

ANÁLISIS DE NITRATOS Y FLUORUROS EN BEBIDAS DEPORTIVAS

Grado en Farmacia

Curso 2023/2024



Alejandro Pérez González

Alu0101324159@ull.edu.es

Tutor: Ángel J. Gutiérrez

Cotutor: Samuel Alejandro

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS	8
MATERIAL Y MÉTODOS	8
Determinación de Fluoruro	8
Determinación de Nitratos	9
Análisis estadístico	9
Evaluación de la exposición y caracterización del riesgo	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
Concentración de fluoruros	10
Concentración de nitratos	10
EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	12
CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	13
CONCLUSIONES	14
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

DATOS REFERIDOS A LA MEMORIA

Número de páginas de la memoria	18
Número de palabras totales de la memoria sin contar resumen, abstract, pie de tablas o figuras y referencias.	3512
Número de palabras del resumen	245
Número de palabras del abstract	229

RESUMEN

Las exposiciones altas a flúor pueden provocar efectos adversos como fluorosis dental y ósea, problemas endocrinos y cognitivos entre otros y en el caso de los nitratos, una alta exposición está relacionada con cáncer (formación de N-nitroso compuestos) y metahemoglobinemia. El agua, los extractos vegetales y el té son la principal fuente dietética de fluoruros y el agua, frutas y verduras son la principal fuente de nitratos, aunque también se han detectado concentraciones significativas en bebidas deportivas. Se analizaron un total de 50 muestras de bebidas deportivas (10 Iso On, 10 Powerade, 10 Aquarius, 10 Iso Drink y 10 Gatorade) mediante potenciometría selectiva de ion flúor y espectrofotometría UV para nitratos. Se estimó un consumo de 500 mL y 300 mL en las bebidas azules y naranjas respectivamente para la evaluación de la exposición y la posterior evaluación del riesgo de flúor y nitratos por el consumo de bebidas deportivas. La concentración de flúor fue prácticamente inapreciable en todas y la concentración más alta de nitratos se encontró en la marca Aquarius (125.2 ± 15.84 mg/L), seguida de Powerade (105.1 ± 15.90 mg/L) y Gatorade (62.40 ± 9.44 mg/L). Las concentraciones más bajas se encontraron en la marca Iso Drink (0 mg/L) e Iso On (57.82 ± 4.6 mg/L). La contribución de nitratos por parte de estas bebidas, considerando los valores de referencia de ADI (Ingesta Diaria Admisible) establecidos por la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria), oscilaron entre el 11.16% y el 284%, dependiendo del grupo de edad y la marca.

ABSTRACT

High exposures to fluoride can lead to adverse effects such as dental and skeletal fluorosis, endocrine problems, and cognitive issues, among others. In the case of nitrates, high exposure is associated with cancer (formation of N-nitroso compounds) and methemoglobinemia. Water, plant extracts, and tea are the main dietary sources of fluorides, while water, fruits, and vegetables are the main sources of nitrates, although significant concentrations have also been detected in sports drinks. A total of 50 samples of sports drinks (10 Iso On, 10 Powerade, 10 Aquarius, 10 Iso Drink, and 10 Gatorade) were analyzed using fluoride ion-selective potentiometry and UV spectrophotometry for nitrates. Consumption of 500 mL and 300 mL was estimated for blue and orange drinks, respectively, for exposure assessment and subsequent evaluation of fluoride and nitrate risks from sports drink consumption. The fluoride concentration was practically negligible in all samples, and the highest nitrate concentration was found in the Aquarius brand (125.2 ± 15.84 mg/L), followed by Powerade (105.1 ± 15.90 mg/L) and Gatorade (62.40 ± 9.44 mg/L), with the lowest concentrations found in the Iso Drink brand (0 mg/L) and Iso On (57.82 ± 4.6 mg/L). The contribution of nitrates from these beverages, considering the reference values of ADI (Acceptable Daily Intake) established by the EFSA (European Food Safety Authority), ranges from 11.16% to 284%, depending on age group and brand.

Keywords: Fluoride, Nitrates, Sports drinks, Potentiometry, UV spectrophotometry, Risk assessment, Toxic risk.

INTRODUCCIÓN

Según el Real Decreto 1412/2018 por el que se regula el procedimiento de comunicación de puesta en el mercado de los alimentos para grupos específicos de población, las bebidas deportivas se consideran dentro del grupo de preparados alimenticios para regímenes dietéticos y/o especiales y de manera específica en el epígrafe de alimentos adaptados a un intenso desgaste muscular, sobre todo para deportistas pero es muy importante saber distinguir las bebidas para deportistas o rehidratantes, de las bebidas energéticas y de las bebidas recuperadoras y es que las bebidas para deportistas, presentan una composición específica para conseguir una rápida absorción de agua y electrolitos, y prevenir la fatiga y estas pueden ser isotónicas, hipotónicas o hipertónicas [1,29].

