

**ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS**  
**DE CONSUMO HUMANO DEL NORTE DE LA ISLA DE**  
**TENERIFE**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**AUTOR: JAVIER DELGADO ESPINOSA**

**TUTOR: ÁNGEL JOSÉ GUTIÉRREZ FERNÁNDEZ**

## ÍNDICE

Resumen.....	3
1-INTRODUCCIÓN.....	4
2-OBJETIVO.....	6
3-MATERIAL Y MÉTODOS .....	7
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4.1- Evaluación del riesgo tóxico por la presencia de nitratos en las aguas de consumo humano.....	21
6-CONCLUSIONES.....	23
7-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24

## **Resumen.**

En este estudio se ha realizado la medición de los niveles de nitratos en el agua potable de cuatro municipios del norte de Tenerife, con el objetivo de evaluar posibles riesgos para la salud debido a la presencia de este compuesto químico. Los resultados obtenidos indican que ninguno de los municipios estudiados ha superado el límite establecido por el Real Decreto 140/2003 del 7 de febrero, el cual establece una concentración máxima permitida de 50 mg de nitratos por litro de agua. De hecho, el valor más alto registrado en el estudio fue de 25,43 mg/L. Además, se ha examinado la posible correlación entre los niveles de nitratos en los diferentes municipios. Se encontró una correlación entre los municipios de Icod de los Vinos y La Guancha, así como entre Los Realejos y San Juan de la Rambla, ya que los niveles de nitratos en el agua potable eran similares entre ellos. Por último, se ha realizado una evaluación del riesgo tóxico utilizando diferentes variables como la IDA (Ingesta Diaria Admisible), IDE (Ingesta Diaria Estimada) y MoS (Margen de Seguridad). Los resultados indican que no existe ningún riesgo para la población en relación con los nitratos en el agua potable. Sin embargo, es importante destacar que este estudio solo ha considerado la cantidad de nitratos procedentes del agua de consumo.

## **Abstract.**

In this study, the quantification of nitrate content in the drinking water of four municipalities in the north of Tenerife was carried out, in order to evaluate the possible existence of health risks for the population due to the presence of this chemical compound. The results obtained indicate that in none of the studied municipalities does the limit established by Royal Decree 140/2003 of February 7th, which establishes a maximum permitted concentration of 50 mg of nitrates per liter of water, exceed. In fact, the highest value obtained in the experimentation was 25.43 mg/L. Likewise, it has been examined whether there was any relationship between nitrate concentration levels in the different municipalities. A correlation has been found between the municipalities of Icod de los Vinos and La Guancha, and Los Realejos with San Juan de la Rambla, since nitrate levels in drinking water are similar among them. Finally, a toxic risk assessment was carried out, using different variables such as ADI (Acceptable Daily Intake), EDI (Estimated Daily Intake), and MoS (Margin of Safety). The results indicate that there is no type of risk to the population in relation to nitrates in drinking water. However, it should be noted that this study only considered the amount of nitrates from drinking water.

## 1-INTRODUCCIÓN.

En el norte de Tenerife el agua para el consumo humano se obtiene de la extracción subterránea a través de galerías y en menor medida de pozos<sup>1</sup>. Debido a las características del suelo volcánico parte del agua de la lluvia llega a los acuíferos aumentando la cantidad de concentración de numerosos elementos, lo que se denomina una contaminación natural de las aguas<sup>2</sup>.

En esta parte de la isla siempre ha existido un problema muy importante debido a las altas concentraciones de flúor en el agua, ocasionando incluso la prohibición de su consumo por parte de la población en determinados momentos. No obstante, debido a la construcción de plantas desalinizadoras, se ha logrado reducir los cortes de suministro de agua de consumo humano para la población, pero aún con la existencia de estas plantas existen cortes en el abastecimiento debido a la subida de los niveles de fluoruro<sup>3</sup>.

Sin embargo, la fluorosis en el agua de abastecimiento público en esta zona de la isla podría no ser el único problema ya que se ha detectado una tendencia ascendente en la concentración de otros elementos como son los nitratos<sup>1</sup>.

Los nitratos son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno, que tienen una capacidad muy alta de solubilidad en el agua, incluidas las aguas de consumo donde pueden concentrarse con mucha facilidad. El reciente aumento en la concentración de nitratos en las aguas se debe a la utilización de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, los cuales se filtran en el suelo y llegan a las aguas subterráneas, aumentando así la concentración de estos elementos<sup>4</sup>. Los nitratos del agua se absorben por vía oral en el tracto gastrointestinal superior y aproximadamente entre el 5% y 10% de la ingesta total se convierte en nitritos por acción de las bacterias presentes en la saliva<sup>5</sup>.

