

# EXPOSICIÓN DIETÉTICA A FLUORURO PROCEDENTE DEL CONSUMO DE CAFÉ



Sara Ruíz Benítez de Lugo Pérez

Tutores: Arturo Hardisson y Soraya Paz  
Montelongo

Máster en Seguridad y Calidad de los Alimentos

Universidad de La Laguna

Curso 2022-2023

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>PALABRAS CLAVE</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>KEYWORDS</b> .....	4
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>OBJETIVOS</b> .....	8
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	8
MUESTRAS DE ESTUDIO.....	8
PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS .....	9
DETERMINACIÓN DE FLUORURO EN LAS MUESTRAS.....	10
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	10
CÁLCULOS DE LA INGESTA DIETÉTICA DE FLUORURO .....	11
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	11
<i>DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS Y COMPARACIÓN ENTRE CAFÉS Y MARCAS</i> .....	11
.....	14
<i>EVALUACIÓN DE LA INGESTA DIETÉTICA</i> .....	14
ESCENARIO I: INGESTA DE UN CAFÉ PREPARADO EN CAFETERA (100 ML/DÍA).....	15
ESCENARIO II: INGESTA DE UN CAFÉ PREPARADO EN CAFETERA (200 ML/DÍA).....	17
ESCENARIO III: INGESTA DE UN CAFÉ PREPARADO EN CAFETERA (300 ML/DÍA).....	18
RECOMENDACIONES DE CONSUMO .....	19
<b>CONCLUSIONES</b> .....	20
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	21

## RESUMEN

El café forma parte de nuestra vida diaria y es una de las bebidas más consumidas en el mundo, esto hace que resulte interesante estudiar las sustancias contenidas en él. Por ello, en el presente estudio nos centraremos en el fluoruro. Este elemento puede tener efectos positivos para la salud de los consumidores, pero también efectos nocivos dependiendo del grado de exposición a este. Por ello, el objetivo principal del presente estudio es determinar la concentración de fluoruro en café de diferentes marcas y diferentes tipos (con cafeína y descafeinado) con el fin de establecer si existen diferencias significativas, así como evaluar el riesgo del consumo de café de diferentes grupos muestrales, con el fin de determinar si el café es una fuente dietética de fluoruro. Tras evaluar los resultados, se ha obtenido la mayor concentración de fluoruro en el café molido natural con cafeína preparado con agua de consumo humano de la zona metropolitana de la isla de Tenerife ( $3,74 \pm 1,21$  mg/L). La evaluación de la ingesta de fluoruro pone de manifiesto el riesgo existente para los niños de 7 y 8 años al consumir raciones de 300 mL de café elaborado con agua de consumo humano de esta zona de la isla, especialmente en el caso del café molido natural que contiene cafeína (44,82%). Además, que para este grupo poblacional no es recomendable el consumo de café no solo por el fluoruro, si no por las diferentes sustancias que se encuentran en él y que generan efectos adversos. Para el resto de los grupos poblacionales, aunque la evaluación de la ingesta de fluoruro no pone de manifiesto un riesgo para la salud, a partir de los 200 mL de café los valores reflejan un aporte significativo de fluoruro en la dieta cuando este se prepara con agua de consumo humano.

## Palabras clave

*Fluoruro, exposición dietética, café, evaluación del riesgo*

## ABSTRACT

Coffee is part of our daily life and is one of the most consumed beverages in the world, which makes it interesting to study the substances contained in it. Therefore, in this study we will focus on fluoride. This element can have positive effects on the health of consumers, but also harmful effects depending on the amount of exposure to it. Therefore, the main objective of this study is to determine the fluoride concentration in different brands and different types of coffee (caffeinated and decaffeinated) in order to establish

whether there are significant differences, as well as to assess the risk of consuming coffee from different sample groups, to determine if coffee is a dietary source of fluoride. After evaluating the results, the highest concentration of fluoride was obtained in natural caffeinated ground coffee prepared with drinking water from the metropolitan area of the island of Tenerife ( $3.74 \pm 1.21$  mg/L). The evaluation of fluoride intake reveals the existing risk for children aged 7 and 8 when consuming 300 mL portions of coffee made with water for human consumption from this area of the island, especially in the case of natural ground coffee containing caffeine (44.82%). Also, for this population group, coffee consumption is not recommended, not only because of the fluoride, but also because of the different substances that are found in it and that generate adverse effects. For other population groups, although the assessment of fluoride intake does not reveal a health risk, from 200 mL of coffee the amount reflects a significant contribution of fluoride in the diet when it is prepared with water for human consumption.

