

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

Miembros del Comité Científico

Rosaura Farré Rovira, Francisco Martín Bermudo, Ana María Cameán Fernández, Alberto Cepeda Sáez, Mariano Domingo Álvarez, Antonio Herrera Marteache, Félix Lorente Toledano, María Rosario Martín de Santos, Emilio Martínez de Victoria Muñoz, M^a Rosa Martínez Larrañaga, Antonio Martínez López, Cristina Nerín de la Puerta, Teresa Ortega Hernández-Agero, Perfecto Paseiro Losada, Catalina Picó Segura, Rosa María Pintó Solé, Antonio Pla Martínez, Daniel Ramón Vidal, Jordi Salas Salvadó, M^a Carmen Vidal Carou

Secretario

Vicente Calderón Pascual

Número de referencia: AESAN-2012-003

Documento aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 22 de febrero de 2012

Grupo de Trabajo

Emilio Martínez de Victoria Muñoz (Coordinador)
Teresa Ortega Hernández-Agero
Perfecto Paseiro Losada
Concepción Becerril Moral (AESAN)

1

Resumen

El yodo es un elemento esencial para la síntesis de las hormonas tiroideas, responsables del desarrollo del sistema nervioso central, del crecimiento, de la regulación del metabolismo basal y, en general, del correcto funcionamiento del organismo. Uno de los factores de riesgo de la incorporación a la dieta de algas marinas macroscópicas con contenidos de yodo elevados es que el exceso de yodo en el organismo parece contribuir a un aumento de patologías del tiroides como se desprende del informe elaborado por el Comité Científico de la Alimentación Humana de la Comisión Europea que ha señalado que la ingestión de derivados de algas ricas en yodo, en especial los desecados, puede proporcionar una ingesta de yodo potencialmente peligrosa. En los últimos años se han producido alertas alimentarias por la presencia en alimentos de macroalgas con alto contenido en yodo. Dado que el consumo de macroalgas está aumentando en España, la Dirección Ejecutiva de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición ha solicitado al Comité Científico que elabore un informe que sirva de apoyo para, si procede, poder establecer medidas de gestión que disminuyan el riesgo asociado a la ingesta de macroalgas. Del estudio de la evaluación nutricional de la dieta española llevada a cabo por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición se desprenden datos de ingesta de yoduro en la población española adulta de entre 74 y 102 $\mu\text{g}/\text{día}$. Sin embargo, todavía no existen datos de ingesta de algas por la población española. Por otro lado, los últimos informes de la Organización Mundial de la Salud y del Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia consideran que la población de España tiene una óptima nutrición de yodo ya que las medianas de yodúria son superiores a 100 mg/l . Creemos 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.

Palabras clave

Algas macroscópicas, ingesta de yodo, alteraciones tiroideas.

Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) for the assessment of the risk associated with the consumption of macroscopic algae with a high iodine content.

2

Abstract

Iodine is essential for the synthesis of thyroid hormones responsible for the development of the central nervous system, growth, and regulation of the basal metabolic rate. In general, it is required to ensure that the human body is functioning correctly. One of the risk factors associated with eating macroscopic marine algae with a high iodine content is that the excess iodine in the body seems to contribute to an increase in thyroid pathologies. This is suggested in the report by the European Commission's Scientific Committee on Food, which indicates that ingestion of iodine-rich algae derivatives, especially dried ones, can provide a potentially dangerous iodine intake. In recent years there have been some food alerts for food containing macro-algae with a high iodine content. Since the consumption of macro-algae is on the increase in Spain, the Executive Director of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition has requested that the Scientific Committee draft a report, which, as and when necessary, will be used as the basis to establish management measures that lower the risk associated with macro-algae intake. The nutritional evaluation study of the Spanish diet performed by the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition shows that the iodine intake amongst the adult population in Spain stands between 74 and 102 µg/day. However, there is still a lack of information of the intake of algae amongst the Spanish population. Moreover, the latest reports by the World Health Organisation and the United Nations International Children's Emergency Fund suggest that the Spanish population displays optimal nutrition of iodine, given that the median urinary iodine excretion is higher than 100 mg/l. We believe that although at present the consumption of this type of algae does not pose a risk to the Spanish population, it could be advisable to adopt a maximum limit for iodine content in edible algae of 2,000 mg/kg of dry matter. This amount is the same for all the species. It is also advisable that the population has a moderate consumption, especially amongst young children and pregnant women. This is to avoid ingesting amounts that exceed maximum recommended values, which could have negative effects on thyroid function (especially important during growth and development stages).

Key words

Macroscopic algae, iodine intake, thyroid disorders.

Introducción

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

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

La presencia de yodo en la glándula tiroidea fue descubierta en 1895, pero no se consideró un elemento esencial para el hombre hasta que, a principios del siglo XX, Marine y Kimball mostraron que el bocio era causado por la deficiencia de yodo (Zimmermann, 2008). Desde entonces se han llevado a cabo numerosos estudios que han permitido conocer los efectos en el feto, niños y adultos de una ingesta inadecuada y establecer los requerimientos de yodo, en función de la edad, sexo y estado fisiológico del organismo. La deficiencia de yodo puede originar, además de bocio e hipotiroidismo, alteraciones neurológicas muy graves e irreversibles, especialmente en el feto y en niños.

Las enfermedades por deficiencia de yodo han tenido una gran incidencia en la población mundial a lo largo de la historia. De hecho, una práctica utilizada ya en la antigua Grecia era suministrar algas o estrellas de mar para curar el bocio. Durante años, los programas de salud de un gran número de países, incluida España, han recomendado el consumo de alimentos enriquecidos con KIO_3 o KI como fuente de yodo (OMS, 1996). Estudios recientes realizados en España muestran la importancia de controlar los niveles de yodo en mujeres embarazadas y la inadecuada nutrición de yodo en determinadas regiones españolas (Foz, 2004) (Sánchez-Vega, 2008).

La incidencia de enfermedades debidas a una ingesta elevada de yodo ha sido escasa pero, en la actualidad, el número de personas que las padecen está aumentando en los países desarrollados.