Debido al aumento del consumo y al fácil acceso a de este tipo de bebidas, cada vez son más los estudios sobre la composición de este tipo de bebidas, pero muy pocos los que realizan una evaluación toxicológica de iones como fluoruros o nitratos con el fin de regular el consumo de las mismas [2,3,5].

Las bebidas deportivas se incluyen dentro del concepto de bebidas refrescantes debido a que según el informe presentado en junio de 2016 ante el Parlamento y Consejo Europeo sobre los alimentos destinados a deportistas se concluyó que este tipo de bebidas no requieren una legislación específica.

Por otro lado, las bebidas refrescantes según lo define el Real Decreto 650/2011 del 9 de mayo, son "*bebidas refrescantes, carbonatadas o no, preparadas con agua para consumo humano, aguas preparadas, aguas minerales naturales o aguas de manantial, que contengan uno o más de los siguientes ingredientes: dióxido de carbono, azúcares, ..., saborizantes u otros ingredientes alimenticios*". Dado que su principal componente es el agua, éstas pueden contener concentraciones importantes de fluoruros y nitratos, siendo ésta la principal fuente dietética [2,4].

No se han detectado efectos adversos debido a la deficiencia de ingesta de flúor, por lo que organismos como la European Food Safety Authority (EFSA) no consideran este anión como un elemento esencial [6]. Sin embargo, el fluoruro es una hormetina, y como tal, su exposición puede presentar efectos positivos o negativos en función de cuán importante sea ésta [8].

Los fluoruros son absorbidos principalmente a través del tracto gastrointestinal, se distribuyen ampliamente en el organismo y tienden a acumularse en los huesos y dientes debido a su afinidad por el tejido mineralizado, aunque también se distribuye en otros tejidos y fluidos corporales, incluidos el plasma sanguíneo, los riñones y el hígado [7,9].

El metabolismo del fluoruro es limitado, ya que la mayoría del fluoruro absorbido se excreta sin cambios a través de los riñones en la orina. Una pequeña cantidad puede ser eliminada en la bilis y las heces y la principal vía de eliminación del fluoruro es a través de la orina. La tasa de eliminación renal de fluoruro es relativamente constante y depende de la tasa de filtración glomerular [7,9].

El fluoruro es conocido por su capacidad para fortalecer el esmalte dental (generando fluorohidroxiapatita) y prevenir la caries dental. También puede estimular la proliferación

de osteoblastos, mejorando la densidad mineral ósea y haciendo los huesos más resistentes a fracturas.

Por otro lado, la presencia de flúor en la saliva y en la superficie dental promueve la inhibición de diferentes mecanismos enzimáticos de las bacterias acidogénicas debido a la formación de ácido fluorhídrico que actúa como inhibidor enzimático [6, 9-12].

Con respecto a los efectos adversos derivados de una exposición excesiva al flúor podemos encontrar la fluorosis dental, que se manifiesta como manchas o decoloraciones en el esmalte dental, la fluorosis ósea que puede llevar a un aumento en la densidad ósea, la calcificación de ligamentos y cartílagos, cambios en la estructura ósea y en casos graves, puede causar rigidez articular, dolor óseo y deformidades esqueléticas.

También encontramos la interferencia del flúor con enzimas y procesos celulares (como la enolasa), efectos adversos en el sistema endocrino, como una actividad excesiva de la glándula paratiroides, así como un aumento en la actividad de la fosfatasa alcalina y la calcineurina y, por último, dosis muy altas de fluoruro puede dar lugar a toxicidad aguda causando síntomas como náuseas, vómitos, dolor abdominal, convulsiones e incluso problemas cardíacos [10-13].

En cuanto a los nitratos y nitritos, la mayor fuente de sobreexposición de la población general es la ingestión de agua y alimentos que contienen nitrato y/o nitrito. El nitrato y el nitrito pueden ser incorporados por las plantas, especialmente las verduras de hojas grandes, tales como la lechuga y la espinaca y las raíces de betarragas. Las verduras representan cerca del 80% del nitrato aportado en la dieta y a esto habría que sumarle, en el caso de que las consuman, el nitrato que aportan las bebidas deportivas y otras posibles fuentes dietéticas, como el agua de abasto [3,5,14,30].

La absorción es relativamente rápida y ocurre principalmente en el tracto gastrointestinal, una vez absorbidos, los nitratos se distribuyen rápidamente por todo el organismo a través del torrente sanguíneo. Este anión tiene una alta biodisponibilidad y alcanzan varios tejidos y órganos, incluyendo el músculo cardíaco, el músculo esquelético y otros tejidos vasculares. Los nitratos se acumulan principalmente en los tejidos donde se produce la conversión en óxido nítrico (NO), que es el compuesto activo responsable de los efectos vasodilatadores.

Son metabolizados principalmente en el hígado donde experimentan una reducción enzimática por parte de la enzima denominada "alcohol deshidrogenasa mitocondrial", lo que resulta en la formación de óxido nítrico (NO) o metabolitos inactivos como el nitrito y el nitrato y estos metabolitos son eliminados principalmente a través de los riñones en forma de orina. La eliminación renal es importante para mantener los niveles adecuados de nitratos en el cuerpo y prevenir la acumulación excesiva de estos compuestos. Los nitratos tienen varios efectos en el organismo debido a su capacidad para producir óxido nítrico (NO) [14-17].

