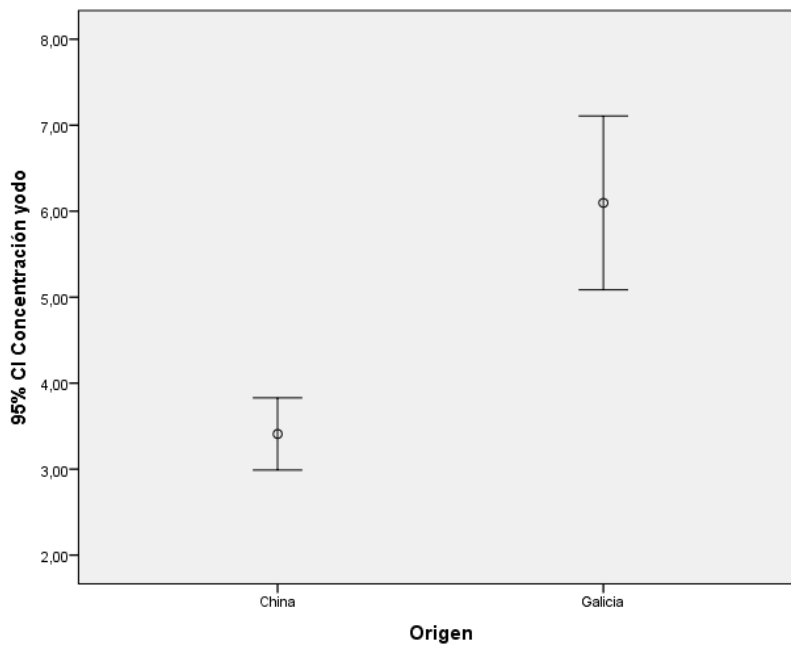


Figura 4: Comparación estadística según origen de la especie Wakame.

### Comparación con otros autores

En el año 2018 como parte de la tesis doctoral de la Doctora Soraya Paz Montelongo <sup>(15)</sup>, del departamento de Toxicología de la Universidad de La Laguna, se analizó el contenido en yodo en diferentes especies de algas entre las que se encuentran las dos estudiadas en este trabajo. En la *Tabla 4* se muestra un resumen de los resultados obtenidos en este estudio y de los obtenidos en la tesis anteriormente mencionada.

Tabla 4: Cantidades de yodo (mg/kg) obtenidas en ambos estudios

Especie	Concentración yodo $\pm$ DE	Origen	Referencia
Kombu	49,2 $\pm$ 16,9	Europa	Tesis Doctoral Soraya Paz Montelongo, 2018
	27,7 $\pm$ 5,44		Este estudio, 2019
Wakame	24,8 $\pm$ 13,0	Europa	Tesis Doctoral Soraya Paz Montelongo, 2018
	6,09 $\pm$ 0,96		Este estudio, 2019
	8,77 $\pm$ 7,64	Asia	Tesis Doctoral Soraya Paz Montelongo, 2018
	3,4 $\pm$ 0,54		Este estudio, 2019

Si analizamos estos datos observamos que en el año 2018 las cantidades de yodo obtenidas fueron superiores que las obtenidas en este estudio en todas las especies y procedencias comparadas, es por esto que podemos afirmar que la cantidad de yodo en estas especies de algas varía en relación a la fecha de recolección, esto puede ser debido a los cambios climáticos o del entorno en que crece el alga, entre otras causas posibles de dicha variación.

### **Evaluación del riesgo tóxico**

Para evaluar el riesgo tóxico del consumo diario de estas algas calculamos la Ingesta Diaria Estimada (IDE) utilizando como ración de referencia 4 g de alga deshidratada que es la recomendación de consumo diario establecida por el fabricante en el envase. Además, utilizaremos la IDR establecida por la FESNAD y la IDA establecida por el Comité Europeo, en lugar de la correspondiente al IOM, al estar ésta más actualizada. En la *Tabla 5* se muestran los valores de contribución de la IDE sobre la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) y la Ingesta Diaria Admisible (IDA) y otros datos y valores de interés.