Uno de los factores de riesgo es la incorporación a la dieta de algas marinas con altos contenidos de yodo. Su consumo es recomendado por expertos de la restauración como "productos de alto valor nutricional". Sin embargo, la incorporación de este alimento a nuestra dieta habitual puede llegar a ser perjudicial para la salud, como se desprende del informe elaborado por el Comité Científico de la Alimentación Humana (SCF) de la Comisión Europea que ha señalado que la ingestión de derivados de algas ricas en yodo, en especial desecadas, puede proporcionar una ingesta de yodo potencialmente peligrosa (SCF, 2002). En los últimos años se han producido alertas alimentarias causadas por la presencia en alimentos de macroalgas con alto contenido en yodo.

La reglamentación específica para la comercialización de algas en la alimentación es escasa. Francia ha sido el primer país de la Unión Europea (UE) en establecer una regulación específica relativa al uso de algas marinas.

Dado que el consumo de macroalgas está aumentando en España, que las algas pardas, concretamente las pertenecientes al género *Laminaria*, tienen contenidos de yodo elevados que pueden resultar perjudiciales para la salud y que el Panel Científico sobre Contaminantes en la Cadena Alimentaria (CONTAM) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha emitido un informe instando a los Estados miembros a establecer los criterios de consumo de macroalgas en

función de la ingesta de yodo por otras fuentes, la Dirección Ejecutiva de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) ha solicitado al Comité Científico que elabore un informe que sirva de apoyo para, si procede, poder establecer medidas de gestión que disminuyan el riesgo asociado a la ingesta de macroalgas en España.

Yodo en alimentos. Toxicidad. Ingestas recomendadas

1. Contenido en yodo de los alimentos

El contenido de yodo en los alimentos es variable, siendo los más elevados los correspondientes a alimentos de origen marino (algas, peces y crustáceos).

En los países industrializados las fuentes más importantes de yodo son los huevos, los cereales y los productos lácteos. La concentración de yodo en la leche varía en función de la estación del año y de la cantidad de yodo añadida al pienso de las reses. Otra fuente dietética a tener en cuenta en nuestro país es el consumo de sal yodada.

En la Tabla 1 se recogen los contenidos de yodo que contienen algunos de los alimentos de consumo más frecuente.

Tabla 1. Contenidos de yodo de algunos alimentos habituales en la dieta expresados como µg/kg de peso fresco

Alimentos de origen marino	Yodo (µg/kg)	Alimentos de origen animal	Yodo (µg/kg)	Alimentos de origen vegetal	Yodo (µg/kg)	Otros alimentos	Yodo (µg/kg)
¹ Algas frescas	1.000-2.000	³ Huevos	388-530	⁴ Cereales (valor medio)	47	¹ Pescados de agua dulce (valor medio)	30
¹ Pescados (valor medio)	1.220	² Leche semi. UHT	86	⁴ Frutas (valor medio)	18	¹ Agua de bebida	<15
¹ Mariscos (valor medio)	798	² Leche desna. UHT	111	⁴ Legumbres (valor medio)	30	–	–
² Gallo	161	² Leche entera UTH	90	⁴ Verduras (valor medio)	29	–	–
² Pescadilla	270	² Yogur natural	37	² Lentejas	15	–	–
² Sardina	289	² Queso manchego semicurado	341	² Arroz	22	–	–
² Merluza	18	² Conejo	18	² Garbanzos	15	–	–
² Berberechos (al natural)	271	² Cerdo (lomo)	26	² Espinacas	28	–	–
² Mejillones (en escabeche)	400	² Pollo (muslo)	69	² Espárragos verdes frescos	20	–	–
² Atún en aceite	342	² Añojo (lomo)	56	² Naranjas	21	–	–
–	–	² Añojo (solomillo)	28	² Fresas	5	–	–
–	–	² Ternera (lomo)	28	² Tomates	22	–	–
–	–	² Ternera (solomillo)	49	² Patatas	41	–	–
–	–	² Chorizo	109	² Champiñones	157	–	–
–	–	² Salchichón	147	² Cebollas	89	–	–
–	–	² Jamón serrano	114	² Uvas	3,3	–	–
–	–	² Jamón cocido	109	² Peras	21	–	–
–	–	² Cordero (chuleta)	54	² Plátanos	24	–	–
–	–	–	–	² Kiwis	3,3	–	–

Fuentes: ¹(SCF, 2002) ²(MSC, 1999) ³(EuroFIR, 2011) ⁴(OMS, 1996).

2. Toxicidad del yodo. Valores de referencia

El yodo interviene en la síntesis de las hormonas tiroideas T3 (3,5,3'-triyodotironina) y T4 (3,5,3',5'-tetrayodotironina). Ambas son reguladas por la tirotrópina u hormona TSH, que a su vez está controlada por la hormona liberadora de tirotrópina o TRH, la cual ejerce una acción directa sobre la hipófisis anterior, aumentando la secreción de TSH.

Las hormonas T3 y T4 intervienen en prácticamente la totalidad de las funciones orgánicas encaminadas al mantenimiento del ritmo vital:

- Tienen acción calorígena y termorreguladora.
- Aumentan el consumo de oxígeno.

- Estimulan la síntesis y degradación de las proteínas.
- Regulan las mucoproteínas y el agua extracelular.
- Actúan en la síntesis y degradación de las grasas.
- Intervienen en la síntesis del glucógeno y en la utilización de la glucosa.
- Son imprescindibles para el desarrollo del sistema nervioso, central y periférico.
- Intervienen en los procesos de la contracción muscular y motilidad intestinal.
- Son necesarias para la formación de la vitamina A a partir de los carotenos.
- Estimulan el crecimiento.
- Participan en el desarrollo y erupción dental.

Aportes de yodo significativamente superiores o inferiores a los necesarios para el buen funcionamiento del tiroides pueden dar lugar a disfunciones metabólicas de mayor o menor intensidad.

