

# Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación con la situación nutricional de la mujer en edad fértil, durante la gestación y la lactancia con respecto a la ingesta adecuada de yodo

Número de referencia: AESAN-2023-003

Informe aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 6 de junio de 2023

## Grupo de trabajo

Irene Bretón Lesmes (Coordinadora), Araceli Díaz Perales, Ángel Gil Izquierdo, María del Carmen Recio Iglesias, Lluís Vila Ballester\* y María Ángeles Carlos Chillerón (AESAN)

## Comité Científico

<b>Carlos Alonso Calleja</b> Universidad de León	<b>Carlos M. Franco Abuín</b> Universidade de Santiago de Compostela	<b>Sonia Marín Sillué</b> Universitat de Lleida	<b>Magdalena Rafecas Martínez</b> Universitat de Barcelona
<b>Houda Berrada Ramdani</b> Universitat de València	<b>Ángel Gil Izquierdo</b> Consejo Superior de Investigaciones Científicas	<b>Francisco J. Morales Navas</b> Consejo Superior de Investigaciones Científicas	<b>María del Carmen Recio Iglesias</b> Universitat de València
<b>Irene Bretón Lesmes</b> Hospital Gregorio Marañón de Madrid	<b>María José González Muñoz</b> Universidad de Alcalá de Henares	<b>Victoria Moreno Arribas</b> Consejo Superior de Investigaciones Científicas	<b>Ana María Rivas Velasco</b> Universidad de Granada
<b>Araceli Díaz Perales</b> Universidad Politécnica de Madrid	<b>Isabel Hernando Hernando</b> Universitat Politècnica de València	<b>Silvia Pichardo Sánchez</b> Universidad de Sevilla	<b>Gloria Sánchez Moragas</b> Consejo Superior de Investigaciones Científicas
<b>Pablo Fernández Escámez</b> Universidad Politécnica de Cartagena	<b>Esther López García</b> Universidad Autónoma de Madrid	<b>María del Puy Portillo Baquedano</b> Universidad del País Vasco	<b>Antonio Valero Díaz</b> Universidad de Córdoba
<b>Secretario técnico</b> Vicente Calderón Pascual	* <b>Colaborador externo:</b> Lluís Vila Ballester [Hospital Misés Broggi y Área de Conocimiento de Tiroides, Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición (SEEN)]		

**Gestión técnica del informe AESAN:** María Ángeles Carlos Chillerón

## Resumen

El yodo es un elemento esencial que participa en la síntesis de las hormonas tiroideas que resulta fundamental para el desarrollo cerebral pre- y postnatal y para el metabolismo celular durante toda la vida.

La deficiencia de yodo es uno de los problemas de salud pública más fácilmente prevenibles y que afecta a mayor número de personas en el mundo. El espectro de los trastornos por déficit de yodo es muy amplio y da lugar a cuadros clínicos de distinta gravedad, que puede producir un deterioro de la función cerebral y del desarrollo en el feto y/o en el niño. La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que es la mayor causa de deficiencia mental prevenible.

Por todo ello, es necesario una adecuada nutrición de yodo, que cobra una especial importancia en la infancia, durante la gestación y la lactancia, y también en la mujer en edad fértil que pueda desear un embarazo.

Las fuentes dietéticas más importantes de yodo son la sal yodada, la leche y productos lácteos y el pescado. Los requerimientos de yodo se incrementan durante el embarazo y la lactancia, y aumenta el riesgo de deficiencia, especialmente en las mujeres que no consumen sal yodada. El estado nutricional del yodo en España es, en general, adecuado, sin embargo, esta situación puede ser debida a la utilización de suplementación con medicamentos o complementos alimenticios que aporten yodo, por lo que resulta necesario evaluar el aporte a través de los alimentos naturales o de la sal yodada en nuestra población.

En este contexto, el Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) ha realizado una revisión de la evidencia existente sobre el estado nutricional del yodo en nuestro medio en la mujer en edad fértil, en el embarazo y la lactancia, y las situaciones que pueden condicionar un mayor riesgo de deficiencia o toxicidad.

### Palabras clave

Yodo, deficiencia, embarazo, lactancia, mujer, edad fértil, sal yodada.

## **Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on the nutritional status of women of childbearing age, during pregnancy and lactation with respect to adequate iodine intake**

### Abstract

Iodine is an essential element involved in the synthesis of thyroid hormones, being essential for pre- and postnatal brain development and for cellular metabolism throughout life. On the other hand, iodine deficiency is one of the most easily preventable public health problems affecting the largest number of people in the world. The spectrum of deficit disorders is very broad, results in clinical symptoms of varying severity, and can lead to impaired brain function and development in the fetus and/or child. The World Health Organization (WHO) states that it is the major cause of preventable mental impairment.

Therefore, adequate iodine nutrition is necessary, which is especially important in childhood, during pregnancy and lactation and in women of childbearing age who may want a pregnancy.

The most important sources of iodine are iodized salt, dairy products and fish. Iodine requirements increase during pregnancy and lactation, and the risk of deficiency increases, especially in women who do not consume iodized salt. The nutritional status of iodine in Spain is, in general, adequate; however, this situation may be due to the use of supplementation with drugs or food supplements that provide iodine, so it is necessary to evaluate the contribution through natural foods or iodized salt in our population.

In this context, the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) has carried out a review of the existing evidence on the nutritional status of iodine in our

environment in women of childbearing age, pregnancy and lactation and the situations that may cause a higher risk of deficiency or toxicity.

### Key words

Iodine, deficiency, pregnancy, lactation, woman, childbearing age, iodized salt.

### Cita sugerida

Comité Científico AESAN. (Grupo de Trabajo) Bretón, I., Díaz, A., Gil, Á., Recio, M.C., Vila, L. y Carlos, M.Á. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación con la situación nutricional de la mujer en edad fértil, durante la gestación y la lactancia con respecto a la ingesta adecuada de yodo. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 2023, 37, pp: 105-151.

## 1. Introducción

La Deficiencia de Yodo (DY) es uno de los problemas de salud pública más relevantes que se puede prevenir y que afecta a un mayor número de personas en el mundo (OMS, 2007a). El abordaje correcto de este problema precisa que se preste una especial atención al diagnóstico y a su corrección a nivel colectivo, como problema de salud pública que es (Vitti, 2022).

El papel fisiológico fundamental del yodo es la síntesis de hormonas tiroideas (De La Vieja et al., 2000), que son esenciales tanto para el desarrollo cerebral pre- y posnatal como para el metabolismo de todas las células durante la vida (Morreale de Escobar et al., 1987).

El espectro de los Trastornos por DY (TDY) es muy amplio (Tabla 1) (Hetzl, 1983) (Niwattisaiwong et al., 2017) y, en función de que el déficit sea más o menos grave, dichos trastornos serán de mayor o menor envergadura (Zimmermann et al., 2008). La DY puede dar lugar a efectos perniciosos e irreversibles, como el deterioro de la función cerebral y del desarrollo en el feto y/o en el niño (Morreale de Escobar et al., 2004); incluso en DY moderadas o leves se ha observado algún cambio en el cociente intelectual (Levie et al., 2019). La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que es la mayor causa de deficiencia mental prevenible (OMS, 2007a). Otras alteraciones que se pueden asociar a la DY son la disminución del umbral auditivo (Millon-Ramirez et al., 2019) o de la fertilidad (Mills et al., 2018). Por todo ello, es necesario una adecuada nutrición de yodo, que cobra una especial importancia en la infancia, durante la gestación y la lactancia, y también en la mujer en edad fértil que pueda desear un embarazo.

**Tabla 1.** Consecuencias clínicas de la deficiencia de yodo

Aumento del riesgo de enfermedades tiroideas: bocio simple, bocio multinodular, tiroiditis de Hashimoto, cáncer de tiroides
Hipotiroidismo: retraso de crecimiento y del desarrollo, astenia, intolerancia al frío, alteraciones cardíacas, digestivas, deterioro cognitivo
Infertilidad, problemas en el embarazo, aborto espontáneo, problemas en el parto, depresión postparto
Alteración en el desarrollo neurológico fetal, del recién nacido y del lactante

El mantenimiento de un adecuado estado nutricional de yodo es esencial para la salud de la mujer. El déficit de ingesta de yodo puede disminuir la fertilidad (Kuehn, 2018) y las necesidades de yodo aumentan considerablemente durante el embarazo y la lactancia (Pearce et al., 2016), siendo especialmente importante mantener una ingesta adecuada de yodo durante estos periodos para el desarrollo neurocognitivo del feto, del recién nacido y del lactante. Aunque las mujeres en edad fértil generalmente mantienen una ingesta adecuada de yodo, algunas de ellas, particularmente aquellas que no consumen regularmente productos lácteos, huevos, pescados o sal de mesa yodada, pueden no ingerir suficiente cantidad para satisfacer las crecientes necesidades durante el embarazo y la lactancia. Esto no implica que las mujeres embarazadas o en periodo de lactancia deban comenzar a consumir o aumentar el consumo de sal en su alimentación, sino que debe asegurarse que cualquier sal utilizada en la cocina o añadida a los alimentos en la mesa esté yodada. Por otro lado, las mujeres embarazadas o en periodo de

lactancia pueden necesitar un aporte de yodo adicional para lograr una ingesta adecuada de este elemento (DGA, 2020).

Distintos organismos, nacionales e internacionales, han establecido recomendaciones de ingesta de yodo en las diferentes etapas de la vida, incluyendo el embarazo y la lactancia (Tabla 2). Las recomendaciones de las OMS (2007a) son, probablemente, las que tienen una mayor influencia a nivel internacional e incluyen una ingesta de yodo de 90 µg para los niños menores de 5 años; 120 µg para la población entre 6 y 12 años, y 150 µg para los adolescentes (mayores de 12 años) y adultos. En la gestación y la lactancia, la madre pasa al feto tanto hormonas tiroideas como yodo y, además, durante la gestación, la excreción renal de yodo se ve aumentada y el consumo de sal generalmente se restringe, por lo que es necesario aumentar la ingesta de yodo en estas situaciones. Por estos motivos, como se describe más adelante, la OMS recomienda en ambos casos una ingesta diaria de 250 µg (OMS, 2007a) (Vitti, 2022). La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), por su parte, establece unas recomendaciones de ingesta de yodo (EFSA, 2014) para distintas etapas de la vida, así como el Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), que, en 2019, estableció una Ingesta Nutricional Recomendada de yodo para la población (AESAN, 2019).

<b>Etapas</b>	<b>OMS (2007a)</b>	<b>EFSA (2014)</b>	<b>Comité Científico AESAN (2019)</b>
0-6 meses	-	-	70
7-11 meses	-	70	80
<5 años	90	-	90
1-10 años	-	90	-
6-9 años	-	-	100
6-12 años	120	-	-
10-13 años	-	-	120
11-14 años	-	120	-
15-17 años	-	130	-
Adolescencia (>12 años) y adultos	150	-	150
≥18 años	-	150	-
Embarazo	250	200	200
Lactancia	250	200	200

El parámetro más utilizado para el estudio de la nutrición de yodo de una población es el análisis de su excreción urinaria o yoduria, que es un fiel marcador de la ingesta de yodo, aunque su elevada variabilidad limita su aplicabilidad para el estudio del estado nutricional de yodo a nivel individual siendo su mayor utilidad en el estudio de la adecuación de la ingesta de yodo en poblaciones. La OMS considera que una población tiene una adecuada nutrición de yodo cuando la mediana de la yoduria se encuentra entre 100 y 199 µg/l (OMS, 2007b). En las mujeres gestantes, la mediana de

yoduria debería situarse entre 150 y 249  $\mu\text{g/l}$  (ICCIDD, 2007), y en las madres lactantes y en los niños menores de 2 años se situaría por encima de 100  $\mu\text{g/l}$  (ICCIDD, 2007).

Históricamente, España, como la mayoría de los países de Europa, ha sufrido intensamente los efectos de la deficiencia de yodo. Sin embargo, en la última década, se ha observado un cambio sustancial y positivo respecto al estado nutricional del yodo. Dos estudios realizados en muestras representativas de la población española acreditan este cambio. Un estudio realizado en más de 5000 personas mayores de 18 años mostraba una mediana de yoduria de 117  $\mu\text{g/l}$  (Soriguer et al., 2011) y en el realizado en una población infantil, la mediana alcanzó los 173  $\mu\text{g/l}$  (Vila et al., 2016). En ambos casos se cumplieron los criterios de una adecuada nutrición de yodo (IGN, 2021). No obstante, respecto al estudio de población adulta, cabe destacar, por un lado, que una mediana de 117  $\mu\text{g/l}$  implica que una parte importante de la población tiene una yoduria inferior a los 100  $\mu\text{g/l}$ , y por otro, que la mediana de yoduria de las mujeres en edad fértil, aun siendo teóricamente adecuada, sería insuficiente en caso de gestación.

Por todo lo anteriormente expuesto, se ha considerado necesario solicitar al Comité Científico de la AESAN la elaboración de un informe sobre la situación nutricional de la mujer en edad fértil, de la mujer gestante y en periodo de lactancia con respecto a la ingesta adecuada de yodo en España.

## 2. Yodo y glándula tiroides

### 2.1 Yodo y fisiología de la glándula tiroides

El yodo es un elemento esencial para todos los mamíferos, indispensable para una adecuada estructura y función de las hormonas tiroideas, que se absorbe rápidamente, y casi por completo, en el estómago y el duodeno. Cuando el yodo entra en la circulación, la glándula tiroidea lo concentra en cantidades adecuadas para la síntesis de la hormona tiroidea y la mayor parte de la cantidad restante se excreta por la orina (Murray et al., 2008). La principal hormona tiroidea, T4 o tiroxina, contiene aproximadamente el 65 % del yodo corporal (McDowell, 2003), mientras que la concentración en los tejidos distintos del tiroides es bastante baja, siendo la concentración media de yodo en los tejidos animales, incluida la especie humana, de aproximadamente 0,1 mg/kg (Jongbloed et al., 2002). En el organismo, casi todo el yodo se encuentra en el líquido extracelular, donde su concentración es de 10-15  $\mu\text{g/l}$ . La reserva periférica es sólo de unos 250  $\mu\text{g}$ , un porcentaje muy pequeño del total de yodo del organismo (Larsen et al., 1998).

El aclaramiento tiroideo de yodo es de 10 a 20 ml/minuto, y oscila entre los 3 ml/minuto tras la ingestión crónica de yodo de 500-600  $\mu\text{g/día}$  y los 100 ml/minuto en caso de deficiencia grave de yodo. Alrededor del 20 % del yoduro que perfunde la glándula tiroidea se elimina en cada paso por dicha glándula (Triggiani et al., 2009). La glándula tiroidea es capaz de atrapar el yoduro por medio de un simportador de sodio y yoduro (NIS, *Sodium/Iodide Symporter*), expresado en la membrana plasmática basolateral de los tirocitos, que transporta activamente el yoduro en contra de los gradientes electroquímicos y de concentración, manteniendo una concentración de yoduro libre de 20 a 50 veces mayor que la del plasma (Triggiani et al., 2009), con el gradiente de concentración más alto (100:1) en el hipertiroidismo debido a la enfermedad de Graves. El transporte requiere energía y oxígeno (actividad ATPasa) (Triggiani et al., 2009). La expresión del

NIS es estimulada por la hormona estimuladora del tiroides (TSH, *Thyroid Stimulating Hormone*) (Triggiani et al., 2009).

El transporte de yoduro del citoplasma al lumen folicular es pasivo y está mediado por el transportador apical de yoduro (AIT, *Apical Iodide Transporter*), mientras que el papel de la pendrina (Triggiani et al., 2009) sigue siendo incierto. Una vez transportado al interior de la tiroides, el yoduro se oxida y se organiza o se difunde de nuevo al líquido extracelular. La TSH potencia el transporte de yoduro y su organificación en moléculas de yodotiroxinas. También existe un sistema interno de autorregulación mediante el cual el mecanismo de transporte de yoduro y su capacidad de respuesta a la TSH varían inversamente con el contenido glandular de yodo orgánico. De este modo, la relación tiroides/plasma aumenta cuando la glándula tiroidea está desprovista de yodo orgánico o es estimulada por la TSH. Cuando la concentración de yoduro aumenta en el líquido extracelular, el yoduro transportado al tiroides disminuye progresivamente (Triggiani et al., 2009). En otras palabras, la cantidad de yodo que se somete a la organificación muestra una respuesta bifásica a dosis crecientes de yodo: al principio aumenta y luego disminuye como resultado de un bloqueo relativo de la unión orgánica. Este rendimiento decreciente de yodo orgánico a partir de dosis crecientes de yoduro se denomina efecto Wolff-Chaikoff (Wolff et al., 1949) y depende del establecimiento en la tiroides de una concentración suficiente de yoduro inorgánico (Triggiani et al., 2009). El transporte de yoduro en la tiroides depende de la expresión del NIS, que aumenta en la enfermedad de Graves y en los nódulos de funcionamiento autónomo y disminuye tras una sobrecarga de yoduro, así como en los adenomas y carcinomas que aparecen como nódulos fríos en la gammagrafía (Triggiani et al., 2009).

## 2.2 Alteraciones por deficiencia de yodo

La DY es uno de los problemas de salud pública más fácilmente prevenibles y afecta a un número elevado de personas en el mundo (OMS, 2007a). La situación de DY se establece cuando la ingesta de este elemento no es suficiente para cubrir las necesidades requeridas para el correcto funcionamiento de la glándula tiroides en función de la edad y estado fisiológico. Para su prevención debe hacerse un especial hincapié en el diagnóstico y en su corrección a nivel colectivo, como problema de salud pública (Vitti, 2022). Tal como se ha descrito anteriormente, el papel fundamental del yodo en el organismo es su participación en la síntesis de hormonas tiroideas (De La Vieja et al., 2000), que son esenciales tanto para el desarrollo cerebral pre- y posnatal, como para el metabolismo de todas las células a lo largo de la vida (Morreale de Escobar et al., 1987).

El espectro de los TDY es muy amplio (Hetzl, 1983) (Niwattisaiwong et al., 2017) y, en función de que el déficit sea más o menos grave, dichos trastornos serán de mayor o menor envergadura (Zimmermann et al., 2008). La OMS afirma que la DY es la mayor causa de deficiencia mental prevenible (OMS, 2007a). La disminución del umbral auditivo (Millon-Ramirez et al., 2019) (Dineva et al., 2022) o de la fertilidad (Mills et al., 2018) también son algunas de las alteraciones que se pueden asociar a la DY. También cabe considerar que la DY incrementa el riesgo de cáncer de tiroides producido por una contaminación radioactiva, especialmente en la población pediátrica (Zimmermann y Galetti, 2015). Por todo ello, es necesario mantener un adecuado estado nutricional de yodo, que cobra una

especial importancia en la infancia, durante la gestación y la lactancia, y también en la mujer en edad fértil que pueda desear un embarazo.