Desde los años 80 se identifica al óxido nítrico (NO), como el "factor de relajación derivado del endotelio" dando paso a la investigación continua de su síntesis, función y regulación. En el sistema cardiovascular, el NO regula varios procesos, como el tono vascular, la función cardíaca, la agregación plaquetaria y la permeabilidad vascular. Estos efectos inducidos por el NO son mediados a nivel celular por dos mecanismos

principales: la generación del segundo mensajero guanosina monofosfato cíclico 3'5' (GMPc) a partir de guanosina trifosfato (GTP) por activación de la enzima guanilato ciclasa, y por acción directa del NO sobre proteínas a través de mecanismos redox [14-17].

En general, las enfermedades cardiovasculares se asocian a una disminución de la producción de NO a través de la ruta de la L-arginina. De allí que la restauración de la producción de NO aparece como una estrategia interesante para el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares [15].

Varios ensayos clínicos han mostrado que una dieta rica en frutas y verduras reduce la presión arterial y los eventos cardiovasculares debido a que algunos vegetales como la lechuga o la espinaca tienen un alto contenido de nitrato inorgánico, por lo que es posible que el contenido de estos iones contribuya a ejercer parte de los efectos benéficos de esta dieta. Sin embargo, los nitratos contenidos en los alimentos han sido considerados potencialmente peligrosos para la salud y se ha sugerido su asociación con el cáncer, particularmente de estómago y colon. Esto deriva de la formación endógena de N-nitroso-compuestos, los que podrían tener efectos cancerígenos y un ejemplo de estos compuestos son las nitrosaminas y nitrosamidas [14,19,20,26].

En resumen, los nitratos en el organismo darán lugar principalmente a vasodilatación de los vasos sanguíneos, especialmente las venas. Los nitratos se convierten en óxido nítrico (NO) en el cuerpo, y el NO actúa relajando el músculo liso de las paredes de los vasos sanguíneos, lo que resulta en una dilatación de las venas y esta vasodilatación reduce la carga de trabajo del corazón al disminuir la resistencia vascular periférica y mejorar el retorno venoso al corazón [14,15,18].

Una reducción de la precarga que a su vez reduce el llenado ventricular y la presión dentro de las cavidades cardíacas, lo que disminuye la demanda de oxígeno del miocardio. Una mejora del flujo sanguíneo coronario aumentando el suministro de oxígeno con su consecuente efecto anti isquémico y con respecto al ámbito de las bebidas deportivas el óxido nítrico mejora la eficacia de la contracción muscular y la producción de energía y aumenta el flujo sanguíneo a los músculos que lo necesitan, lo que puede reducir hasta en un 20% el tiempo de agotamiento. También se ha demostrado que los nitratos mejoran el tiempo de reacción al mantener la función cognitiva al final del ejercicio [15,18].

Los deportistas que gastan menos energía y utilizan menos oxígeno con una carga de trabajo elevada tienen más probabilidades de rendir mejor. La suplementación con productos de nutrición deportiva ricos en nitratos puede tener un impacto directo en la eficiencia del ejercicio, pero, si bien el consumo de las cantidades de nitratos actualmente permitidas por la legislación en los alimentos no parece tener ninguna repercusión sobre la salud de los consumidores, un consumo excesivo y continuado en el tiempo, en aras de buscar un mejor rendimiento deportivo, sí podría tener consecuencias negativas como puede ser la metahemoglobinemia y como nombramos anteriormente un consumo excesivo y continuado también puede generar carcinogénesis y efectos secundarios como hipotensión, dolor de cabeza, taquicardia refleja en respuesta a la vasodilatación, reacciones con medicamentos como los inhibidores de la fosfodiesterasa 5, entre otras [18-20].

Los bebés y niños de corta edad que ingieren altas concentraciones de nitratos en la dieta pueden sobrepasar fácilmente la cifra máxima de nitratos por kg p.c. y cualquier adulto que consuma de manera habitual estas bebidas deportivas combinándolas con una dieta

rica en frutas y verduras también podría sobrepasar fácilmente esta cifra, de ahí la importancia que tiene analizar la cantidad de nitratos y fluoruros en las bebidas deportivas y analizar el impacto que estas pueden tener sobre la salud pública [19,21].

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

1. Determinar la concentración tanto de nitratos como de fluoruros en bebidas deportivas
2. Evaluar la exposición a estas sustancias a través de las bebidas deportivas.
3. Caracterizar el riesgo a fluoruro y nitratos por el consumo de estas bebidas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron un total de 50 muestras de bebidas deportivas, 20 de naranja (40%) y 30 con sabor inespecífico (60%) que son las conocidas como bebidas azules, y diferente marca (ISO ON, Powerade, Aquarius, Iso Drink y Gatorade). Es importante destacar que las bebidas se adquirieron en distintas superficies comerciales de la isla de Tenerife y todas pertenecen a la categoría bebida refrescante aromatizada y se elaboraron en España (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de las muestras estudiadas.