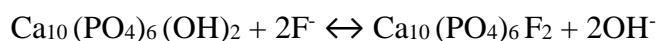
## Keywords

*Fluoride, dietary exposure, coffee, risk assessment*

## INTRODUCCIÓN

El flúor es el elemento más electronegativo y reactivo de la tabla periódica. Pertenece al grupo de los halógenos y es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre. Según establece la EFSA (European Food Safety Authority), el fluoruro no es un nutriente esencial. (EFSA, 2013). Sin embargo, presenta algunas funciones fisiológicas en el organismo, por ejemplo, pequeñas dosis pueden reducir la prevalencia de la caries dental (Rodríguez et al., 2020; OMS, 2023)

La principal vía de absorción de fluoruros es la digestiva, el mecanismo de absorción es mediante difusión pasiva (Jáudenes et al., 2015). Tras su absorción, se distribuye por todo el organismo y se deposita principalmente en huesos y dientes, estos tejidos están formados por compuestos de calcio, como la hidroxiapatita, que en presencia de fluoruros da lugar a la formación de fluorapatita:



La formación de fluorapatita en el diente proporciona una mayor dureza y protección frente a las caries, reduciendo su prevalencia en más del 50% (Jáudenes et al., 2015; Rivas- Gutiérrez et al., 2005). Sin embargo, cuando la exposición es elevada y crónica, por ejemplo, consumiendo aguas de consumo humano, con contenidos de fluoruro superiores a 1,5 mg/L durante muchos años, pueden generar efectos adversos entre los que se encuentra la fluorosis dental, caracterizada por la generación de manchas en los dientes, denominándose diente moteado (Revelo-Mejía et al., 2021) y con contenidos muy superiores a 1,5 mg/L se puede llegar a la fluorosis ósea, que da lugar a una mayor fragilidad de los huesos. (Rubio et al., 2020)

La EFSA estableció unos valores de ingesta máxima tolerable (UL, upper level) y para el fluoruro, y de ingesta adecuada (AI), según la edad. (Tabla 1) (EFSA, 2013). La ingesta adecuada se establece cuando no se dispone de datos suficientes para calcular el requerimiento promedio de un nutriente, definiéndose como el nivel medio adecuado a consumir de un nutriente. Por otro lado, la ingesta máxima tolerable es la cantidad máxima de un nutriente que se puede ingerir sin que suponga un riesgo para la salud.

Tabla 1. Valores de la ingesta adecuada (AI) y del nivel máximo alto de ingesta según el grupo de edad (UL)

Edad	Edad	Sexo	AI (mg/ día)	UL (mg/ día)	
<b>Niños</b>	7 a 8 años	Hombre	1,5	2,5	
		Mujer	1,4		
	9-10 años	Hombre	1,5	5	
		Mujer	1,4		
	11-14 años	Hombre	2.2		
		Mujer	2.3		
<b>Adolescentes</b>	15-17 años	Hombre	3.2		7
		Mujer	2.8		
<b>Adultos</b>	≥18 años	Hombre	3.4		
		Mujer	2.9		
<b>Mujer embarazada</b>		Mujer	2.9		
<b>Mujer lactante</b>		Mujer	2.9		

Estos valores sólo son recomendaciones, no se ha establecido ningún valor legal con respecto a la concentración máxima de fluoruro en los alimentos, excepto para el agua de consumo humano, cuyo valor límite se recoge en el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro (RD, 2023), así como por la recomendación de la Organización

Mundial de la Salud (OMS). Ambos establecen un valor máximo de 1.5 mg F/L. En cuanto al agua embotellada en el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano (RD, 2010) se especifica que las botellas deben llevar una etiqueta con diferentes indicaciones en función de la concentración de fluoruro.

Las fuentes de fluoruro en el medio ambiente pueden ser tanto naturales, como antropogénicas. Con respecto al origen antropogénico se encuentran los fertilizantes fosfatados, la industria del carbón, aluminio, cerámica, acero, las aguas fluoradas, dentífricos y colutorios, etc. De forma natural, el flúor se encuentra en minerales que contienen flúor como la fluorapatita y la criolita, también como consecuencia de lixiviaciones y erosiones de minerales que contengan fluoruro, la principal fuente de fluoruros son las emisiones volcánicas. (Jha et al., 2011)

En el caso de las Islas Canarias una de las principales fuentes de fluoruro son las aguas subterráneas, sobre todo en las islas con mayor actividad volcánica. (Rubio et al., 2020) Otros estudios también han demostrado que ingestas elevadas de fluoruro pueden afectar negativamente al cerebro (Grandjean, 2019). Se ha observado que en mujeres embarazadas la exposición a fluoruros afecta al sistema nervioso durante la gestación, ya que éste es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica, afectando al desarrollo embrionario (Valdez- Jiménez et al., 2011) dando como resultado un menor coeficiente intelectual de los niños (Grandjean et al., 2022). En regiones que presentan fluorosis endémica se ha demostrado que el desarrollo cognitivo en niños es menor (Agalakova & Nadei, 2020).

Las principales fuentes alimentarias de fluoruro de fluoruro son el agua y las bebidas a base de agua (EFSA, 2013). El agua se usa para la elaboración de café, que es el objeto de este estudio. El café, una de las bebidas más populares del mundo que se caracteriza por tener un efecto estimulante en los humanos debido a la presencia de bases xánticas, fundamentalmente, la cafeína (López-Luengo, 2003).