### 2.3 Fisiología de la glándula tiroideas en la mujer gestante. Papel del yodo en la maduración cerebral del feto

El metabolismo de las Hormonas Tiroideas (HT) sufre notables cambios en las mujeres embarazadas, con un aumento de hasta un 50 % de los niveles de TH. Esto significa que la ingesta de yodo, al inicio del embarazo, debería incrementarse sustancialmente (OMS, 2007b).

Las hormonas tiroideas juegan un papel esencial en el crecimiento y homeostasis metabólica en humanos, así como en animales. Mediante el estudio del deterioro neurocognitivo severo de los pacientes con Hipotiroidismo Congénito (HC) primero, y a través de estudios experimentales en animales, se ha demostrado que, ya desde las primeras semanas de desarrollo embrionario, el sistema nervioso es altamente sensible a las hormonas tiroideas.

Los principales efectos del déficit de hormonas tiroideas en el desarrollo del Sistema Nervioso Central (SNC), expresados en orden cronológico, son:

- Reducción de la expansión de progenitores.
- Déficit en la migración neuronal.
- Retraso en la proliferación neuronal.
- Disminución de la expresión de factores de diferenciación neuronal.
- Reducción del espesor de la corteza.
- Displasia cortical.
- Cortex cerebelar anormal.
- Empeoramiento del desarrollo de dendritas y axones.
- Disminución de la expresión de proteínas implicadas en la plasticidad de la sinapsis.
- Retraso en la mielinización.

Durante el embarazo, las hormonas tiroideas sintetizadas por la madre cruzan la barrera placentaria por medio de un transportador específico para las mismas que parece ser más selectivo para T4. Allí es convertida a T3 por desyodasas de la placenta. Así, la T3 materna puede alcanzar los tejidos fetales antes de que ocurra la maduración de la glándula tiroides fetal. En el SNC, la T3 proviene de la transformación *in situ* de la T4 gracias a la presencia de desyodasas con una distribución específica que resultan esenciales para el desarrollo y diferenciación tisular (Morreale de Escobar et al., 2000).

Los modelos experimentales representan muy bien lo que ocurre con la deficiencia fetal de HT en humanos. Si el feto es portador de una deficiencia genética en la vía de señalización de las hormonas, si hay hipotiroidismo materno, o los disruptores endocrinos alteran la disponibilidad de T3 y T4, se va a provocar una alteración en la consecución de los hitos psicomotores y sus resultados neurológicos en el niño (Rovet, 2014).

No obstante, estos resultados se ven afectados de un modo diferente dependiendo de la duración de la exposición a la deficiencia de las hormonas tiroideas en el feto. El desarrollo temprano



de los fetos con hipotiroidismo congénito está protegido por las hormonas maternas. Por lo tanto, las áreas cerebrales afectadas en esta situación son las que se desarrollan en las últimas etapas: memoria espacial y asociativa, lenguaje y procesamiento auditivos, así como la atención y procesamiento ejecutivo. Las habilidades motoras gruesas, procesamiento visual, atención visual y la memoria de eventos parecen estar afectados cuando faltan hormonas tiroideas en el primer trimestre, como consecuencia de la deficiencia de yodo o hipotiroidismo materno. Los estudios de Resonancia Magnética en humanos también encontraron diferencias en las anomalías corticales (adelgazamiento y engrosamiento) entre hipotiroidismo congénito e hipotiroidismo materno, si bien son necesarios más estudios que confirmen estos hallazgos (Lischinsky et al., 2016).

Tal como demuestran los estudios en animales, la falta de hormonas tiroideas puede dar lugar a déficits irreversibles en la citoarquitectura y desarrollo cerebral. Los resultados de un estudio prospectivo danés revelaron un mayor riesgo de trastornos convulsivos, trastorno del espectro autista, trastorno por déficit de atención, hiperactividad y otras afecciones psiquiátricas entre los pacientes nacidos de madres con disfunción tiroidea (Andersen et al., 2014).

Las causas más frecuentes de la hipofunción tiroidea materna pueden ser, fundamentalmente, la deficiencia de yodo o las enfermedades tiroideas autoinmunes.

La hipotiroxinemia materna ocurre cuando los niveles plasmáticos de TSH son normales, pero T4 es anormalmente bajo. Se ha asociado principalmente con la deficiencia de yodo, pero una novedad importante es que otros factores como los disruptores ambientales, la obesidad, la deficiencia de hierro y el deterioro del factor angiogénico (Dosio y Medici, 2017) pueden estar también implicados. Estudios recientes que investigan los efectos de la hipotiroxinemia en el neurodesarrollo fetal, en términos generales, han indicado una correlación negativa, especialmente cuando ocurre durante el primer trimestre (Rovet, 2014). Sin embargo, los datos sobre las últimas fases del embarazo son menos concordantes (Dosio y Medici, 2017).

Un metanálisis reciente observó que el hipotiroidismo subclínico y la hipotiroxinemia maternos están asociados con un mayor riesgo de deterioro del desarrollo cognitivo infantil (OR (*odds ratio*): 2,14; 95 % IC (Intervalo de Confianza): 1,20 a 3,83;  $p=0,01$ , y OR: 1,63; 95 % IC: 1,03 a 2,56;  $p=0,04$ , respectivamente). El hipotiroidismo subclínico y la hipotiroxinemia maternos no se asociaron con el trastorno por déficit de atención e hiperactividad, y no estuvo claro su efecto sobre el riesgo de autismo (Thompson et al., 2018).

Cuando la madre presenta hipotiroidismo subclínico (SH, *Subclinical Hypothyroidism*) con autoanticuerpos tiroideos, esto puede condicionar una reducción significativa en el suministro de HT materna al feto, especialmente al principio del embarazo. Estudios clínicos en madres con autoinmunidad durante la gestación han revelado una asociación entre títulos altos de autoanticuerpos y problemas de atención en el niño (Ghassabian et al., 2012). Cabe destacar que, después de ajustar por la TSH, esta asociación resultó más leve. El posible efecto transitorio de la tiroiditis materna en la descendencia o la implicación autoinmune de diferentes vías en el neurodesarrollo fetal podría explicar los diferentes resultados de la literatura.

### 3. Fuentes de yodo

El yodo es un oligoelemento que está presente en los alimentos de manera natural o añadido a ellos, aunque también puede formar parte de complementos alimenticios y medicamentos.

El yodo se encuentra en la naturaleza en varias formas: sales inorgánicas de sodio y potasio (yoduros y yodatos), yodo diatómico inorgánico y yodo monoatómico orgánico (Patrick, 2008). Los suelos de la tierra contienen cantidades variables de yodo, lo que a su vez afecta al contenido de yodo en los cultivos y también a los alimentos de origen animal. En algunas regiones del mundo, los suelos deficientes en yodo son comunes, lo que aumenta el riesgo de deficiencia de yodo entre las personas que consumen alimentos de esas zonas.

#### 3.1 Alimentos, de manera natural

El yodo se encuentra de manera infrecuente en la naturaleza de forma libre y se presenta, en general, como yoduro y yodato. Los minerales de yodo se encuentran en las rocas ígneas y en los suelos. Se libera por la intemperie y la erosión y, debido a su solubilidad, se filtra por el agua de lluvia a las superficiales, al mar y a los océanos. De este modo, el suelo se vuelve cada vez más pobre en yoduro (Triggiani et al., 2009). Las regiones montañosas más antiguas, como el Himalaya, los Andes y los Alpes, las cordilleras menores de África y los valles fluviales inundados se encuentran entre las zonas con mayor carencia de yodo del mundo. El yodo elemental liberado se sublima en la atmósfera debido a su volatilidad y se precipita por las lluvias sobre la superficie del suelo, donde las plantas, que no necesitan este elemento, absorben pequeñas cantidades de yoduro. Cuando el suelo es pobre en yodo, las plantas y los tejidos animales tienen un bajo contenido de este mineral y los seres humanos están expuestos a la deficiencia de yodo si la dieta se basa únicamente en los alimentos producidos en estas zonas (Triggiani et al., 2009).

Los vegetales no proporcionan, en general, un aporte adecuado de yodo en la dieta (Lentze, 2001) (Krajcovicová-Kudlácková et al., 2003). Por el contrario, los alimentos de origen animal (leche y productos lácteos, huevos, pescado y carne) representan una importante fuente dietética de yodo en la nutrición humana. El contenido de yodo en los tejidos animales depende del tipo de alimento y de la suplementación de yodo en la alimentación animal. Las algas, el marisco y el pescado son ricos en yodo ya que las plantas y los animales marinos pueden concentrar el yodo del agua de mar. El agua dulce contiene menos yodo que el agua salada y lo mismo ocurre con los peces que viven en ríos o lagos (Underwood y Suttle, 2001).

#### 3.2 Yodación de alimentos

Los alimentos procesados pueden contener niveles ligeramente superiores de yodo en caso de que se realice la adición de sal yodada o de aditivos alimentarios que contienen yodo, como el yodato de calcio y el yodato de potasio. Los yodóforos, utilizados como agentes esterilizadores en la industria láctea, añaden yodo a la cadena alimentaria.

Según la OMS (2007a), la yodación de la sal se ha aplicado en 40 países europeos, siendo obligatorio en 13 países, voluntario en 16 y no regulado en los restantes. La cantidad de yodo añadida varía de 10 a 75 mg/kg de sal, con una mayoría de valores en el rango de 15 a 30 mg/kg. El contenido

de yodo en los preparados para lactantes y de continuación está regulado por medio de una normativa específica (BOE, 2008).

### 3.3 Complementos alimenticios y medicamentos

Los complementos alimenticios que contienen vitaminas y minerales aportan yodo, con frecuencia, en forma de yoduro de potasio o yodato de potasio, habitualmente en una dosis de 150 µg (NIH, 2020).

El yodo también está presente en los complementos que contienen algas marinas como *Spirulina platensis*, *Chlorella pyrenoidosa* o *Fucus vesiculosus*. En estos casos, la información nutricional que aparece en su etiquetado recoge la cantidad significativa de yodo en el complemento, aunque si el yodo forma parte de la composición del ingrediente, por ejemplo, del alga, puede que no figure la cantidad de yodo que éste aporte.

En el año 2004, la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS) autorizó en España la comercialización de yoduro potásico como medicamento para la prevención y el tratamiento del déficit de yodo en la mujer embarazada y lactante. Estos medicamentos aportan entre 100 y 300 µg de yodo, si bien no todos están incluidos en la financiación del Sistema Nacional de Salud.

Por último, es necesario tener en cuenta que existen otros medicamentos que constituyen una fuente significativa de yodo, como aquellos que contienen amiodarona (fármaco antiarrítmico) o los antisépticos tópicos, como la povidona yodada o los agentes de diagnóstico radiológico. Por ejemplo, 200 mg de amiodarona contienen 75 mg de yodo orgánico (Ylli et al., 2021), mientras que los materiales de contraste yodado pueden contener una cantidad de este elemento que alcance 18-45 g, por ejemplo, para realizar un TAC (Bednarczuk et al., 2021).

## 4. Ingesta de yodo

### 4.1 Recomendaciones de ingesta de yodo en la gestación y la lactancia. Métodos para el estudio de la nutrición de yodo

Tal como se ha comentado en el apartado anterior, la ingesta diaria de yodo recomendada por la OMS es de 90 µg para los niños menores de 5 años, 120 µg para la población entre 6 y 12 años, y 150 µg para los adolescentes (mayores de 12 años) y adultos (OMS, 2007a). Durante la gestación y la lactancia, hay un aumento de las necesidades de yodo debido a varios factores. En primer lugar, la producción materna de tiroxina puede incrementarse hasta un 50 %, lo que, según Delange (2007), puede suponer un incremento aproximado de las necesidades de yodo de unos 50 µg/día. También hay un traspaso de yodo y tiroxina al feto, que, en total, Delange estima en unos 50 µg/día de yodo. Por último, hay un aumento del aclaramiento renal de yodo, aunque este mismo autor cuestiona su efecto real ya que en la literatura existen claras discordancias. En el caso de la lactancia debe considerarse el paso de yodo a la leche materna. En total, este autor estima el aumento de necesidades en 100 µg/día de yodo, que sumados a las necesidades de la población adulta supone una recomendación de 250 µg/día. Con estas premisas, un Comité Técnico de la OMS estableció la recomendación de una ingesta diaria de 250 µg (OMS, 2007a) (Vitti, 2022) tanto para población

gestante como para la lactante. Aunque existe una cierta unanimidad por parte de diferentes organismos a la hora de establecer los requerimientos de 150  $\mu\text{g}/\text{día}$  de yodo en la población adulta, hay sensibles diferencias cuando se establecen para la población de mujeres embarazadas o lactantes. La EFSA (2014) propone una ingesta adecuada de yodo durante la gestación de 200  $\mu\text{g}$ , en mujeres con una adecuada situación nutricional de yodo previa a la gestación. La diferencia respecto a la recomendación de la OMS radica en la estimación de yodo que se transfiere de la madre al feto. El cálculo en el que se basa la OMS (Delange, 2007) supone una transferencia media de 50  $\mu\text{g}/\text{día}$  y, en cambio, en los cálculos de la EFSA solo son 4  $\mu\text{g}/\text{día}$ . El *Institute of Medicine* americano (IOM, 2001) hace una recomendación para gestantes inferior a la de la OMS (220 *versus* 250  $\mu\text{g}/\text{día}$ ), que según Delange es debido a que no consideran el aumento de producción de T4 durante la gestación. La diferencia es más marcada en las recomendaciones que establece el *Nordic Nutrition Recommendations* (NNR, 2022), que en el caso de la gestación indican un aumento de 25  $\mu\text{g}/\text{día}$ , basándose en los mismos principios que utiliza Delange. En el documento se asume que el aclaramiento renal se incrementa en un 30-40 % y que el traspaso de yodo al feto es de unos 7  $\mu\text{g}/\text{día}$ , de acuerdo con un estudio de Delange de 1984 (Delange et al., 1984), siendo muy inferior al que el mismo Delange calcula en 2007 (Delange, 2007). No existiendo cuantificación del aumento de síntesis de tiroxina materna. La Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD) (2010) establece unas recomendaciones similares a las que realiza el NNR (2022) en base a las recomendaciones de Irlanda y de Francia. El Comité Científico de AESAN, por su parte, en 2019, basándose en la bibliografía de referencia, establece unas Ingestas Nutricionales de Referencia similares a las de la EFSA (Tabla 3).

El parámetro más utilizado para el estudio de la situación nutricional de yodo de una población es el análisis de su excreción urinaria o yoduria, que es un buen marcador de la ingesta reciente de yodo, ya que su absorción intestinal es del 92 % y, en adultos sanos con suficiencia de yodo, más del 90 % se excreta por la orina entre las 24 y 48 horas siguientes (Zimmermann, 2012). La recolección de orina de 24 horas. es difícil de llevar a la práctica en estudios epidemiológicos, por lo que habitualmente se analiza una muestra de orina, extrapolando a 24 horas. si se incluye la ratio yoduria/creatinuria. El análisis de la yoduria expresada en  $\mu\text{g}/\text{l}$  se correlaciona también con la ingesta de yodo. En cualquier caso, se trata de técnicas con una importante variabilidad y poco accesibles en la práctica clínica, por lo que su utilidad para el estudio del estado nutricional del yodo en individuos es limitada y se utiliza especialmente para el estudio de poblaciones. La OMS considera que una población tiene una adecuada nutrición de yodo cuando la mediana de la yoduria se encuentra entre 100 y 199  $\mu\text{g}/\text{l}$  (OMS, 2007b). En las mujeres gestantes, la mediana de yoduria debería situarse entre 150 y 249  $\mu\text{g}/\text{l}$  (ICCIDD, 2007), y en las madres lactantes y en los niños menores de 2 años se situaría por encima de 100  $\mu\text{g}/\text{l}$  (ICCIDD, 2007). Valores de mediana de yoduria inferiores a 100  $\mu\text{g}/\text{l}$  en niños y adultos indican una ingesta insuficiente de yodo en la población, aunque la deficiencia de yodo no se clasifica como grave hasta que la mediana de yoduria es inferior a 20  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Más recientemente se ha propuesto la determinación de la tiroglobulina como un marcador de la deficiencia de yodo (Stinca et al., 2017).

**Tabla 3.** Resumen de los requerimientos diarios de yodo para mujeres gestantes y lactantes según diferentes organismos y sociedades (valores expresados de yodo en mg/día)

Factores que inducen un aumento de los requerimientos de yodo	IOM (2001)		OMS (2007a)**		EFSA (2014)		NMR (2022)		FESNAD (2010)		Comité Científico AESAN (2019)	
	Gestante	Lactante	Gestante	Lactante	Gestante	Lactante	Gestante	Lactante	Gestante	Lactante	Gestante	Lactante
Aumento de síntesis de tiroxina	No incluido		50-100		44							
Paso de yodo de la madre al feto	EAR= 75	-	50-75	-	4	-	25	-	25	-	50	-
Aumento del aclaramiento renal de yodo	No incluido		No incluido		No incluido							
Paso a la leche materna	-	EAR= 114	-	75-200	-	60	-	50	-	50	-	50
Requerimientos en población adulta (>20 años)	RDA= 150*	RDA= 150*	RNI= 150	RNI= 150	RNI= 150	RNI= 150	RI= 150	RI= 150	IDR= 150	IDR= 150	INR= 150	INR= 150
<b>Total recomendado</b>	<b>RDA= 220</b>	<b>RDA= 290</b>	<b>RNI= 250</b>	<b>RNI= 250</b>	<b>AI= 200</b>	<b>AI= 200</b>	<b>RI= 175</b>	<b>RI= 200</b>	<b>IDR= 175</b>	<b>IDR= 200</b>	<b>INR= 200</b>	<b>INR= 200</b>

\*EAR 95 µg/día ± 2 SD = RDA 150; \*\*Datos basados en los cálculos de Delange (2007).

AI: *Adequate Intake*; EAR: *Estimated Average Requirements*; IDR: *Ingesta Dietética de referencia*; INR: *Ingestas Nutricionales de Referencia*; RDA: *Recommended Dietary Allowance*; RI: *Recommended Intake*; RNI: *Recommended Nutrient Intake*.

## 4.2 Situación actual de la nutrición de yodo en España

Históricamente, España, como la mayoría de los países de Europa, ha sufrido intensamente los efectos de la deficiencia de yodo. Sin embargo, en la última década se ha observado un cambio sustancial y positivo respecto a la nutrición de yodo. Dos estudios realizados en muestras representativas de la población española acreditan este cambio. Un estudio realizado en más de 5000 personas mayores de 18 años mostraba una mediana de yoduria de 117  $\mu\text{g/l}$  (Soriquer et al., 2011) y en el realizado en una población infantil la mediana alcanzó los 173  $\mu\text{g/l}$  (Vila et al., 2016). En ambos casos se cumplen los criterios de una adecuada nutrición de yodo (IGN, 2021). No obstante, respecto al estudio de población adulta, cabe destacar, por un lado, que una mediana de 117  $\mu\text{g/l}$  implica que una parte importante de la población tiene una yoduria inferior a los 100  $\mu\text{g/l}$ , y por otro, que la mediana de yoduria de las mujeres en edad fértil, aun siendo teóricamente adecuada, sería insuficiente en caso de gestación. No existe ningún estudio a nivel nacional sobre la nutrición de yodo en la población gestante.