En este sentido, España y el resto de los países de la UE han establecido valores de ingesta recomendada de yodo por persona y día (como media de 15 días) en función de la edad, sexo y situación fisiológica especial (embarazo o lactancia).

En la Tabla 2 se comparan los valores recomendados por algunos países europeos (incluida España), Estados Unidos (EE UU), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la UE (Cuervo et al., 2009). En ella se observa que las mayores diferencias corresponden a los valores establecidos para las poblaciones de mayor riesgo: niños, embarazadas y lactantes.

El SCF ha fijado valores de ingesta recomendados para ser usados con fines de etiquetado en toda la UE. Dichos valores se recogen en el Anexo I de la Directiva 2008/100/CE de la Comisión, de 28 de octubre de 2008, en dicho anexo se especifica un valor de 150 µg l/día (UE, 2008).

El consumo excesivo de yodo es difícil de cuantificar ya que hay poblaciones que ingieren cantidades muy elevadas sin que, aparentemente, se observen efectos adversos. Niveles de yodo elevados bloquean la síntesis de las hormonas tiroideas causando hipotiroidismo el cual, en los periodos neonatales o durante la lactancia, puede causar efectos sobre el desarrollo neurológico del niño e incluso una pérdida permanente de la función cognitiva. En adultos puede causar hipertiroidismo (FSANZ, 2010). En general, un exceso de yodo en el organismo parece contribuir a un aumento de patologías del tiroides tales como la tiroiditis de *Hashimoto*, la enfermedad de *Graves*, la incidencia de bocio tóxico nodular y bocio no tóxico difuso. También puede inducir hipotiroidismo en glándulas autoinmunes (Miyai et al., 2008) (Patrick, 2008) (Zimmermann, 2009).

Tabla 2. Valores de referencia de la ingesta de yodo (I) por persona y día en diferentes países de la UE, EE UU y de la OMS

¹ España	I µg	Reino Unido	I µg	Países nórdicos	I µg	Alemania, Suiza y Austria	I µg	Francia	I µg	Bélgica	I µg	Irlanda	I µg	² Europa	I µg	EE UU	I µg	³ FAO/OMS	I µg	
Niños																				
0-6 meses	35	0-3 m	50	-	-	0-4 m	40	-	-	-	-	0-3 m	50	-	-	-	-	-	-	-
6-12 meses	45	4-12 m	60	6-11 m	50	4-12 m	80	-	-	6-12 m	50	4-12 m	60	6-11 m	50	-	-	-	0-12 m	90
1-3 años	55	1-3	70	1-2	70	1-4	100	1-3	80	1-3	70	1-3	70	1-3	70	1-8	90	-	1-6	90
4-5 años	70	4-6	100	3-5	90	4-7	120	4-6	90	4-6	90	4-6	90	4-6	90	-	-	-	-	-
6-9 años	90	7-10	110	6-9	120	7-9	140	7-9	120	7-10	100	7-10	100	7-10	100	-	-	-	7-12	120
Hombres																				
10-12 años	125	11-14	130	>10	150	10-13	180	> 10	150	11-14	120	10-14	120	11-14	120	9-13	120	>12	>12	150
13-15 años	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>14	150	-	-	-
16-19 años	145	>15	140	-	-	15-50	200	-	-	>15	130	>15	130	15-17	120	-	-	-	-	-
> 30 años	140	-	-	-	-	>51	180	-	-	-	-	-	-	>18	130	-	-	-	-	-
Mujeres																				
10-19 años	115	11-14	130	> 10	150	10-13	180	> 10	150	11-14	120	10-14	120	11-14	120	9-13	120	>12	>12	150
> 20 años	110	>15	140	-	-	13-51	200	-	-	>15	130	>15	130	15-17	130	>14	150	-	-	-
Embarazadas	135	-	-	-	-	>51	180	-	-	-	-	-	-	>18	130	-	-	-	-	-
Lactantes	155	-	140	-	175	-	230	-	200	-	130	-	130	-	130	-	220	-	200	200
		-	140	-	200	-	260	-	200	-	160	-	160	-	160	-	290	-	200	200

Fuente: (Cuervo et al., 2009) ¹(Moreiras et al., 2009) ²(SCF, 1993) ³(FAO/OMS, 2002).

Cuando la suplementación con yodo alcanza los 1.500 $\mu\text{g}/\text{día}$ se produce un efecto inhibitorio significativo sobre la función tiroidea de hombres sanos (SCF, 2002).

Sin embargo, los problemas que provoca una ingesta excesiva de yodo son más importantes en aquellas poblaciones donde la ingesta habitual es deficitaria.

En áreas donde el contenido de yodo es adecuado o habitualmente mayor al recomendado, un porcentaje elevado de adultos sanos tolera concentraciones superiores a 1.000 $\mu\text{g}/\text{día}$. En estas circunstancias el tiroides es capaz de ajustarse a un amplio intervalo de ingestas para regular la síntesis y liberación de las hormonas tiroideas. En cambio, en aquellas personas que presentan o han presentado trastornos tiroideos, incrementos en la dosis de yodo en el intervalo de microgramos pueden provocar hipo o hipertiroidismo (Zimmermann, 2009). Si comparamos los estudios sobre los efectos de ingestas elevadas de yodo entre las poblaciones de China y Dinamarca, los resultados mostraron que en China, donde la ingesta media es de 544 $\mu\text{g l}/\text{día}$, se detectaron ligeros incrementos de tiroiditis autoinmune e hipotiroidismo subclínicos. En Dinamarca, sin embargo, donde la ingesta de yodo es baja, se incrementaron los casos clínicos de estas enfermedades (hipotiroidismo e hipertiroidismo). Estas discrepancias se atribuyeron a diferencias en los valores previos de yodo, aunque también las variables ambientales o la susceptibilidad genética podrían contribuir a ellas (Zimmermann, 2009).