Para muchas personas, especialmente en los países occidentales, el consumo de café es parte de su estilo de vida y un hábito cotidiano. (Wolska et al., 2017). Este, se obtiene a partir de los granos tostados y molidos de los frutos de la planta del café o *Coffea*, que es un género de plantas perteneciente a la familia *Rubiaceae* (Myhrvold, 2021). Estas plantas

son arbustos o árboles pequeños, perennifolio, nativos de África tropical y meridional y Asia tropical. El fruto es una drupa, que se desarrolla en unas 15 semanas a partir de la floración. Requiere mucha humedad y terrenos altos.

El café descafeinado es una opción para aquellos consumidores que quieran disfrutar del sabor y el aroma de este, sin experimentar el efecto estimulante que proporciona la cafeína. Los tres métodos más comunes que se utilizan para la eliminación de la cafeína son, la aplicación de disolventes químicos (cloruro de metileno o el acetato de etilo), la aplicación de gas de dióxido de carbono y el método del agua, que consiste en sumergir el café en agua. Esta bebida forma parte de la vida cotidiana siendo uno de los productos que más se comercializan mundialmente, junto con el agua y el té (Myhrvold, 2021).

## OBJETIVOS

Considerando el interés en cuanto al fluoruro contenido en el café, se han establecido los siguientes objetivos:

1. Determinar el contenido de fluoruro en el café simulando la preparación real (cafetera italiana).
2. Estudiar la existencia de diferencias significativas entre las distintas marcas de café.
3. Evaluar las posibles diferencias significativas entre el contenido de fluoruro del café preparado con agua destilada y el café preparado con agua de consumo humano de la isla de Tenerife.
4. Evaluar la exposición dietética a fluoruro procedente del consumo de café determinando si existe riesgo para la salud de los consumidores.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Muestras de estudio

En el presente estudio se ha analizado un total de 40 muestras de café molido natural con cafeína y descafeinado, que pertenecen a dos marcas diferentes (Hacendado y Bellarom) comercializadas en la isla de Tenerife (Islas Canarias, España) (Tabla 2). El café se adquirió en las superficies comerciales de Mercadona y Lidl. Las muestras fueron preparadas empleando dos tipos de agua: destilada y de consumo humano.



Tabla 2. Clasificación (agua empleada y tipo de café) de las muestras analizadas.

<b>Agua empleada</b>	<b>Tipo</b>	<b>Marca comercial</b>	<b>Establecimiento de compra</b>	<b>Nº de muestras</b>
<i>Destilada</i>	Cafeína	Hacendado Natural	Mercadona	5
	Descafeinado	Hacendado Natural	Mercadona	5
	Cafeína	Bellarom Natural	Lidl	5
	Descafeinado	Bellarom Natural	Lidl	5
<i>Abastecimiento</i>	Cafeína	Hacendado Natural	Mercadona	5
	Descafeinado	Hacendado Natural	Mercadona	5
	Cafeína	Bellarom Natural	Lidl	5
	Descafeinado	Bellarom Natural	Lidl	5

### Preparación de las muestras

En primer lugar, se llevó a cabo un estudio con agua destilada para determinar el contenido de fluoruro en dos marcas comerciales de café molido natural (Hacendado y Bellarom), así como en dos tipos diferentes (con cafeína y descafeinado). En segundo lugar, se llevó a cabo el mismo estudio preparando las muestras con agua de consumo humano de la zona metropolitana de la isla de Tenerife.

Para la preparación de las muestras se utilizó una cafetera italiana, se pesaron 12,300 gramos de café y se añadieron 136 mL de agua destilada para el primer estudio y agua de consumo humano para el segundo. La cafetera se calentó en una placa calefactora a 200°C.

#### Determinación de fluoruro en las muestras

La determinación de fluoruro se llevó a cabo haciendo uso de un electrodo selectivo de fluoruro. El electrodo está formado por una membrana de fluoruro de lantano ( $\text{LaF}_3$ ) tratada con fluoruro de europio ( $\text{EuF}_2$ ) para crear redes vacías, mediante las cuales se establece una diferencia de potencial en función de la concentración de fluoruro en disolución.

El electrodo selectivo mide actividades y no concentraciones, es por ello que se necesita ajustar las condiciones del pH y fuerza iónica de la muestra, por este motivo se empleó el ácido ortofosfórico  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0,75 M, que es una disolución acondicionadora que elimina interferencias, ajusta la fuerza iónica y mantiene el pH constante (Rodríguez et al., 2018).