Marca	ISO ON	Powerade	Gatorade	Iso Drink	Aquarius
Nº Muestras	10	10	10	10	10
Sabor	Inespecífico	Inespecífico	Inespecífico	Naranja	Naranja
% Sabor	60%			40%	
% Muestras	20%	20%	20%	20%	20%
Elaboración	Valencia	Madrid	Vitoria	Valencia	Madrid

Determinación de Fluoruro

La determinación de fluoruro se realizó mediante potenciometría selectiva de ion fluoruro utilizando el potenciómetro HACH SensION-MM340 (HACH, Düsseldorf, Alemania) y el electrodo selectivo de ion fluoruro HACH ISE F-9655C (HACH, Düsseldorf, Alemania). Los parámetros instrumentales son los siguientes: rango de medición (0.01–19000 mg/L), rango de pH (4–8), rango lineal (0.1–19.000 mg/L), pendiente (59 mV/pF), temperatura de trabajo (5–50°C) e interferencias posibles, eliminadas con la solución de acondicionamiento (Fe^{3+} y Al^{3+}).

Para esta determinación, fue necesario utilizar ácido ortofosfórico 0.75 M como solución acondicionadora [22], preparado a partir de ácido ortofosfórico concentrado al 85% (Honeywell-Fluka, Alemania). También se preparó una curva de calibración para fluoruro (10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} M) en la solución de acondicionamiento mediante el método de diluciones seriadas a partir de NaF de pureza analítica (Merck, Alemania).

Se tomaron tres alícuotas de cada muestra, en recipientes de plástico con una proporción de 25:5 mL de muestra/solución acondicionadora. Analizándose cada alícuota por triplicado.

Determinación de Nitratos

La determinación de nitratos se realizó mediante espectrofotometría a dos longitudes de onda, a 220 nm para obtener la absorbancia correspondiente a los nitratos más la materia orgánica y a 275 nm para obtener la absorbancia correspondiente únicamente a la materia orgánica y así poder obtener por diferencia de ambas la absorbancia correspondiente a los nitratos mediante la fórmula $Abs\ 220\ nm - 2Abs\ 275\ nm$. La espectrofotometría se realizó con el Spectrophotometer VWR modelo UV-3100PC [23].

Se realizó una curva de calibrado de 6 puntos (0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm y 30 ppm) sin contar con el origen. Para ello tuvimos que secar previamente nitrato sódico al 99% de pureza (Sigmaaldrich, Alemania) en estufa durante 24 horas y preparar una disolución madre de 100mg/L. También fue necesario realizar una disolución de HCl 1N para liberar al nitrato de los iones potasio.

Se tomaron 3 alícuotas de 8:1 mL de muestra:HCl 1N, sin embargo, dado que la concentración de las muestras superaban a la del punto de mayor concentración de la recta, éstas se diluyeron tal que 2:6:1 mL de muestra: agua: HCl 1N para las bebidas azules y 1:7:1 mL de muestra: agua: HCl 1N para las bebidas de sabor naranja. Cada una de las alícuotas se analizó por triplicado en el espectrofotómetro (a ambas longitudes de onda) y tras realizar el reajuste 8:1 mL de muestra: HCl 1N calculamos la concentración de nitratos.

Análisis estadístico

El estudio estadístico se ha llevado a cabo usando el programa GraphPad Prism 10.2.2 (California, USA) para Windows™.

Se realizó el estudio de la normalidad de los datos aplicando los siguientes test: D'Agostino & Pearson, Anderson-Darling, Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov. Aunque el conjunto de los datos superó la mayoría de los test de normalidad, finalmente, no superaron el test Kolmogorov-Smirnov. Dado que los resultados no siguen una distribución normal, se procede a aplicar test no paramétricos para la determinación de posibles diferencias significativas, en concreto, se aplica el test no paramétrico de Mann-Whitney de dos colas (two-tailed). Se considera diferencia significativa valores de $p < 0.05$.

Evaluación de la exposición y caracterización del riesgo

La evaluación de la exposición dietética se basó en obtener la ingesta diaria estimada, IDE (Ecuación 1), y su posterior comparación con los valores de referencia de la EFSA, a través de la contribución porcentual (Ecuación 2), a Nivel de Ingesta Máxima Tolerable (UL, por sus siglas en inglés) y en el caso de nitratos el valor de referencia es la Ingesta Diaria Admisible (ADI por sus siglas en inglés). Es importante destacar que la ración estimada para las bebidas sabor naranja fue de 0.3 L y para las bebidas azules (sabor inespecífico) fue de 0.5 L.

$$\text{IDE} = \text{Concentración de fluoruro (mg/L)} \times \text{Consumo diario (L/día)}$$

Ecuación 1: Cálculo de la Ingesta Diaria Estimada (IDE).

$$\% \text{ Contribución} = \left(\frac{\text{IDE (mg/día)}}{\text{Valor de referencia (mg/día)}} \right) \times 100$$

Ecuación 2: Cálculo del porcentaje de Contribución (%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de fluoruros

Las concentraciones de fluoruro encontradas son inferiores al límite de cuantificación del método en todas las marcas, por lo que es muy probable que el agua con el que se preparan posea una escasa concentración de flúor, pero no se puede descartar que se trate de aguas potables preparadas o incluso que se parta de agua destilada [24]. Como la concentración de fluoruros es prácticamente irrelevante, no será necesario realizar una evaluación de la exposición ni la caracterización del riesgo de fluoruros (Tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones de fluoruro en función de las marcas.