En la última década, se han realizado varios estudios de ámbito local o autonómico que evalúan el estado nutricional del yodo en las mujeres gestantes en España, que muestran resultados dispares (Santiago et al., 2013) (Velasco et al., 2013) (Menéndez et al., 2014) (Torres et al., 2017) (Ollero et al., 2020) (González-Martínez et al., 2021) (Melero et al., 2021) (Murillo-Llorente et al., 2021) observándose que la mediana de yoduria oscila entre 57 y 242  $\mu\text{g/l}$  (Tabla 4).

**Tabla 4.** Consumo de sal yodada y utilización de medicamentos y complementos alimenticios yodados en el primer trimestre de la gestación en España. Datos de la última década

Referencia	Población	Número de gestantes incluidas	Mediana de yoduria* ( $\mu\text{g/l}$ )	Porcentaje de mujeres que consumen sal yodada (%)	Porcentaje de mujeres que reciben yoduro potásico (%)
Santiago et al. (2013)	Jaén	131	109	31,9	Aleatorización
Velasco et al. (2013)	Málaga	233	126	42,2	83,3
Menéndez et al. (2014)	Asturias	173	197	46,8	50,8
Torres et al. (2017)	Cataluña	945	172	35,7	46,8
Murillo-Llorente et al. (2021)	Valencia	261	57	49	70,5
Ollero et al. (2020)	Pamplona	400	242	55,3	98,5
González-Martínez et al. (2021)	Oviedo	318	171,5	51,1	87,08
Melero et al. (2021)	Madrid	2523	123**	40,5	8,7*** 57

\*Se considera una adecuada nutrición de yodo de una población gestante cuando la mediana es mayor de 150  $\mu\text{g/l}$ . \*\*Media del consumo diario estimado de yodo. \*\*\*Pregestación.

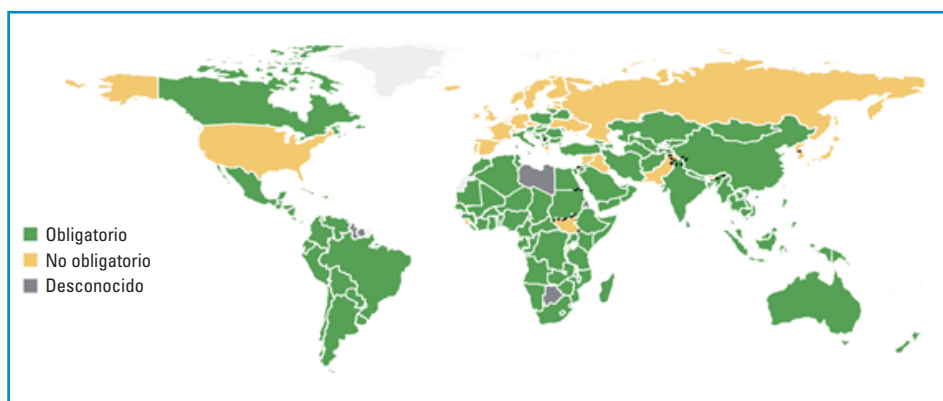
## 5. Prevención de la deficiencia de yodo

### 5.1 Estrategia de prevención de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

La OMS (2007a) planteó el siguiente programa para el control y erradicación de la deficiencia de yodo:

1. Análisis de la situación (Prevalencia de la deficiencia de yodo y estudio del consumo de yodo).
2. Difusión de los resultados y beneficios de la erradicación de los “Trastornos causados por la Deficiencia de Yodo” entre los profesionales de la salud y la población.
3. Planificación de un programa de salud pública con equipos multidisciplinarios de expertos y representantes de los Departamentos de Salud Pública.
4. Implicación de los agentes políticos.
5. Implementación del programa (Formación de profesionales, Implicación de la industria salinera y Campañas para la concienciación de la población).
6. Evaluación y monitorización periódica.

La OMS considera que el mejor método para la profilaxis de la deficiencia de yodo es el uso de la sal yodada por ser el alimento de más fácil acceso para toda la población. Además de ser eficaz, la profilaxis mediante la yodación de la sal es segura y coste-efectiva (OMS, 2014).



**Figura 1.** Mapa que muestra la obligatoriedad de utilización de sal yodada en el mundo. **Fuente:** (GFDx, 2023).

## 5.2 Estrategias de prevención de la deficiencia de yodo en Europa

En lo que se refiere al territorio europeo, las estrategias para la prevención de la deficiencia de yodo van ligadas principalmente al suministro, acceso y consumo de sal yodada por la población y se articulan a través de seis grandes retos (OMS, 2007a):

- Reforzar el seguimiento y la evaluación de los programas nacionales de prevención y control de la deficiencia de yodo en los países de la Unión Europea (UE), incluida la vigilancia de la situación del yodo en las poblaciones nacionales.
- Garantizar la aplicación sostenible de la Yodación Universal de la Sal (USI, *Universal Salt Iodization*) en todos los países de la UE, armonizando la legislación y los reglamentos pertinentes.
- Garantizar un control de calidad adecuado y procedimientos de garantía de calidad para reforzar el seguimiento de los alimentos enriquecidos con yodo, especialmente la yodación de la sal, desde el productor hasta el consumidor.

- Aumentar la concienciación de los dirigentes políticos y las autoridades sanitarias sobre las dimensiones sociales y de salud pública de la deficiencia de yodo y la necesidad de aplicar y mantener programas para su control.
- Educar al público sobre la necesidad de prevenir la deficiencia de yodo mediante el consumo de sal yodada, y así aumentar también la concienciación y la demanda de los consumidores.
- Considerar la posibilidad de suplementar con yodo a los grupos más susceptibles (mujeres embarazadas y niños pequeños) cuando no haya suficiente sal yodada y tener en cuenta las políticas de salud pública para reducir el consumo de sal.

Para ello, la UE plantea una estrategia de índole político con el desarrollo de los puntos anteriores enfocados en la erradicación de la deficiencia de yodo (OMS, 2007a):

### **1. Evaluación de la situación del yodo**

En este apartado se considera clave tener una base de datos de yodo reciente de la población sobre la que basarse y así poder implementar un programa de control de la deficiencia de yodo en la misma.

### **2. Aplicación de la USI (*Universal Salt Iodization*)**

Existe un acuerdo universal sobre la aplicación de programas de sal yodada en términos de USI ya que casi todos los países en Europa disponen de sal yodada que garantizan dichos programas en calidad y sostenibilidad en el marco de la legislación sobre este producto en cada país. Lo que se resalta es que la mayoría de estos programas son voluntarios por lo que la información y la concienciación sobre el problema de la deficiencia de yodo deben ser uniformes y no interrumpidos por altibajos políticos o sociales. Un condicionante actual radica en la disminución de la ingesta de sal por razones de salud (hipertensión arterial) y de las diferencias de los alimentos, en distintos países, en contenido de sal yodada y en las reglamentaciones y legislaciones nacionales.

Por lo tanto, una estrategia futura radica en la armonización de la legislación y reglamentación en materia de yodación y la uniformidad de criterios de los procesos de adición de yodo en alimentos.

### **3. Especial atención a lactantes y mujeres embarazadas**

La focalización se centra en el aporte de yodo hacia las madres embarazadas y lactantes con el fin de que el feto, el neonato o el niño no sufran daños cerebrales o problemas de hormonas del tiroides que puedan estar provocados por la deficiencia de yodo y puedan suponer daños neurointelectuales irreversibles en el futuro.

### **4. Aplicación de estrategias alternativas para corregir la deficiencia de yodo**

Para el programa de control de deficiencia de yodo resulta esencial la aplicación adecuada de la USI, sin embargo, es clave que todos los países la apliquen de forma adecuada y uniforme para



un ajuste adecuado de las cantidades de yodo sobre todo en mujeres embarazadas, lactantes y niños utilizando la yodación de la sal, la suplementación con aceite yodado u otros productos que contengan micronutrientes entre los que se incluya el yodo.

## 5. Seguimiento y evaluación

El control es clave para la erradicación de la deficiencia de yodo, por ello, la estrategia se basa en el seguimiento del estado de los niveles de yodo y la función tiroidea utilizando la mediana de la yoduria, así como un cribado neonatal de la TSH como medida de daño cerebral, con la colaboración de todos los países, con el fin de compensar y unificar capacidades analíticas.

Por otro lado, se considera esencial el seguimiento de la introducción del uso y aplicación de sal yodada en los hogares y en la industria alimentaria con el fin de vigilar el consumo de yodo y posible exceso de consumo, que también es un riesgo para la salud.

## 6. Legislación

Se indica que se necesita una legislación sobre la yodación de la sal, sobre los mecanismos de supervisión continua de dicha legislación, así como de estrategias de información de la necesidad del uso de la sal yodada para convencer a poblaciones consumidoras escépticas frente a estos programas y que prefieren productos que aporten sal natural, la cual no está yodada.

## 7. Impacto económico

Está demostrado que los programas de control del yodo son muy rentables y redundan en la productividad económica y en las capacidades neurointelectuales nacionales, pero dichos estudios son muy escasos, por lo que se requiere una promoción de los mismos.

## 8. Promoción y asociación

Desarrollar una estrategia de promoción, educación y comunicación sobre la importancia de la prevención de la deficiencia de yodo dirigida al público, las autoridades sanitarias nacionales y la industria alimentaria.

En consonancia con estas estrategias desarrolladas por la UE se encuentra la Declaración de Cracovia lanzada en el año 2018 por el Consorcio EUthyroid (EUthyroid Consortium, 2018), en la que se pone de relieve la amenaza de los trastornos por deficiencia de yodo para la salud mundial de las personas y la diversidad de los efectos adversos que llevan a una carga significativa en los sistemas de salud pública. Además, se afirma que dichos trastornos reciben poca atención por parte de los legisladores, los líderes de opinión y el público, por lo que se muestra una preocupación en el interés político de estrategias de salud pública contra los trastornos por déficit de yodo en las poblaciones europeas (Vila et al., 2020).



**Tabla 5.** Estrategias relativas a la yodación de la sal en los países de la Unión Europea

País	Yodación obligatoria de la sal	Normativa	Descripción
Alemania	No	Ordenanza de aprobación de aditivos de 1981 (ZZuIV 1981) Ordenanza sobre la transición a la nueva ley de aditivos (ZRÜV) de 1998 Ordenanza de aprobación de aditivos de 1998	La sal de mesa yodada se comercializa legalmente como "sal de mesa yodada". El contenido de yodo, incluido el contenido natural, debe ser como mínimo de 15 mg/kg y como máximo de 25 mg/kg. Solo los compuestos de yodato de sodio y yodato de potasio están permitidos para la yodación
Austria	Sí	Ley Federal de Comercio de Sal de Mesa (Ley de Sal de Mesa) StF: BGBl 112/1963 (modificada por la Ley federal de 22 de julio de 1999)	La yodación obligatoria de la sal de mesa fue regulada por primera vez por esta ley en 1963 y en 1990 aumentó de 10 mg/kg a 20 mg/kg en forma de yoduro de potasio o yodato de potasio. En 1999 se llevó a cabo una nueva modificación de la ley y, desde entonces, el contenido total de yodo en la sal yodada ha sido de al menos 15 mg y de 20 mg por kg de sal de mesa como máximo. La nota "yodada" y la forma de la yodación deben aparecer en el etiquetado de los alimentos. En panadería y productos de confitería solo se puede utilizar sal de mesa yodada
Bulgaria	Sí	Decreto 23, de 30 de enero de 2001, sobre los requisitos para la composición y las características de la sal con fines alimentarios Decreto 148, de 23 de julio de 2010, por el que se modifica y complementa el Decreto sobre los requisitos de composición y características de la sal con fines alimentarios	La normativa establece unos niveles de yodato potásico en sal para alimentación de 28-55 mg/kg. Solo la sal enriquecida con yodato potásico podrá usarse para fines alimentarios
Croacia	Sí	Ordenanza sobre la sal (NN 70/2019)	Cantidad de yodo que debe contener la sal para consumo humano: 15-23 mg de yodo por kilogramo de producto. Es obligatorio el uso de sal yodada en la industria alimentaria excepto en los casos en que la sal no pueda ser yodada por razones tecnológicas y/o cuando el proceso de producción de alimentos no permita el uso de sal yodada. En estos casos, en el etiquetado aparecerá la advertencia: "Sal no yodada. La ingesta adecuada de yodo es necesaria para el normal funcionamiento del organismo"

Tabla 5. Estrategias relativas a la yodación de la sal en los países de la Unión Europea		Yodación obligatoria de la sal	Normativa	Descripción
País				
España	No	Real Decreto 1424/1983, de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la obtención, circulación y venta de la sal y salmueras comestibles	Real Decreto 1424/1983, de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la obtención, circulación y venta de la sal y salmueras comestibles	Sales especiales: Son aquellas constituidas por sal refinada, a las que se les ha agregado diversas sustancias autorizadas por la Dirección General de la Salud Pública y que se declararán en la rotulación de los envases. Entre ellas se distingue: Sal yodada: Es la sal a la que se le ha añadido yoduro potásico, yodato potásico, u otro derivado yodado autorizado por la Dirección General de Salud Pública, en la proporción conveniente para que el producto terminado contenga 60 mg de yodo por kg de sal, admitiéndose una tolerancia del 15 %
Francia	No	Orden de 24 de abril del 2007 relativas a sustancias de aporte nutricional que pueden ser utilizadas para la suplementación de sales destinadas al consumo humano Directiva 2002/46/EC, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 10 de junio de 2002 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de complementos alimenticios Orden de 9 de mayo de 2006 relativa a los nutrientes que pueden utilizarse en la fabricación de complementos alimenticios	Orden de 24 de abril del 2007 relativas a sustancias de aporte nutricional que pueden ser utilizadas para la suplementación de sales destinadas al consumo humano Directiva 2002/46/EC, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 10 de junio de 2002 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de complementos alimenticios Orden de 9 de mayo de 2006 relativa a los nutrientes que pueden utilizarse en la fabricación de complementos alimenticios	La sal de la calidad alimentaria, no destinada a la industria alimentaria, podrá yodarse añadiendo yodato de potasio, yodato de sodio, yoduro de sodio o yoduro de potasio, en la proporción de 15 a 20 mg/kg (expresada en yodo) con una serie de condiciones recogidas en la norma
Grecia	No	Código Nacional para Alimentos y Bebidas	Código Nacional para Alimentos y Bebidas	El contenido de yodato de potasio en la sal debe ser 40-60 ppm. A pesar de que la yodación universal de la sal no es obligatoria en este país, durante décadas se ha implementado esta medida como estrategia profiláctica del déficit de yodo en la población
Hungría	Sí	Decreto 37/2014 (30 abril) sobre normas de salud nutricional para la restauración pública Estándar No. MSZ-01-10007 sobre sal comestible (cloruro sódico)	Decreto 37/2014 (30 abril) sobre normas de salud nutricional para la restauración pública Estándar No. MSZ-01-10007 sobre sal comestible (cloruro sódico)	Solo se puede utilizar sal de mesa yodada según la norma MSZ-01-10007 para la preparación de las comidas que se ofrecen en la restauración pública. Si el contenido de yodo del agua de bebida utilizada para la preparación de alimentos supera el límite permisible, el responsable del organismo público correspondiente podrá conceder una exención del cumplimiento de la obligación antes mencionada en un procedimiento iniciado a solicitud del interesado. La aplicación de la Norma No. MSZ-01-10007 titulada "Sal comestible (cloruro de sodio)" no es obligatoria, sin embargo, si la industria alimentaria se refiere a ella, debe cumplir con sus disposiciones. Según la citada norma, la sal yodada es la sal enriquecida con yoduro de potasio (KI) o yodato de potasio (KIO <sub>3</sub> ). (Contenido de yoduro de potasio (KI) en el caso de sal yodada, máximo 25,0 mg/kg; contenido de KI en el caso de sal yodada, expresado en KIO <sub>3</sub> , máximo 32,2 mg/kg)

**Tabla 5.** Estrategias relativas a la yodación de la sal en los países de la Unión Europea

País	Yodación obligatoria de la sal	Normativa	Descripción
Lituania	Sí	Orden No V-1639 del Ministerio de Salud de la República de Lituania, de 9 de julio de 2021, sobre el uso de sal de mesa que contiene yodo en la producción de productos alimenticios (TAR, 09-07-2021, No 15687)	<p>La sal de mesa debe contener 20-40 mg/kg de yodo cuando se utiliza en la producción de alimentos para compensar la carencia de yodo; solo la sal de mesa que contenga 20-40 mg/kg de yodo puede utilizarse en la producción de pan y productos de pastelería y en la producción de alimentos suministrados por empresas de restauración colectiva.</p> <p>La sal de mesa que contenga 20-40 mg/kg de yodo que se venda en el comercio minorista debe etiquetarse adecuadamente y según la normativa</p>
Montenegro	Sí	Gaceta Oficial de Montenegro, No. 010/20 de 28 de febrero de 2020, sobre la calidad de la sal para consumo y producción industrial	Se establece una cantidad de 20-30 mg de yodo (yodato de potasio) en la sal
Países Bajos	No	Decreto sobre la adición de micronutrientes a los productos alimenticios de 24 de mayo de 1996 (Stb. 1996, 311)	<p>Los compuestos de yodo pueden estar presentes en los siguientes alimentos y bebidas (de acuerdo con las condiciones especificadas en la norma):</p> <p>a. En el pan, los sucedáneos del pan y otros productos de panadería, únicamente mediante la adición a dichos productos de sal de panadería que no contenga más de 65 mg de yodo por kg de sal.</p> <p>b. En otros productos alimenticios y bebidas: hasta un contenido de no más de 25 mg de yodo por kg de sal.</p> <p>Esto último no se aplicará a los productos no procesados y bebidas con un contenido de alcohol superior al 1,2 % por volumen a que se refiere el artículo 4 del Reglamento (CE) N° 1925/2006</p>
Polonia	Sí	Reglamento del Ministro de Salud de 16 de septiembre de 2010 sobre sustancias de enriquecimiento añadidas a los alimentos (Revista de Leyes de 2010, No. 174, ítem 1184).	La sal destinada al consumo humano debe estar enriquecida con yoduro de potasio o yodato de potasio, de manera que 100 g de sal de mesa contengan 2,3 mg de yodo ( $\pm$ 0,77), lo que corresponde a 30 ( $\pm$ 10) mg de yoduro de potasio o 39 ( $\pm$ 13) mg de yodato de potasio en 1 kg de sal de mesa
Portugal	No	Dirección General de Educación. Circular n° 3/DSEEA5/DGE/2013 - directrices sobre menús escolares y cafeterías Dirección n° 011/2013 Dirección General de Salud sobre: ingesta de yodo en mujeres durante la precepción, el embarazo y la lactancia	Obligatoriedad del uso de sal yodada en los comedores escolares. Recomendación, para las mujeres en periodo de precepción, embarazo y lactancia, de suplementación con yodo en forma de yoduro de potasio (150-200 $\mu$ g/día)