Para la determinación del contenido de fluoruro se preparó una curva de calibrado de concentraciones de fluoruro de  $10^{-1}\text{M}$  a  $10^{-5}\text{M}$ . En segundo lugar, se introdujo 25 mL del café previamente preparado en la cafetera, enfriado a temperatura ambiente y añadiendo 5 mL de ácido ortofosfórico  $\text{H}_3\text{PO}_4$  en un vaso de polipropileno, se agitó para la homogeneización, se introdujo un agitador magnético y se procedió a medir el potencial (mV) por triplicado. A continuación, se calcularon las concentraciones de fluoruro empleando la curva de calibrado.

#### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa informático GraphPad Prism 8.0.1 para analizar posibles diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el contenido de fluoruro entre los diferentes tipos de café y las aguas utilizadas para su preparación.

Los datos obtenidos para las muestras elaboradas con agua destilada no seguían una distribución normal y se aplicaron test no paramétricos de variable independiente (test de Mann-Whitney) para llevar a cabo el análisis estadístico. Sin embargo, los datos recogidos para las muestras que fueron elaboradas con agua de consumo humano, sí seguían una distribución normal y se utilizaron test paramétricos para su análisis estadístico (McKight y Najab, 2010).

## Cálculos de la ingesta dietética de fluoruro

Es necesario conocer la ingesta diaria estimada (IDE) de fluoruro procedente del consumo del café de estudio para la evaluación del riesgo. La IDE es expresada en mg de fluoruro ingerido por día y se calcula a partir de la siguiente fórmula matemática:

$$\text{IDE} = \text{Concentración de fluoruro} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \cdot \text{Volumen de consumo diario} \left(\frac{\text{L}}{\text{día}}\right)$$

Por otro lado, para evaluar la ingesta dietética es necesario calcular el porcentaje de contribución, para ello se emplean las siguientes fórmulas:

$$\text{Contribución AI (\%)} = \frac{\text{IDE} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}{\text{Valor establecido (F-) AI}} \cdot 100$$

$$\text{Contribución UL (\%)} = \frac{\text{IDE} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}{\text{Valor establecido (F-) UL}} \cdot 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 3 recoge las concentraciones medias de fluoruro (mg/L) obtenidas. Las concentraciones más altas se encontraron en las muestras de café preparadas con agua de consumo humano, esto demuestra que el aporte de fluoruro proviene del agua que se utiliza para su preparación. También se observa que el café que ha sido preparado con agua de consumo humano no cumple con el límite permitido de fluoruro en agua de consumo (<1,5 mg/L) (RD, 2023), aunque no debemos olvidar que el café, de por sí no cuenta con un valor límite.

La superación del valor paramétrico en las muestras de café elaboradas con el agua de consumo humano de la zona metropolitana de Tenerife, se debe a que por la naturaleza volcánica de la isla y la extracción incontrolada por el aumento poblacional, conlleva unos niveles muy elevados de fluoruro en el agua de consumo humano de esta isla y, es por ello un factor de gran importancia a considerar, especialmente para los grandes consumidores de café que utilicen el agua de abastecimiento en estas zonas.

### *DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS Y COMPARACIÓN ENTRE CAFÉS Y MARCAS*

Tabla 3. Concentración media y desviación estándar de fluoruro por tipo de infusión estudiada y agua empleada para su elaboración

[F-] (mg/L) ± D.S		
Tipo de café	Agua destilada	Agua de consumo humano
Cafeína	0,68 ± 0,66	3,74 ± 1,21
Descafeinado	0,31 ± 0,02	1,94 ± 0,91
Hacendado	0,50 ± 0,47	2,83 ± 0,81
Bellarom	0,28 ± 0,45	2,85 ± 1,85

En la Figura 1 se muestra un diagrama de barras que refleja la concentración de fluoruro de las muestras de café preparadas con agua de consumo humano y compara dicha concentración con los dos tipos de café estudiados: Con cafeína y descafeinado. Se observa que existen diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre el tipo de café, y que, por tanto, el que contiene cafeína aporta un mayor contenido de fluoruro que el descafeinado. Esto puede deberse a los procesos mediante los cuales se reduce el contenido de cafeína del café, que puede ser capaz de arrastrar y eliminar parte del flúor que contiene. Esta diferencia también se contempló en el trabajo realizado por (Alejandro-Vega et al., 2022)

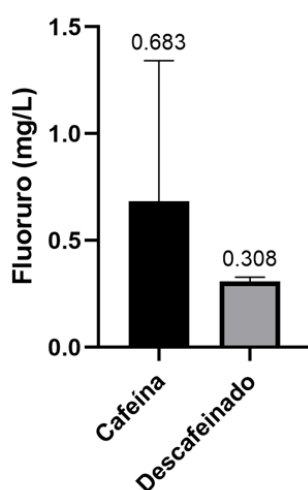


Figura 1. Comparación del contenido de fluoruro según el tipo de café y preparados con agua destilada.

En la Figura 2, se muestra un diagrama de barras que establece la comparación entre el contenido de fluoruro aportado por las dos diferentes marcas utilizando agua destilada para su preparación. Se observa que existen diferencias significativas, esto puede deberse a que la materia prima utilizada sea diferente.