Marca	ISO ON	Powerade	Gatorade	Iso Drink	Aquarius
Nº Muestras	10	10	10	10	10
[Flúor] M (media)	0	0	0	0	0
[Flúor] mg/L (media)	0.10	0.04	0.02	0.01	0.02
LOQ	20%	20%	20%	20%	20%

Concentración de nitratos

Por otro lado, si analizamos las concentraciones con respecto al nivel de nitratos, todas las marcas menos la Iso Drink se encuentran por encima del nivel máximo de nitratos en aguas de consumo que es de 50 mg/L [25]. La marca Aquarius es la que más nitratos tiene con una media de 125.2 mg/L y la marca que menos nitratos presenta después de Iso Drink (0 mg/L) es Iso On con una media de 57.8 mg/L, seguido de Gatorade (62.4 mg/L) y Powerade (105.1 mg/L) (Tabla 3 y Gráfico 1).

Tabla 3. Concentraciones de nitratos en función de las marcas.

MARCA	ISO ON (1)	POWERADE(2)	AQUARIUS(3)	ISO DRINK(4)	GATORADE(5)
-------	---------------	-------------	-------------	-----------------	-------------

Número de muestras	10	10	10	10	10
Mínimo	55.00	95.60	119.0	0.000	59.20
Máximo	59.60	111.5	134.9	0.000	68.64
Rango	4.600	15.90	15.84	0.000	9.440
Media	57.82	105.1	125.2	0.000	62.40
Desviación Estándar	1.622	4.905	5.230	0.000	2.954
Error estándar de la media	0.5129	1.551	1.654	0.000	0.9342

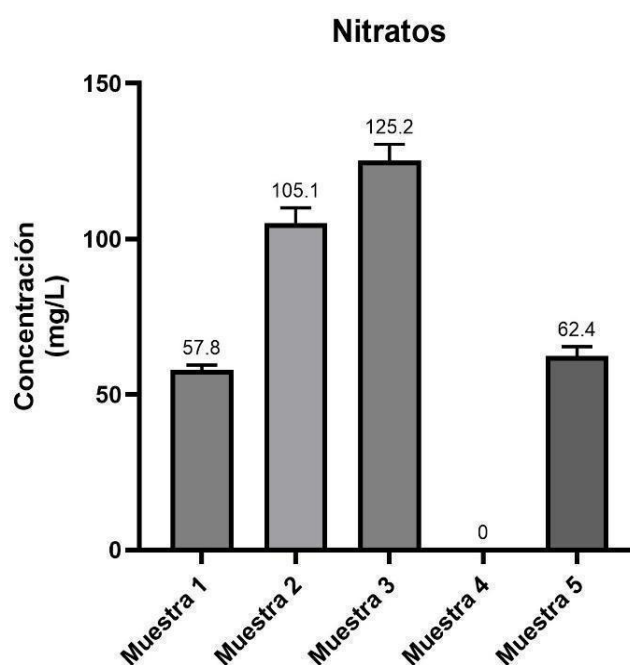


Gráfico 1. Concentraciones medias de nitratos en función de las marcas

Se verificó la existencia de diferencias significativas con un valor de $p < 0.0001$ entre todas las muestras analizadas, con la excepción de la Muestra 4 (Iso Drink), cuyos resultados fueron menores al límite de cuantificación del método.

Las diferencias en la concentración de nitratos de unas marcas con respecto a otras se pueden deber a la diferencia en la composición de cada una de las marcas e incluso al agua con la que son elaboradas, ya que como mencionamos anteriormente, estas bebidas no tienen una legislación específica (Tabla 4).

Tabla 4. Composición detallada de cada marca.

MARCA	COMPOSICIÓN DETALLADA
ISO ON	Agua, azúcar, acidulante (ácido cítrico), corrector de acidez (E331), estabilizantes (E414, E445), aromas, edulcorantes (acesulfamo k, sucralosa), colorante (E133).
POWERADE	Agua, azúcar, correctores de acidez: ácido cítrico y citratos de sodio, aromas, estabilizantes: E-414 y E-445, edulcorantes: E-950 y E-955, colorante E-104, vitamina B6
AQUARIUS	Agua, acidulante ácido cítrico, estabilizantes: E-576, E-414 y E-445, potenciadores del sabor: cloruro sódico, fosfato potásico y fosfato cálcico, edulcorantes: acesulfamo K, sucralosa y aspartamo, *sales minerales: gluconato de zinc y seleniato de sodio y aromas.
ISO DRINK	azúcar, agua, ácido cítrico, ácido málico, cloruro sódico, fosfato potásico, fosfato cálcico, citrato sódico, ácido ascórbico, gluconato de zinc, sucralosa, acesulfamo y colorante
GATORADE	Agua, azúcar, maltodextrina, acidulante: ácido cítrico, sales minerales (cloruro de sodio, citrato de sodio), estabilizantes: E-414 y E-445, fosfato de potasio, óxido de magnesio, aroma, edulcorantes: sucralosa, acesulfamo K, colorante: E-133.

