



**Elementos esenciales y metales tóxicos en pan.  
Evaluación nutricional y toxicológica.**

**Essential elements and toxic metals in bread.  
Nutritional and toxicological evaluation.**



**ALUMNA:** Nicoletta Palmegiani

**TUTOR:** Arturo Hardisson de la Torre

**CO-TUTORA:** Soraya Paz Montelongo

Máster en Seguridad y Calidad de los Alimentos

## **Agradecimientos**

*Quiero dedicar este espacio de mi trabajo a las personas que han contribuido con su apoyo, estando a mi lado en este camino de crecimiento personal y profesional.*

*Un agradecimiento para mi Tutor Dr. Arturo Hardisson de la Torre que me ayudó en las investigaciones, en el laboratorio del Departamento de Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología de la ULL, donde realicé un período de formación. Gracias por la hospitalidad y por las competencias transmitidas. Aunque, debido al Covid-19 no se han podido analizar todas las muestras adquiridas, espero poderlo hacer en un proyecto futuro junto a él.*

*Quiero dar las gracias especialmente a mi co-tutora, Dra. Soraya Paz Montelongo, por sus valiosos consejos y apoyo durante el periodo de formación, por su infinita disponibilidad y puntualidad a cada una de mis peticiones. Gracias por proporcionarme todos los materiales útiles para la elaboración del trabajo y por haberme sugerido puntualmente las mejoras necesarias.*

*Doy las gracias de todo corazón a mi madre y a mi hermana que desde siempre me han apoyado en la realización de mis proyectos y ayudado a superar los momentos más difíciles. Gracias por apoyarme siempre y por permitirme terminar este objetivo. Gracias porque, aunque lejanas, siempre habéis estado ahí, sobre todo en los momentos de desesperación.*

*Un agradecimiento especial a mi novio, Antonio José, por apoyarme en cada decisión que he tomado, desde la elección de mi programa de estudios. Gracias por todo el tiempo que me has dedicado y por escuchar mis arrebatos. Gracias por todos los momentos de despreocupación y por haber estado a mi lado en este período intenso, y por disfrutar, junto a mí, de los logros alcanzados.*

*Un agradecimiento para mi colega Daniel Niebla, que ha compartido conmigo alegrías y fatigas y que ha contribuido con sus ideas e intuiciones a dar un toque de originalidad al año transcurrido juntos. Doy las gracias a mi colega María por todas las veces que ha sabido escucharme, por haberme dado las mejores sugerencias durante este año y por subirme en coche a la universidad.*

*Gracias a todos los compañeros del curso que con sus risas, consejos y ayudas hicieron que este año fuera muy especial.*

*¡Muchas gracias a todos!*

## **Resumen**

El pan es un alimento beneficioso para la salud y es importante en la dieta mediterránea. Es fundamental, por lo tanto, tener un producto seguro y de calidad. Desafortunadamente, debido a la suspensión de la actividad lectiva por el Covid-19, no se han podido analizar las muestras adquiridas, ante lo cual, se procede a realizar un estudio bibliográfico sobre el contenido de elementos esenciales y metales tóxicos en pan y la posterior evaluación nutricional y toxicológica.

Se han comparado los datos de panes comunes provenientes de distintos países como Egipto, España, Francia, Irán, Líbano, Nigeria, Reino Unido, República Checa y Turquía.

Respecto a los microelementos esenciales, se han encontrado mayoritariamente Cu, Fe, Mn, Ni y Zn. Mientras, entre los metales tóxicos, la concentración de Pb encontrada es, por lo general, la más elevada. En cuanto a las contribuciones porcentuales a la ingesta diaria, destaca, entre los microelementos, el Cr; entre los macroelementos esenciales destaca el Na y en el caso de los metales tóxicos el Pb.

Se concluye que el pan procedente de países no europeos no confiere un valor nutritivo adecuado debido a los valores bajos de elementos esenciales que contiene, además de no resultar seguro para el consumo humano, por cuanto a la ingesta de Pb se refiere y su consecuente riesgo para la salud.

## **Abstract**

Bread is a beneficial health food and is important in the Mediterranean diet. It is therefore essential to have a safe and quality product. Unfortunately, due to the suspension of the teaching activity by Covid-19, it has not been possible to analyse the samples acquired. Accordingly, a bibliographic study is carried out on the content of essential elements and toxic metals in bread and subsequent nutritional and toxicological evaluation.

Data from common breads from different countries such as Egypt, Czech Republic, France, Iran, Lebanon, Nigeria, Spain, United Kingdom and Turkey have been compared.

With regard to the essential microelements, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn have mostly been found. Meanwhile, among the toxic metals, the concentration of Pb found is usually the highest. Meanwhile, among the toxic metals, the concentration of Pb found is usually the highest. With regard to the percentage contributions to daily intake, Cr stands out among the microelements; among the essential macroelements, Na stands out and in the case of toxic metals, Pb.

It is concluded that bread from non-European countries does not confer an adequate nutritional value due to the low values of the essential elements it contains, as well as being unsafe for human consumption, as regards the intake of Pb and its consequent risk to health.

# Índice

1. Introducción .....	4
1.1 Motivaciones: ¿Por qué el pan? .....	4
1.2 Objetivos .....	5
2. Material y métodos .....	5
2.1 Muestras utilizadas .....	6
2.2 Tratamiento de las muestras .....	6
3. Resultados y discusión .....	6
3.1 Comparaciones entre los resultados de diferentes autores .....	6
3.2 Estimación de la ingesta, su contribución porcentual y comparaciones entre autores .....	8
4. Conclusiones .....	14
5. Bibliografía .....	15

# 1. Introducción

## 1.1 Motivaciones: ¿Por qué el pan?

El pan es un alimento beneficioso para la salud y es fundamental en la dieta mediterránea (1), que ha sido galardonada por la UNESCO con el título de patrimonio inmaterial de la Humanidad en el 2010 (31). En la pirámide de la alimentación de la Guía de la Alimentación Saludable, publicada por el SENC en el año 2019 (2), entre los productos que deben consumirse cada día, encontramos todos los cereales y todos sus derivados, como el pan, la pasta, etc..., además, se indica que los cereales deberían preferirse en su versión integral, porque ricos en fibra alimentaria y con un índice glucémico más bajo. Según el último informe del consumo alimentario en España, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de 2018 (3), el pan es el alimento más consumido, siendo el supermercado el canal de compra principal de éste. Forma parte de nuestra vida desde hace 12.000 años (4), precede al Neolítico, pasa por los egipcios, que descubrieron la fermentación, los griegos, que crearon el arte de la panadería, los romanos, que mejoraron los molinos, las máquinas y los hornos, y llegando hasta el día de hoy (30).