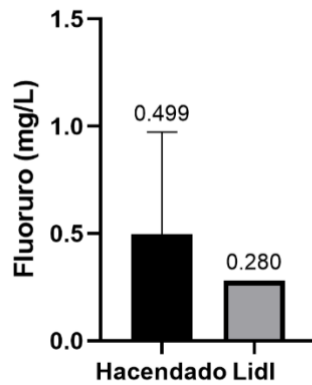


Figura 2. Comparación del contenido de fluoruro en café según la marca y preparados con agua destilada.

En la Figura 3 se muestra un diagrama de barras que refleja la concentración de fluoruro de las muestras de café preparadas con agua de consumo humano y compara dicha concentración con los dos tipos de café estudiados: Con cafeína y descafeinado. Se observa que existen diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre los tipos de café.

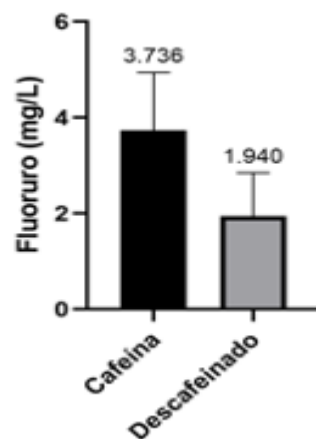


Figura 3. Comparación del contenido de fluoruro según el tipo de café y preparados con agua de consumo humano.

En la Figura 4, se muestra un diagrama de barras que establece la comparación entre el contenido de fluoruro aportado por las dos diferentes marcas. Se observa que no existen diferencias significativas al preparar el café con agua de consumo humano, a diferencia de lo que ocurre cuando se prepara con agua destilada.

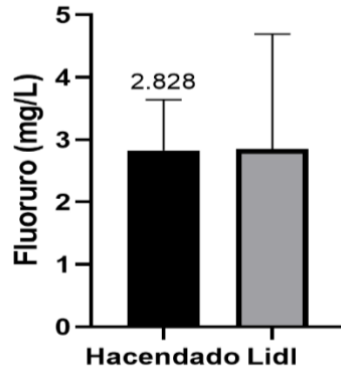


Figura 4. Comparación del contenido de fluoruro en café según la marca y preparados con agua de consumo humano.

En un estudio realizado en el Área de Toxicología, se determinó el fluoruro en diferentes muestras de café y se obtuvieron unas concentraciones medias de fluoruro de 0.05 mg/kg en café Bellarom natural y de 0.12 mg/kg en café Bellarom descafeinado, ambos preparados con agua destilada (Hevia Loredo, 2022). Estas concentraciones son inferiores a las registradas en nuestro estudio (Tabla 3), lo que puede indicar un aumento en el contenido de fluoruro en el café que puede deberse a múltiples factores (origen del café, calidad del suelo de cultivo, agua de regadío, método aplicado para descafeinar el café, etc). Otro estudio realizado en el Área de Toxicología en el cual se estudió el contenido de fluoruro en café listo para beber se determinó que el café que presentaba menor concentración de flúor era el descafeinado (Alejandro-Vega et al., 2022). Esto pone de manifiesto la variabilidad de la concentración de este ion en el café, dado que el origen del mismo puede ser diferente y también se ha de tener en cuenta los procesos de eliminación de la cafeína.

#### *EVALUACIÓN DE LA INGESTA DIETÉTICA*

Para realizar la evaluación de la ingesta dietética se establecen raciones de 100, 200 y 300 mL de café preparado en cafetera. Se ha de tener en cuenta que se ha valorado el consumo de un único producto, que es el consumo de café y no el consumo global de fluoruro a través de otros elementos de la dieta.

En la Tabla 4 se representan los valores de la ingesta diaria estimada (IDE) para un adulto que consume 100, 200 o 300 mL de infusión según el tipo de café y el tipo de agua utilizada para su preparación.

Tabla 4. Ingesta diaria estimada (IDE) (mg/kg) media para un adulto que consume 100, 200 o 300 mL de café al día.

Tipo de café	Tipo de agua	IDE		
		100 mL	200 mL	300 mL
Con cafeína	De consumo humano	0,37	0,75	1,12
Descafeinado	De consumo humano	0,19	0,39	0,58
Con cafeína	Destilada	0,07	0,14	0,21
Descafeinado	Destilada	0,03	0,06	0,62

En esta tabla (Tabla 4) se puede observar que al preparar el café con agua de consumo humano la concentración de este elemento aumenta considerablemente cuando se usa agua destilada. Asimismo, el café con cafeína aporta mayor contenido de fluoruro que el descafeinado. No obstante, tras la evaluación del riesgo, el aumento del ion fluoruro no es suficiente para que se considere un riesgo para la salud en la población adulta. A continuación, se evaluará el riesgo a partir de los 7 años, ya que, aunque no es recomendable, hay niños que a esas edades consumen café, por lo que se debe evaluar también el riesgo para este grupo poblacional.