Tabla 5: Contribución de la IDE a la IDR e IDA

Especie de alga; Origen	Cantidad media de yodo (mg/kg)	IDE ( $\mu\text{g}/\text{día}$ )	IDR en hombres ( $\mu\text{g}/\text{día}$ )	IDR en mujeres ( $\mu\text{g}/\text{día}$ )	IDA ( $\mu\text{g}/\text{día}$ )	Contribución a la IDR (%)		Contribución a la IDA (%)
						Hombres	Mujeres	
Kombu; China	20,98	83,92	140	110	600	59,94	76,29	13,98
Kombu; Galicia	27,7	110,8				79,14	100,72	18,46
Wakame; China	3,4	13,6				9,71	12,36	2,26
Wakame; Galicia	6,09	24,36				17,4	22,15	4,06

Tal y como se muestra en la *Tabla 5* las IDE son inferiores a la IDR en todos los supuestos exceptuando en el caso del consumo de algas Kombu de Galicia por parte de las mujeres, donde el valor de la contribución a la IDR es de 100,72%, esto se traduce en que si este grupo de población consumiera una cantidad de 4g diarios de estas algas estarían sobrepasando ligeramente la IDR de yodo establecida por la FESNAD. Además, observamos que en ningún caso se supera la IDA y, por tanto, en ningún caso se observarían efectos adversos derivados de un consumo diario de algas de la magnitud de 4g.

Si elaboráramos una ensalada de algas siguiendo las recetas proporcionadas por diferentes blogs culinarios y recetarios de grandes centros comerciales<sup>(21)</sup>, que sugieren utilizar unos 15 g de alga deshidratada, los valores de IDE y contribución a la IDR e IDA de la *Tabla 5* se triplicarían aproximadamente, es decir, en el caso de las algas Kombu los valores de la IDE serían de unos 314,7  $\mu\text{g}/\text{día}$  en las procedentes de China y 415,5  $\mu\text{g}/\text{día}$  en las de Galicia. Ambos valores superarían la IDR, tanto en hombre como en mujeres, aumentando así el potencial tóxico de esta especie de alga en lo referente a la ingesta de yodo.

España no dispone de legislación específica que regule la comercialización de estas y otras especies de algas a diferencia de países como Francia donde la comercialización está autorizada siempre y cuando no superen la cantidad de yodo de 2.000 mg/kg de peso seco<sup>(22)</sup>. Sin embargo, un informe redactado en el año 2012 por el Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) sobre la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo establece que “aunque en este momento el consumo de este tipo de algas no supone un riesgo en la población española, podría recomendarse adoptar como límite máximo de contenido en yodo de algas comestibles 2.000 mg/kg de peso seco, independientemente de la especie, y aconsejar a la población un consumo moderado, especialmente en niños de corta edad y embarazadas con

objeto de evitar riesgos de ingestas superiores a los valores máximos recomendados que pudieran tener efectos negativos sobre la función tiroidea, de especial repercusión en las etapas de crecimiento y desarrollo”<sup>(1)</sup>. Por tanto, tomando como referencia las cantidades de yodo obtenidas en este estudio todas las algas valoradas son aptas para el consumo en Francia y, además, todas ellas cumplen con la recomendación de contenido máximo de yodo establecida por el Comité Científico de la AECOSAN anteriormente citado.



## Conclusiones

- Las algas procedentes de Galicia contienen cantidades de yodo significativamente superiores que las procedentes de China en el caso de la especie *Undaria pinnatifida* (Wakame). Sin embargo, en la especie *Laminaria ochroleuca* (Kombu) la diferencia entre los valores de la cantidad de yodo de los diferentes orígenes productores no se considera significativa.
- Las algas Kombu contienen cantidades de yodo significativamente superiores a las algas Wakame.
- Con un consumo diario de 4g de alga deshidratada Kombu de Galicia el grupo poblacional de las mujeres superaría ligeramente la IDR.
- Con un consumo diario de 4g de alga deshidratada Wakame procedente de China o Galicia y de alga Kombu de China la IDR no se vería superada, ni en el caso de los hombres ni en las mujeres.
- La IDA no se superaría con el consumo de 4g de alga deshidratada de ninguna de las especies ni de ninguna de las procedencias estudiadas.
- El potencial tóxico de estas algas en cuanto a su contenido en yodo depende de la cantidad diaria consumida, y por tanto, del cumplimiento o no por parte de la población de las recomendaciones de consumo establecidas por los fabricantes.
- Si España implantara la misma legislación que Francia en lo referente a las algas comestibles, ambas especies de cualquiera de sus procedencias serían consideradas aptas para el consumo y, por tanto, todas estas se podrían comercializar.
- Siguiendo la recomendación del Comité Científico de la AECOSAN en cuanto a cantidad de yodo máxima en macroalgas ambas especies de cualquiera de los orígenes productores estudiados serían aptas para la comercialización y consumo en España.