Por estos motivos, el pan es importante siendo necesario mantenerlo en nuestra dieta. Es fundamental, por lo tanto, tener un producto seguro y de calidad, que mantiene sus excelentes características organolépticas como el sabor, el color y el olor. La importancia en el control de sus materias primas, que pueden contener minerales que contaminan el producto durante el proceso de producción, hace que el pan sea un alimento superior en todos los sentidos. Cuantitativa y cualitativamente es muy importante, desde el punto de vista nutricional, porque tiene: proteína vegetal (10-15%), hidratos de carbono complejos (50-60%), muy poca grasa y no tiene colesterol, además, es rico en metales esenciales (Ca, Fe, K, Mg, P, Zn), vitaminas (Vitaminas B1, B6, niacina) y diversos componentes bioactivos y antioxidantes (5).

La seguridad alimentaria y el estudio de metales tóxicos en este alimento es, por lo tanto, muy importante para identificar el riesgo al que se exponen sus consumidores. Los metales tóxicos llegan al suelo procedentes de fertilizantes y pesticidas y a través de las actividades humanas industriales; a los ríos como consecuencia de la erosión de las rocas y un poco al aire a través de incendios forestales, volcanes, quema de combustibles fósiles y residuos urbanos. Todos estos procesos aumentan las concentraciones de metales, especialmente de Cd, Fe, Hg, Pb y Zn en la cadena alimentaria (6). Entre estos los metales tóxicos, Cd y Pb, tienen un alto riesgo de contaminación y efectos adversos sobre

seguridad alimentaria (7). En el caso de los cereales y derivados como el pan, el Cd y Pb son más peligrosos porque sus niveles son mayores en cereales (sobre todo de Cd) (8).

Los alimentos rara vez causan intoxicación aguda, sin embargo, tanto el Pb como el Cd se acumulan en el organismo. El consumo de alimentos contaminados puede provocar enfermedades e incluso, en casos graves, la muerte. Por lo tanto, el estudio de los contaminantes metálicos en alimentos es muy importante, existiendo organismos encargados de su estudio como la FAO/OMS, la EFSA (European Food Safety Authority) o en el caso de España, la AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición); **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (9,10).

Aun así, no hay que olvidarse de que el pan también es rico en elementos esenciales como el Fe, el Ca o el Zn, que ejercen un papel protector frente a diversas enfermedades y son necesarios para la salud. La ingesta deficitaria de estos elementos da lugar a efectos adversos. Es por eso que, es fundamental cuantificar tanto el contenido de elementos esenciales como el de metales tóxicos en los alimentos para estimar su exposición, un paso esencial para la evaluación del riesgo relacionado con el consumo alimentario.

## 1.2 Objetivos

Atendiendo a lo expuesto anteriormente, los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Determinar el contenido de elementos esenciales (microelementos: Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mo, Mn, Ni, Zn y macroelementos: Na, Ca, Mg,) y elementos no esenciales y/o tóxicos (metales pesados: Al, Cd, Pb y microelementos: Ba, Sr) en pan consumido en España.
- Comprobar que las concentraciones medias de los metales tóxicos cumplen con los valores máximos permitidos por la legislación vigente.
- Estimar la IDE (ingesta diaria estimada) para calcular la contribución porcentual a la IDR (ingesta diaria recomendable) fijadas para los elementos esenciales.
- Evaluar los valores de ingestas máximas IDR (ingesta diaria recomendada) para el Co, Li y Sr, la IDT (ingesta diaria tolerable) para el Ba, Ni y Pb y la IST (ingesta semanal tolerable) para el Al y Cd, procedentes del consumo de pan común, y calcular el porcentaje de riesgo.

## 2. Material y métodos

## 2.1 Muestras utilizadas

Se ha adquirido un total de 30 muestras de pan de 4 tipos diferentes (pan de molde normal, de molde integral, de barra blanco, de barra integral), eligiendo aquellos más comunes y consumidos por la población española. Las muestras han sido adquiridas de grandes superficies comerciales, así como de panaderías.

## 2.2 Tratamiento de las muestras

Se pesan 10 g de pan (por triplicado) en cápsulas de porcelana y se colocan en estufa (Selecta) a 80°C durante 24 horas para su desecación. Posteriormente, se someten a incineración introduciendo las muestras en un horno mufla a 450°C durante 24h, con subida progresiva de la temperatura de 50°C por h. Tras la obtención de cenizas blancas, éstas son disueltas en solución de HNO<sub>3</sub> al 1,5% hasta un volumen total de 25 mL. Finalmente, se trasvasan las muestras a recipientes estériles y herméticos para su posterior análisis.

La técnica utilizada fue la espectrometría óptica de emisión con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) modelo Thermo Scientific iCAP 6000 Series, con un muestreador automático CETAC modelo ASX-520 Auto Sampler.

**NOTA:** Debido a la situación actual de suspensión de la actividad lectiva por el Covid-19, no se ha podido analizar las muestras adquiridas, ante lo cual, se procede a realizar un estudio bibliográfico sobre el contenido de elementos esenciales y metales tóxicos en pan y la posterior evaluación nutricional y toxicológica.

# 3. Resultados y discusión

## 3.1 Comparaciones entre los resultados de diferentes autores

Atendiendo a las circunstancias del estado de alarma, indicadas anteriormente, no se ha podido obtener resultados originales. Sin embargo, los objetivos se han cumplido haciendo uso de datos previamente publicados por otros autores en diversas regiones del mundo.