Algunos estudios realizados en China sugieren que el bocio y las disfunciones tiroideas pueden darse en niños con ingestas de yodo en el intervalo de 400-1.300 $\mu\text{g}/\text{día}$. Ello se basa en un estudio internacional realizado sobre un elevado número de casos de niños entre 6 y 12 años en los cuales ingestas crónicas de yodo de al menos 500 $\mu\text{g l}/\text{día}$ se asociaban a un incremento en el tamaño del tiroides. Las ingestas entre 300-400 $\mu\text{g l}/\text{día}$ en niños sanos parece que no provocan efectos adversos (Zimmerman, 2009).

Hay estudios que muestran que la exposición a concentraciones elevadas de yodo en mujeres embarazadas pudiera estar asociada a bocios congénitos e hipotiroidismo en niños (Thomas y Collett, 2009)

En base a las evidencias disponibles, el SCF concluyó que, cuando la ingesta dietética de yodo es 10 veces superior a la habitual, es posible la formación de bocio y, en general, el desarrollo de patologías tiroideas (SCF, 2002). Por ello, este Comité estableció unos límites máximos de ingesta tolerable (UL) de yodo para la población europea (Tabla 3).

Edad (años)	Nivel máximo de ingesta ($\mu\text{g}/\text{día}$)
1-3	200
4-6	250
7-10	300
11-14	450
15-17	500
Adultos	600
Embarazadas	600
Lactantes	600

Fuente: (SCF, 2002).

El valor UL para ingesta de yodo establecido por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA, 1989) en adultos fue de 1.000 µg/día. En EE UU, Australia y Nueva Zelanda queda limitado a 200 µg/día para niños de 1 a 3 años, 900 µg/día para adolescentes y 1.100 µg/día para adultos (AFSSA, 2009) (FSANZ, 2011).

En Europa, algunos grupos de población superan los UL establecidos. Francia realizó un estudio de la ingesta dietética de yodo y los resultados mostraron que los niños entre 3 y 9 años superaban hasta en un 5,9% de UL correspondiente a ese tramo de edad (AFSSA, 2009).

En general, las causas más comunes de exceso de yodo son:

- Consumo de medicamentos que contienen yodo.
- Consumo de complementos alimenticios a base de sales minerales o algas.
- Consumo habitual de algas en la dieta.

Niveles de yodo en macroalgas. Riesgo asociado a su ingesta

Las algas marinas, llamadas también macroalgas, se clasifican en tres grandes grupos basados en su color: algas pardas, rojas y verdes, pertenecientes a las *Feofíceas*, *Rodofíceas* y *Clorofíceas*, respectivamente. En general las macroalgas pardas, rojas o verdes producidas en acuicultura en China, Japón, Filipinas y Corea tienen altos contenidos de yodo, sobre todo las pertenecientes al género *Laminaria* (FAO/OMS, 2002) (SCF, 2002) (AFSSA, 2009). Las algas pardas son las de mayor tamaño llegando a medir, como en el caso del gran Kelp (*Macrocystis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum*), 20 m de longitud.

Se han utilizado desde hace siglos como alimento o condimento en China, Japón y Corea, desde donde su uso se ha extendido a otros países asiáticos y, más recientemente a los países occidentales donde están siendo incorporadas a la cocina internacional (FAO, 2002).

El consumo actual en el mundo es difícil de cuantificar, ya que pueden encontrarse productos a base de algas (saladas, desecadas y frescas) como saborizantes (para arroces, sopas preparadas, espaguetis, fideos, etc.), como aderezos en una gran variedad de platos, añadidas en mezclas con otros vegetales, como *snack*, en ensalada, etc.

En la actualidad, se consideran un alimento con alto valor nutricional por su elevado contenido en vitaminas y minerales (MacArtain et al., 2007). Sin embargo, la incorporación a la dieta de determinadas especies de algas puede representar un factor de riesgo, como se desprende del informe elaborado por el SCF, el cual especifica, que “el consumo de productos de algas ricos en yodo, en especial desecados, puede ser perjudicial para la salud” (SCF, 2002).

El contenido de yodo en las algas es muy variable y depende de un gran número de factores. Un análisis realizado con 12 especies diferentes de macroalgas recogidas en supermercados, mostró concentraciones de yodo desde 16 a 8.165 µg/g de peso seco. Similares resultados se encontraron al analizar 35 muestras de algas recolectadas en Galicia, con contenidos en yodo entre 35 µg/g y 7.088 µg/g de peso seco, correspondiendo este último valor a la especie *Laminaria ochroleuca* (Romaris-Hortas et al., 2009).

También se observó que el contenido de yodo de una determinada especie presenta grandes variaciones en función de un gran número de variables (Teas et al., 2004). Entre estos factores están la estación de recogida, la salinidad del agua, las condiciones de almacenaje y el procesado.

Se ha comprobado que las especies de *Laminaria* tras un proceso de secado a 60 °C reducen su contenido en yodo en, aproximadamente, un 27% (AFSSA, 2009). De igual forma, la preparación del alimento y los procesos de cocinado disminuyen el contenido en yodo en un 20% en los fritos, en un 23% en los asados y en un 58% en los hervidos (SCF, 2002) (Teas et al., 2004).

Por otra parte, la biodisponibilidad del yodo disminuye cuando se ingiere junto con alimentos que contengan sustancias que dificulten la absorción e incorporación de yodo en el organismo, como ocurre por ejemplo con los glucosinolatos. Este es el caso de especies vegetales pertenecientes a la familia *Crucíferas* como la coliflor, coles de Bruselas, lombarda, etc. (Camean y Repetto, 2006). Un estudio de biodisponibilidad *in vitro* realizado en seis especies de macroalgas pardas, rojas y verdes, recolectadas en Galicia, mostraron valores de un 17% para *Laminaria ochroleuca/Laminaria sacharina*, 16% para *Gelidium sesquipedale*, 10% para *Palmaria palmata* y menor del 5% para el resto de las especies evaluadas (*Porfiria* spp., *Undaria pinnatifida*, *Sargasso* spp., *Spirulina platensis*, etc.) (Romarís-Hortas et al., 2011).