**Tabla 5.** Estrategias relativas a la yodación de la sal en los países de la Unión Europea

País	Yodación obligatoria de la sal	Normativa	Descripción
República Checa	No	Decreto No. 398/2016 Sb., sobre los requisitos para espacias, sal comestible, productos deshidratados, condimentos, salsas frías, aderezos y mostaza	Sal de mesa con yodo: 27±7 mg de yodo por kg de sal. A pesar de no ser obligatorio el uso de sal yodada en la industria alimentaria, esta es una práctica bastante común.
República de Eslovaquia	Sí	Decreto del Ministerio de Agricultura de la República Eslovaca y del Ministerio de Salud de la República Eslovaca del 15 de marzo de 2004 No. 608/8/2004-100 por el que se emite el Capítulo del Código Alimentario de Eslovaquia sobre un ingrediente particular de los productos alimenticios (fortificación de la sal comestible con yoduro de potasio y yodato de potasio) Decreto N° 309/2015 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de la República Eslovaca sobre bocadillos, sal comestible, alimentos deshidratados, preparaciones para sopas y condimentos	Sal de mesa yodada: mezcla de cloruro de sodio con yoduro de potasio o con yodato de potasio. La cantidad máxima permitida de yoduro de potasio o yodato de potasio en la sal comestible yodada después de la conversión a yoduro de potasio es de 35 mg/kg. La cantidad más baja de yoduro de potasio o yodato de potasio en la sal de mesa yodada después de la conversión a yoduro de potasio es de 15 mg/kg
Rumanía	Sí	Acuerdo del Gobierno Nacional N° 568/2002 sobre el enriquecimiento con yodo de la sal destinada al consumo humano, piensos e industria alimentaria.	Yodación obligatoria de la sal destinada al consumo humano, piensos e industria alimentaria
Suecia	No	-	La Agencia Sueca de Alimentos alienta a la industria alimentaria a utilizar sal yodada, dado que no es obligatorio
Suiza	No	RS 817.022.32 - Ordenanza del Distrito Federal Suizo del 16 de diciembre de 2016 sobre la adición de vitaminas, sales minerales y otras sustancias determinadas a los productos alimenticios	Se permite el enriquecimiento de la sal con yodo en el rango de 20-40 mg/kg como yoduro o yodato. Etiquetado: el uso de sal yodada está permitido en los alimentos procesados pero debe declararse. La Oficina Federal de la Seguridad Alimentaria y Veterinaria (FSVO) monitoriza los niveles de sal en el pan, pero también la sal yodada en el pan. Esto anima a las industrias a utilizarlo

En cuanto a la evaluación de riesgos sobre la deficiencia de yodo, en varios países de la UE, entre los que se encuentran, por ejemplo, Alemania (BFR, 2021, 2022), Portugal (Limbert et al., 2012) (Costa Leite et al., 2017) (Ferreira et al., 2021) (Pinheiro et al., 2021) (Carvalho et al., 2022) (Lopes et al., 2022) (Matta Coelho et al., 2022), Países Bajos (Verkaik-Kloosterman et al., 2017) (Bath et al., 2022), Grecia (Zois et al., 2003) (Koukkou et al., 2017), Polonia (Trofimiuk-Müldner et al., 2020), Estonia, Hungría, Montenegro o España (Soriguer et al., 2012) (Vila et al., 2016), se han llevado a cabo estudios sobre la ingesta de yodo en la población, especialmente en los grupos considerados de riesgo por déficit de este elemento, como son las mujeres embarazadas y en periodo de lactancia y los niños. En algunos casos, los estudios han analizado la relación entre el consumo de sal yodada (encuestas poblacionales) y los niveles de yodo en orina de estos grupos de riesgo, así como la relación entre el consumo de sal yodada y su impacto sobre enfermedades o trastornos por déficit de yodo. Además, en algunos países, como Países Bajos (Vellinga et al., 2022), Francia (ANSES, 2018), Austria (AGES, 2021) o España (AESAN, 2012, 2021b), se han elaborado informes de evaluación de riesgos sobre el consumo de algas y el riesgo que puede suponer la ingesta excesiva de yodo a través de estos alimentos.

Además, las instituciones públicas con competencias en materia de seguridad alimentaria de diversos países de la UE, como Bulgaria, República Checa, Alemania, Grecia o Suiza, entre otros, han desarrollado diferentes estrategias de comunicación y actuaciones para fomentar la información, la educación y la promoción de la salud en el ámbito de la nutrición, en concreto, sobre la ingesta adecuada de yodo, especialmente en mujeres embarazadas y lactantes, con el fin concienciar a la población sobre los riesgos y las consecuencias, tanto del déficit como del exceso de yodo, a través de los medios de comunicación, de las páginas web de organismos oficiales o mediante la distribución de material informativo a través de los profesionales sanitarios.

Como estrategia segura y eficaz para la prevención y el control de los trastornos causados por la deficiencia de yodo, la OMS recomienda enriquecer con yodo toda la sal de calidad alimentaria que se utiliza en los hogares y en la elaboración de los alimentos (OMS, 2014, 2022). Además, afirma, no solo que esta estrategia es compatible con las medidas destinadas a la reducción de la ingesta de sodio con el fin de reducir la presión arterial y el riesgo de enfermedades cardiovasculares, sino que se trata de medidas rentables y de gran beneficio para la salud pública (OMS, 2022, 2023).

Aunque la OMS recomienda que la sal yodada sea de uso universal, España, al igual que otros muchos países optó por el consumo voluntario. En España, la comercialización de la sal yodada fue autorizada en abril de 1983 por el Real Decreto 1424/1983 (BOE, 1983). En éste se aprobaba la reglamentación técnico-sanitaria para la obtención, circulación y venta de sal y salmueras comestibles, que define la sal yodada como aquella a la que *“se le ha añadido yoduro potásico, yodato potásico, u otro derivado yodado autorizado por la Dirección General de Salud Pública, en la proporción conveniente para que el producto terminado contenga 60 miligramos de yodo por kilogramo de sal, admitiéndose una tolerancia del 15 por 100”*. Dicha concentración supera la del resto de los países europeos, a excepción de la sal que se utiliza en Países Bajos para la elaboración del pan (Gerasimov, 2009). Ello facilita la recomendación de reducir el consumo de sal (AESAN, 2022) (OMS, 2023) al

tiempo que se aconseja que se consuma sal yodada, por lo que, con una mínima cantidad, en torno a 2 g, se cubrirían las necesidades de yodo de buena parte de la población.

El uso voluntario de la sal yodada precisa de campañas que expliquen a la población la necesidad de consumir este tipo de sal en lugar de la sal común o marina. Estas campañas debieran estar inmersas en un programa de salud pública, tal como indica la OMS (2007a). En España se autorizó la comercialización de la sal yodada, pero no se acompañó en ese momento de una campaña informativa que pudiera tener un impacto significativo para la población, ni se tradujo en acciones concretas a nivel estatal para la implementación de las directrices propuestas por la OMS. En 2003, el Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud aprobó unas resoluciones que recomendaban el consumo de alimentos ricos en yodo, como el pescado, los lácteos y la sal yodada (CISNS, 2003). Además, indicaba la importancia de garantizar una adecuada yodación de la mujer gestante o lactante mediante el aporte de yoduro potásico. También se recomendó el uso exclusivo de sal yodada en los comedores escolares de todas las comunidades autónomas (CCAA), hecho que no se ha generalizado (Vila et al., 2020). Aunque se confeccionó un excelente material y se realizó una importante distribución, la acción fue puntual y no se prolongó en el tiempo. En el año 2004 se autoriza la comercialización del yoduro potásico, como medicamento, por parte de la Dirección General de Farmacia y la Agencia Española del Medicamento, para ser administrado a la mujer embarazada y lactante, incluyéndose en la financiación pública del Sistema Nacional de Salud. La aprobación de este medicamento ha permitido y permite proteger de la DY a una buena parte de las mujeres gestantes de España. En 2004, la Dirección General de Salud Pública, de acuerdo con el grupo de trabajo de Trastornos por Deficiencia de Yodo de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición (SEEN), realizó una campaña de sensibilización e información dirigida a profesionales sanitarios, a mujeres embarazadas y a la población general.

En 2006, a propuesta del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, el Consejo de Ministros aprobó el Plan Estratégico Nacional de Infancia y Adolescencia 2006-2009 que incluía, en el pliego de medidas: *“Impulsar acciones para la prevención de espina bífida y erradicación de los trastornos de déficit de yodo, que impida las graves consecuencias que esta carencia produce en niños, niñas y adultos”* (MTAS, 2006).

Por otro lado, la transferencia de las competencias en materia de Sanidad a las diferentes CCAA ha hecho que éstas pudieran implementar Programas de Salud Pública para la prevención de la DY, sin embargo, su papel ha sido muy desigual. En Asturias, País Vasco, Cataluña y Galicia se han llevado a cabo Programas de Salud Pública claramente definidos, aunque cabe resaltar que ha sido Asturias la Comunidad Autónoma en la que los planes de prevención y de control de la DY se han mantenido casi hasta la actualidad. Una acción destacable fue la obligatoriedad del uso de la sal yodada en los comedores escolares en las CCAA de Andalucía, Galicia y Asturias (Vila et al., 2020). En otras CCAA como Andalucía, Aragón, Extremadura o Madrid, se han realizado acciones aisladas no incluidas en un Programa integrado de Salud Pública. Por último, cabe destacar que algunas CCAA, como Cantabria o La Rioja, carecen de estudios epidemiológicos.



## 6. Consumo de yodo en España y en otros países europeos

### 6.1 Sal yodada

Tal como ocurre en otros países europeos, en España, la yodación de la sal y su utilización es voluntaria. Hace, aproximadamente, 10 años se llevaron a cabo dos trabajos que estimaron su consumo en la población española. En el estudio Di@bet, realizado en más de 4000 personas adultas, se observó un consumo de sal yodada entre el 43,9 % de la población evaluada (Soriguer et al., 2012). Posteriormente, con el estudio Tirokid (Vila et al., 2016), realizado en población infantil de 6-7 años de edad, se observó un consumo de sal yodada del 69,8 %. La diferencia entre ambos resultados puede deberse a que en el estudio Dia@bet la encuesta se realizaba en una consulta ambulatoria. En cambio, en el estudio Tirokid la encuesta la contestaban los padres en el propio domicilio y se hacía hincapié en que mirasen la etiqueta del paquete de la sal que consumían. Aunque en el estudio Tirokid el tamaño muestral no estaba calculado para el análisis por CCAA, el consumo de sal yodada oscilaba entre 59,6 % en la Comunidad de Madrid y el 80,4 % en Aragón. La gran mayoría de resultados, globales de España o por comunidades autónomas, están lejos de lo que recomienda la OMS (2007a): más del 90 % de los hogares debiera consumir sal yodada.

Respecto al consumo de sal yodada entre la población gestante, no existe ningún estudio que abarque todo el territorio español. En la última década se han publicado diversos estudios que ilustran su consumo (Tabla 4) en algunas provincias o autonomías, observándose que este oscila entre el 32 y el 55 %, quedando muy lejos de lo que recomienda la OMS. No hay información reciente sobre la situación de las mujeres en el periodo de lactancia. En un estudio realizado en Cataluña se observó un significativo aumento del uso de sal yodada desde el primer al tercer trimestre (del 35,7 al 87,6 %) cuando se ejerce una acción educativa por parte de las matronas (Torres et al., 2020). Es probable que, si se realizan cambios durante el embarazo, éstos persistan después del parto. Sin embargo, no hay datos al respecto en nuestro medio.

En resumen, el consumo de sal yodada en España, en su gran mayoría, es inferior a lo que recomienda la OMS, tanto en la población general como específicamente en la población gestante. Por otra parte, como se ha dicho, la concentración de yodo en la sal es de las más elevadas de Europa (60 ppm), ello permite que con una ingesta de sal a una cantidad limitada (en torno a 2 g) se puedan alcanzar los requerimientos necesarios de yodo.

Un aspecto poco valorado y de enorme importancia es la calidad de la yodación de la sal. En España hay pocos datos al respecto, pero destaca un estudio publicado en 1999 (Donnay et al., 1999) en el que se estudiaron 27 paquetes de sal yodada obtenidos de distintos comercios de la provincia de Cuenca. Aceptando como adecuado un contenido de yodo de 60 mg de yodo por kg de sal, admitiéndose una tolerancia del 15 %, se observó que el 60 % de la "sal yodada" estaba infra-yodada y el 25 %, supra-yodada. Este estudio se llevó a cabo tras observar que persistía la deficiencia de yodo aún después de haber realizado una intensa campaña para promover el consumo de sal yodada en lugar de sal común o no yodada. Más recientemente, un estudio comunicado en el Congreso Europeo de Endocrinología (si bien no publicado) (Arosa et al., 2017) analizó 162 muestras de paquetes de sal de diferentes comunidades autónomas y mostró que el 67 % de sales con yoduro estaban fuera de rango (51-60 µg/g); en el caso de los que contenían yodato, el porcentaje de inadecuación

fue del 43 %. Además de los problemas por una deficiente yodación de la sal, cabría considerar las pérdidas de yodo que pueden producirse por una deficiente conservación en los domicilios o bien según los diferentes tipos de cocción. En este sentido, al promover el cambio de la sal común por la sal yodada, debiera también informarse de cómo reducir las pérdidas de yodo de la sal yodada.

No existen datos en nuestro medio sobre la utilización de sal yodada por la industria alimentaria, que debe aparecer como tal en el etiquetado, de acuerdo con el Reglamento (UE) N° 1169/2011 (UE, 2011).

## 6.2 Leche y productos lácteos

La leche y los productos lácteos representan un aporte importante de yodo en la población europea debido a su relevancia y frecuencia del consumo de estos alimentos. El contenido de yodo de la leche varía considerablemente de un país a otro, lo que probablemente se deba a las diferencias en las prácticas agrícolas. Por ejemplo, la leche del Reino Unido tiene una concentración de yodo (427 µg/l) relativamente alta en comparación con otros países: aporta 85 µg de yodo por vaso de leche (200 ml), lo que constituye aproximadamente entre el 57 y el 34 % de la ingesta de yodo recomendada por la OMS para adultos (150 µg/día) y mujeres embarazadas (250 µg/día), respectivamente (OMS, 2007a) (Witard et al., 2022).

En Europa, el consumo medio de leche y productos lácteos en adultos oscila entre 180 y 450 g/ persona/día (Tabla 6) (Van der Reijden et al., 2017).

<b>Tabla 6.</b> Consumo total de leche y productos lácteos en la población adulta de algunos países europeos y su contribución a la cantidad diaria recomendada de yodo para adultos		
<b>País y año de la encuesta</b>	<b>Consumo medio de lácteos per cápita en la población adulta (g/día)</b>	<b>Contribución a las necesidades diarias de yodo (%) con respecto a las recomendaciones de la OMS (2007a)</b>
<b>Menor consumo total de lácteos</b>	<b>&lt;300 g/día</b>	
Francia (2014; 2015)	184	13-26
Italia (2005; 2006)	190	13-27
Alemania (2012; 2013)	191	13-27
Suiza (2014; 2015)	215	15-31
Reino Unido (2008; 2012)	239	16-34
Irlanda (2011)	268	18-38
Suecia (2010; 2011)	280	19-40
<b>Mayor consumo total de lácteos</b>	<b>≥300 g/día</b>	
Dinamarca (2003; 2008)	324	22-46
Países Bajos (2012; 2014)	352	24-50
Finlandia (2007)	357	24-51
España (2006)	379	26-54
Noruega (2010; 2011)	382	26-54
Islandia (2002)	393	27-56

La contribución de la leche y los productos lácteos a la ingesta diaria de yodo recomendada oscila entre el 13 y el 40 % en las ingestas de lácteos más bajas (<300 g/día) y entre el 22 y el 64 % en las ingestas de lácteos más altas ( $\geq 300$  mg/día). Por lo tanto, la leche y los productos lácteos probablemente desempeñan un papel importante como fuentes de yodo en muchos países. Por otro lado, conviene tener en cuenta que en la mayoría de los países la ingesta de queso sólo representa un 5-10 % de la ingesta total de leche y productos lácteos (Van der Reijden et al., 2017).

En los últimos años se ha observado un descenso en el consumo de leche y productos lácteos en niños y adolescentes de varios países, incluido España. Otros estudios también observaron que la ingesta de leche y productos lácteos disminuye con la edad, y los hombres tienden a tener una ingesta ligeramente superior a la de las mujeres. Sin embargo, estos patrones no fueron concluyentes para todos los países (Fernández et al., 2017) (Van der Reijden et al., 2017).

En una revisión reciente llevada a cabo en el Reino Unido (Witard et al., 2022) se destaca que el consumo de leche y productos lácteos aporta el 51 % de la ingesta total de yodo en los niños británicos de 4 a 10 años. Por el contrario, se ha informado de que el 27 % de las niñas de 11 a 18 años tienen una ingesta baja de yodo (NDNS, 2018) y las mujeres embarazadas están clasificadas como deficientes, especialmente si no reciben suplementación con yodo (Bath et al., 2015). En este estudio se observó que la ingesta de leche estaba significativamente asociada con el estado de yodo en las mujeres embarazadas (mediana de la relación yodo:creatinina en mujeres con una ingesta de leche de 140 *versus* 280 ml/día: 72 frente a 150  $\mu\text{g/g}$ ), mientras que la ingesta de marisco no lo estaba. Otros estudios realizados en mujeres adolescentes muestran también una asociación entre el estado nutricional del yodo y la ingesta de leche, pero no de otros alimentos, como el pescado (Mullan et al., 2020).

El hecho de que la ingesta de leche sea menor en los adultos que en los niños es problemático para la evaluación de la población en su conjunto. La OMS recomienda que el estado nutricional de yodo en la población se lleve a cabo mediante la evaluación de los niños en edad escolar. Esto puede llevar a una sobreestimación de la ingesta de yodo si otros grupos de población especialmente vulnerables, como las mujeres embarazadas, realizan una ingesta menor de lácteos.

### 6.3 Otros alimentos

En el año 2022 se publicó una revisión sistemática (Bath et al., 2022) que incluye un total de 57 investigaciones previas publicadas, que incluían, a su vez, 22 estudios epidemiológicos a nivel nacional y 35 estudios locales que evalúan la ingesta de yodo a nivel nacional en población infantil con edad  $\leq 10$  años ( $n= 11$ ), de 11 a 17 años ( $n= 12$ ) y de adultos ( $n= 15$ ). En el caso de las mujeres embarazadas solo se disponía de datos a nivel local. Se evaluó el papel de 8 grupos de alimentos como fuentes de yodo: 1) leche y productos lácteos; 2) pescado; 3) cereales; 4) huevo; 5) carne y aves de corral; 6) frutas, hortalizas y patatas; 7) bebidas, incluidas las alcohólicas; y 8) varios (que incluye los condimentos y puede incluir la sal yodada si se declara). Esta revisión puso de manifiesto que, a pesar de que la principal fuente de yodo natural en alimentos es la leche y los productos lácteos, también existen fuentes de yodo procedentes de otros alimentos como el pescado, y el pan en algunos países por el uso de sal yodada. Este hecho pone en riesgo de deficiencia de yodo a individuos de

la población que evitan estos alimentos, como los veganos, los vegetarianos y las personas con intolerancia al gluten o a la lactosa.