El pan analizado en cada país es un pan común de diferentes puntos de venta como las panaderías de Ile-Ife (Nigeria), los mercados locales alrededor de la ciudad de Ismailia (Egipto), las panaderías de Turquía, Reino Unido, Francia, República Checa, la ciudad de Shahrekord (Irán), pan de molde

blanco, rebanado e integral adquiridos en mercados y grandes superficies comerciales de Valencia (España) y pan de pita blanco del mercado del Líbano.

En la Tabla 1 podemos observar cómo los niveles del Cr en Francia, Cu en España, Fe en Irán, Mn en Nigeria, Ni en Líbano y Zn en Republica Checa son superiores en las muestras de pan respecto a los demás países (11,12,13,14,15). En el caso del Li, no se han encontrado valores con los que comparar. Los valores mínimos de Co no se diferencian significativamente entre países. Mientras que, para el Fe y Mn, los niveles registrados en muestras de pan de Irán y Nigeria se diferencian considerablemente (11,16). Los valores del Zn también son bastante diferentes entre países, registrándose los menores niveles en Turquía e Irán.

**Tabla 1. Niveles de los macroelementos esenciales (mg/kg).**

Referencia (año)	País	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Zn
Demirözü y cols, 2002	Turquía	-	-	0.0021 ± 0.0009	0.0192 ± 0.0081	-	-	-	-	0.00001 ± 0.000003
Rose y cols, 2006	Reino Unido	-	<0.02	1.66	-	-	8.01	0.22	0.07	9.9
Leblanc y cols, 2007	Francia	0.006	<b>0.16</b>	1.62	-	0.027	7.75	0.255	0.07	9.21
Loutfy y cols, 2011	Egipto	-	0.0311	2.3	-	-	-	-	-	10.8
Oyekunle y cols, 2014	Nigeria	0.08 ± 0.02	-	0.36 ± 0.05	-	-	<b>56.15 ± 1.26</b>	-	-	4.67 ± 0.14
Mestek y cols, 2015	República Checa	0.007 ± 0.001	-	1.95 ± 0.11	15.55 ± 1	-	11.965 ± 0.75	0.3825 ± 0.0325	-	<b>11.7 ± 0.7</b>
Feyzi y cols, 2016	Irán	-	-	2.32469 ± 0.248	<b>30.31688 ± 6.80219</b>	-	-	-	0.09803 ± 0.02689	0.01427669 ± 0.01010079
Marín y cols, 2018	España	-	0.0951	13.396	-	-	-	-	-	-
Marín y cols, 2018	España	-	0.0842	13.958	-	-	-	-	-	-
Marín y cols, 2018	España	-	0.0918	<b>19.938</b>	-	-	-	-	-	-
Lebbos y cols, 2019	Líbano	0.0873 ± 0.0033	-	-	-	-	-	-	<b>0.82846 ± 0.00011</b>	-

En la Tabla 2 se encuentran las concentraciones de Ca, Mg y Na obtenidas en Francia (12). Se puede notar que los resultados encontrados hacen referencia solo a un país, Francia, y por eso no se puede hacer una comparación, pero los valores son importantes para los cálculos de la IDE (ingesta diaria estimada) y del porcentaje de contribución, del que hablaremos más adelante.

**Tabla 2. Niveles de los macroelementos esenciales (mg/kg).**

Referencia (año)	País	Ca	Mg	Na
Leblanc y cols, 2007	Francia	627	341	6820

En la Tabla 3 encontramos las concentraciones de Al, Cd, Pb, Ba y Sr obtenidas por otros autores. Tras comparar los valores se pone de manifiesto que en el caso de Reino Unido (17) y Francia



(12), los valores del Al obtenidos no se diferencian mucho entre sí. En cuanto al Cd, el valor estimado en Egipto (14), es superior al registrado por los demás autores. El nivel de Pb destaca con diferencia, siendo registrado el mayor nivel en Irán (11; *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*). Para el Ba y el Sr, se han encontrado valores solo en Reino Unido (17), pero igual que los elementos esenciales, estos datos se utilizarán para los cálculos de la IDEs (ingesta diaria estimada) y del porcentaje de contribución.

**Tabla 3.** Niveles de los elementos trazas no esenciales y/o tóxicos (mg/kg).

Referencia (año)	País	Al	Cd	Pb	Ba	Sr
Demirözü y cols, 2002	Turquía	-	0.0122 ± 0.0061	0.0868 ± 0.176	-	-
Rose y cols, 2006	Reino Unido	3.59	0.023	0.011	0.81	2.27
Leblanc y cols, 2007	Francia	4.06	0.0048	0.026	-	-
Loutfy y cols, 2011	Egipto	-	<b>0.0482</b>	0.33	-	-
Oyekunle y cols, 2014	Nigeria	-	-	-	-	-
Mestek y cols, 2015	República Checa	-	0.01 ± 0.001	0.065 ± 0.002	-	-
Feyzi y cols, 2016	Irán	-	0.00948 ± 0.00475	<b>0.93125 ± 0.7225</b>	-	-
Marín y cols, 2018	España	-	0.0164	0.0253	-	-
Marín y cols, 2018	España	-	0.0159	0.0407	-	-
Marín y cols, 2018	España	-	0.0208	0.0306	-	-
Lebbos y cols, 2019	Líbano	-	-	0.179 ± 0.0387	-	-

En general, las concentraciones de elementos traza y metales en los alimentos dependen de varios factores como las características del suelo, contenido de materia orgánica, pH y la arcilla, que pueden afectar la biodisponibilidad de los elementos. También estas concentraciones pueden derivar de trigo contaminado, además de la contaminación ambiental. Una cuestión de preocupación es la adición de productos químicos como fertilizantes, fungicidas, insecticidas y herbicidas, así como el agua utilizada para los cultivos (18).