En la Tabla 4 se recogen los diferentes contenidos en yodo de especies comestibles de macroalgas. Las especies con mayores concentraciones corresponden a las del género *Laminaria* (entre 574 y 11.580 µg/g de peso seco) y a *Gracilaria verrucosa* con valores ligeramente menores (8.483 µg/g de peso seco).

El consumo habitual de algas en la dieta de los países asiáticos conlleva una mayor tolerancia a ingestas elevadas de yodo. Estudios llevados a cabo en Corea y Japón mostraron aportes medios de 479 y 544 µg l/día respectivamente, de los cuales el 66% procedía del consumo de algas. En la población coreana se llegaron a detectar ingestas de hasta 4.086 µg l/día sin que se observara una incidencia de alteraciones tiroideas mayor que en otros países (Kim et al., 1998).

Sin embargo, las concentraciones de yodo en especies del género *Laminaria* son tan elevadas que su consumo, aun en zonas tradicionalmente ricas en yodo, se ha asociado a la presencia de bocio endémico como en la isla Hokkaido en Japón, donde el *kombu* es componente habitual de la dieta. Asimismo, se han señalado varios casos de hipotiroidismo alimentario en niños recién nacidos cuyas madres consumían cantidades elevadas de algas y se ha citado el caso de un niño con retardo en el crecimiento por la ingesta diaria de *kombu* como *snack* (Miyai et al., 2008).

Según el SCF, en áreas de deficiencia endémica de yodo, un consumo de alimentos o condimentos obtenidos a partir de macroalgas que contengan más de 20 mg/kg de peso seco, puede conducir a ingestas excesivamente peligrosas, si bien esto no sería de aplicación en países con una ingesta apropiada o elevada de yodo (SCF, 2002).

La *Food Standards Australia New Zealand* (FSANZ) retiró del mercado en 2009 leche de soja, importada de Japón, enriquecida con extractos de macroalgas cuyo consumo estuvo asociado con 38 casos de disfunciones tiroideas. Los análisis realizados en la leche consumida por dichos pacientes revelaron contenidos anormalmente elevados de yodo debido a la presencia de *kombu* (*Laminaria* spp.) (FSANZ, 2010).

En marzo de 2010, FSANZ coordinó otra alerta a nivel nacional por la presencia en el mercado de un preparado de algas desecadas de la especie *Sargassum fusiforme*. Esta alerta fue seguida de la hospitalización de un lactante con hipotiroidismo debido, probablemente, al consumo de este producto por la madre.

Tabla 4. Contenido de yodo ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en algas comestibles

Nombre científico	Nombre vulgar	Fuente							(MacArtain et al., 2007) mg/100 g peso húmedo*		
		(Dawczynsky et al., 2007)	* (Teas et al., 2004)	*(Martinelango et al., 2006)	(AFSSA, 2002)	(Jiménez-Escrig y Goñi, 1999)	(Miyai et al., 2008)	(Romaris-Hortas et al., 2011)		(ISC, 2011)	(Butin, 2003)
Laminaria spp.	Kombu	1.700 a 11.580	746 a 8.165	-	2.000 a 10.000	4.400	2.300	-	-	1.500 a 8.000	-
Laminaria saccharina	Kombu dulce	-	-	574	-	-	-	3.703 a 7.088	2.366	-	-
Laminaria digitata	Kombu	-	-	1.997 a 3.134	-	-	-	-	2.479	-	70 (3.500)
Hijikia fusiforme	Hijiki	262	391 a 629	-	-	420	-	-	-	-	-
Fucus vesiculosus	-	-	276	108 a 276	-	-	-	-	-	-	-
Undaria pinnatifida	Wakame	-	66 a 1.571	-	-	170	-	63 a 326	150-550	-	3,9 (195)
Himanthalia elongata	Espaguetti del mar	-	-	-	-	-	-	63 a 266	20-40	-	10,7 (535)
Palmaria palmata	Dulce	-	44 a 72	39 a 72	-	-	-	77 a 128	150-550	-	10,2 (510)
Porphyra spp.	Nori	550	16 a 43	-	-	20	-	35-102	-	-	1,3 (65)
Gracilaria verrucosa	-	-	-	-	8.483	-	-	-	-	-	-
Ulva lactuca	Sea lettuce	-	-	25	-	-	-	66-137	240	-	1,6 (80)
Enteromorpha intestinalis	Green stringy weed	-	-	-	-	-	-	-	70	-	97,9 (4.895)

* (MacArtain et al., 2007). El valor entre paréntesis corresponde a $\mu\text{g/g}$ peso seco, suponiendo una humedad media del 80%.

A raíz de estos hechos, el Departamento de Salud de Australia recomendó a los profesionales de salud revisar los casos inexplicados de disfunción del tiroides detectados, comunicándolo a las autoridades sanitarias y alertando a la población sobre el consumo de productos conteniendo macroalgas. Como consecuencia de todo ello, la FSANZ está realizando estudios de mercado para limitar el contenido de yodo en estos alimentos.

En el sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF) de la UE, se han producido, en los últimos tres años, más de una docena de alertas por alto contenido en yodo de algas secas o productos que las contienen (RASFF, 2011).

12 Actualmente, la comercialización de algas en la alimentación cuenta con escasa reglamentación específica.

Francia ha sido el primer país de la UE en establecer una regulación específica relativa al uso de algas marinas para consumo humano como comida no tradicional. Doce macroalgas (seis algas pardas, cinco algas rojas y dos algas verdes) y dos microalgas han sido autorizadas como vegetales y condimentos en Francia con un contenido máximo de yodo de 6.000 µg/g de peso seco para dos especies de *Laminaria* (*Laminaria digitata* y *Laminaria saccharina*) y de 5.000 µg/g de peso seco para el resto de las especies. Opiniones posteriores han sugerido la necesidad de reducir estos niveles.