#### Escenario I: Ingesta de un café preparado en cafetera (100 mL/día)

Como se refleja en la Tabla 5, el porcentaje de contribución al UL según el tipo de agua y café (con cafeína y descafeinado) es bajo para una ración de 100 mL. Sin embargo, en el caso del grupo poblacional de niños de 7 a 8 años y de 9 a 14 años, el café preparado con agua de consumo humano y tipo de café con cafeína presentan valores significativos del 14,94% y 7,47% respectivamente, aunque no reflejan un riesgo para la salud, ya que, aunque son valores significativos, no están cercanos al 50% del valor de referencia.

Por otro lado, con respecto a la Tabla 6, el café preparado con agua de consumo, independientemente de la marca presenta un aporte similar, es decir no presentan diferencias significativas. Asimismo, se refleja un aporte significativo, pero sin riesgo en los niños de 7 y 8 años, 11,31% y 11,39% respectivamente, para ambas marcas, Hacendado y Bellarom utilizando agua de consumo humano para su preparación.

Tabla 5. Porcentajes de contribución al UL de fluoruros según el tipo de agua y el tipo de café para una ración de 100 mL de café.

	Intervalos de edad	UL (mg/día)	Agua Destilada Cafeína	Agua Destilada Descafeinado	Agua de Consumo humano Cafeína	Agua de Consumo humano Descafeinado
Niños	7-8 años	2,5	2,74	1,23	14,94	7,76
	9-10 años	5	1,37	0,61	7,47	3,88
	11-14 años					
Adolescentes	15-17 años	7	0,98	0,44	5,34	2,77
Adultos						
Mujer embarazada						
Mujer lactante	>18 años					

Tabla 6. Porcentajes de contribución al UL de fluoruros según el tipo de agua y marca para una ración de 100 mL de café.

	Intervalos de edad	UL (mg/día)	Agua Destilada Hacendado	Agua Destilada Bellarom	Agua de Consumo humano Hacendado	Agua de Consumo humano Bellarom
Niños	7-8 años	2,5	2,00	1,10	11,31	11,39
	9-10 años	5	1,00	0,55	5,66	5,70
	11-14 años					
Adolescentes	15-17 años	7	0,71	0,39	4,04	4,07
Adultos						
Mujer embarazada						
Mujer lactante	>18 años					



## Escenario II: Ingesta de un café preparado en cafetera (200 mL/día)

Como se aprecia en la Tabla 7, en cuanto a la ingesta de raciones de 200 mL de café preparado en cafetera los porcentajes aumentan, pero no lo suficiente para que exista riesgo toxicológico.

Referido al café molido natural con cafeína preparado con agua de consumo humano se observa que los niños de 7 y 8 años presentan los porcentajes más elevados para el caso de café preparado con agua de consumo humano y tipo de café con cafeína existe un porcentaje de contribución significativo (29,88%). También para el caso de los niños de 9-14 años y mayores de 15 años con valores de 14,94% y 10,67% respectivamente. Estos valores no suponen un riesgo para la salud, pero empieza a ser un porcentaje medianamente alto del total de la ingesta de fluoruro, pues puede verse muy incrementado cuando se considera la dieta global del individuo.

Por otro lado, en la Tabla 8 se puede apreciar como los porcentajes de contribución para ambas marcas preparados con agua de consumo humano son similares entre sí. El mayor aporte es para el grupo poblacional de 7 y 8 años con porcentajes de 22,62% y 22,79% respectivamente.

Tabla 7. Porcentajes de contribución al UL de fluoruros según el tipo de agua y el tipo de café para una ración de 200 mL de café.

	Intervalos de edad	UL (mg/día)	Agua Destilada Cafeína	Agua Destilada Descafeinado	Agua de Consumo humano Cafeína	Agua de Consumo humano Descafeinado
Niños	7-8 años	2,5	5,47	2,46	29,88	15,53
	9-10 años	5	2,74	1,23	14,94	7,76
	11-14 años					
Adolescentes	15-17 años	7	1,95	0,88	10,67	5,55
Adultos	>18 años					
Mujer embarazada						
Mujer lactante						

Tabla 8. Porcentajes de contribución al UL de fluoruros según el tipo de agua y marca para una ración de 200 mL de café.