### 3.2 Estimación de la ingesta, su contribución porcentual y comparaciones entre autores

A continuación, se calculan las IDEs (ingesta diaria estimada) para estimar la aportación dietética del consumo del pan y el porcentaje de contribución a la ingesta para la población española. Se ha hecho uso de los valores recomendados y máximos establecidos por diversas instituciones como la FESNAD (*Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética*), AESAN

(Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición), EFSA (European Food Safety Authority), EPA (Environmental Protection Agency), SCHER (Scientific Committee on Health and Environmental Risks) y la WHO (World Health Organization) (19,20,21,23,24,24).

Los valores en la Tabla 4 se refieren a toda la población (niños, mujeres y hombres). Se ha considerado un consumo medio de entre 100g/día y 150g/día de pan común. Respecto al pan de molde y pan de pita se ha estimado un peso por rebanada alrededor de 30g, lo que supone un total de consumo diario estimado de 60 g/día y 120 g/día. Se ha tomado un peso medio de 38,48 kg para niños (25), 65 kg para las mujeres y 75 kg para los hombres para calcular las TDI (tolerable daily intake o ingesta diaria tolerable) y las TWI (tolerable weekly intake o ingesta semanal tolerable).

**Tabla 4. Límites para los metales de estudio.**

	Elemento	Límite	Sexo o edad	Valor	Organismo
Microelementos esenciales	Co	TDI	Indiferente	1,4 µg/kg P.C/día	AESAN, 2012
	Cr	IDR	Niños 6-9 años	15 µg/día	FESNAD, 2010
	Cr	IDR	Mujeres	25 µg/día	FESNAD, 2010
	Cr	IDR	Hombres	35 µg/día	FESNAD, 2010
	Cu	IDR	Mujeres	1,3mg/día	EFSA, 2019
	Cu	IDR	Hombres	1,6 mg/día	EFSA, 2019
	Fe	IDR	Mujeres	7 mg/día	EFSA, 2019
	Fe	IDR	Hombres	6 mg/día	EFSA, 2019
	Li	p-RfD	Indiferente	2 µg/Kg P.C/día	EPA, 2008
	Mn	IDR	Indiferente	3 mg/día	EFSA, 2019
	Mo	IDR	Indiferente	65 µg/día	EFSA, 2019
	Ni	TDI	Indiferente	2,8 µg/Kg P.C/día	EFSA, 2015
	Zn	IDR	Mujeres	6,2 mg/día	EFSA, 2019
	Zn	IDR	Hombres	7,5 mg/día	EFSA, 2019
	Macroelementos esenciales	Ca	IDR	Indiferente	750 mg/día
Mg		IDR	Mujeres	300 mg/día	EFSA, 2019
Mg		IDR	Hombres	350 mg/día	EFSA, 2019
Na		IDR	Indiferente	2000 mg/día	EFSA, 2019
Elementos trazas no esenciales y/o tóxicos	Al	TWI	Indiferente	1 mg/Kg P.C/semana	EFSA, 2011
	Cd	TWI	Indiferente	2,5 µg/Kg P.C/semana	EFSA, 2012
	Pb	TDI	Indiferente	0,5 µg/Kg P.C/día	AESAN, 2012
	Ba	TDI	Indiferente	0,2 mg/kg P.C/día	SCHER, 2012
	Sr	UL	Indiferente	0,13 µg/Kg P.C/día	WHO,2010
<p><i>Límites: TWI =Ingesta semanal tolerable; TDI =Ingesta diaria tolerable; RDI =Ingesta diaria recomendada; UL =Límite superior; NMR =Nivel mínimo de riesgo; p-RfD =Dosis oral provisional de referencia.</i></p>					

A continuación, se muestran los resultados obtenidos, tanto de la IDE como de la contribución porcentual a la ingesta para los elementos analizados según los diversos países objeto de estudio y el tipo de pan. En la Tabla 5, destacan las IDEs de Fe en Irán y de Mn en Nigeria, siendo las más elevadas, para pan común. Mientras, las mayores ingestas de Zn se deben al pan procedente de Egipto

y República Checa. Entre los porcentajes de contribución destacan el Cr en Francia, el Fe en Irán, el Mn en Nigeria y el Mo en Reino Unido, Francia y Republica Checa. Entre ellos el Cr y Mn destacan con diferencia con un porcentaje > 100%, especialmente en niños, para el Cr.