Así, en 2002 la Agencia Francesa de Seguridad Alimentaria (AFFSA) (hoy Agencia Nacional de Seguridad Sanitaria-ANSES) recomendó mantener la concentración máxima de yodo en 6.000 mg/kg de peso seco para las dos especies de *Laminaria* pero conservando en el etiquetado las siguientes condiciones de uso: solo debe ser consumida como condimento y en una cantidad máxima de alga en peso seco de 30 mg/día para adultos y 15 mg/día para niños menores de 4 años. La especie *Gracilaria verrucosa* también tiene concentraciones elevadas de yodo (hasta 8.483 mg/kg de peso seco). Se recomendó que en su etiquetado se incluyeran las mismas recomendaciones de consumo que para *Laminaria*. Para el resto de las algas se recomendaba rebajar la concentración de yodo a 2.000 mg/kg peso seco (AFSSA, 2002).

Posteriormente, estudios más minuciosos de ingesta de yodo de la población francesa han demostrado que la ingesta de algas con 6.000 mg/kg supone un riesgo para la salud y recomienda que se fije un máximo de 2.000 mg/kg peso seco para todas las especies de algas comestibles (AFSSA, 2009).

El CONTAM fue requerido en 2006 para emitir una opinión sobre los riesgos que el consumo de algas marinas tiene sobre la salud. CONTAM concluyó que considerando que en la población europea la ingesta de yodo varía en un amplio intervalo de valores, las posibles recomendaciones del consumo de algas deben realizarse a nivel nacional e incluso regional (EFSA, 2006).

En España la cantidad de algas frescas producidas ha pasado de 25-30 toneladas en 2003 a 140 toneladas en 2005, siendo Galicia y Cantabria las regiones donde esta industria está tomando un mayor auge (Oshima, 2006). En Galicia la producción alcanzó 63 toneladas en el año 2009 (Consellería do Mar, 2010).

En España, no se dispone de datos de consumo de algas. Respecto a la ingesta habitual de yodo los datos disponibles son los obtenidos a partir de la Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (ENIDE) (AESAN, 2011). Estos datos muestran valores de 68 a 125 µg/día en hombres y de 62 a 117 µg/

día en mujeres situándose la mediana en 97 $\mu\text{g}/\text{día}$ y 90 $\mu\text{g}/\text{día}$, respectivamente. En relación, también, a la ingesta de yodo de la población española, el grupo de trabajo sobre los Trastornos Relacionados con la Deficiencia de Yodo (TDY) de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición (SEEN) en 2009 comunica en la declaración de Huelva (Vila, 2010) que "los últimos informes de la OMS y de UNICEF consideran que la población de España tiene una óptima nutrición de yodo. Realmente, en los últimos estudios realizados en Asturias, Valencia, Alicante, Cataluña, País Vasco, Galicia y Almería y el proyecto Tirobús, que implicaba a población de las ciudades de Madrid, Málaga, Barcelona y La Coruña, se observa, en todos ellos, que las medianas de yoduria son superiores a 100 $\mu\text{g}/\text{l}$. Este es un cambio muy relevante, ya que la OMS considera una nutrición óptima de yodo cuando una población tiene la mediana de yoduria entre 100 y 199 $\mu\text{g}/\text{l}$. Indudablemente, el aumento de la población que consume sal yodada ha sido el determinante más importante que ha influido en este cambio. Sin embargo, recientemente, un estudio realizado por miembros del grupo TDY, en el que se analizó el contenido de yodo en "368 muestras de leche de 47 marcas comerciales adquiridas en ocho ciudades españolas", pone de manifiesto que la leche puede haber contribuido a esta nueva situación, al detectarse una concentración media de yodo próxima a los 250 $\mu\text{g}/\text{l}$. Este hallazgo responde probablemente a algunas prácticas en la actividad ganadera, pero también a que la legislación europea obliga a suplementar con un mínimo de yodo los piensos". Tampoco hay constancia de problemas de salud asociados con un consumo excesivo de yodo.

Datos procedentes de ENIDE muestran que los valores de ingesta de yoduro en la población española adulta (entre 18 y 64 años) se sitúan entre 74 y 102 $\mu\text{g}/\text{día}$ con una mediana de ingesta habitual en mujeres en función de la edad entre 87,9 $\mu\text{g}/\text{día}$ y 92 $\mu\text{g}/\text{día}$ y de 97 $\mu\text{g}/\text{día}$ en hombres. Tomando como referencia las ingestas diarias recomendadas (IDR) para la población española adulta de 140 $\mu\text{g}/\text{día}$ en hombres y 110 $\mu\text{g}/\text{día}$ en mujeres (Moreiras et al., 2009), la mujeres cubren un 77,1% de la IDR y los hombres un 71,4% (AESAN, 2012). En Francia, la mediana de consumo en adultos es en un estudio de 109 y 89 $\mu\text{g}/\text{día}$ en hombres y mujeres respectivamente lo que supone un porcentaje de las IDR que se sitúa entre el 72 y el 59%, mientras que en adultos mayores de 60 años se observaron ingestas menores (alrededor del 53% de las IDR). En otro estudio, la ingesta observada es superior, alrededor de 150 $\mu\text{g}/\text{día}$ en adultos y 130 $\mu\text{g}/\text{día}$ en niños. Estos datos muestran que, tanto en la población española como francesa, hay un ligero riesgo de deficiencia en yodo (AFSSA, 2009).

Por otro lado, todavía no existen datos de ingesta de algas por la población española. El estudio ENIDE muestra solo 28 entradas de más de 23.000 en las que aparece la ingesta de algas lo que supone un 0,12% del total. Estas entradas corresponden con tres términos: algas, algas *kombu*, algas *nori* y algas *wakame* principalmente como tales o en platos como hamburguesas con setas. Esto significa que en la actualidad, y a partir de los datos disponibles, el estudio ENIDE con 3.800 encuestados y con un total de 323.000 ingredientes recogidos en un recuerdo de 24 horas y un registro estimado de ingesta de tres días, el consumo de algas en España no es significativo en la dieta (datos propios). La Agencia francesa también observa un bajo consumo en Francia de algas con aproximadamente cinco líneas en un total de 500.000 líneas de consumo (AFSSA, 2009).