El consumo de yodo procedente de otros alimentos diferentes a la sal yodada y a los productos lácteos y, por tanto, su contribución a la dieta, depende en gran medida del país considerado, del grupo de edad, y del género en cada país. Concretamente, a pesar de que la leche aporta más de la mitad de la ingesta de yodo de los niños en Noruega y Reino Unido, y más de un tercio de la ingesta de los adultos en Finlandia, Noruega, Reino Unido e Irlanda, en Bélgica e Irlanda el pan y los cereales aportan entre el 49 y el 59 % de la ingesta de yodo (niños y adultos) por el uso de sal yodada en el pan. En el caso de que no se emplee sal yodada en estos productos, el aporte se reduce al 12 % del total en Reino Unido y solo el 2 % en España para adultos. También hay que poner de relieve que el pescado aporta el 47 % del yodo a la dieta de adultos en Islandia, el 32 % en España (AESAN, 2015) y el 21 % en Noruega, pero en los demás países aporta <15 %. En los niños, el pescado aporta el 18 % de la ingesta en Noruega, pero contribuye en un 10 % en países como el Reino Unido.

Por último, los huevos son una fuente importante de yodo en adultos en España, aportando el 13 % (AESAN, 2011). En otros países, los huevos aportan entre el 2 y el 7 % de la ingesta de yodo (Bath et al., 2022).

#### **6.4 Declaraciones nutricionales y de propiedades saludables de alimentos que contienen yodo**

El etiquetado, la presentación y la publicidad de un número cada vez mayor de alimentos contienen declaraciones nutricionales y de propiedades saludables. El principal objetivo de la legislación europea que lo regula es garantizar un elevado nivel de protección de los consumidores y facilitar que éstos elijan la opción más saludable entre los diferentes alimentos. Además, existe una normativa europea que garantiza que las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables que se hagan sean veraces, claras, fiables y útiles para el consumidor. Las declaraciones son voluntarias, es decir, no forman parte de las menciones obligatorias que deben figurar en el etiquetado de los alimentos. No obstante, si un operador alimentario decide utilizarlas, debe hacerlo cumpliendo las condiciones de uso establecidas para cada una de ellas y, además, deben ser conformes a unas reglas claramente establecidas en la normativa vigente. De forma general, es importante conocer que todas las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables que se encuentran autorizadas han tenido que someterse previamente a un procedimiento en el que se tiene que demostrar que están basadas en datos científicos sólidos que son evaluados por la EFSA y autorizadas a nivel europeo (AESAN, 2021a).

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento (CE) N° 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos (UE, 2006), podrán utilizarse las siguientes declaraciones nutricionales relativas al yodo en aquellos alimentos que cumplan las condiciones de uso que figuran en dicha norma europea y que se resumen a continuación (Tabla 7).

<b>Tabla 7. Declaraciones nutricionales de alimentos que contienen yodo</b>	
<b>Declaración nutricional</b>	<b>Condiciones de uso de la declaración</b>
Fuente de yodo	Solamente podrá declararse que un alimento es una "Fuente de yodo", así como efectuarse cualquier otra declaración que pueda tener el mismo significado para el consumidor, si el producto contiene 22,5 µg de yodo por cada 100 g o 100 ml, en el caso de alimentos distintos de bebidas, y 11,25 µg de yodo por cada 100 ml en el caso de las bebidas
Alto contenido de yodo	Solamente podrá declararse que un alimento posee un "Alto contenido de yodo", así como efectuarse cualquier otra declaración que pueda tener el mismo significado para el consumidor, si el producto contiene como mínimo dos veces el valor de la "Fuente de yodo"
Contiene yodo	Solamente podrá declararse que un alimento "contiene yodo" en las condiciones correspondientes a la declaración "Fuente de yodo"

En cuanto a las propiedades saludables de los alimentos con yodo, el Reglamento (UE) N° 432/2012 por el que se establece una lista de declaraciones autorizadas de propiedades saludables de los alimentos (UE, 2012), indica que la declaración de dichas propiedades (Tabla 8) podrá utilizarse en aquellos alimentos que sean "Fuente de yodo" o en los que se indique "Alto contenido en yodo" o "Contiene yodo", conforme a lo establecido en el Reglamento (CE) N° 1924/2006 (UE, 2006).

<b>Tabla 8. Declaraciones de propiedades saludables de alimentos que contienen yodo</b>
El yodo contribuye a la función cognitiva normal
El yodo contribuye al metabolismo energético normal
El yodo contribuye al funcionamiento normal del sistema nervioso
El yodo contribuye al mantenimiento de la piel en condiciones normales
El yodo contribuye a la producción normal de hormonas tiroideas y a la función tiroidea normal
El yodo contribuye al crecimiento normal de los niños

## 6.5 Suplementación con yodo

La relevancia del yodo en el embarazo y la dificultad para asegurar un estado nutricional adecuado en todas las gestantes, con el riesgo para la salud fetal que conlleva una posible deficiencia, podría justificar, en algunos casos, la suplementación con este elemento, bien en forma de complemento alimenticio o como medicamento.

La autorización por la AEMPS, en el año 2004, de medicamentos con yoduro potásico como principio activo para la mujer embarazada y lactante, supuso un cambio muy significativo en la prevención de la deficiencia de yodo en esta población. Sin embargo, a medida que la nutrición de yodo de la población fue mejorando (Soriguer et al., 2012) (Vila et al., 2016) se planteó la disyuntiva de la necesidad de realizar una suplementación universal, es decir: a todas las mujeres embarazadas *versus* una suplementación individualizada dirigida a poblaciones de riesgo con bajo consumo de yodo. En el año 2014, el grupo de trabajo de Trastornos relacionados con la Deficiencia de Yodo

y Disfunción Tiroidea de la SEEN, con alguna discordancia en su seno, publicó un documento de posicionamiento en el que se defendía la universalización (Donnay et al., 2014). Poco antes, en el año 2012, a raíz de un taller sobre este tema, se elaboró el Documento de Bilbao (Jalón et al., 2012) que defendía la individualización. También en 2014, en la “Guía de práctica clínica de atención en el embarazo y puerperio” editada por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, se realizó la siguiente recomendación: “*Se sugiere la suplementación farmacológica durante la gestación con yoduro potásico a dosis de 200 µg/día en aquellas mujeres que no alcanzan las cantidades diarias recomendadas de ingesta de yodo con su dieta (3 raciones de leche y derivados lácteos + 2 g de sal yodada)*” (MSSSI, 2014).

El yodo también se puede administrar por medio de complementos alimenticios que contienen vitaminas, minerales y oligoelementos que suelen aportar habitualmente una dosis de 150 µg de yodo.

Las recomendaciones de la OMS con respecto a la suplementación con yodo durante la gestación (OMS, 2007c), se establecen en función de la situación de nutrición de yodo de cada país:

- Categoría 1: 90 % de las familias consumen sal yodada desde hace más de 2 años. Toda la sal está yodada. Mediana de yoduria >100 µg/l:  
No es preciso realizar una suplementación universal.
- Categoría 2: 20-90 % de las familias consumen sal yodada y no toda la sal está yodada. Mediana de yoduria <100 µg/l:  
Suplementar.
- Categoría 3: <20 % familias consumen sal yodada y no es fácil acceder a ella. Mediana de yoduria <20 µg/l:  
Suplementar.

En el mismo documento cabe destacar el siguiente comentario: “*Sin embargo, la Consulta reconoció que tiene limitaciones ya que la prevalencia de hogares a los que llega la sal yodada a nivel nacional puede enmascarar variaciones dentro de los países entre regiones o distritos: algunos pueden haber logrado la yodación universal de la sal, pero este puede no ser el caso a nivel nacional mientras que algunas regiones o distritos pueden no haber llegado a la yodación universal de la sal aunque el país sí. En otras palabras, la política sobre suplementación con yodo para mujeres embarazadas y niños pequeños debe ajustarse en la medida de lo posible, para tener en cuenta tales variaciones dentro del país. Esto puede requerir una evaluación de la cobertura de sal yodada antes de diseñar un programa de suplementación*” (OMS, 2007c).

Los datos disponibles en España indican que la situación en nuestro país está entre la Categoría 1 y la Categoría 2: la mediana de yoduria de la población adulta e infantil es superior a 100 µg/l (según el estudio Dia@bet de adulto: 117 µg/l (Soriguer et al., 2012) y según el estudio Tirokid: 173 µg/l (Vila et al., 2016)), aunque el consumo de sal yodada no alcance los niveles recomendados por la OMS (más del 90 % de los hogares debiera consumir sal yodada) (OMS, 2007a). Los datos incluidos en la Tabla 4, indican que menos de la mitad de las mujeres gestantes consumen sal yodada y que más del 70 % reciben suplementación con yodo. Por lo tanto, es probable que esta suplementación sea responsable en gran medida de la adecuación del estado nutricional del yodo.

También se ha debatido extensamente el beneficio de suplementar con yodo a mujeres gestantes de zonas con deficiencia leve o moderada de yodo, situación en la que se encuentra buena parte de las CCAA de España. En la Tabla 9 se muestra un resumen de los metaanálisis y revisiones sistemáticas publicadas al respecto. Como se puede apreciar, la literatura muestra una gran discordancia sobre el beneficio que puede entrañar la suplementación con yoduro potásico. Cuando existe este tipo de discordancia en la literatura, parece que la mejor opción pueda ser el buen criterio clínico de los profesionales.

**Tabla 9.** Metaanálisis y revisiones sistemáticas sobre el efecto de la suplementación con yodo en mujeres embarazadas de zonas con leve o moderada deficiencia de yodo

Efecto	Referencia	Nº de estudios	Conclusiones de la suplementación con yodo	Resumen
Efecto sobre el desarrollo neurocognitivo	Machamba et al. (2021)	8	Puede mejorar el desarrollo psicomotor deficiente	++
	Nazeri et al. (2021)	5	No evidencia de mejores resultados en el crecimiento o el desarrollo neurológico en los bebés	NS
	Dineva et al. (2020b)	3	Ningún efecto sobre el desarrollo cognitivo de los hijos. Sin suficiente evidencia para respaldar la suplementación en estas áreas	NS
	Levie et al. (2019)	3	Efecto el CI verbal si la suplementación se inicia en el primer trimestre (valores de Yoduria >150 µg/g de creatinina)	++
	Harding et al. (2017)	14	No hubo datos suficientes para llegar a conclusiones significativas	NS
	Taylor et al. (2013)	4	Discreta mejora función cognitiva niños de 6 a 18 meses	+
	Zhou et al. (2013)	8	Falta de calidad en la evidencia	NS
	Bougma et al. (2013)	20	El CI mejora en 7,4 puntos (suplementación vs no suplementación)	+++
	Trumpff et al. (2013)	5	Débil evidencia del beneficio sobre el desarrollo neurocognitivo	+
Efecto sobre la glándula materna	Dineva et al. (2020b)	7	Disminución de la tiroglobulina o del volumen de la tiroides materna.	++
		2	Disminución de la TSH materna	+
	Taylor et al. (2013)	7	Mejora función tiroidea materna	+

NS: no significativo; CI: cociente intelectual; +, ++ y +++ se refiere a la magnitud del efecto: leve, moderado y elevado, respectivamente.

En resumen, el consumo de sal yodada en el hogar en España no alcanza el nivel recomendado por la OMS. Aun así, el estado nutricional yodo, estimado a través de la yoduria, se muestra adecuado en la población general y, especialmente, en la infantil. Muy probablemente (y especialmente entre la población escolar) los lácteos han contribuido a estos resultados (Soriquer et al., 2012) (Vila et al., 2016).

Los trabajos realizados en Asturias (Menéndez et al., 2014) y Jaén (Santiago et al., 2013) indican que, en los casos en los que se observaba un consumo de sal yodada durante el año previo a la gestación, se lograba una adecuada nutrición de yodo sin necesidad de suplementación con este mineral. En un estudio realizado en Cataluña (Torres et al., 2017), la concomitancia del consumo de sal yodada y una ingesta diaria de lácteos igual o superior a 2 raciones también resultaba suficiente para conseguir una adecuada nutrición de yodo. Sin embargo, el consumo de sal yodada probablemente no es el factor predominante en el embarazo. No todos los estudios realizados en mujeres embarazadas muestran unas medianas de yoduria adecuadas (Melero et al., 2021). En una encuesta realizada en Madrid (Melero et al., 2021), se observó que sólo el 23,9 % de las gestantes tenían un consumo estimado de yodo superior a 150 µg/l; el 40,5 % de las mujeres utilizaban sal yodada y un 58 % consumían 2 o más raciones de lácteos.

## 7. Situaciones de riesgo de déficit y exceso de yodo

### 7.1 Riesgo de déficit de yodo

Por los datos que se han comentado anteriormente, la nutrición de yodo de la mujer gestante en España es muy variable (Tabla 4). Cabe destacar que algunos de los resultados se ven sesgados favorablemente por el efecto (deseado) de la suplementación con yodo. No obstante, si no existiera esta suplementación, muy probablemente, parte de la población gestante en nuestro país presentaría un déficit de yodo entre leve y moderado. No hay ningún estudio de ámbito estatal para sustentar esta afirmación, sin embargo, se puede realizar una aproximación considerando el estudio Di@bet (Soriguer et al., 2012), en el que la mediana de yoduria entre las mujeres en edad fértil era de 114 µg/l. Esta mediana, teóricamente adecuada para la población de mujeres no gestantes (>100 µg/l), sería claramente deficiente para las mismas mujeres en caso de embarazo (>150 µg/l). También cabe destacar los resultados de un estudio no publicado realizado por la AESAN, en base a la Encuesta Nacional de Alimentación en población adulta, mayores y embarazadas (ENALIA-2) (AESAN, 2015), en el que se estimó una ingesta media de yodo de 62 µg/día entre la población de mujeres de 18 a 30 años (n= 67); de 79 µg/día entre las de 31 a 50 años (n= 124) y de 76 µg//día en mujeres embarazadas (n= 144), cantidad por debajo de la recomendada.

En esta línea, ¿qué escenarios se asociarían a riesgo de deficiencia de yodo en la mujer gestante o durante la lactancia? Entenderíamos que hay riesgo de deficiencia cuando la ingesta de yodo es inferior a la recomendada según la OMS (*Recommended Nutrient Intake*: 250 µg/l) (OMS, 2007a) o según la EFSA (2014) o AESAN (2019) cuando la ingesta es inferior a la “ingesta adecuada” (<200 µg/l).

Establecer escenarios de riesgo de déficit de yodo es complejo ya que sus fuentes son diversas, lo mismo que el contenido de yodo de los distintos grupos de alimentos y su combinatoria puede ser excesiva y difícil de considerar. Un estudio reciente (Dineva, 2020a) compara tres cohortes de mujeres gestantes de Europa (Países Bajos, Reino Unido, España) que disponían de una completa encuesta alimentaria además del análisis de yoduria. En el estudio se observa que los lácteos son el único grupo de alimentos que se asocia positivamente con la yoduria en las tres cohortes. En la cohorte española destaca que el impacto de los lácteos sobre la yoduria es superior al observado



en las otras dos cohortes y que, además, el pescado y la sal yodada también contribuyen de manera significativa a la yoduria. En España, estos tres grupos de alimentos tienen unas características que difieren del resto de países. Por un lado, el contenido de yodo en la leche, que puede llegar hasta una media de 259 µg/l, supone un aporte significativo de yodo para la población (Soriquer et al., 2011). Por otro lado, el contenido de yodo en la sal es de los mayores de Europa (60 ppm) (BOE, 1983).

Para valorar el riesgo de déficit se han creado unos escenarios teóricos basados en la frecuencia de consumo de alimentos que constituyen la fuente fundamental de yodo.

Los escenarios que se presentan tienen algunas limitaciones: el contenido de yodo en algunos alimentos, como los pescados, es variable; la información sobre la utilización de sal yodada por la industria alimentaria es limitada; un consumo excesivo de alimentos procesados en los que no se haya empleado sal yodada puede limitar la ingesta de yodo, aunque la sal que se emplea en la preparación de los alimentos en el hogar sea yodada. Otros aspectos que no se han incluido al elaborar estos escenarios, son los cambios estacionales del contenido en yodo de los lácteos (Arrizabalaga et al., 2020), el efecto de la cocción sobre la pérdida de yodo de la sal yodada o el tipo de conservación.

i. Escenario 1: Mínimo riesgo de déficit de yodo:

- a) Mujer que desde hace más de 1 año consume sal yodada, lácteos (2 ó más raciones al día) y además consume otros alimentos que constituyen una fuente significativa de yodo, incluido el pescado, de manera habitual.
- b) Mujer que desde hace más de 1 año consume sal yodada, pero realiza un bajo/nulo consumo de lácteos o de otros alimentos ricos en yodo.

Indudablemente el "Escenario 1a" garantiza un adecuado aporte de yodo.

Un estudio reciente llevado a cabo por Torres et al. (2020) muestra cómo, de manera independiente, la leche, la sal yodada y la suplementación con yodo impactan favorablemente sobre la yoduria. Otros estudios observan cómo la sal yodada, por sí sola, es capaz de conseguir unos adecuados niveles de yoduria (Santiago et al., 2013) (Menéndez et al., 2014) (Torres et al., 2017) (González-Martínez et al., 2021). También es relevante que el consumo de la sal yodada se realice, como mínimo, un año antes de la gestación para garantizar que la glándula disponga de un buen depósito de yodo al inicio de la gestación (Santiago et al., 2013).

No obstante, en España muy pocas mujeres formarían parte de este escenario. Distintos estudios muestran un bajo consumo de sal yodada al inicio de la gestación: 33 % en Jaén, 36 % en Cataluña y 40,5 % en Madrid (Santiago et al., 2013) (Torres et al., 2017) (Melero et al., 2021). En Cataluña, solo el 14 % de las gestantes consumían sal yodada y 2 o más raciones de lácteos al día (Torres et al., 2017).

ii. Escenario 2: Moderado riesgo de déficit de yodo:

Mujer que consume 2 o más raciones de lácteos al día y otros alimentos ricos en yodo, con una antelación mínima de un año antes del inicio de la gestación, pero no utiliza sal yodada. Existe cierta disparidad sobre el riesgo de déficit de yodo en este grupo.

La mayor parte de los estudios han evaluado, fundamentalmente, el papel de los lácteos, como fuente principal de yodo. Estudios realizados en Cataluña (Torres et al., 2017, 2020) muestran, en el análisis multivariante, que, de manera independiente, consumir 2 o más raciones de lácteos se asocia a una yoduria adecuada en caso de la gestación. Algún otro estudio apoya esta observación (Soriguer et al., 2012) (Bath et al., 2015). Sin embargo, los dos estudios realizados en Asturias muestran que el efecto de una adecuada yoduria es atribuible únicamente a la sal yodada y no a los lácteos (Menéndez et al., 2014) (González-Martínez et al., 2021). También los cambios estacionales que se han comentado pueden modificar sustancialmente el contenido en yodo de la leche. En el estudio de Arrizabalaga et al. (2020), la leche analizada en invierno muestra una media de yodo de 241 µg/l y en verano-otoño de 162 µg/l.

iii. Escenario 3: Elevado riesgo de déficit de yodo:

Mujer con consumo nulo de alimentos que constituyen una fuente significativa de yodo y que no utiliza sal yodada.