**Tabla 5. IDE y porcentaje de contribución para los macroelementos esenciales en pan común.**

	IDE g/d			% para mujeres			% para hombre			% para niños de 38,48 kg		
	50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150
<b>País</b>	<b>Cr mg/d</b>			<b>IDR= 0,025 mg/d</b>			<b>IDR= 0,035 mg/d</b>			<b>IDR= 0,015 mg/d (6-9 años)</b>		
Reino Unido	0,001	0,002	0,003	4%	8%	12%	3%	6%	9%	7%	13%	20%
<b>Francia</b>	0,008	0,02	0,024	32%	<b>64%</b>	<b>96%</b>	23%	46%	<b>69%</b>	<b>53%</b>	<b>107%</b>	<b>160%</b>
Egypt	0,002	0,003	0,005	6%	12%	19%	4%	9%	13%	10%	21%	31%
<b>País</b>	<b>Co mg/d</b>			<b>TDI= 0,0014x65kg= 0,091 mg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 0,0014x75kg= 0,105 mg/kgPC/d</b>					
Francia	0,0003	0,0006	0,0009	0,3%	0,7%	1%	0,29%	0,6%	0,86%			
Nigeria	0,004	0,008	0,012	4%	9%	13%	3,8%	8%	11%			
República Checa	0,00035	0,0007	0,00105	0,4%	0,8%	1,2%	0,33%	0,67%	1%			
<b>País</b>	<b>Cu mg/d</b>			<b>IDR= 1,3 mg/d</b>			<b>IDR= 1,6 mg/d</b>					
Turquía	0,0001	0,0002	0,0003	0,008%	0,02%	0,024%	0,007%	0,01%	0,02%			
Reino Unido	0,08	0,17	0,25	6,4%	13%	19,2%	5%	10%	16%			
Francia	0,08	0,16	0,24	6,2%	12%	18,7%	5%	10%	15%			
Egipto	0,12	0,23	0,35	8,85%	18%	27%	7%	14%	22%			
Nigeria	0,02	0,04	0,05	1,38%	3%	4%	1%	2%	3%			
República Checa	0,10	0,20	0,29	7,5%	15%	23%	6%	12%	18%			
Irán	0,12	0,23	0,35	8,9%	18%	27%	7%	15%	22%			
<b>País</b>	<b>Fe mg/d</b>			<b>IDR= 7 mg/d</b>			<b>IDR= 6 mg/d</b>					
Turquía	0,001	0,001	0,002	0,007%	0,01%	0,02%	0,01%	0,02%	0,03%			
República Checa	0,78	1,56	2,33	11%	22%	33%	13%	26%	39%			
<b>Irán</b>	<b>1,52</b>	<b>3,03</b>	<b>4,55</b>	22%	43%	<b>65%</b>	25%	51%	<b>76%</b>			
<b>País</b>	<b>Li mg/d</b>			<b>RfD= 0,002x65kg= 0,13 mg/kgPC/d</b>			<b>RfD= 0,002x75kg= 0,15 mg/kgPC/d</b>					
Francia	0,001	0,003	0,004	1%	2%	3%	0,9%	1,8%	2,7%			
<b>País</b>	<b>Mn mg/d</b>			<b>IDR= 3 mg/d</b>			<b>IDR= 3 mg/d</b>					
Reino Unido	0,40	0,80	1,20	13%	27%	40%	13%	27%	40,1%			
Francia	0,39	0,78	1,16	13%	26%	39%	12,9%	25,8%	38,8%			
<b>Nigeria</b>	<b>2,81</b>	<b>5,62</b>	<b>8,42</b>	<b>94%</b>	<b>187%</b>	<b>281%</b>	<b>94%</b>	<b>187%</b>	<b>281%</b>			
República Checa	0,60	1,20	1,79	20%	40%	60%	20%	39,9%	60%			
<b>País</b>	<b>Mo mg/d</b>			<b>IDR= 0,065 mg/d</b>			<b>IDR= 0,065 mg/d</b>					
<b>Reino Unido</b>	0,01	0,02	0,03	17%	34%	<b>51%</b>	17%	34%	<b>51%</b>			
<b>Francia</b>	0,01	0,03	0,04	20%	39%	<b>59%</b>	20%	39%	<b>59%</b>			
<b>República Checa</b>	0,02	0,04	0,06	29%	<b>58%</b>	<b>88%</b>	29%	<b>58%</b>	<b>88%</b>			
<b>País</b>	<b>Ni mg/d</b>			<b>TDI= 0,0028x65kg= 0,182 mg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 0,0028x75kg= 0,21 mg/kgPC/d</b>					
Reino Unido	0,004	0,007	0,011	2%	4%	6%	2%	3%	5%			
Francia	0,004	0,007	0,011	2%	4%	6%	2%	3%	5%			
Irán	0,001	0,001	0,002	0,3%	0,5%	0,8%	0,2%	0,5%	0,7%			
<b>País</b>	<b>Zn mg/d</b>			<b>IDR= 6,2 mg/d</b>			<b>IDR= 7,5 mg/d</b>					
Turquía	0,000001	0,000001	0,000002	0,00001%	0,00002%	0,00002%	0,00001%	0,00001%	0,00002%			
Reino Unido	0,5	1	1,5	8%	16%	24%	7%	13%	20%			
Francia	0,46	0,92	1,38	7%	15%	22%	6%	12%	18%			
<b>Egypt</b>	<b>0,54</b>	<b>1,08</b>	<b>1,62</b>	9%	17%	26%	7%	14%	22%			
Nigeria	0,23	0,47	0,70	4%	8%	11%	3%	6%	9%			
<b>República Checa</b>	<b>0,59</b>	<b>1,17</b>	<b>1,76</b>	9%	19%	28%	8%	16%	23%			
Irán	0,001	0,001	0,002	0,01%	0,02%	0,03%	0,01%	0,02%	0,03%			

En la Tabla 6 se encuentran los porcentajes de contribución para niños, hombres y mujeres para los elementos esenciales. Estos porcentajes son bajos para ambos sexos, siendo menores del 50%. Se concluye que, el consumo anteriormente expuesto no supone un aporte significativo de elementos esenciales.

**Tabla 6.** IDE y porcentaje de contribución para los macroelementos esenciales en pan común.

	IDE g/d			% para mujeres			% para hombres		
	50	100	150	50	100	150	50	100	150
<b>País</b>	<b>Ca mg/d</b>			<b>IDR= 750 mg/d</b>			<b>IDR= 750 mg/d</b>		
Francia	31,35	62,7	94,05	4%	8%	13%	4%	8%	13%
<b>País</b>	<b>Mg mg/d</b>			<b>IDR= 300 mg/d</b>			<b>IDR= 350 mg/d</b>		
Francia	17,05	34,1	51,15	6%	11%	17%	5%	10%	15%
<b>País</b>	<b>Na mg/d</b>			<b>IDR= 2000 mg/d</b>			<b>IDR= 2000 mg/d</b>		
Francia	341	682	1023	17%	<b>34%</b>	<b>51%</b>	17%	34%	51%

La Tabla 7 recoge los valores de IDEs y los porcentajes de contribución para los elementos no esenciales y los metales tóxicos en pan común. En general, los porcentajes no superan el 50% de la contribución a la dieta.