Dadas las similitudes en el consumo de algas en la población española y francesa, con escasas entradas en las encuestas de consumo y que la ingesta de yodo, por la población adulta, es

igualmente semejante, podemos tener en cuenta lo recogido en el informe de ANSES (AFSSA, 2009) que recomienda una ingesta máxima de algas secas con un alto contenido en yodo (especialmente del género *Laminaria*), como alimento o condimento, de 30 mg/día y un contenido máximo de yodo en algas secas de 2.000 mg/kg. Con esta ingesta y teniendo en cuenta las ingestas de yodo por la población española adulta, la exposición correspondiente al consumo de algas sería:

$30 \text{ mg/día} \times 2.000 \text{ mg/kg} = 60 \text{ }\mu\text{g/día}$ (CDR para la población española entre 140 y 145 $\mu\text{g/día}$ en hombres y entre 110 y 115 $\mu\text{g/día}$ en mujeres).

Si tenemos en cuenta que la mediana de la ingesta diaria habitual de yodo de la población española es de 87 $\mu\text{g/día}$ en mujeres y 97 $\mu\text{g/día}$ en hombres (ENIDE, datos no publicados), y teniendo en cuenta que la ingesta máxima tolerable (UL) en adultos es de 600 $\mu\text{g/día}$ (y superior para las UL en EE UU y para la OMS/FAO/IAEA) (OMS, 1996), el consumo de estas cantidades de yodo que aportan las algas secas no supondría una ingesta de yodo preocupante. Considerando los datos procedentes de otros países europeos, SCF estima poco probable que se pueda exceder el nivel superior de ingesta tolerable de yodo en adultos (SCF, 2002).

14

Conclusiones del Comité Científico

En conjunto, los datos disponibles, hasta el momento, acerca de la ingesta de yodo por el consumo de algas en la población española no parecen indicar que pueda existir, a corto plazo, peligro de ingestas de yodo por encima de los valores máximos, al menos en adultos, ya que no disponemos de datos en niños.

En cualquier caso, debemos apuntar que el consumo habitual de algas con alto contenido en yodo (especialmente las pertenecientes al género *Laminaria*) puede aportar cantidades importantes de yodo y ello podría implicar, principalmente en niños de corta edad, la superación en algunos casos del valor de ingesta máxima de yodo establecido en la Unión Europea.

Como conclusión final y aunque en este momento el consumo de este tipo de algas no es importante en la población española, sería recomendable adoptar como límite máximo de contenido en yodo de algas comestibles 2.000 mg/kg de peso seco, independientemente de la especie, y aconsejar un consumo moderado de aquellas algas que presenten un alto contenido en yodo en la población adulta y ocasional en niños de corta edad y embarazadas con objeto de evitar riesgos de ingestas elevadas que pudieran tener efectos negativos sobre la función tiroidea, de especial repercusión en las etapas de crecimiento y desarrollo.

Referencias

- AESAN (2011). Agencia Española de Seguridad alimentaria y Nutrición. Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (2009-2010). Disponible en: http://www.aesan.msc.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/datos_consumo/ENIDE.pdf [acceso 22-2-12].
- AESAN (2012). Agencia Española de Seguridad alimentaria y Nutrición. Evaluación Nutricional de la Dieta Española. II Micronutrientes. Disponible en: http://www.aesan.mpsi.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/estudios_evaluacion_nutricional/Valoracion_nutricional_ENIDE_micronutrientes.pdf [acceso 22-2-12].
- AFSSA (2002). Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Avis de l'Agence française de sécurité alimentaire des aliments relatif à une demande d'évaluation sur la teneur maximale en iode acceptable pour les algues alimentaires faisant suite à un message d'alerte émanant des autorités allemandes concernant le retrait

du marché d'algues séchées d'origine chinoise et contenant 4988 et 5655 mg d'iode par kg de poids sec. AFSSA-Saisine N° 2002-SA-0144.

- AFSSA (2009). Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Opinion of the French Food Safety Agency on the recommended maximum inorganic arsenic content of laminaria and consumption of these seaweeds in light of their iodine content. AFSSA. Request n° 2007-SA-0007.
- Burtin, P. (2003). Nutritional value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2, pp: 498-503. Disponible en: [http://eafche.uvigo.es/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,208/%20Fucu%20vesiculosus%20\(500-1000\)](http://eafche.uvigo.es/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,208/%20Fucu%20vesiculosus%20(500-1000)) [acceso: 22-2-12].
- Camean, A. y Repetto, M. (2006). En libro: *Toxicología Alimentaria*, pp: 241. Ed. Diez de Santos.
- Consellería do mar (2010). Nota de prensa. Rosa Quintana destaca o dinamismo na comercialización e transformación as algas e o aumento do seu consumo. Disponible en: http://webpesca.xunta.es/web/pesca/notasprensa?p_p_id=ipecos_opencms_portlet_INSTANCE_kD2h&p_p_action=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=columnn2&p_p_col_count=1&ipecos_opencms_portlet_INSTANCE_kD2h_content=%2Fopencms%2FPesca%2FContidos%2FNovas%2Fnova_0159.html [acceso: 22-2-12].
- Cuervo, M., Corbalán, M., Baladía, E., Cabrero, L., Formiguera, X., Iglesias, C., Lorenzo L., Polanco, I., Quiles, J., Romero de Ávila, M.D., Russolillo, G., Villarino, A. y Martínez, J.A. (2009). Comparativa de las Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) de los diferentes países de la Unión Europea, de Estados Unidos (EE UU) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). *Nutrición Hospitalaria*, 24, pp: 384-414.
- Dawczynski, C., Schäfer, U., Leiterer, M. y Jahreis, G. (2007). Nutritional and toxicological importance of macro, trace, and ultra-trace elements in algae food products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, pp: 10470-10475.
- EFSA (2006). European Food Safety Authority. Statement of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to iodine in seaweed. Question number EFSA-Q-2006-111.
- EUROFIR (2011). EuroFIR AISBL eSearch facility. Disponible en: <http://esearch.eurofir.org/Default.asp?comp=ID#Details> [acceso: 22-2-12].
- FAO (2002). Food and Agriculture Organization. Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo. Circular de Pesca No. 968 FIIU/C968. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/y3550s/Y3550S00.htm> [acceso: 22-2-12].
- FAO/OMS (2002). Human vitamin and mineral requirements. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation Bangkok, Thailand. Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/y2809e/y2809e00.HTM#Contents> [acceso: 22-2-12].
- Foz, M. (2004). La deficiencia de yodo en España: un problema todavía no resuelto. *Medicina Clínica*, 122 (12), pp: 459-460.
- FSANZ (2010). Food Standards Australia New Zealand. Review of cases with unexplained thyroid dysfunction: Information for Medical Practitioners, Endocrinologists and Chief Health Officers. Department of Health and Ageing. Disponible en: [http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/content/recall-soymilk_fact/\\$File/thyroid-dysfunction.pdf](http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/content/recall-soymilk_fact/$File/thyroid-dysfunction.pdf) [acceso: 22-2-12].
- FSANZ (2011). Food Standards Australia New Zealand. Survey of iodine levels in beverages enriched with seaweed. Food Standard Australia New Zealand. Disponible en: <http://www.foodstandards.gov.au> [acceso: 22-2-12].
- ISC (2011). Irish Seaweed Centre. Disponible en: www.irishseaweed.com/ [acceso: 22-2-12].
- JECFA (1989). Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos alimentarios. Food Additive Series No. 24, WHO, Geneva. Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je11.htm> [acceso: 22-2-12].
- Jimenez-Escrib, A. y Goñi, I. (1999). Evaluación nutricional y efectos fisiológicos de macroalgas marinas comestibles. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 49, pp: 114120.
- Kim, J.Y., Soo, J.M., Kyung, R.K., Chum, Y.S. y Jae, J.O. (1998). Dietary iodine intake and urinary excretion in normal corean adults. *Yonsei Medical Journal* 39, pp: 255-362.