	Intervalos de edad	UL (mg/día)	Agua Destilada Hacendado (%)	Agua Destilada Bellarom (%)	Agua de Consumo humano Hacendado (%)	Agua de Consumo humano Bellarom (%)
Niños	7-8 años	2,5	4,00	2,21	22,62	22,79
	9-10 años	5	2,00	1,10	11,31	11,39
	11-14 años					
Adolescentes	15-17 años	7	1,43	0,79	8,08	8,14
Adultos	>18 años					
Mujer embarazada						
Mujer lactante						

### Escenario III: Ingesta de un café preparado en cafetera (300 mL/día)

En la Tabla 9 se refleja la evaluación toxicológica efectuada para el consumo de 300 mL muestra que la ingesta de café preparado con agua de consumo humano y que contiene cafeína podría suponer un riesgo toxicológico para los niños de 7 y 8 años, ya que el valor del porcentaje de contribución es 44,82%. Este porcentaje se encuentra cerca del 50% por lo que se debe de tomar precauciones, debido a que como se ha nombrado anteriormente en este estudio solo se ha tenido en cuenta el aporte de fluoruro a través del consumo de café. Para el resto de los grupos poblacionales los aportes de fluoruro son significativos, pero no llegan a ser un riesgo para la salud. Sin embargo, debemos recordar que este aporte viene dado por solo un único elemento.

La Tabla 10 muestra que los valores para las marcas de Hacendado y Bellarom de café molido natural preparado con agua de consumo humano son similares y que, para ambas marcas, el grupo que podría estar en riesgo por ingesta elevada de fluoruro sería el de los niños de 7 y 8 años, con valores cercanos al 50%.

Tabla 9. Porcentajes de contribución al UL de fluoruros según el tipo de agua y el tipo de café para una ración de 300 mL de café

	Intervalos de edad	UL (mg/día)	Agua Destilada Cafeína	Agua Destilada Descafeinado	Agua de Consumo humano Cafeína	Agua de Consumo humano Descafeinado
Niños	7-8 años	2,5	8,21	3,69	44,82	23,29
	9-10 años	5	4,10	1,84	22,41	11,65
	11-14 años					
Adolescentes	15-17 años	7	2,93	1,32	16,01	8,32
Adultos	>18 años					
Mujer embarazada						
Mujer lactante						

Tabla 10. Porcentajes de contribución al UL de fluoruros según el tipo de agua y marca para una ración de 300 mL de café.

	Intervalos de edad	UL (mg/día)	Agua Destilada Hacendado (%)	Agua Destilada Bellarom (%)	Agua de Consumo humano Hacendado (%)	Agua de Consumo humano Bellarom (%)
Niños	7-8 años	2,5	6,00	3,31	33,93	34,18
	9-10 años	5	3,00	1,65	16,97	17,09
	11-14 años					
Adolescentes	15-17 años	7	2,14	1,18	12,12	12,21
Adultos	>18 años					
Mujer embarazada						
Mujer lactante						

### Recomendaciones de consumo

En cuanto al grupo poblacional de 7 y 8 años, la contribución dietética de fluoruro a través de una ración de 300 mL de café preparado con agua de consumo y con café molido natural con cafeína presenta un riesgo para la salud, además, la Academia Americana de Pediatría (AAP) desaconseja el consumo de cafeína para los niños, debido a los efectos

adversos que esta genera, tales como agitación, nerviosismo, ritmo cardíaco acelerado, etc.

Por otro lado, aunque para los grupos poblacionales de 9-14 años, estos valores de porcentajes de contribución de fluoruro no sean significativos, el problema deriva en los efectos adversos que otras sustancias presentes en el café generan. Se podría pensar en que esta población opte por el tipo de café descafeinado, sin embargo, el problema de esto deriva en el azúcar que se usa para endulzarlo, además de la carencia de valor nutricional significativo, por lo que no debería ser sustituto de la leche. En conclusión, no es recomendable este tipo de café en niños.

Para el resto de los grupos poblacionales mayores de 18 años, es recomendable que no preparen el café con agua de consumo humano, sobre todo de la zona metropolitana de Tenerife, que es la que ha sido estudiada en el presente trabajo y se insta a que opten por prepararlo con café molido natural descafeinado ya que aporta menor fluoruro que el que contiene cafeína.

## CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de fluoruro obtenidas de las diferentes muestras de café preparado en cafetera para su consumo, tanto elaborados con agua destilada y de consumo humano, diferentes tipos y marcas fueron determinadas mediante la técnica potenciométrica de ion selectivo de fluoruro.
2. Existen diferencias significativas entre las marcas estudiadas (Hacendado y Bellarom) en cuanto al contenido en fluoruro cuando el agua utilizada para la preparación de café es el agua destilada, sin embargo, cuando el agua es de consumo humano no existen diferencias significativas.
3. Se observa que existen diferencias significativas entre el contenido de fluoruro del café preparado con agua destilada y el preparado con agua de consumo humano de la zona metropolitana de la isla de Tenerife, lo que demuestra que el aporte de fluoruro proviene del agua que se utiliza para su preparación, siendo el café molido natural con cafeína preparado con este agua el que registra mayor concentración de fluoruro ( $3,74 \pm 1,21$  mg/L).
4. La evaluación del riesgo tóxico muestra que la ingesta de raciones de 100 y 200 mL de café por parte de los diferentes grupos poblacionales no supone un riesgo para la salud en cuanto al contenido de fluoruro se refiere. Sin embargo, cuando

se consumen 300 mL de café preparado con el agua de abastecimiento de la zona metropolitana de la isla de Tenerife, especialmente en el caso del café molido natural con cafeína, sí podría existir un riesgo para niños de 7 – 8 años de edad, que no es frecuente que consuman café.