Destacan con diferencia los porcentajes de contribución a la TDI (tolerable daily intake) del Pb, procedente del consumo de pan común de Turquía, Egipto e Irán, superando ampliamente el 100%. Esto sugiere que la población consumidora de estos tipos de pan esté en grave riesgo debido a la excesiva ingesta de Pb. Además, este metal tóxico se encuentra en otros alimentos, pudiendo incrementarse aún más estos porcentajes si consideramos toda la dieta. Es necesario considerar que, la contaminación de estos países puede ser la principal fuente de Pb en las muestras de pan analizadas. En Turquía, por ejemplo, las fuentes más probables de contaminación de Pb en el pan pueden ser, por ejemplo, el agua estancada en tuberías durante mucho tiempo debido a una interrupción por restauración, o porque las panaderías pueden tener problemas a almacenar gran cantidad de harina por un largo período. Por lo tanto, la calidad de la harina puede cambiar muy rápidamente durante la producción de pan. En Egipto, por ejemplo, la principal fuente de Pb podría ser la molienda o el uso de combustibles que contienen Pb en hornos de panadería y la deposición de polvo que contiene Pb en el aire, especialmente en pequeños comercios que trabajan al aire libre. Sería un riesgo adquirir pan procedente de estos países.

El porcentaje de contribución a la ingesta de Sr procedente del consumo de pan en Reino Unido es muy elevado. Esto puede causar una deficiencia de P (fósforo), debido a que compite con

este elemento, además, se acumula en los huesos y puede provocar un aumento de la densidad ósea (26).

**Tabla 7. IDE y porcentaje de contribución para los elementos trazas no esenciales y/o tóxicos en pan común.**

	IDE g/d			% para mujeres			% para hombres			% para niños de 38,48 kg		
	50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150
<b>País</b>	<b>Al mg/d</b>			<b>TDI= 9,28 mg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 10,71 mg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 5,49 mg/kgPC/d</b>		
Reino Unido	0,18	0,36	0,54	1,9%	3,9%	5,8%	1,7%	3,4%	5,0%	3,3%	6,5%	10%
Francia	0,20	0,41	0,61	2,2%	4,4%	6,6%	1,9%	3,8%	5,7%	3,7%	7,4%	11%
<b>País</b>	<b>Cd µg/d</b>			<b>TDI= 23,21 µg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 26,8 µg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 13,74 µg/kgPC/d</b>		
Turquía	0,61	1,22	1,83	2,6%	5,3%	8%	2,3%	4,6%	6,8%	4,4%	9%	13%
<b>Reino Unido</b>	1,15	2,3	3,45	5%	10%	15%	4,3%	8,6%	13%	8,4%	17%	25%
Francia	0,24	0,48	0,72	1%	2,1%	3,1%	0,9%	1,8%	2,7%	1,7%	3,5%	5,2%
<b>Egypt</b>	2,41	4,82	7,23	10%	21%	31%	9%	18%	27%	18%	35%	53%
República Checa	0,5	1	1,5	2,2%	4,3%	6,5%	1,9%	3,7%	5,6%	3,6%	7,3%	11%
Irán	0,47	0,95	1,42	2,0%	4,1%	6,1%	1,8%	3,5%	5,3%	3,4%	6,9%	10,3%
<b>País</b>	<b>Pb µg/d</b>			<b>TDI= 32,5 µg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 37,5 µg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 19,24 µg/kgPC/d</b>		
<b>Turquía</b>	43,4	86,8	130,2	<b>134%</b>	<b>267%</b>	<b>401%</b>	<b>116%</b>	<b>231%</b>	<b>347%</b>	<b>226%</b>	<b>451%</b>	<b>677%</b>
Reino Unido	0,6	1,1	1,7	1,7%	3,4%	5,1%	1,5%	2,9%	4,4%	2,9%	5,7%	8,6%
Francia	1,3	2,6	3,9	4%	8%	12%	3,5%	6,9%	10%	6,8%	14%	20%
<b>Egypt</b>	16,5	33	49,5	<b>51%</b>	<b>102%</b>	<b>152%</b>	<b>44%</b>	<b>88%</b>	<b>132%</b>	<b>86%</b>	<b>172%</b>	<b>257%</b>
Nigeria	3,5	7,0	10,5	11%	22%	32%	9%	19%	28%	18%	36%	55%
República Checa	3,3	6,5	9,8	10%	20%	30%	9%	17%	26%	17%	34%	51%
<b>Irán</b>	46,6	93,1	139,7	<b>143%</b>	<b>287%</b>	<b>430%</b>	<b>124%</b>	<b>248%</b>	<b>373%</b>	<b>242%</b>	<b>484%</b>	<b>726%</b>
<b>País</b>	<b>Ba mg/d</b>			<b>TDI= 0,2x65kg= 13 mg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 0,2x75Kg= 15 mg/kgPC/d</b>			<b>NA</b>		
Reino Unido	0,04	0,08	0,12	0,3%	0,6%	0,9%	0,3%	0,5%	0,8%			
<b>País</b>	<b>Sr mg/d</b>			<b>UL= 0,00013x65kg= 0,0085 mg/kgPC/d</b>			<b>UL= 0,00013x75kg= 0,0097 mg/kgPC/d</b>			<b>NA</b>		
Reino Unido	0,11	0,23	0,34	<b>1335%</b>	<b>2671%</b>	<b>4006%</b>	<b>1170%</b>	<b>2340%</b>	<b>3510%</b>			

En la Tabla 8 se recogen los valores de IDEs y porcentajes de contribución para los elementos no esenciales y metales tóxicos en pan de pita y pan de molde. En España () el porcentaje de contribución es elevado en el Cr donde supera el 50% en niños con una ingesta del 120g de pan al día. En El Líbano, el porcentaje de contribución del Ni es alto en mujeres, donde supera el 50%, con una ingesta de 120g de pan de pita al día. Lo mismo para el Pb, en El Líbano, donde se encuentran

porcentajes mucho más altos en niños, aunque en mujeres se nota también una aportación mayor del 50% para una ingesta de 120g. Para el Cd, no se ha encontrado ningún riesgo según la ingesta.

Estos valores indican que el pan procedente del Líbano puede estar contaminado, lo que puede deberse a la contaminación de los suelos. Además, el Pb y el Ni pueden ser contaminantes emitidos por materiales utilizados por los panaderos/as en contacto con alimentos o agua utilizado para hacer pan. Sería un riesgo adquirir pan de pita procedente de estos países. Los valores en España son muy bajos y no suponen un riesgo para la salud.