El hecho de no consumir lácteos y, muy especialmente, no consumir sal yodada se asocia a una nutrición deficiente de yodo (Menéndez et al., 2014) (Torres et al., 2017, 2020) (González-Martínez et al., 2021).

Se ha visto que las mujeres que no consumen sal yodada y siguen una dieta vegana, que no se consumen lácteos, pescado u otras fuentes de yodo de origen animal, presentan un mayor riesgo de deficiencia de yodo (Eveleigh, 2020) (Koeder, 2022), si no se suple con otras fuentes de yodo.

El efecto del tabaquismo puede aumentar el riesgo de deficiencia de yodo. Es especialmente remarkable el riesgo de déficit de yodo en lactantes de madres fumadoras, debido al efecto inhibitor del tabaco sobre el NIS. Ello supone una marcada disminución de la captación de yodo por parte de la glándula mamaria, con la subsiguiente disminución de su concentración en la leche materna (Andersen, 2015). No se ha observado que el tabaquismo aumente el riesgo deficiencia de yodo durante la gestación (Torres et al., 2020), sin embargo, se recomienda que las mujeres embarazadas no fumen ni permanezcan en ambientes con humo de tabaco (tabaquismo pasivo).

Existen otros factores, como el nivel de estudios y la situación socio-económica, que también pueden influir en la ingesta de yodo. En el estudio Di@bet se observó que la población sin estudios utilizaba menos sal yodada que el grupo con estudios primarios o secundarios (OR (*odds ratio*): 1.73; 95 %; IC (Intervalo de Confianza): 1.39-2.16) o universitarios (OR: 2.23; 95 %; IC: 1.71-2.92) (Soriguer et al., 2012). También, en el estudio llevado a cabo por Melero et al. (2021) en Madrid se vio que las mujeres gestantes con menor nivel de estudios consumían menos yodo. El consumo de lácteos y de pescado también fue inferior en la población con un menor nivel socioeconómico (FEN, 2013).

En resumen, el consumo de sal yodada y lácteos garantizaría un adecuado aporte de yodo en la población de mujeres gestantes y también durante el periodo de lactancia. La sal yodada, cuando se utiliza mucho antes de la gestación, por sí sola, es capaz de aportar una cantidad adecuada de yodo. Algunos estudios también atribuyen a los lácteos esta propiedad, aunque están sometidos

a más variaciones. La proporción de mujeres que utilizan habitualmente sal yodada y, además, consumen 2 o más raciones diarias de lácteos es muy baja. La prevalencia del uso de la sal yodada, en conjunto, es notablemente mayor, pero lejos del 90 % recomendado por la OMS (2007a). En el estudio llevado a cabo por Melero et al. (2021), solo el 35 % de las mujeres encuestadas consumía 2 o más raciones diarias de lácteos. Este estudio estimaba que solo el 25 % de las mujeres antes de la gestación superaban una ingesta mayor de 150 µg al día de yodo (Melero et al., 2021). Excluyendo la suplementación con yoduro potásico, gran parte de las mujeres gestantes de España presentan un déficit leve-moderado. La ingesta baja de yodo en la mujer es una situación que el Libro Blanco de la Nutrición en España ya lo contemplaba como una amenaza (FEN, 2013).

## 7.2 Riesgo de exceso de yodo

La mayor parte de la población es capaz de adaptarse al exceso de yodo. Inicialmente, por el efecto de Wolff-Chaikoff (Wolff et al., 1949), el exceso de yodo provoca un bloqueo de la captación de yodo para reanudar, a los pocos días, el normal funcionamiento de la glándula por el fenómeno de “escape”. Si éste falla y persiste el bloqueo, puede inducirse un hipotiroidismo. Este problema puede aparecer con mayor frecuencia entre la población con tiroiditis de Hashimoto, aunque algunos estudios observan un notable aumento de la prevalencia de hipotiroidismo en zonas con una elevada ingesta de yodo (Markou et al., 2001). Parece que en el feto el fenómeno de “escape” no es suficientemente efectivo hasta aproximadamente la semana 36, haciéndole más vulnerable a padecer un hipotiroidismo en caso de que la madre ingiera un exceso de yodo (Thomas y Collett-Solberg, 2009) (Connelly et al., 2012).

La EFSA (2014), basándose en la opinión del *Scientific Committee for Food*, establece, como máxima dosis tolerable de yodo, la ingesta de 600 µg/día, tanto para población adulta como para población gestante. Reconocen que esta cifra es de, aproximadamente, la mitad de los 1100 µg/día que el IOM (2001) indica como máxima dosis tolerable. Esta cifra la calculan en base a estudios de dosis-respuesta de corta duración y con un bajo número de participantes. Estos estudios observan que consumos de 1700-1800 µg/día inducirían una mayor elevación de la TSH bajo el estímulo endovenoso de la Hormona Liberadora de Tirotropina (TRH, *Thyrotropin-Releasing Hormone*) (Gardner et al., 1988) (Paul et al., 1988). A la concentración más baja en la que se observaron efectos adversos, 1700 µg/día, se le aplicó un “Factor de Incertidumbre” de 1,5, dando como resultado los 1100 µg/día que estimaron como punto de corte para definir la máxima dosis tolerable de yodo. Un comité de expertos de la OMS (2007c) establece que ingestas superiores a 500 µg/día no suponen ninguna ventaja adicional, por lo que se deberían evitar. Aunque no hay grandes evidencias que definan los límites máximos seguros (Eastman et al., 2019), algunos estudios asocian un mayor riesgo de hipotiroidismo subclínico en gestantes que presentan yodurias con valores por encima de los 500 µg/l (Shi et al., 2015) (Corcino et al., 2019) e incluso en mujeres con yodurias entre 250 y 500 µg/l (Shi et al., 2015). Un estudio realizado en población española observó un mayor riesgo de sufrir hipertiro-tropinemia (TSH>3 mUI/l) entre las mujeres que recibían suplementación con 200 µg de yodo (Rebagliato et al., 2010). En esta línea, el estudio de Moleti et al. (2011) observaron niveles más elevados de TSH en mujeres que recibieron yodo que en mujeres que llevaban más de 2 años consumiendo

sal yodada. No obstante, no observaron una mayor tasa de hipotiroxinemia. El aumento de la TSH se atribuyó a un efecto de aturdimiento transitorio en la glándula tiroidea, como resultado del aumento repentino de la ingesta diaria de yodo en mujeres con una deficiencia leve o moderada, resaltando la importancia de que la nutrición de yodo sea ya adecuada mucho antes de la gestación. Es probable que los resultados de Rebagliato se deban al mismo proceso. Más recientemente, un metaanálisis (Katagiri et al., 2017), que incluyó cinco estudios con mujeres gestantes, no observó ninguna asociación concluyente entre el exceso de yodo e hipotiroidismo subclínico.

Como puede observarse, existe cierta discrepancia sobre qué cantidad de ingesta de yodo puede resultar perniciosa para la mujer gestante, sin embargo, los expertos de la OMS consideran que superar los 500 µg/día no es necesario ya que no proporcionaría ningún beneficio adicional para la salud y, en teoría, puede asociarse a una función tiroidea alterada (OMS, 2007c). En el mismo documento se califica como “más que adecuada” la nutrición de yodo de una población gestante cuando las medianas de yoduria se sitúan entre 250 y 499 µg/l. Tal como se ha comentado, la EFSA fija este límite en 600 µg/día (EFSA, 2014).

A continuación, se describen las principales situaciones en las que podría existir exceso de yodo:

1. En el Escenario 1 expuesto previamente, en el que el riesgo de déficit es mínimo, la suplementación con 150 ó 200 ó 300 µg de yodo, por medio de medicamentos o complementos alimenticios, podría aproximarse o superar la cifra de los 500 µg de yodo. Así pues, especialmente en el Escenario 1a, no sería necesario ni adecuado administrar yodo más allá de la cantidad que aportan los alimentos de manera natural o alimentos enriquecidos (sal yodada).
2. El exceso de yodo por el consumo de algas se ha asociado a un aumento de la prevalencia de hipotiroidismo y de bocio (Markou et al., 2001). El contenido de yodo en las algas puede ser muy elevado pudiendo alcanzar valores de hasta 7088 µg/g de peso seco (Romarís-Hortas et al., 2009). El valor más extremo se observó en el alga *kombu*, coincidiendo con el análisis que realizó AESAN (2019). Según un estudio realizado en Noruega en el que analizaron el contenido en yodo de diferentes productos con algas disponibles en el mercado noruego, se observó que el contenido de yodo era muy variable, y en el etiquetado, la declaración del contenido de yodo resultó ser inadecuada o inexacta en varios de ellos (Aakre et al., 2021).

En el informe realizado por el Comité Científico de AESAN el año 2012 (AESAN, 2012) sobre la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo, se concluía que, aunque en ese momento el consumo de este tipo de algas no era importante en la población española, sería recomendable adoptar como límite máximo de contenido en yodo de algas comestibles 2000 mg/kg de peso seco, independientemente de la especie.

Más recientemente, AESAN ha publicado unas recomendaciones dirigidas al consumidor sobre el consumo de algas por su contenido en yodo (AESAN, 2021b), entre las que destacan las siguientes:

- Las personas con disfunción tiroidea o que tomen medicamentos que contengan yodo deben evitar el consumo de alimentos que contengan algas, especialmente de la especie *kombu* (*Laminaria japonica*; *Saccharina japonica*), debido a los elevados niveles de yodo que aportan en su composición.

- Ante la ausencia de datos suficientes para medir el riesgo en la población infantil por el contenido en yodo de las algas, se recomienda evitar su consumo por niños y niñas, así como por mujeres embarazadas o en periodo de lactancia.

En resumen, si aceptamos como exceso de yodo ingestas superiores a 600  $\mu\text{g}/\text{día}$ , siguiendo la propuesta de EFSA, el consumo de algas con alto contenido en yodo puede superar ampliamente este dintel. También un riesgo hipotético de exceso podría darse en el caso de administración de yodo, en forma de medicamentos o complementos alimenticios, a las mujeres incluidas en el Escenario 1a descrito previamente. El efecto pernicioso del exceso de yodo se centra especialmente en personas con autoinmunidad tiroidea, que se expresa mayoritariamente como hipotiroidismo.

### Conclusiones del Comité Científico

- El yodo es un elemento imprescindible para la síntesis de las hormonas tiroideas y debe ingerirse en cantidades adecuadas. El embarazo y la lactancia son etapas especialmente sensibles a la deficiencia de yodo, ya que las hormonas tiroideas son imprescindibles para el desarrollo y la maduración cerebral del feto y el recién nacido.
- Las fuentes dietéticas principales de yodo son la sal yodada, la leche y productos lácteos, y el pescado. En España, como en algunos países europeos, la yodación de la sal es voluntaria. El contenido de yodo en la sal yodada de nuestro país es uno de los más elevados de Europa (60 ppm), lo que permitiría que con un bajo consumo de sal yodada se pudiera alcanzar la ingesta diaria recomendada de yodo.
- En las mujeres en edad fértil, durante la gestación o en periodo de lactancia, el uso de medicamentos o de complementos alimenticios con yodo garantiza un aporte adecuado de este nutriente, si bien la ingesta habitual de cantidades pequeñas de sal yodada al día permitiría igualmente alcanzar los requerimientos de yodo.
- El estado nutricional del yodo en España es, en general, adecuado, si bien hay que tener en cuenta que el uso de medicamentos o de complementos alimenticios que aportan yodo es responsable, en gran medida, de esta situación. Un bajo consumo de lácteos o no utilizar sal yodada incrementaría notablemente el riesgo de déficit de yodo en la mujer gestante o durante la lactancia. En cuanto a la sal yodada, los estudios realizados en España muestran que su consumo en los hogares sigue siendo inferior al 90 % aconsejado por la OMS.
- La universalización de la utilización de sal yodada, en los hogares y en la industria alimentaria, sería una herramienta muy útil para conseguir una adecuada nutrición de yodo en la población general y especialmente en las mujeres en edad fértil, durante la gestación y la lactancia. El uso de medicamentos o complementos alimenticios con yodo durante el embarazo o la lactancia se debería considerar únicamente en poblaciones de riesgo que no reciben un aporte suficiente de yodo con la alimentación.
- Se debería evitar una ingesta de yodo superior a 600  $\mu\text{g}/\text{día}$ . Las mujeres en edad fértil, embarazadas o durante la lactancia que habitualmente utilizan sal yodada, consumen 2 o más raciones diarias de lácteos y además consumen medicamentos o complementos alimenticios que

aporten yodo podrían superar esa cifra. Asimismo, en este caso, se debería evitar el consumo de algas con alto contenido en yodo o complementos alimenticios que incluyan este tipo de algas en su composición.

- La inclusión, en el etiquetado de los alimentos, de las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables autorizadas y relacionadas con el aporte de yodo podría constituir una herramienta útil para favorecer una elección adecuada e informada de aquellos alimentos que contengan yodo y cumplan con los criterios legalmente establecidos para poder realizar dichas declaraciones. Esto podría contribuir a la mejora del estado nutricional con respecto a este elemento, especialmente en las poblaciones más vulnerables.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los representantes de los puntos focales de la EFSA su contribución a este informe gracias a la aportación de información relevante relativa al enriquecimiento con yodo de los alimentos, en sus correspondientes países.

## Referencias

- Aakre, I., Solli, D.D., Markhus, M.W., Mæhre, H.K., Dahl, L., Henjum, S., Alexander, J., Korneliussen, P.A., Madsen, L. y Kjellevoid, M. (2021). Commercially available kelp and seaweed products - valuable iodine source or risk of excess intake? *Food and Nutrition Research*, 65, pp: 7584.
- AESAN (2011). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Evaluación nutricional de la dieta española. II. Micronutrientes. Sobre datos de la Encuesta Nacional de Ingesta Dietética (ENIDE). Disponible en: [http://www.laboratoriocn.com/wp-content/uploads/2019/11/Valoracion\\_nutricional\\_ENIDE\\_micronutrientes.pdf](http://www.laboratoriocn.com/wp-content/uploads/2019/11/Valoracion_nutricional_ENIDE_micronutrientes.pdf) [acceso: 18-10-22].
- AESAN (2012). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. 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. Disponible en: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/evaluacion\\_riesgos/informes\\_comite/YODO\\_MACROALGAS.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/YODO_MACROALGAS.pdf) [acceso:18-10-22].
- AESAN (2015). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Encuesta ENALIA-2. Encuesta Nacional de Alimentación en población adulta, mayores y embarazadas. Disponible en: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/subdetalle/enalia\\_2.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/enalia_2.htm) [acceso: 18-10-22].
- AESAN (2019). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Informe de resultados del estudio prospectivo para la determinación de metales y yodo en algas marinas (EP 10 19 ALG). Disponible en: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/estudios\\_prospectivos/2019/EP\\_metales\\_pesados\\_yodo\\_algas\\_marinas.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/estudios_prospectivos/2019/EP_metales_pesados_yodo_algas_marinas.pdf) [acceso: 18-10-22].
- AESAN (2021a). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Declaraciones nutricionales y de propiedades saludables. Disponible en: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/detalle/declaraciones\\_nutricionales\\_saludables.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/detalle/declaraciones_nutricionales_saludables.htm) [acceso: 21-02-23].
- AESAN (2021b). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Recomendaciones sobre el consumo de algas por su contenido en yodo. AESAN 2021. Disponible en: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/para\\_consumidor/recomendaciones\\_consumo\\_algas\\_yodo.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/para_consumidor/recomendaciones_consumo_algas_yodo.pdf) [acceso: 18-10-22].
- AESAN (2022). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre recomendaciones dietéticas sostenibles.

- nibles y recomendaciones de actividad física para la población española. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 2022, 36, pp: 11-70.
- AGES (2021). Austrian Agency for Health and Food Safety. Iodine in algae. Disponible en: <https://www.ages.at/en/human/focus/focus-actions/detail/iod-in-algen> [acceso: 16-02-23].
- Alvarez-Pedrerol, M., Ribas-Fitó, N., García-Esteban, R., Rodríguez, A., Soriano, D., Guxens, M., Mendez, M. y Sunyer, J. (2010). Iodine sources and iodine levels in pregnant women from an area without known iodine deficiency. *Clinical Endocrinology*, 72 (1), pp: 81-86.
- Andersen, S.L., Laurberg, P., Wu, C.S. y Olsen, J. (2014). Attention deficit hyperactivity disorder and autism spectrum disorder in children born to mothers with thyroid dysfunction: a Danish nationwide cohort study. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 121 (11), pp: 1365-74.
- Andersen, S.L. (2015). Iodine status in pregnant and breastfeeding women: a Danish regional investigation. *Danish Medical Journal*, 62 (5), pp: B5074.
- ANSES (2018). Agence Nationale Sécurité Sanitaire Alimentaire Nationale. Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the risk of excess iodine intake from the consumption of seaweed in foodstuffs. Disponible en: OPINION of ANSES on the risk of excess iodine intake from the consumption of seaweed in foodstuffs [acceso: 16-02-23].
- Aquaron, R., Delange, F., Marchal, P., Lognoné, V. y Ninane, L. (2002). Bioavailability of seaweed iodine in human beings. *Cellular and Molecular Biology*, 48 (5), pp: 563-569.
- Arosa, V., Sánchez Goitia, M., Espada, M., Irigoyen, L., Maldonado, G., Arrizabalaga, J., Santiago, P., Orosia, M., Menéndez, E., Vila, Ll., Wengrowicz, S. y Donnay, S. (2017). Iodine content of iodized salt in Spain. *Endocrine Abstracts*, 49 (EP1332).
- Arrizabalaga, J.J., Jalón, M., Espada, M., Cañas, M. y Latorre, P.M. (2020). Iodine contents in conventional ultra-high temperature (UHT) processed cow milk: Changes over the year and regional differences. Implications for epidemiological studies on iodine nutritional status. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 67 (6), pp: 383-393.
- Bath, S.C., Furnidge-Owen, V.L., Redman, C.W. y Rayman, M.P. (2015). Gestational changes in iodine status in a cohort study of pregnant women from the United Kingdom: season as an effect modifier. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101, pp: 1180-1187.
- Bath, S.C., Combet, E., Scully, P., Zimmermann, M.B., Hampshire-Jones, K.H. y Rayman, M.P. (2016). A multi-centre pilot study of iodine status in UK schoolchildren, aged 8-10 years. *European Journal of Nutrition*, 55 (6), pp: 2001-2009.
- Bath, S.C., Verkaik-Kloosterman, J., Sabatier, M., Ter Borg, S., Eilander, A., Hora, K., Aksoy, B., Hristozova, N., van Lieshout, L., Tanju Besler, H. y Lazarus, J.H. (2022). A systematic review of iodine intake in children, adults, and pregnant women in Europe-comparison against dietary recommendations and evaluation of dietary iodine sources. *Nutrition Reviews*, 80 (11), pp: 2154-2177.
- Bednarczuk, T., Brix, T.H., Schima, W., Zetting, G. y Kahaly, G.J. (2021). 2021 European Thyroid Association Guidelines for the Management of Iodine-Based Contrast Media-Induced Thyroid Dysfunction. *European Thyroid Journal*, 10 (4), pp: 269-284.
- BfR (2021). *Bundesinstituts für Risikobewertung* (Instituto Federal Alemán para la Evaluación de Riesgos). Declining iodine intake in the population: model scenarios to improve iodine intake. *BfR-Stellungnahmen*, 2021 (005). Disponible en: Declining iodine intake in the population: model scenarios to improve iodine intake - BfR Opinion no. 005/2021 issued 9 February 2021 (bund.de) [acceso: 16-02-23].
- BfR (2022). *Bundesinstituts für Risikobewertung* (Instituto Federal Alemán para la Evaluación de Riesgos). Declining iodine intake in the population: model scenarios to improve iodine intake in children and adolescents. *BfR-Stellungnahmen*, 2022 (026). Disponible en: Declining iodine intake in the population: model scenarios to

improve iodine intake in children and adolescents - BfR Opinion 026/2022, issued 17 October 2022 (bund.de) [acceso: 16-02-23].