Los efectos tóxicos producidos por los nitritos tienen especial relevancia en los niños de 4-6 meses, ya que son muy sensibles a la exposición directa de estos elementos y pueden desarrollar metahemoglobinemia, una enfermedad causada por la acumulación de nitritos en el organismo. Esto puede ocurrir debido a la conversión de nitratos a nitritos en el estómago de estos niños, que tiene un pH menos ácido que en los adultos, lo que puede provocar una acumulación de nitritos. Los nitritos en la sangre tienen la capacidad de transformar la hemoglobina en metahemoglobina, una forma de hemoglobina que no puede transportar oxígeno. En los adultos, existe un mecanismo que regula este proceso, pero en los niños aún no está completamente desarrollado, y si la cantidad de metahemoglobina supera el 10%, pueden aparecer síntomas de la enfermedad<sup>6</sup>. La metahemoglobinemia, también conocida como síndrome del niño azul, se caracteriza por la falta de oxígeno en el organismo, lo que puede desencadenar dificultad respiratoria, náuseas, vómitos, taquicardia, convulsiones y coma, además de un color azul en la piel, de ahí el nombre del síndrome<sup>7</sup>.

Estudios realizados antes del año 2005 aquellas aguas potables usadas para el consumo humano que sobrepasen los 10 mg/L de nitratos, aumentan considerablemente los niveles de metahemoglobina en niños, aunque no siempre se desarrolle la enfermedad<sup>8</sup>.

Además, los nitratos pueden producir otras enfermedades, desde hace años se ha investigado si estos elementos tienen relación con el desarrollo de algunos cánceres. Los nitratos y los nitritos por si solos se ha investigado que no son cancerígenos para los

animales, pero estos pueden reaccionar con otros compuestos y formar compuestos nitrosos y formar derivados N-nitrosos que son potencialmente cancerígenos para los humanos, generalmente en el cáncer colorrectal. Otra enfermedad donde se ha estudiado la influencia de la ingesta de nitratos es en las enfermedades de la glándula tiroides donde se ha demostrado en animales que el consumo excesivo de nitrato puede inhibir la absorción de yodo y causar hipertrofia de la tiroides. En general, parece haber una asociación positiva entre el consumo de nitrato y el riesgo de hipotiroidismo, pero los resultados son mixtos y dependen de la población estudiada<sup>9</sup>.

El análisis de datos de cuatro municipios de la zona norte de Tenerife (Los Realejos, San Juan de la Rambla, La Guancha e Icod de los Vinos), se lleva a cabo con el objetivo de determinar la concentración de nitratos presentes en el agua de consumo humano y verificar si estos niveles detectados pueden representar un riesgo para la salud de los consumidores. La ubicación de estos municipios en el mapa de Tenerife se puede observar en la figura 1.

Es importante destacar que, en España, la concentración de nitratos en el agua de consumo humano está regulada por el Real Decreto 3/2023 del 10 de enero y sus actualizaciones<sup>10</sup>. Este Real Decreto establece un límite máximo de 50 mg/L para nitratos en el agua de consumo humano. La responsabilidad de asegurar la calidad del agua suministrada a los habitantes recae en los municipios, que deben tomar las medidas adecuadas cuando el agua sea declarada no apta para el consumo, y comunicar a los ciudadanos cuando sea necesario. Las comunidades autónomas, en colaboración con la sanidad, establecen planes de vigilancia de la concentración de nitratos mediante inspecciones periódicas para detectar incumplimientos. Cuando se detectan incumplimientos, las comunidades autónomas informan a los ayuntamientos para que tomen medidas para resolver el problema, ya que el suministro de agua de consumo humano es competencia de los municipios<sup>10</sup>.