**Tabla 8.** IDE y porcentaje de contribución para todos los elementos analizados en pan de molde y pan pita.

	IDE g/d			% para mujeres			% para hombre			% para niños de 38,48 kg		
	30	60	120	30	60	120	30	60	120	30	60	120
<b>País</b>	<b>Cr mg/d</b>			<b>IDR= 0.025 mg/d</b>			<b>IDR= 0.035 mg/d</b>			<b>IDR= 0.015 mg/d (6-9años)</b>		
España	0,0029	0,006	0,011	11%	23%	46%	8,2%	16%	33%	19%	38%	<b>76%</b>
España	0,0025	0,005	0,010	10%	20%	40%	7,2%	14%	29%	17%	34%	<b>67%</b>
España	0,0028	0,006	0,011	11%	22%	44%	7,9%	16%	31%	18%	37%	<b>73%</b>
<b>País</b>	<b>Co mg/d</b>			<b>TDI= 0,0014x65kg= 0,091 mg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 0,0014x75kg= 0,105 mg/kgPC/d</b>			<b>NA</b>		
<b>Líbano</b>	0,0026	0,005	0,010	3%	6%	12%	2%	5%	10%			
<b>País</b>	<b>Cu mg/d</b>			<b>IDR= 1,3 mg/d</b>			<b>IDR= 1,6 mg/d</b>			<b>NA</b>		
España	0,04	0,08	0,16	3,1%	6,2%	12%	2,5%	5%	10%			
España	0,04	0,08	0,17	3,2%	6,4%	13%	2,6%	5,2%	10%			
España	0,06	0,12	0,24	4,6%	9,2%	18%	3,7%	7,5%	15%			
<b>País</b>	<b>Ni mg/d</b>			<b>TDI= 0,0028x65kg= 0,182 mg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 0,0028x75kg= 0,21 mg/kgPC/d</b>			<b>NA</b>		
<b>Líbano</b>	0,02	0,05	0,1	13,7%	27%	<b>55%</b>	11,8%	24%	47%			
<b>País</b>	<b>Cd µg/d</b>			<b>TDI= 23,21 µg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 26,8 µg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 13,74 µg/kgPC/d</b>		
España	0,49	0,98	1,97	2,1%	4,2%	8,5%	1,8%	3,7%	7,3%	3,6%	7,2%	14,3%
España	0,48	0,95	1,91	2,1%	4,1%	8,2%	1,78%	3,6%	7,1%	3,5%	6,9%	13,9%
España	0,62	1,25	2,50	2,7%	5,4%	11%	2,3%	4,7%	9,3%	4,5%	9,1%	18,2%
<b>País</b>	<b>Pb µg/d</b>			<b>TDI= 32,5 µg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 37,5 µg/kgPC/d</b>			<b>TDI= 19,24 µg/kgPC/d</b>		
España	0,76	1,52	3,04	2,3%	4,7%	9,3%	2%	4%	8,1%	3,9%	7,9%	15,8%
España	1,22	2,44	4,88	3,8%	7,5%	15%	3,3%	6,5%	13%	6,3%	12,7%	25,4%
España	0,92	1,84	3,67	2,8%	5,6%	11%	2,4%	4,9%	10%	4,8%	9,5%	19,1%
<b>Líbano</b>	5,37	10,74	21,48	17%	33%	<b>66%</b>	14%	29%	<b>57%</b>	27,9%	<b>55,8%</b>	<b>111,6%</b>

Los valores de metales pesados en pan común y pan de pita nos hacen pensar que estos países tienen un grado de contaminación superior a los países europeos. Es recomendable que se adopten

medidas de control, como la aplicación de sistemas de control de los alimentos, el almacenamiento adecuado de la harina y concienciar a los agricultores con el objetivo de reducir la contaminación.

## 4. Conclusiones

En los diferentes países analizados, respecto a los microelementos esenciales, se han encontrado las mayores concentraciones de Cu, Fe, Mn, y Zn para el pan común y de Ni para el pan de pita. Por lo demás, no existen diferencias significativas en los metales. En cuanto a los elementos traza no esenciales, destaca la concentración de Sr.

Mientras, para los metales tóxicos, la concentración de Pb encontrada en el pan común es elevada, superando el máximo permitido en el trigo (0,20 mg/Kg peso fresco) establecido en el Reglamento (CE) n.º.1881/2006 (28), por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Para el pan de pita, el nivel de Pb es cercano al límite máximo establecido.

Para el Cd, el límite máximo permitido en trigo es de 0,20 mg/Kg peso fresco, según el Reglamento (UE) n.º 488/2014 de la comisión de 12 de mayo de 2014 que modifica al Reglamento (CE) n.º 1881/2006 (29), y en este estudio no es superado en ninguna de las muestras. En cuanto al Al no se ha encontrado diferencias significativas.

En el caso de los microelementos esenciales, destaca la contribución porcentual de Cr en la ingesta diaria, a través del consumo de pan común como del pan de pita, especialmente en niños, así como la contribución porcentual de Mn en la ingesta diaria a través del consumo de pan común, con un porcentaje superior al 100% de su IDR.

Entre los macroelementos esenciales en el pan común, es el Na el único que presenta una mayor contribución porcentual a la ingesta diaria recomendada (IDR). Respecto al Ca y Mg, no supone un aporte significativo.

En el caso de los metales tóxicos, los valores de las IDEs de Pb destacan tanto procedente del consumo de pan común como del pan de pita, siendo el pan común el que confiere una mayor contribución a la ingesta de Pb.

Se concluye que, tanto el pan común como el pan de pita, procedentes de países no europeos, no confieren un valor nutritivo para sus consumidores adecuado debido a los valores bajos de ingesta de elementos esenciales. Además, no son seguros para el consumo humano, en cuanto a la ingesta de Pb se refiere, pues representa un riesgo para la salud.