- BOE (1983). Real Decreto 1424/1983, de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la obtención, circulación y venta de la sal y salmueras comestibles. BOE N° 130 de 1 de junio de 1983, pp: 15261-15264.
- BOE (2008). Real Decreto 867/2008, de 23 de mayo, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria específica de los preparados para lactantes y de los preparados de continuación. BOE N° 131 de 30 de mayo de 2008, pp: 25121-25137.
- Bougma, K., Aboud, F.E., Harding, K.B. y Marquis, G.S. (2013). Iodine and mental development of children 5 years old and under: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 5 (4), pp: 1384-1416.
- Bürgi, H. (2010). Iodine excess. *Best Practice and Research Clinical Endocrinology and Metabolism*, 24 (1), pp: 107-115.
- Caldwell, K.L., Makhmudov, A., Ely, E., Jones, R.L. y Wang, R.Y. (2011). Iodine status of the US population, National Health and Nutrition Examination Survey, 2005-2006 and 2007-2008. *Thyroid*, 21 (4), pp: 419-427.
- Carvalho, I.P., Peixoto, B., Caldas, J.C., Costa, A., Silva, S., Moreira, B., Almeida, A., Moreira-Rosário, A., Guerra, A., Delerue-Matos, C., Sintra, D., Pestana, D., Pinto, E., Mendes, F.C., Martins, I., Leite, J.C., Fontoura, M., Maia, M.L., Queirós, P., Moreira, R., Leal, S., Norberto, S., Costa, V., Fernandes, V.C., Keating, E., Azevedo, L. y Calhau, C. (2022). Association between Elevated Iodine Intake and IQ among School Children in Portugal. *Nutrients*, 14 (21), pp: 4493.
- CISNS (2023). Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. Memoria de actividades del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud del año 2003. Disponible en: [www.sanidad.gob.es/organizacion/consejoInterterri/docs/actividadCisns03.pdf](http://www.sanidad.gob.es/organizacion/consejoInterterri/docs/actividadCisns03.pdf) [acceso: 13-03-23]
- Connelly, K.J., Boston, B.A., Pearce, E.N., Sesser, D., Snyder, D., Braverman, L.E., Pino, S. y LaFranchi, S.H. (2012). Congenital hypothyroidism caused by excess prenatal maternal iodine ingestion. *The Journal of Pediatrics*, 161 (4), pp: 760-762.
- Corcino, C.M., Berbara, T.M.B.L., Saraiva, D.A., Morais, N.A.O.E.S., Schtscherbyna, A., Gertrudes, L.N., Teixeira, P.F.D.S. y Vaisman, M. (2019). Variation of iodine status during pregnancy and its associations with thyroid function in women from Rio de Janeiro, Brazil. *Public Health Nutrition*, 22 (7), pp: 1232-1240.
- Costa Leite, J., Keating, E., Pestana, D., Cruz Fernandes, V., Maia, M.L., Norberto, S., Pinto, E., Moreira-Rosário, A., Sintra, D., Moreira, B., Costa, A., Silva, S., Costa, V., Martins, I., Castro Mendes, F., Queirós, P., Peixoto, B., Carlos Caldas, J., Guerra, A., Fontoura, M., Leal, S., Moreira, R., Palmares Carvalho, I., Matias Lima, R., Martins, C., Delerue-Matos, C., Almeida, A., Azevedo, L. y Calhau, C. (2017). Iodine Status and Iodised Salt Consumption in Portuguese School-Aged Children: The logeneration Study. *Nutrients*, 9 (5), pp: 458.
- De La Vieja, A., Dohan, O., Levy, O. y Carrasco, N. (2000). Molecular analysis of the sodium/iodide symporter: impact on thyroid and extrathyroid pathophysiology. *Physiological Reviews*, 80, pp: 1083-105.
- Delange, F. (2007). Iodine requirements during pregnancy, lactation and the neonatal period and indicators of optimal iodine nutrition (2007). *Public Health Nutrition*, 10 (12A), pp: 1571-1580.
- Delange, F., Bourdoux, P., Vo Thi, L.D., Ermans, A.M. y Senterre, J. (1984). Negative iodine balance in preterm infants. *Annales D'Endocrinologie (Paris)*, 45, pp: 77.
- DGA (2020). Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025. 9th Edition. U.S. Department of Agriculture and U.S. Department of Health and Human Services. Disponible en: <https://www.dietaryguidelines.gov> [acceso: 4-05-22].
- Dineva, M., Rayman, M.P., Levie, D., Guxens, M., Peeters, R.P., Vioque, J., González, L., Espada, M., Ibarluzea, J., Sunyer, J., Korevaar, T.I.M. y Bath, S.C. (2020a). Similarities and differences of dietary and other determinants of iodine status in pregnant women from three European birth cohorts. *European Journal of Nutrition*, 59 (1), pp: 371-387.



- Dineva, M., Fishpool, H., Rayman, M.P., Mendis, J. y Bath, S.C. (2020b). Systematic review and meta-analysis of the effects of iodine supplementation on thyroid function and child neurodevelopment in mildly-to-moderately iodine-deficient pregnant women. *American Journal Clinical Nutrition*, 112 (2), pp: 389-412.
- Dineva, M., Hall, A., Tan, M., Blaskova, A. y Bath, SC. (2022). Iodine status during child development and hearing ability: a systematic review. *The British Journal of Nutrition*, 10, pp: 1-18.
- Donnay, S., Fernández, A., Abel, M. y Escobar del Rey, F. (1999). Disponibilidad de sal yodada y su contenido real de yodo. *Endocrinología y Nutrición*, 46, pp: 224-227.
- Donnay, S., Arena, J., Lucas, A., Velasco, I. y Ares, S. en nombre del Grupo de Trabajo de Trastornos relacionados con la Deficiencia de Yodo y Disfunción Tiroidea de la SEEN (2014). Suplementación con yodo durante el embarazo y la lactancia. Toma de posición del Grupo de Trabajo de Trastornos relacionados con la Deficiencia de Yodo y Disfunción Tiroidea de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición. *Endocrinología y Nutrición*, 61 (1), pp: 27-34.
- Dosiou, C. y Medici, M. (2017). Management of endocrine disease: isolated maternal hypothyroxinemia during pregnancy: knowns and unknowns. *European Journal of Endocrinology*, 176 (1), pp: R21-R38.
- Eastman, C.J., Ma, G. y Li, M. (2019). Optimal Assessment and Quantification of Iodine Nutrition in Pregnancy and Lactation: Laboratory and Clinical Methods, Controversies and Future Directions. *Nutrients*, 11 (10), pp: 2378.
- EFSA (2014). European Food Safety Authority. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iodine. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. *EFSA Journal*, 12 (5), pp: 3660.
- EUthyroid Consortium (2018). The Krakow Declaration on Iodine: Tasks and Responsibilities for Prevention Programs Targeting Iodine Deficiency Disorders. *European Thyroid Journal*, 7 (4), pp: 201-204.
- Eveleigh, E.R., Coneyworth, L.J., Avery, A. y Welham, S.J.M. (2020). Vegans, Vegetarians, and Omnivores: How Does Dietary Choice Influence Iodine Intake? A Systematic Review. *Nutrients*, 12 (6), pp: 1606.
- FEN (2013). Fundación Española de la Nutrición. Libro Blanco de la Nutrición en España. Ed. FEN 2013. Disponible en: [https://www.sennutricion.org/media/Docs\\_Consenso/Libro\\_Blanco\\_Nutricion\\_Esp-2013.pdf](https://www.sennutricion.org/media/Docs_Consenso/Libro_Blanco_Nutricion_Esp-2013.pdf) [acceso: 15-10-22].
- Fernández, E.A., Peraza, M.H.S., Angeles, H.A.E., García, C.O.S., Saint Jean, C.H. y Martín, N.I.M. (2017). Yodurias y consumo de lácteos en preescolares del Área Suroccidental de Asturias. *Anales de Pediatría*, 87 (1), pp: 18-25.
- Ferreira, P., Pinheiro, C., Matta Coelho, C., Guimarães, J., Pereira, G., Xavier Moreira, N., Cortez, A., Bracchi, I., Pestana, D., Barreiros Mota, I., Prucha C., Martins, C., Alves Ribeiro, C., Pinto, E., Almeida, A., Delerue-Matos, C., Montenegro, N., Dias, C.C., Moreira-Rosário, A., Azevedo, L.F., Brantsæter, A.L., Ramalho, C., Cruz Fernandes, V., Calhau, C., Costa Leite, J. y Keating, E. (2021). The association of milk and dairy consumption with iodine status in pregnant women in Oporto region. *The British Journal of Nutrition*, 126 (9), pp: 1314-1322.
- FESNAD (2010). Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética. Ingestas Dietéticas de Referencia para la población española. *Actividad Dietética*, 14 (4), pp: 196-197.
- Gardner, D.F., Centor, R.M. y Utiger R.D. (1988). Effects of low dose oral iodide supplementation on thyroid function in normal men. *Clinical Endocrinology*, 28, pp: 283-288.
- GFDx (2023). Global Fortification Data Exchange. Disponible en: Global Fortification Data Exchange | GFDx – Providing actionable food fortification data all in one place. [acceso: 15-10-22].
- Ghassabian, A., Bongers-Schokking, J.J., de Rijke, Y.B., van Mil, N., Jaddoe, V.W., de Muinck Keizer-Schrama, S.M., Hooijkaas, H., Hofman, A., Visser, W., Roman, G.C., Visser, T.J., Verhulst, F.C. y Tiemeier, H. (2012). Maternal thyroid autoimmunity during pregnancy and the risk of attention deficit/hyperactivity problems in children: the Generation R Study. *Thyroid*, 22 (2), pp: 178-86.
- González-Martínez, S., Riestra-Fernández, M., Martínez-Morillo, E., Avello-Llano, N., Delgado-Álvarez, E. y Menéndez-Torre, E.L. (2021). Nutritional Iodine Status in Pregnant Women from Health Area IV in Asturias (Spain): Iodised Salt Is Enough. *Nutrients*, 13 (6), pp: 1816.

- Harding, K.B., Peña-Rosas, J.P., Webster, A.C., Yap, C.M., Payne, B.A., Ota, E. y De-Regil, L.M. (2017). Iodine supplementation for women during the preconception, pregnancy and postpartum period. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3 (3), pp: CD011761.
- Hetzel, B.S. (1983). Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *Lancet*, 2, pp: 1126-1129.
- ICCIDD (2007). International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders. Iodine requirements in pregnancy and infancy. *IDD Newsletter*, 23, pp: 1-2.
- IGN (2021). Iodine Global Network. Annual report 2020. Disponible en: [https://www.ign.org/cm\\_data/IGN-Annual-Report-2020.pdf](https://www.ign.org/cm_data/IGN-Annual-Report-2020.pdf) [acceso: 4-05-22].
- IOM (2001). Institute of Medicine. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. *Washington (DC): National Academies Press (US)*. PMID: 25057538.
- Jalón, M., Rebagliato, M., Espada, M., Castilla, A., Arrizabalaga, J.J., Barona, C. y Murcia, M., en nombre del grupo de trabajo (2012). Suplementación con Yodo y Ácido Fólico durante el embarazo y la lactancia. Resumen y recomendaciones del taller llevado a cabo en Bilbao el 30 de octubre de 2012. Disponible en: Taller Suplementación yodo y fólico en embarazo y lactancia 18\_12\_12 Conclusiones (euskadi.eus) [acceso: 10-10-22].
- Jongbloed, A.W., Kemme, P.A., De Groot, G., Lippens, M. y Meschy, F. (2002) Bioavailability of major and trace elements; *EMFEMA: Brussels*, pp: 188.
- Katagiri, R., Yuan, X., Kobayashi, S. y Sasaki, S. (2017). Effect of excess iodine intake on thyroid diseases in different populations: A systematic review and meta-analyses including observational studies. *PLoS One*, 12 (3): e0173722, pp: 1-24.
- Koeder, C. y Perez-Cueto, F.J.A. (2022). Vegan nutrition: a preliminary guide for health professionals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 12, pp: 1-38.
- Koukoku, E.G., Ilias, I., Mamalis, I. y Markou, K.B. (2017). Pregnant Greek Women May Have a Higher Prevalence of Iodine Deficiency than the General Greek Population. *European Thyroid Journal*, 6 (1), pp: 26-30.
- Krajcovicová-Kudláčková, M., Bucková, K., Klimes, I. y Se-boková, E. (2003). Iodine deficiency in vegetarians and vegans. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 47 (5), pp: 183-185.
- Kuehn, B. (2018). Iodine Deficiency May Impair Fertility. *Journal of the American Medical Association*, 319 (8), pp: 760.
- Larsen, P.R., Davies, T.F. y Hay, I.D. (1998). The thyroid gland. En libro: *Williams Textbook of Endocrinology* (Wilson, J.D.; Foster, D.W.; Kronenberg, H.M.; Larsen, P.R. Eds.) 9th ed; Philadelphia: W.B. Saunders Company, pp: 389-515.
- Lentze, M.J. (2001). Vegetarian nutrition and extreme diets in childhood. *Monatsschr Kinderheilkd*, 149 (1), pp: 19-24.
- Levie, D., Korevaar, T.I.M., Bath, S.C., Murcia, M., Dineva, M., Llop, S., Espada, M., van Herwaarden, A.E., de Rijke, Y.B., Ibarluzea, J.M., Sunyer, J., Tiemeier, H., Rayman, M.P., Guxens, M. y Peeters, R.P. (2019). Association of Maternal Iodine Status With Child IQ: A Meta-Analysis of Individual Participant Data. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 104 (12), pp: 5957-5967.
- Limbert, E., Prazeres, S., Madureira, D., Miranda, A., Ribeiro, M., Abreu, F.S., Cesarf, R., Ferreirag, A.M., Ferreirae, M., Sáh, M., Lemosh, L., Carvalhof, R., Ponte, C., Motaj, L., Carrilhok, de Castrol, F.J.J. y João Oliveira, M. (2012). Aporte do iodo nas Regiões Autônomas da Madeira e dos Açores. *Revista Portuguesa de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo*, 7 (2), pp: 2-7.
- Lischinsky, J.E., Skocic, J., Clairman, H. y Rovet, J. (2016). Preliminary findings show maternal hypothyroidism may contribute to abnormal cortical morphology in offspring. *Frontiers in Endocrinology*, 7, pp: 16.
- Lopes, C.A., Prazeres, S., Martinez-de-Oliveira, J., Limbert, E. y Lemos, M.C. (2022). Iodine Supplementation in Pregnancy in an Iodine-Deficient Region: A Cross-Sectional Survey. *Nutrients*, 14 (7), pp: 1393.

- Machamba, A.A.L., Azevedo, F.M., Fracalossi, K.O. y do C C Franceschini, S. (2021). Effect of iodine supplementation in pregnancy on neurocognitive development on offspring in iodine deficiency areas: a systematic review. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, 65 (3), pp: 352-367.
- Markou, K., Georgopoulos, N., Kyriazopoulou, V. y Vagenakis, A.G. (2001). Iodine-Induced hypothyroidism. *Thyroid*, 11 (5), pp: 501-510.
- Matta Coelho, C., Guimarães, J., Bracchi, I., Xavier Moreira, N., Pinheiro, C., Ferreira, P., Pestana, D., Barreiros Mota, I, Cortez, A., Prucha, C., Martins, C., Pinto, E., Almeida, A., Delerue-Matos, C., Dias, C.C., Moreira-Rosário, A., Ribeiro de Azevedo, L.F., Cruz Fernandes, V., Ramalho, C., Calhau, C., Brantsæter, A.L., Costa Leite, J. y Keating, E. (2022). Noncompliance to iodine supplementation recommendation is a risk factor for iodine insufficiency in Portuguese pregnant women: results from the IoMum cohort. *Journal of Endocrinological Investigation*, 45 (10), pp: 1865-1874.
- McDowell, L.R. (2003). Minerals in animal and human nutrition. 2nd edition, Elsevier, pp: 305-334. ISBN: 9780444513670.
- Melero, V., Runkle, I., Garcia De La Torre, N., De Miguel, P., Valerio, J., Del Valle, L., Barabash, A., Sanabria, C., Moraga, I., Familiar, C., Durán, A., Torrejón, M.J., Diaz, J.A., Cuesta, M., Ruiz, J.G., Jiménez, I., Pazos, M., Herraiz, M.A., Izquierdo, N., Pérez, N., Matia, P., Perez-Ferre, N., Marcuello, C., Rubio, M.A. y Calle-Pascual, A.L. (2021). The Consumption of Food-Based Iodine in the Immediate Pre-Pregnancy Period in Madrid Is Insufficient. San Carlos and Pregnancy Cohort Study. *Nutrients*, 13, pp: 4458.
- Menéndez Torre, E., Delgado Álvarez, E., Rabal Artal, A., Suárez Gutiérrez, L., Rodríguez Caballero, M.G., Ares Blanco, J., Díaz Naya, L. y Fernández Fernández, J.C. (2014). Iodine nutrition in pregnant women from Oviedo area. Is iodine supplementation necessary? *Endocrinología y Nutrición: Órgano de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición*, 61 (8), pp: 404-409.
- Millon-Ramirez, C., García-Fuentes, E. y Soriguer, F. (2019). Iodine Deficiency and Hearing Impairment. *Journal of the American Medical Association Otolaryngology, Head & Neck Surgery*, 145, pp: 94-95.
- Mills, J.L., Buck Louis, G.M., Kannan, K., Weck, J., Wan, Y., Maisog, J., Giannakou, A., Wu, Q. y Sundaram, R. (2018). Delayed conception in women with low-urinary iodine concentrations: a population-based prospective cohort study. *Human Reproduction*, 33, pp: 426-433.
- Moleti, M., Di Bella, B., Giorgianni, G., Mancuso, A., De Vivo, A., Alibrandi, A., Trimarchi, F. y Vermiglio, F. (2011). Maternal thyroid function in different conditions of iodine nutrition in pregnant women exposed to mild-moderate iodine deficiency: an observational study. *Clinical Endocrinology*, 74 (6), pp: 762-768.
- Morreale de Escobar, G., Obregon, M.J. y Escobar del Rey, F. (1987). Fetal and maternal thyroid hormones. *Hormone Research*, 26, pp: 12-27.
- Morreale de Escobar, G., Obregon, M.J. y Escobar del Rey, F. (2000). Is neuropsychological development related to maternal hypothyroidism or to maternal hypothyroxinemia? *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 85 (11), pp: 3975-3987.
- Morreale de Escobar, G., Obregon, M.J. y Escobar del Rey, F. (2004). Role of thyroid hormone during early brain development. *European Journal of Endocrinology*, 151 Suppl., p p: U25-U37.
- MSSSI (2014). Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Grupo de trabajo de la Guía de práctica clínica de atención en el embarazo y puerperio. Guía de práctica clínica de atención en el embarazo y puerperio. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía; 2014. Guías de Práctica Clínica en el SNS: AETSA 2011/10. Disponible en: [https://portal.guiasalud.es/wp-content/uploads/2018/12/GPC\\_533\\_Embarazo\\_AETSA\\_compl.pdf](https://portal.guiasalud.es/wp-content/uploads/2018/12/GPC_533_Embarazo_AETSA_compl.pdf) [acceso: 10-10-22].
- MTAS (2006). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Plan estratégico nacional de infancia y adolescencia. 2006-2009. Madrid, 2006. Disponible en: Observatorio de la Infancia - Planes Estratégicos de Infancia y Adolescencia (I, II y III) ([mcsbs.gob.es](http://mcsbs.gob.es)) [acceso: 6-10-22].