- MacArtain, P., Gill, C.I., Brooks, M., Campbell, R. y Rowland, I.R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65, pp: 535-43.
- Martinelango, P.K., Tian, K. y Dasgupta, P.K. (2006). Perchlorate in seawater: bioconcentration of iodide and perchlorate by various seaweed species. *Analytica Chemica Acta*, 567, pp: 100-107.
- Miyai, K., Tokushige, T. y Kondo, M. (2008). Suppression of thyroid function during ingestion of seaweed "Kombu" (*Laminaria japonica*) in normal japanese adults. *Endocrine Journal*, 55, pp: 1103-1108.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, C. (2009). En libro: *Tablas de composición de alimentos*. Ediciones Pirámide S.A. Ed 13ª.
- MSC (1999). Tabla de composición de alimentos de España. Coedición del Ministerio de Sanidad y Consumo y Boletín Oficial del Estado.
- OMS (1996). Organización Mundial de la Salud. Trace elements in human nutrition and health. WHO, Geneva. Disponible en: <http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/9241561734/en/index.html> [acceso: 22-2-12].
- Oshima, T. (2006). Las verduras que se recogen del mar. Disponible en: <http://www.elmundo.es/suplementos/natura/2006/2/1144447228.html> [acceso: 22-2-12].
- Patrick, L. (2008). Iodine: Deficiency and Therapeutic Considerations. *Alternative Medicine Review*, 13, pp: 116-127.
- RASFF (2011). Rapid Alert System for Food and Feed-RASFF Portal – online searchable database. Disponible en: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/> [acceso: 22-2-12].
- Romarís-Hortas, V., Moreda-Piñeiro, A. y Bermejo-Barrera, P. (2009). Microwave assisted extraction of iodine and bromine from edible seaweed. *Talanta*, 79, pp: 947-952.
- Romarís-Hortas, V., García-Sartal, C., Barciela-Alonso, M.C., Domínguez-González, R., Moreda-Piñeiro, A. y Bermejo-Barrera, P. (2011). Bioavailability study using an in-vitro method of iodine and bromine in edible seaweed. *Food Chemistry*, 124, pp: 1747-1752.
- Sánchez-Vega, J., Escobar del Rey, F., Fariñas-Seijas, H. y Morreale de Escobar, G. (2008). Inadequate iodine nutrition of pregnant women from Extremadura (Spain). *European Journal of Endocrinology*, 159, pp: 439-445.
- SCF (1993). Scientific Committee on Food. Nutrient and Energy Intakes for the European Community. Reports of the Scientific Committee on Food. Series N° 31 (ed.): Luxemburg, Commission of the European Communities. Disponible en: <http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out89.pdf> [acceso: 22-2-12].
- SCF (2002). Scientific Committee on Food. Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Iodine. Commission of the European Communities. SCF/CS/NUT/UPPLEV/26Final. Disponible en: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out146_en.pdf [acceso: 22-2-12].
- Teas, J., Pino, S., Critchley, A. y Braverman, L.E. (2004). Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid*, 14, pp: 836-841.
- Thomas, J. de V. y Collett-Solberg, P.F. (2009). Perinatal goiter with increased iodine uptake and hypothyroidism due to excess maternal iodine ingestion. *Hormone Research*, 72, pp: 344-347.
- UE (2008). Directiva 2008/100/CE de la Comisión, de 28 de octubre de 2008, por la que se modifica la Directiva 90/496/CEE del Consejo, relativa al etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios, en lo que respecta a las cantidades diarias recomendadas, los factores de conversión de la energía y las definiciones. DO L 285 de 29 de octubre de 2008, pp: 9-12.
- Vila, L. (2010). Avances en la erradicación de la deficiencia de yodo en España. *Endocrinología y Nutrición*, 57, pp: 87-89.
- Zimmermann, M.B. (2008). Research on Iodine Deficiency and Goiter in the 19th and Early 20th Centuries. *American Society for Nutrition*, 138, pp: 2060-2063.
- Zimmermann, M.B. (2009). Iodine Deficiency. *Endocrine Reviews*, 30, pp: 376-408.