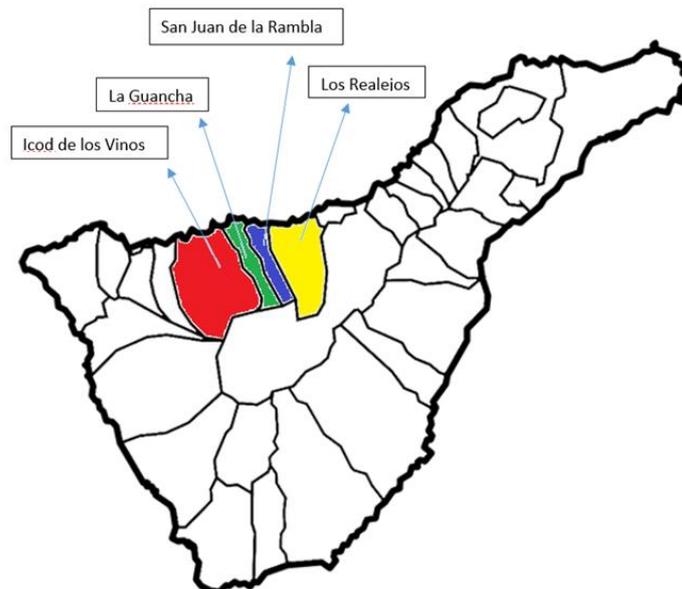


Figura 1. Situación de los municipios estudiados en el mapa de la isla de Tenerife.

## **2-OBJETIVOS.**

El estudio realizado en los cuatro municipios del norte de Tenerife tiene como objetivos:

1. Determinar las concentraciones de nitratos en aguas de consumo humano de los distintos municipios estudiados.
2. Verificar si estas concentraciones de nitratos cumplen con la legislación actual establecida para aguas de consumo humano.
3. Comprobar si existen diferencias significativas entre los diferentes municipios analizados en el estudio.
4. Evaluar si la cantidad de nitratos proveniente de las aguas de consumo de estos municipios podría representar un riesgo para la salud de la población.

### 3-MATERIAL Y MÉTODOS.

En la tabla 1 se presentan las muestras analizadas de cada municipio y el registro de zona y ubicación real de recogida de cada una de ellas. Para la realización del estudio se recogieron 10 muestras por duplicado de agua de consumo humano por cada municipio estudiado en el periodo comprendido, entre diciembre de 2022 y enero de 2023.

Tabla 1. Registro de las muestras		
Nombre municipio	Nº de muestra	Fecha, hora y localización
La Guancha	317	27/12/2022, 13:20, La Guancha casco, calle el calvario 25, casa privada
	318	30/12/2022, 17:20, La Guancha casco, calle Domingo Hernández 24, casa privada
	319	31/12/2022, 10:00, La Guancha casco, calle el carbón 10, casa privada
	320	02/12/2022, 14:20, La Guancha casco, avenida villa nueva 17, casa privada
	321	02/12/2022, 14:20, La Guancha casco, calle solitica 35, casa privada
	322	22/01/2023, 12:20, La Guancha Monte Frío, calle monte frío s/n, grifo público
	323	22/01/2023, 13:20, La Guancha Abajo, calle hoya de arcos s/n, grifo público
	324	24/01/2023, 20:00, La Guancha Asomada, calle asomada 27, casa privada
	325	24/01/2023, 20:00, La Guancha Santa Catalina, carretera general del norte s/n, gasolinera
	326	24/01/2023, 20:30, La Guancha casco, calle nueva 9, casa privada
Los Realejos	327	28/12/2022, 10:20, Los Realejos El mirador, Paraje el terreno s/n, gasolinera
	328	24/01/2023, 15:00, Los Realejos Tigaiga, camino vueltas icod el alto, casa privada
	329	24/01/2023, 15:00, Los Realejos Icod el alto, calle la parada 4, casa privada
	330	24/01/2023, 17:40, Los Realejos, Icod del alto, carretera general icod el alto 133, supermercado
	331	24/01/2023, 17:50, Los Realejos, Icod del alto, carretera general icod el alto 120, farmacia
	332	24/01/2023, 18:00, Los Realejos, Icod del alto, carretera general icod el alto-los realejos km 15, gasolinera
	333	24/01/2023, 18:10, Los Realejos, Icod del alto, carretera general icod el alto km 2.2, cafetería
	334	24/01/2023, 18:20, Los Realejos casco, calle los cuartos 1, grifo público
	335	24/01/2023, 18:40, Los Realejos casco, calle los barroos 30, gasolinera
	336	24/01/2023, 19:10, Los Realejos San benito, calle San Benito 10, gasolinera.
Icod de los Vinos	337	28/12/2022, 20:20, Icod de los Vinos La centinela, Las charnelas s/n, Grifos públicos
	338	02/01/2023, 13:50, Icod de los Vinos Casco, calle Laurel paralela 22, casa privada
	339	22/01/2023, 17:50, Icod de los vinos Casco, urbanización la magalona s/n, centro comercial
	340	02/01/2023, 12:20, Icod de los vinos Casco, calle francisco miranda s/n, bar cafetería Teide drago.
	341	22/01/2023, 17:40, Icod de los vinos Casco, avenida príncipe de España 40 A, gasolinera
	342	24/01/2023, 17:47, Icod de los vinos La Mancha, carretera TF-342 4, edificio público
	343	24/01/2023, 17:40, Icod de los vinos El Empalme, polígono ind las almenas s/n, bar-cafetería,
	344	22/01/2023, 17:20, Icod de los vinos El Empalme, carretera icod-La guancha 34, taller mecánico
	345	24/01/2023, 17:40, Icod de los vinos Buen paso, calle los menceyes 20, casa privada
	346	24/01/2023, 17:40, Icod de los vinos Buen paso, carreta general 28-30, supermercado
San Juan de la Rambla	347	31/12/2022, 11:20, San Juan de la Rambla San Juan, Avenida la libertad 24, farmacia
	348	20/01/2023, 13:26, San Juan de la Rambla San José, carretera la vera baja 2, colegio francisco Alfonso carrillo
	349	20/01/2023, 13:20, San Juan de la Rambla San José, carretera san José 94, bar cafetería café canela
	350	20/01/2023, 13:26, San Juan de la Rambla San José, travesía san José 38B, farmacia
	351	24/01/2023, 18:40, San Juan de la Rambla San Juan, avenida la libertad 34A, cementerio
	352	20/01/2023, 13:26, San Juan de la Rambla San Juan, calle el sol 1, edificio público.
	353	24/01/2023, 20:30, San Juan de la Rambla San José, calle la pascuala s/n, casa privada
	354	24/01/2023, 18:00, San Juan de la rambla Las Medianías, carretera c-221 general orotava guancha 12, cooperativa agraria
	355	24/01/2023, 17:55, San Juan de la rambla San Juan, calle la marina 4, casa privada
	356	24/01/2023, 18:49, San Juan de la rambla Las Medianías, carretera c-221 general orotava guancha 24, supermercado