- Mullan, K., Hamill, L., Doolan, K., Young, I., Smyth, P., Flynn, A., Walton, J., Meharg, A.A., Carey, M., McKernan, C., Bell, M., Black, N., Graham, U., McCance, D., McHugh, C., McMullan, P., McQuaid, S., O'Loughlin, A., Tuthill, A., Bath, S.C., Rayman, M. y Woodside, J.V. (2020). Iodine status of teenage girls on the island of Ireland. *European Journal of Nutrition*, 59 (5), pp: 1859-1867.
- Murillo-Llorente, M.T., Llorca-Colomer, F. y Pérez-Bermejo, M. (2021). Relationship between thyroid status during the first trimester of pregnancy and neonatal well-being. *Nutrients*, 13 (3), pp: 872.
- Murray, C.W., Egan, S.K., Kim, H., Beru, N. y Bolger, P.M. (2008). US Food and Drug Administration's Total Diet Study: dietary intake of perchlorate and iodine. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 18 (6), pp: 571-580.
- Nazeri, P., Shariat, M. y Azizi, F. (2021). Effects of iodine supplementation during pregnancy on pregnant women and their offspring: a systematic review and meta-analysis of trials over the past 3 decades. *European Journal of Endocrinology*, 184 (1), pp: 91-106.
- NDNS (2018). National Diet and Nutrition Survey (Public Health England). Results from Years 7 and 8 (combined) of the Rolling Programme (2014/2015 to 2015/2016). A survey carried out on behalf of Public Health England and the Food Standards Agency. Disponible en: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/699241/NDNS\\_results\\_years\\_7\\_and\\_8.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/699241/NDNS_results_years_7_and_8.pdf) [acceso: 6-10-22].
- NIH (2020). National Institutes of Health. Dietary Supplement Label Database. Disponible en: [https://ods.od.nih.gov/Research/Dietary\\_Supplement\\_Label\\_Database.aspx](https://ods.od.nih.gov/Research/Dietary_Supplement_Label_Database.aspx) [acceso: 6-10-22].
- Niwattisaiwong, S., Burman, K.D. y Li-Ng, M. (2017). Iodine deficiency: Clinical implications. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 84 (3), pp: 236-244.
- NNR (2022). Nordic Nutrition Recommendations. NNR2022 Chapters: Public consultation. Disponible en: <https://www.helsedirektoratet.no/horinger/nordic-nutrition-recommendations-2022-nnr2022> [acceso: 6-10-22].
- Ollero, M.D., Martínez, J.P., Pineda, J., Toni, M., Espada, M. y Anda, E. (2020). Change over time in the iodine nutritional status of pregnant women from the Pamplona healthcare region. *Endocrinología Diabetes y Nutrición*, 67 (10), pp: 643-649.
- OMS (2007a). Organización Mundial de la Salud. WHO Secretariat, Andersson, M., De Benoist, B., Darnton-Hill, I. Iodine Deficiency in Europe: A Continuing Public Health Problem. Ed. World Health Organization (Geneva), ISBN: 9789241593960. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241593960> [acceso: 1-03-22].
- OMS (2007b). Organización Mundial de la Salud. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. A guide for programme managers. Ed. World Health Organization (Geneva), ISBN: 9789241595827. Disponible en: [Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination : a guide for programme managers \(who.int\)](https://www.who.int/publications/i/item/9789241595827) [acceso: 6-10-22].
- OMS (2007c). Organización Mundial de la Salud. WHO Secretariat, Andersson, M., de Benoist, B., Delange, F., Zupan, J. Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the Technical Consultation. *Public Health Nutrition*, 10, pp: 1606-1611.
- OMS (2014). Organización Mundial de la Salud. Guideline: fortification of food-grade salt with iodine for the prevention and control of iodine deficiency disorders. Ed. World Health Organization (Geneva), ISBN: 9789241507929. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/136908> [acceso: 1-03-22].
- OMS (2022). Organización Mundial de la Salud. Universal salt iodization and sodium intake reduction: compatible, cost-effective strategies of great public health benefit. Ed. World Health Organization (Geneva), ISBN: 978-92-4-005399-1. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240053991> [acceso: 1-03-22].
- OMS (2023). Organización Mundial de la Salud. WHO global report on sodium intake reduction. Ed. World Health Organization (Geneva), ISBN: 978-92-4-006998-5. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240069985> [acceso: 27-04-23].

- Patrick, L. (2008). Iodine: deficiency and therapeutic considerations. *Alternative Medicine Review*, 13 (2), pp: 116-127.
- Paul, T., Meyers, B., Witorsch, R.J., Pino, S., Chipkin, S., Ingbar, S.H. y Braverman, L.E. (1988). The effect of small increases in dietary iodine on thyroid function in euthyroid subjects. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 37, pp: 121-124.
- Pearce, E.N., Lazarus, J.H., Moreno-Reyes, R. y Zimmermann, M.B. (2016). Consequences of iodine deficiency and excess in pregnant women: an overview of current knowns and unknowns. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 104 (Suppl. 3), pp: 918S-923S.
- Pinheiro, C., Xavier Moreira, N., Ferreira, P., Matta Coelho, C., Guimarães, J., Pereira, G., Cortez, A., Bracchi, I., Pestana, D., Barreiros Mota, I., Prucha, C., Martins, C., Alves Ribeiro, C., Pinto, E., Almeida, A., Delerue-Matos, C., Montenegro, N., Dias, C.C., Moreira-Rosário, A., Azevedo, L.F., Brantsæter, A.L., Ramalho, C., Cruz Fernandes, V., Costa Leite, J., Calhau, C. y Keating, E. (2021). Iodine knowledge is associated with iodine status in Portuguese pregnant women: results from the IoMum cohort study. *The British Journal of Nutrition*, 126 (9), pp: 1331-1339.
- Rebagliato, M., Murcia, M., Espada, M., Alvarez-Pedrerol, M., Bolúmar, F., Vioque, J., Basterrechea, M., Blarduni, E., Ramón, R., Guxens, M., Foradada, C.M., Ballester, F., Ibarluzea, J. y Sunyer, J. (2010). Iodine intake and maternal thyroid function during pregnancy. *Epidemiology*, 21 (1), pp: 62-69.
- Romarís-Hortas, V., Moreda-Piñeiro, A. y Bermejo-Barrera, P. (2009). Microwave assisted extraction of iodine and bromine from edible seaweed for inductively coupled plasma-mass spectrometry determination. *Talanta*, 79 (3), pp: 947-952.
- Rovet, J.F. (2014). The role of thyroid hormones for brain development and cognitive function. *Endocrine Development*, 26, pp: 26-43.
- Santiago, P., Velasco, I., Muela, J.A., Sánchez, B., Martínez, J., Rodríguez, A., Berrio, M., Gutierrez-Repiso, C., Carreira, M., Moreno, A., García-Fuentes, E. y Soriguer, F. (2013). Infant neurocognitive development is independent of the use of iodised salt or iodine supplements given during pregnancy. *The British Journal of Nutrition*, 110 (5), pp: 831-839.
- Shi, X., Han, C., Li, C., Mao, J., Wang, W., Xie, X., Li, C., Xu, B., Meng, T., Du, J., Zhang, S., Gao, Z., Zhang, X., Fan, C., Shan, Z. y Teng, W. (2015). Optimal and safe upper limits of iodine intake for early pregnancy in iodine-sufficient regions: a cross-sectional study of 7190 pregnant women in China. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 100 (4), pp: 1630-1638.
- Soriguer, F., Gutierrez-Repiso, C., Gonzalez-Romero, S., Olveira, G., Garriga, M.J., Velasco, I., Santiago, P., de Escobar, G.M. y Garcia-Fuentes, E. (2011). Iodine Deficiency Disorders Group of Spanish Society of Endocrinology and Nutrition. Iodine concentration in cow's milk and its relation with urinary iodine concentrations in the population. *Clinical Nutrition*, 30 (1), pp: 44-48.
- Soriguer, F., García-Fuentes, E., Gutierrez-Repiso, C., Rojo-Martínez, G., Velasco, I., Goday, A., Bosch-Comas, A., Bordiú, E., Calle, A., Carmena, R., Casamitjana, R., Castaño, L., Castell, C., Catalá, M., Delgado, E., Franch, J., Gaztambide, S., Gírbés, J., Gomis, R., Gutiérrez, G., López-Alba, A., Martínez-Larrad, M.T., Menéndez, E., Mora-Peces, I., Ortega, E., Pascual-Manich, G., Serrano-Rios, M., Valdés, S., Vázquez, J.A. y Vendrell, J. (2012). Iodine intake in the adult population. Di@bet.es study. *Clinical Nutrition*, 31 (6), pp: 882-888.
- Stinca, S., Andersson, M., Weibel, S., Herter-Aeberli, I., Fingerhut, R., Gowachirapant, S., Hess, S.Y., Jaiswal, N., Jukic, T., Kusic, Z., Mabapa, N.S., Nepal, A.K., San Luis, T.O., Zhen, J.Q. y Zimmermann, M.B. (2017). Dried Blood Spot Thyroglobulin as a Biomarker of Iodine Status in Pregnant Women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 102 (1), pp: 23-32.
- Taylor, P.N., Okosieme, O.E., Dayan, C.M. y Lazarus, J.H. (2013). Therapy of endocrine disease: Impact of iodine supplementation in mild-to-moderate iodine deficiency: systematic review and meta-analysis. *European Journal of Endocrinology*, 170 (1), pp: R1-R15.

- 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 (6), pp: 344-347.
- Thompson, W., Russell, G., Baragwanath, G., Matthews, J., Vaidya, B. y Thompson-Coon, J. (2018). Maternal thyroid hormone insufficiency during pregnancy and risk of neurodevelopmental disorders in offspring: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Endocrinology (Oxford)*, 88 (4), pp: 575-584.
- Torres, M.T., Francés, L., Vila, L., Manresa, J.M., Falguera, G., Prieto, G., Casamitjana, R., Toran, P. y IODEGEST study group. (2017). Iodine nutritional status of women in their first trimester of pregnancy in Catalonia. *Bio-Med Central Pregnancy and Childbirth*, 17 (1), pp: 249.
- Torres, M.T., Vila, L., Manresa, J.M., Casamitjana, R., Prieto, G., Toran, P., Falguera, G., Francés, L. y The Iodegest Study Group. (2020). Impact of Dietary Habit, Iodine Supplementation and Smoking Habit on Urinary Iodine Concentration During Pregnancy in a Catalonia Population. *Nutrients*, 12 (9), pp: 2656.
- Triggiani, V., Tafaro, E., Giagulli, V.A., Sabbà, C., Resta, F., Licchelli, B. y Guastamacchia, E. (2009). Role of iodine, selenium and other micronutrients in thyroid function and disorders. *Endocrine, Metabolic and Immune Disorders Drug Targets*, 9 (3), pp: 277-294.
- Trofimiuk-Müldner, M., Konopka, J., Sokołowski, G., Dubiel, A., Kieć-Klimczak, M., Kluczyński, Ł., Motyka, M., Rzepka, E., Walczyk, J., Sokołowska, M., Buziak-Bereza, M., Tisończyk, J., Pach, D. y Hubalewska-Dydejczyk, A. (2020). Current iodine nutrition status in Poland (2017): is the Polish model of obligatory iodine prophylaxis able to eliminate iodine deficiency in the population? *Public Health Nutrition*, 23 (14), pp: 2467-2477.
- Trumpff, C., De Schepper, J., Tafforeau, J., Van Oyen, H., Vanderfaeillie, J. y Vandevijvere, S. (2013). Mild iodine deficiency in pregnancy in Europe and its consequences for cognitive and psychomotor development of children: a review. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 27 (3), pp: 174-183.
- UE (2006). Reglamento (CE) N° 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. DO L 404 de 30 de diciembre de 2006, pp: 9-25.
- UE (2011). Reglamento (UE) N° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) N° 1924/2006 y (CE) N° 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) N° 608/2004 de la Comisión. DO L 304 de 22 de noviembre de 2011, pp: 18-63.
- UE (2012). Reglamento (UE) N° 432/2012 de la Comisión, de 16 de mayo de 2012, por el que se establece una lista de declaraciones autorizadas de propiedades saludables de los alimentos distintas de las relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y al desarrollo y la salud de los niños. DO L 136 de 25 de mayo de 2012, pp: 1-40.
- Underwood, E.J. y Suttle, N.F. (2001). Iodine. En libro: *The mineral nutrition of livestock*; 3rd ed. CAB International: Wallington, UK, pp: 343-374.
- van der Reijden, O.L., Zimmermann, M.B. y Galetti, V. (2017). Iodine in dairy milk: Sources, concentrations and importance to human health. *Best Practice and Research Clinical Endocrinology and Metabolism*, 31 (4), pp: 385-395.
- Velasco, I., Martín, J., Gallego, M., Gutiérrez-Repiso, C., Santiago, P., López-Siguero, J.P., Mesa, E.G., Peral, J.H., Pérez, V., García-Fuentes, E. y Soriguer, F. (2013). Maternal-fetal thyroid function at the time of birth and its relation with iodine intake. *Thyroid*, 23 (12), pp: 1619-1626.
- Vellinga, R.E., Sam, M., Verhagen, H., Jakobsen, L.S., Ravn-Haren, G., Sugimoto, M., Torres, D., Katagiri, R., Thu, B.J., Granby, K., Hoekstra, J. y Temme, E.H.M. (2022). Increasing Seaweed Consumption in the Netherlands and Portugal and the Consequences for the Intake of Iodine, Sodium, and Exposure to Chemical Contaminants: A Risk-Benefit Study. *Frontiers in Nutrition*, 8, pp: 792923.

- Verkaik-Kloosterman, J., Buurma-Rethans, E., Dekkers, A. y Van Rossum, C. (2017). Decreased, but still sufficient, iodine intake of children and adults in the Netherlands. *British Journal of Nutrition*, 117 (7), pp: 1020-1031.
- Vila, L., Donnay, S., Arena, J., Arrizabalaga, J.J., Pineda, J., García-Fuentes, E., García-Rey, C., Marín, J.L., Serra-Prat, M., Velasco, I., López-Guzmán, A., Luengo, L.M., Villar, A., Muñoz, Z., Bandrés, O., Guerrero, E., Muñoz, J.A., Moll, G., Vich, F., Menéndez, E., Riestra, M., Torres, Y., Beato-Víborá, P., Aguirre, M., Santiago, P., Aranda, J. y Gutiérrez-Repiso, C. (2016). Iodine status and thyroid function among Spanish schoolchildren aged 6-7 years: the Tirokid study. *The British Journal of Nutrition*, 115 (9), pp: 1623-1631.
- Vila, L., Lucas, A., Donnay, S., de la Vieja, A., Wengrovicz, S., Santiago, P., Bandrés, O., Velasco, I., García-Fuentes, E., Ares, S., Moreno Navarro, J.C., Espada, M., Muñoz, A., Galofré, J.C. y Puig-Domingo, M. (2020). La nutrición de yodo en España. Necesidades para el futuro. *Endocrinología Diabetes y Nutrición*, 67 (1), pp: 61-69.
- Vitti P. (2022). Iodine deficiency disorders. En: *UpToDate*, Post TW (Ed), Waltham, M.A., Disponible en: <https://www.uptodate.com> [acceso: 4-05-22].
- Witard, O.C., Bath, S.C., Dineva, M., Sellem, L., Mulet-Cabero, A.I., van Dongen, L.H., Zheng, J.S., Valenzuela, C. y Smeuninx, B. (2022). Dairy as a Source of Iodine and Protein in the UK: Implications for Human Health Across the Life Course, and Future Policy and Research. *Frontiers in Nutrition*, 9 (800559), pp: 1-12.
- Wolff, J., Chaikoff, I.L., Goldberg, R.C. y Meier, J.R. (1949). The temporary nature of the inhibitory action of excess iodine on organic iodine synthesis in the normal thyroid. *Endocrinology*, 45, pp: 504-513.
- Ylli, D., Wartofsky, L. y Burman, K.D. (2021). Evaluation and Treatment of Amiodarone-Induced Thyroid Disorders. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 106 (1), pp: 226-236.
- Zhou, S.J., Anderson, A.J., Gibson, R.A. y Makrides, M. (2013). Effect of iodine supplementation in pregnancy on child development and other clinical outcomes: a systematic review of randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98 (5), pp: 1241-1254.
- Zimmermann, M.B., Jooste, P.L. y Pandav, C.S. (2008). Iodine-deficiency disorders. *Lancet*, 372, pp: 1251-1262.
- Zimmermann, M. y Galetti, V. (2015). Iodine intake as a risk factor for thyroid cancer: a comprehensive review of animal and human studies. *Thyroid Research*, 8, pp: 8.
- Zois, C., Stavrou, I., Kalogera, C., Svarna, E., Dimoliatis, I., Seferiadis, K. y Tsatsoulis, A. (2003). High Prevalence of Autoimmune Thyroiditis in Schoolchildren After Elimination of Iodine Deficiency in Northwestern Greece. *Thyroid*, 13 (5), pp: 485-489.