5. Se encontraron diferencias significativas entre el café que contiene cafeína y el descafeinado lo que demuestra que el proceso de obtención y preparación del café influye en el contenido de fluoruro en el producto final, entre otros posibles factores.
6. Se recomienda a los consumidores asiduos de café que eviten el agua de consumo humano de la zona del área metropolitana para su preparación y en su lugar, usar agua embotellada o procedente de filtros de ósmosis.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agalakova, N. I., & Nadei, O. V. (2020). Inorganic fluoride and functions of brain. *Critical Reviews in Toxicology*, 50(1), 28-46.
2. EFSA (European Food Safety Authority). Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). (2013). Scientific opinion on dietary reference values for fluoride. *EFSA Journal*, 11(8), 3332, 1-46.
3. Grandjean, P. (2019). Developmental fluoride neurotoxicity: an updated review. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 18(1), 1-17.
4. Grandjean, P., Hu, H., Till, C., Green, R., Bashash, M., Flora, D., Tellez- Rojo, M. M., Song, P., X. K., Lanphear, B., & Budtz- Jorgensen, E. (2022). A Benchmark Dose Analysis for Maternal Pregnancy Urine- Fluoride and IQ in Children. *Risk analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 42(3), 439-449.
5. Hevia Loreda, D. (2022). ¿Es el café una fuente dietética de fluoruro? Trabajo de Fin de Grado, Grado en Farmacia, Universidad de La Laguna.
6. Jaúdenes- Marrero, J.R., Hardisson de la Torre, A., Gutiérrez Fernández, A.J., Rubio-Armendáriz, C., Revert- Gironés, C. (2015) Toxic risk assessment of fluoride presence in bottled water consumption in the Canary Islands. *Nutrición Hospitalaria*, 32(5), 2261-2268.
7. Jha, S. K., Mishra, V. K., Sharma, D. K., & Damodaran, T. (2011). Fluoride in the environment and its metabolism in humans. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 211, 121-142.

8. López- Luengo, M. T. (2003). Drogas con bases xánticas. *Offarm*, 22(4), 126-128.
9. McKight, P.E.; Najab, J. (2010). Kruskal-Wallis Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1, 1-10.
10. Myhrvold, N. ``coffee´´. *Encyclopedia Britannica*. Retrieved May 29, 2023, from <https://www.britannica.com/topic/coffee>. Accessed 29 May 2023.
11. Organización Mundial de la Salud. Retrieved 5 June 2023, from <https://www.who.int/es>
12. Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano. *Boletín Oficial del Estado*, 16, 1-28.
13. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. *Boletín Oficial del Estado*, 9 (Sec. I), 4253 – 4354.
14. Revelo- Mejía, I. A., Hardisson, A., Rubio, C., Gutiérrez, Á. J., & Paz, S. (2021). Dental fluorosis: the risk of misdiagnosis- a Review. *Biological Trace Element Research*, 199(5), 1762-1770.
15. Rivas-Gutiérrez, J., Huerta- Vega, L. (2003). Fluorosis dental: Metabolismo, distribución y absorción del fluoruro. *Revista ADM*, 62(6), 225-229.
16. Rodríguez, I., Burgos, A., Rubio, C., Gutiérrez, A. J., Paz, S., Rodrigues da Silva Júnior, F. M., Hardisson, A., & Revert, C. (2020). Human exposure to fluoride from tea (*Camellia sinensis*) in a volcanic region—Canary Islands, Spain. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(35), 43917– 43928.
17. Rodríguez, I., Jaudenes, J. R., Hardisson, A., Paz, S., Rubio, C., Gutiérrez, A. J., Burgos, A., & Revert, C. (2018). Correction to: Potentiometric Determination of Fluoride Concentration in Beers. *Biological Trace Element Research*, 181(1), 178-183.
18. Rubio, C., Rodríguez, I., Jáudenes, J.R., Gutiérrez, A. J., Paz, S., Burgos, A., Hardisson, A., Revert, C. (2020). Fluoride levels in supply water from a volcanic area in the Macaronesia region. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), 11587-11595.
19. Valdez- Jiménez, L., Soria- Fregozo, C., Miranda- Beltrán, M. L., Gutiérrez- Coronado, O., & Pérez- Vega, M. I. (2011). Efectos del flúor sobre el sistema nervioso central. *Neurología*, 26(5), 297-300.
20. Wolska, J., Janda, K., Jakubczyk, K., Szymkowiak, M., Chlubek, D., & Gutowska, I. (2017). Levels of Antioxidant Activity and Fluoride Content in Coffee Infusions of

Arabica, Robusta and Green Coffee Beans in According to their Brewing Methods.  
Biological Trace Elements Research, 179(2), 327-333.