## Bibliografía

1. AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición) (2012) 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
2. Andersen S, Noahsen P, Rex KF, Florian-Sørensen HC, Mulvad G (2019) Iodine in Edible Seaweed, Its Absorption, Dietary Use, and Relation to Iodine Nutrition in Arctic People. *Journal of medicinal food* 22: 421-426
3. Vargas H, Bastidas B, Perdomo M, Vargas H (2015) Estado nutricional del yodo. *Medicina* 37: 122-139
4. Flórez J, Armijo JA, Mediavilla A (2013) *Farmacología Humana*, 6ª ed. Elsevier Masson.
5. Barrett KE, Barman SM, Boitano S, Brooks H (2013) *Ganong Fisiología médica*, 24ª ed. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
6. FESNAD (Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética) (2010) Propuesta de ingestas dietéticas de referencia (IDR) para población española
7. IOM (Institute of Medicine) (2001) *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine of the National Academies, National Academy Press, Washington (DC), USA.
8. Commission of the European Communities (2008) COMMISSION REGULATION (EC) N° 429/2008 of 25 April 2008. *Official Journal of the European Union*. L 133/1.
9. Comisión Europea (2018) RECOMENDACIÓN (UE) 2018/464 DE LA COMISIÓN de 19 de marzo de 2018 relativa al control de metales y yodo en las algas marinas, las plantas halófilas y los productos a base de algas marinas. *Diario Oficial de la Unión Europea*. L 78/16.
10. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). [Internet] [Consultado 5 de Abril de 2019]. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts158.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts158.html)
11. EcuRed: Enciclopedia de Cuba (2019). [Internet] [Consultado el: 8 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Phaeophyceae>
12. USDA (United States Department of Agriculture) (2019). [Internet] [Consultado 8 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
13. Cherry P, O'Hara C, Magee PJ, McSorley EM, Allsopp P (2019) Risks and benefits of consuming edible seaweeds. *Nutrition Reviews* 77(5): 307-329.

14. Bluscus (2015) [Internet] [Consultado 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://bluscus.es/la-tradicion-culinaria-de-las-algas/>
15. Paz S (2018) Determinación de metales y elementos traza en algas: Evaluación nutricional y toxicológica. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna.
16. Gutiérrez AJ, González-Weller D, González T, Burgos A, Lozano G, Hardisson A (2008) Content of trace metals (iron, zinc, manganese, chromium, copper, nickel) in canned variegated scallops (*Chlamys varia*). *International Journal of Food Science and Nutrition* 59: 535-543.
17. Rubio C, Napoleone G, Luis-González G, Gutiérrez AJ, González-Weller D, Hardisson A, Revert C (2017) Metals in edible seaweed. *Chemosphere* 173: 572-579.
18. Sangiuliano D, Rubio C, Gutiérrez AJ, González-Weller D, Revert C, Hardisson A, Zanardi E, Paz S (2017) Metal Concentrations in Samples of Frozen Cephalopods (Cuttlefish, Octopus, Squid, and Shortfin Squid): An Evaluation of Dietary Intake. *Journal of Food Protection* 80(11): 1867-1871.
19. Rubio C, Paz S, Tius E, Hardisson A, Gutiérrez AJ, González-Weller D, Caballero JM, Revert C (2018) Metal Contents in the Most Widely Consumed Commercial Preparations of Four Different Medicinal Plants (Aloe, Senna, Ginseng, and Ginkgo) from Europe. *Biological Trace Element Research*. Disponible en: <http://doi.org/10.1007/s12011-018-1329-7>
20. Paz S, Rubio C, Frías I, Gutiérrez AJ, González-Weller D, Revert C, Hardisson A (2018b) Metal Concentrations in Wild-Harvested Phaeophyta Seaweed from the Atlantic Ocean (Canary Islands, Spain). *Journal of Food Protection* 81(7): 1165-1170.
21. aptc El Corte Inglés (2019) [Internet] [Consultado 12 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.elcorteingles.es/aptc/recetas/ensalada-de-algas-wakame-y-semillas-de-sesamo/>
22. CEVA (Centre d'étude et valorisation des algues) (2014) Réglementation algues alimentaires. Disponible en: <https://www.cybercolloids.net/sites/default/files/r%C3%A9glementation%20algues%20MAJ%202014.pdf>