## 5. Bibliografía

1. Carbajal Azcona A. - Importancia del consumo diario de pan para la salud - Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia Universidad Complutense de Madrid (2016).
2. Aranceta-Bartrina J., Partearroyo T., López-Sobaler A. M., Ortega R. M., Varela-Moreiras R.M., Serra-Majem L., Pérez-Rodrigo C. and The Collaborative Group for the Dietary Guidelines for the Spanish Population (SENC) Updating the Food-Based Dietary Guidelines for the Spanish Population: The Spanish Society of Community Nutrition (SENC) Proposal - *Nutrients* 2019, 11, 2675.
3. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) - Informe del consumo alimentario en España, 2018.
4. Arranz-Otaegui A., Gonzalez Carretero L., Monica N. Ramsey, Fuller D. Q. and Richtera T. (2018). Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Jul 2018, 115 (31) 7925-7930.
5. Bueno Lozano M., Bueno Sánchez M., Moreno Aznar L. A. - Pan, cereales integrales y salud. *Boletín de la Sociedad de Pediatría de Aragón, La Rioja y Soria* (2019); 49: 49-53.
6. EFSA, (2010). Scientific Opinion: Scientific Opinion on Lead in Food. *The EFSA Journal*, 8(4): 1570: 1-147.
7. Demirözü, B & Saldamlı, İ & Gürsel, B & Uçak, A & Çetinyokuş, F & Yüzbaşı, N. (2003). Determination of Some Metals Which are Important for Food Quality Control in Bread. *Journal of Cereal Science*. 37. 171-177. 10.1006/jcrs.2002.0491.
8. Rubio C., Hardisson A., Reguera J.I. Revert C., Lafuente M.A., González-Iglesias T. (2006). Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain. *Environ. Res*; 100(1): 123-129.
9. Rubio C., González-Weller D., Alonso Marrero s., Revert gironés C., Dardisson de la Torre A., (2004). Zn, Mn, Cu, Se, Cr: nutrición y suplementación. *Alimentaria*; 353: 37-45.
10. Ebrahimi, M., Khalili, N., Razi, S. et al. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression. *J Environ Health Sci Engineer* (2020).
11. Y Feyzi, A Malekirad, M Fazilati, H Salavati, S Habibollahi, M Rezaei. Metals that are Important for Food Safety control of bread Product. *Adv. Biores.*, Vol 8 [1] January 2017: 111-116.
12. Jean-Charles Leblanc Dr, Thierry Guérin, Laurent Noël, Gloria Calamassi-Tran, Jean-Luc volatier & Philippe Verger (2005) Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st



- French Total Diet Study, *Food Additives & Contaminants*, 22:7, 624-641, DOI: 10.1080/02652030500135367
13. Lebbos, N.; Daou, C.; Ouaini, R.; Chebib, H.; Afram, M.; Curmi, P.; Dujourdy, L.; Bou-Maroun, E.; Chagnon, M.-C. Lebanese Population Exposure to Trace Elements via White Bread Consumption. *Foods* 2019, 8, 574.
  14. Naglaa Loutfy, A. Mentler, Maha Shoeab, M. Tawfic Ahmed & M. Fűr hacker (2012) Analysis and exposure assessment of some heavy metals in foodstuffs from Ismailia city, Egypt, *Toxicological & Environmental Chemistry*, 94:1, 78-90, DOI: 10.1080/02772248.2011.638445.
  15. Oto Mestek, Jana Komínková, Jiří Šantrůček, Petr Kačer, Kateřina Mališová & Richard Koplík (2012) Analyses of trace metals, peptide ligands of trace metals and mercury speciation in home prepared bread, *Chemical Speciation & Bioavailability*, 24:2, 79-88.
  16. Oyekunle, J.A.O., Adekunle, A.S., Ogunfowokan, A.O., Olutona, G.O., Omolere, O.B., 2014. Bromate and trace metal levels in bread loaves from outlets within Ile-Ife Metropolis, Southwestern Nigeria. *Toxicol. Rep.* 22 (1), 224–230.
  17. M. Rose, M. Baxter, N. Brereton & C. Baskaran (2010) Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK Total Diet Study and some trends over the last 30 years, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27:10, 1380-1404, DOI: 10.1080/19440049.2010.496794
  18. Magomya, A. M., Yebpella, G. G., Udiba, U. U., Amos, H. S. & Latayo, M. S. (2013). Potassium Bromate And Heavy Metal Content Of Selected Bread Samples Produced In Zaria, Nigeria. *International Journal Of Science And Technology*, 2, 232-237.
  19. FESNAD (Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética) (2010) Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la Población Española. *Actividad Dietetica* 14(4): 196-197.
  20. AESAN (2012) Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) regarding criterio for the estimation of concentrations for the discussion proposals for migration limits of certain heavy metals and other elements from ceramic articles intended to come into contact with foodstuffs. *J Sci Commit* 16:11–20.
  21. EFSA (2019) Dietary references values for EU. Adults Both Genders All ages. <http://www.efsa.europa.eu/en/interactive-pages/drvs>. Accessed 19 Feb 2020
  22. SCHER (Scientific Committee on Health and Environmental Risk) (2012) Assessment of the tolerable daily intake of barium. European Commission.
  23. U.S. EPA. Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Lithium. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/690/R-08/016F 2008.

24. WHO (World Health Organization) (2010) Strontium and strontium compounds. *CICADs* 77:1–63.
25. AESAN, (2006). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Modelo de la dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas.
26. Pors Nielsen S. The biological role of strontium. *Bone* 2004;35:583–8.
27. Marín S, Pardo O, Sa´ nchez A, Sanchis Y, Ve´ lez D, Devesa V, Yusa` V: Assessment of metal levels in foodstuffs from the Region of Valencia (Spain). *Toxicol Rep* 2018, 5:654-670.
28. Reglamento (CE) nº 1881/2006 de la Comisión de 19 de Diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
29. Reglamento (UE) No 488/2014 de la comisión de 12 de mayo de 2014, que modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios.
30. Gutierrez de Alva C. I. - Historia de la gastronomía - Primera edición: 2012 - ISBN 978-607-733-134-6.
31. La dieta mediterránea - <https://ich.unesco.org/es/RL/la-dieta-mediterranea-00884>.