Tabla 1. Registro de muestras recogidas indicando ubicación fecha y hora.

La determinación de la concentración de nitratos en las muestras se llevó a cabo mediante espectrofotometría utilizando un espectrofotómetro de marca VWR, modelo UV-3100PC.

Para ello, se realizó una curva de calibrado utilizando diferentes patrones con concentraciones conocidas de nitratos. Estas concentraciones se prepararon a partir de un material certificado con una concentración de 443 mg/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, diluyéndolo en matraces de 25 mL y enrasándolo con agua milli q. En la Tabla 2 se detallan los volúmenes utilizados para cada patrón.

Patrón	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] mg/L	V.M.C (ml) (25 mL)	V.M.C (ul) (25 mL)
1	0	0	0
2	5	0,28	282,17
3	10	0,56	564,33
4	15	0,85	846,50
5	20	1,13	1128,67
6	25	1,41	1410,84
7	30	1,69	1693,00

Tabla 2. Valores de volumen con el material certificado de 443 mg/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

VMC= Volumen de material certificado. Este volumen se calcularía por ejemplo con el patrón 2 de la siguiente forma, siguiendo los demás el mismo procedimiento.

$[\text{NO}_3^-] \text{ MATERIAL CERTIFICADO} * \text{VMC} = [\text{NO}_3^-] \text{ PATRÓN DE CALIBRADO} * V \text{ PATRÓN DE CALIBRADO.}$

$$443 \text{ mg/L} * \text{VMC} = 5 \text{ mg/L} * 25 \text{ ml}$$

$$\text{VMC} = 0,28 \text{ ml.}$$

Una vez obtenidos los diferentes patrones para la curva de calibrado, se tomó 50 ml de cada una de nuestras muestras y se les añadió 1 ml de HCL 1 N para asegurar condiciones uniformes en el medio durante la medición. A continuación, se realizaron las mediciones de absorbancia en el espectrofotómetro. Para ello, se realizó la curva de calibrado de cada día de medición utilizando los patrones preparados previamente. Con el fin de obtener mediciones precisas, se ajustó la absorbancia a cero utilizando agua destilada como blanco. Luego, se realizaron las lecturas en el espectrofotómetro a dos diferentes longitudes de onda: 220 nm para obtener las mediciones de nitratos y 275 nm para detectar posibles interferencias de materia orgánica. Cada lectura se realizó en triplicado para asegurar su exactitud. En el caso de las muestras de agua, se llevó a cabo un proceso similar, pero teniendo en cuenta que cada muestra de agua podría presentar variaciones significativas. Por lo tanto, se dividió cada muestra de agua en tres matraces diferentes (llamados submuestras), representando cada uno de ellos la muestra original. De esta manera, se obtuvieron tres matraces distintos (317.1, 317.2 y 317.3), cada uno de los cuales se sometió al mismo proceso de lectura en ambas longitudes de onda, en triplicado. Esto permitió obtener un total de nueve mediciones de absorbancia por cada muestra de agua, para cada longitud de onda medida, asegurando una mayor precisión en los resultados. Para determinar la concentración de nitratos, se calculó la absorbancia del ion nitrato restando la lectura obtenida a 275 nm de la lectura obtenida a 220 nm. Utilizando las rectas de calibrado obtenidas en los diferentes días de experimentación, se calculó la concentración de nitratos mediante la ecuación de la recta de calibrado correspondiente