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Con respecto a la ingesta diaria estimada tomando como referencia una lata de 300 mL de Aquarius e Iso Drink y una botella de 500 mL de las bebidas azules (Iso On, Powerade y Gatorade) se observa que la marca que más nitratos aporta diariamente sería la marca Powerade y la marca que menos aporta sería la marca Iso Drink seguida de la marca Iso On (Tabla 5).

Tabla 5. Ingestas Diarias Estimadas (IDE).

	ISO ON	POWERADE	AQUARIUS	ISO DRINK	GATORADE
IDE (mg/día)	28.738	47.78	39.744	0	31.96
	29.824	52.32	40.464	0	34.32
	29.723	54.52	37.2	0	30.2
	28.753	53.08	36.24	0	32.02
	29.34	49.7	35.712	0	32.3
	27.493	55.76	38.136	0	29.9
	27.702	50.7	37.488	0	29.6
	28.79	53.58	36.528	0	31.3
	29.801	54.38	37.992	0	30.5
	28.947	53.58	36.12	0	29.9

CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Según grupos de edad, de 10 a 14 años estas bebidas aportan un 18-32% aproximadamente de la ingesta diaria admisible (IDA) en función de la marca (Tabla 6), que teniendo en cuenta el consumo de nitratos aportados por otros alimentos, podríamos sobrepasar esta ingesta admisible de manera fácil pudiendo generar efectos secundarios tóxicos, ya que determinadas frutas, verduras y hortalizas tienen un alto contenido en nitratos como, por ejemplo, la rúcula, espinacas, canónigos o la lechuga que nos aportan aproximadamente 2000mg NO³/kg, las acelgas, remolacha, el apio y la col 1500mg/kg y también alimentos de aporte medio/bajo de nitratos en los que encontramos las papas, el tomate, la cebolla, el calabacín, la zanahoria y la calabaza que pueden aportar desde 50mg/kg los tomates hasta 800mg/kg [14].

Tabla 6. Porcentaje de contribución a la Ingesta Diaria Admisible (IDA) en función de la marca.

Población objetivo	EDAD	B.W. (kg)	ADI (mg/día)	% IDA				
				Iso On	Powerade	Aquarius	Iso Drink	Gatorade
Infantes	6 – 12 meses	5	18.5	156.28	284.00	203.04	0	168.65
Niños/as	1 -3 años	12	44.4	65.12	118.33	84.60	0	70.27
Niños/as	3 – 10 años	23.1	85.47	33.83	61.47	43.95	0	36.50
Adolescentes	10–14 años	43.4	160.58	18.00	32.72	23.39	0	19.43
Adolescentes	14-18 años	61,3	226.81	12.75	23.16	16.56	0	13.76
Adultos	>18 años	70	259	11.16	20.29	14.50	0	12.05

Con respecto a la Tabla 7 se observa el porcentaje de contribución con respecto a la IDA en función del sabor y tanto las bebidas de sabor naranja como las bebidas azules (sabor inespecífico) contribuyen de forma similar.

Tabla 7. Porcentaje de contribución a la Ingesta Diaria Admisible (IDA) en función del sabor.

Población objetivo	EDAD	B.W. (kg)	IDA (mg/día)	% IDA	
				Naranja	Inespecífico
Infantes	6 – 12 meses	5	18.5	203.04	202.98
Niños/as	1 -3 años	12	44.4	84.60	84.57

Niños/as	3 – 10 años	23.1	85.47	43.95	43.93
Adolescentes	10–14 años	43.4	160.58	23.39	23.38
Adolescentes	14-18 años	61.3	226.81	16.56	16.56
Adultos	>18 años	70	259	14.50	14.50

Como es ampliamente conocido, la mayoría de marcas de bebidas para deportistas tienen como principales consumidores a los adolescentes (>14 años) y adultos que suelen hacer deporte de manera habitual [3,5] y el etiquetado de las mismas lo refleja con frases como: “bebidas para deportistas” o “las soluciones electrolíticas a base de hidratos de carbono contribuyen a mantener el nivel de resistencia en ejercicios que requieren una resistencia prolongada”, por lo que se puede afirmar que en el caso de deportistas de élite, personas que realicen ejercicio físico a un nivel más alto de lo normal o personas que realicen deporte de manera habitual estas bebidas no supondrían un riesgo importante para su salud, ya que los nitratos en estas situaciones ayudan en gran medida al deportista siempre y cuando se encuentre en la adolescencia o en la edad adulta [15,18,28].

En rangos de menor edad, observamos que el porcentaje de nitratos que aportan estas bebidas con respecto a la IDA aumenta de manera considerable, lo que no es preocupante en el caso de las famosas “bebidas azules” debido a su bajo consumo a estas edades, sin embargo, podría suponer un claro riesgo la marca de bebida Aquarius, ya que a diferencia de las bebidas azules, en su etiquetado no consta ninguna mención de su uso exclusivo o recomendable por parte de deportistas, y es una bebida que suele ser empleada en casos de diarrea o procesos eméticos continuados en niños de muy corta edad para “hidratar”[27].

Siendo ésta una afirmación errónea por su baja cantidad de potasio, principal electrolito de interés en el proceso de rehidratación, sino que además se estaría aportando casi el 50% de la IDA con una sola ración (300 mL), la cual suele superarse llegando a dos o tres raciones de Aquarius (600-900 mL). Estos porcentajes de contribución no tienen en cuenta el aporte del resto de la alimentación pudiendo generar una toxicidad grave por nitratos sin mucha dificultad[28].

Por último, es importante destacar que estas bebidas también se consumen por su sabor y en ámbitos no deportivos por un grupo considerable de personas, lo que supone un aumento del riesgo toxicológico, ya que estarían ingiriendo concentraciones altas de nitratos sin necesidad fisiológica como sí se haría en un ámbito deportivo (recuperación de la fatiga, aumento del rendimiento...), es por ello por lo que se debería regular su consumo [5,14].

CONCLUSIONES

- 1) La concentración de nitratos en las bebidas para deportistas es elevada en comparación con el nivel máximo permitido en aguas de consumo que es de 50 mg/L, respecto a la concentración de fluoruros estas bebidas no suponen ningún riesgo, ya que la concentración es prácticamente nula.
- 2) La ingesta estimada de nitratos aportada por estas bebidas es elevada pero no supone ningún riesgo o preocupación si restringimos la ingesta estimada

solamente a las bebidas para deportistas, sin tener en cuenta el resto de los alimentos que aportan nitratos en la dieta y siempre que nos refiramos a la población adulta o adolescente, ya que a rangos inferiores de edad, la ingesta estimada sí que podría suponer un riesgo.

- 3) Con respecto a los fluoruros no ha existido necesidad de realizar una caracterización un riesgo de sobreexposición a este anión por el consumo de estas bebidas.
- 4) Las bebidas deportivas son de gran ayuda en el ámbito deportivo para la mejora del rendimiento y la recuperación de la fatiga gracias a su alta concentración de nitratos, pero cuando estas se consumen fuera de este entorno se convierten en un riesgo para la salud, ya que aportan un porcentaje considerable de la IDA que varía en función de la marca. El riesgo aumenta considerablemente por debajo de los 14 años y también aumenta con la cantidad ingerida, ya que en muchas ocasiones se sobrepasan las raciones estimadas en este análisis, es por ello por lo que se debería regular el consumo de las mismas en el caso de los no deportistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOE-A-2018-17776 Real Decreto 1412/2018, de 3 de diciembre, por el que se regula el procedimiento de comunicación de puesta en el mercado de los alimentos para grupos específicos de población [Internet]. Boe.es. [citado el 23 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2018-17776>
2. Aesan - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición [Internet]. Gob.es. [citado el 23 de abril de 2024]. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/alimentos_fuera_reglamento_609_2013.htm
3. Cruz Muñoz V, Urquizu Rovira M, Valls Ibañez V, Manresa Domínguez JM, Ruiz Blanco G, Urquizu Rovira M, et al. Consumo de bebidas refrescantes, deportivas y energéticas en adolescentes. Estudio BEENIS. An Pediatr (Barc) [Internet]. 2020;93(4):242–50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.01.004>
4. BOE-A-2011-8687 Real Decreto 650/2011, de 9 de mayo, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria en materia de bebidas refrescantes [Internet]. Boe.es. [citado el 23 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.boe.es/bus>
5. Últimos datos de consumo alimentario [Internet]. Gob.es. [citado el 23 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/car/doc.php?id=BOE-A-2011-8687>
6. EFSA (2013) Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fluoride. EFSA Panel Diet Prod Nut Allergies (NDA) 11:3332
7. Rocha Barrasa RA, Devesa i Pérez V, Vélez Pacios D (2013) Fluoruro en alimentos: contenidos, bioaccesibilidad y absorción por el epitelio intestinal. Doctoral Dissertation, Universitat Politècnica de València, Spain.
8. World Health Organization (2017) Guidelines for Drinking-water Quality. Switzerland, WHO Library Cataloguing
9. ADA Position of the American Dietetic Association (2005) The Impact of Fluoride on Health. J Am Diet Assoc 105:1620–1628
10. Revelo-Mejía IA, Hardisson A, Rubio C, Gutiérrez ÁJ, Paz S (2021) Dental Fluorosis: the Risk of Misdiagnosis—a Review. Biol Trace Elem Res 199:1762–1770. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02296-4>
11. Opydo-Szymaczek J, Ogińska M, Wyrwas B (2021) Fluoride exposure and factors affecting dental caries in preschool children living in two areas with different natural levels of fluorides. J Trace Elem Med Biol 65:126726. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126726>. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0946672X2100016X>

12. Singh A, Singh J (2021) Chapter 1-Efects on human health due to fluoride. In: Hadi Dehghani M, Karri R, Lima E (eds) Green technologies for the defluoridation of water. Elsevier, Amsterdam, pp 1–16
13. Miller FY, Campus G, Giuliana G, Piscopo MR, Pizzo G (2012) Topical Fluoride for Preventing Dental Caries in Children and Adolescents. *Curr Pharm Des* 18:5532–5541
14. Londoño Pereira M, Gómez Ramírez BD. Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. 2020. [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/25323/1/Londo%C3%B1o%20Mateo%202020%20NitratosNitritosDobleCara.pdf>
15. Moreno C B, Soto O K, González R D. El consumo de nitrato y su potencial efecto benéfico sobre la salud cardiovascular. *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2015 [citado el 24 de abril de 2024];42(2):199–205. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182015000200013&script=sci_arttext
16. Muscia Saez V. Consumo de óxido nítrico en deportistas. 2018. [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.umaza.edu.ar/bitstream/handle/00261/768/Tesina%20MUSCIA%20SAEZ%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
17. Acosta González OM. Óxido Nítrico: Reactividad, Propiedades y Biodisponibilidad. 2022. [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/29023/Oxido%20Nitrico%20Reactividad%20y%20Propiedades%20y%20Biodisponibilidad.pdf?sequence=1>
18. Cañamero Casanova AD, Guerra Bautista KJ. Beneficio del consumo de nitratos inorgánicos en los niveles de presión arterial posterior al ejercicio físico en adultos mayores con valores elevados de presión arterial: una revisión sistemática exploratoria.
19. Resumen de Salud Pública: Nitrato y Nitrito (Nitrate/Nitrite) [Internet]. Cdc.gov. 2021 [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs204.html
20. Salud ambiental-Nitratos [Internet]. Caib.es. [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/nitrats-26197/>
21. Basulto J, Manera M, Baladia E. Ingesta dietética de nitratos en bebés y niños españoles y riesgo de metahemoglobinemia. *Pediatr Aten Primaria* [Internet]. 2014 [citado el 24 de abril de 2024];16(61):65–9. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322014000100013
22. Delgado-Suárez I, Lozano-Bilbao E, Lozano G, Hardisson A, Rubio C, González-Weller D, Paz S, Gutiérrez AJ (2021) Characterization of classes of mollusks in the East Atlantic according to their element content. *Environ Sci Pollut Res* 28:30390–30398. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14112-0>. Available online: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

[85105442450&doi=10.1007%2fs11356-021-14112-0&partnerID=40&md5=525b6e5787d38572178161dd04db134a](https://doi.org/10.1007%2fs11356-021-14112-0&partnerID=40&md5=525b6e5787d38572178161dd04db134a)

23. Laboratorio: determinación de nitratos por UV [Internet]. Quimitube.com. Quimitube; 2020 [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.quimitube.com/laboratorio-nitratos-en-aguas-espectrofotometria-uv/>

24. Tratamiento de agua en la industria de alimentos y bebidas [Internet]. Pureaqua.com. [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://es.pureaqua.com/sistemas-de-osmosis-inversa-y-tratamiento-de-agua-para-aplicacion-en-el-procesamiento-de-alimentos-y-bebidas/>

25. Impacto de los nitratos y pesticidas en el uso y calidad de las aguas [Internet]. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua.html>

26. Nitratos y nitritos [Internet]. ELIKA Seguridad Alimentaria. 2019 [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/nitratos-y-nitritos/>

27. Peña RM, Conejo PR. Gastroenteritis aguda. Protocolos de la Asociación Española de Pediatría y Sociedad Española de Urgencias Pediátricas 2010. [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: http://file:///C:/Users/ACER/Downloads/gastroenteritis_aguda.pdf

28. Pérez Giraldo JA, Aristizábal Rivera JC, Ortiz Uribe Á, Jaramillo Londoño HN. Influencia de la ingesta de bebidas con diferente osmolaridad, sobre el tipo de deshidratación y las concentraciones de electrolitos, plasmáticos y urinarios, durante una actividad física de alta intensidad y larga duración. *Iatreia* 2009;22(2):101-111.

29. BEBIDAS ENERGÉTICAS O BEBIDAS DEPORTIVAS [Internet]. Dr. Perez Galaz. 2017 [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://drperezgalaz.com/inicio/2017/08/21/bebidas-energeticas-vs-bebidas-deportivas-2/>

30. Barreto Cabrera S. Nitratos en aguas de abastecimiento. Evaluación del riesgo tóxico. 2022. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/27543/Nitratos%20en%20aguas%20de%20abastecimiento.%20Evaluacion%20del%20riesgo%20toxico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>