Ejemplo:

ABS 220 nm= 0,121

ABS 275 nm= 0,006

ABS 220 nm - ABS 275 nm= 0,115

Ecuación recta de calibrado  $y = 0,0101 X + 0,0132$

$X = (0,115 - 0,0132) / 0,0101 = 10,08 \text{ mg/L} = 10,08 \text{ ppm de nitratos.}$

#### 4-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la tabla 3 se presentan las concentraciones de nitratos de las muestras analizadas en cada municipio del estudio. Se observa que todas las concentraciones de nitratos obtenidas se encuentran por debajo del límite máximo establecido por el Real Decreto 3/2023 de 10 de enero. Por lo tanto, podemos afirmar que en relación con la concentración de nitratos estas aguas cumplen los criterios sanitarios de calidad para el agua de consumo humano y pueden ser consumidas por la población. Y en la figura 2 se observa gráficamente cada una de las muestras en comparación al límite de concentración.

Muestra	Municipio	[NO <sub>3</sub> -] (ppm)	[NO <sub>3</sub> -] (ppm) Lim
317	La Guancha	0,08	50
318	La Guancha	0,55	50
319	La Guancha	0,00	50
320	La Guancha	0,00	50
321	La Guancha	0,00	50
322	La Guancha	1,25	50
323	La Guancha	0,00	50
324	La Guancha	1,19	50
325	La Guancha	8,65	50
326	La Guancha	0,11	50
327	Los Realejos	19,24	50
328	Los Realejos	17,35	50
329	Los Realejos	1,41	50
330	Los Realejos	10,29	50
331	Los Realejos	10,11	50
332	Los Realejos	10,85	50
333	Los Realejos	10,57	50
334	Los Realejos	14,85	50
335	Los Realejos	15,49	50
336	Los Realejos	15,12	50
337	Icod de Los Vinos	3,42	50
338	Icod de Los Vinos	1,79	50
339	Icod de Los Vinos	1,10	50
340	Icod de Los Vinos	25,43	50
341	Icod de Los Vinos	1,23	50
342	Icod de Los Vinos	0,00	50
343	Icod de Los Vinos	0,00	50
344	Icod de Los Vinos	1,03	50
345	Icod de Los Vinos	0,00	50
346	Icod de Los Vinos	0	50
347	San Juan de la Rambla	17,41	50
348	San Juan de la Rambla	9,12	50
349	San Juan de la Rambla	1,37	50



Municipio	La Guancha	Los Realejos	Icod de los Vinos	San Juan de la Rambla
[NO3-] (ppm) Media + Desviación típica.	1,183 ± 0,844	12,528 ± 1,600	3,400 ± 2,472	10,841 ± 1,500

Tabla 4. Municipios y concentraciones medias y desviaciones estándar de nitratos.

En primer lugar, se llevó a cabo un estudio de normalidad mediante las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk (figura 2).

Pruebas de normalidad							
Municipio	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
NO3_mg_L	Icod de	,399	10	,000	,480	10	,000
	La Guanc	,390	10	,000	,506	10	,000
	Los Real	,216	10	,200 <sup>*</sup>	,906	10	,255
	San Juan	,258	10	,057	,876	10	,117

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Figura 2. Pruebas de normalidad.

El resultado de estas pruebas confirmó la no normalidad de los datos por lo que se realizó el estudio llevando a cabo una estadística no paramétrica.

En primer lugar y con la intención de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de nitratos de los municipios analizados, se llevó a cabo la prueba de Kruskal-Wallis (figura 3). Esta prueba determinó que, en efecto, existían diferencias estadísticamente significativas en cuanto a las concentraciones de nitratos de las aguas según el municipio de procedencia de estas.

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de NO3_mg_L es la misma entre las categorías de Municipio.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Figura 3. Prueba de Kruskal-Wallis

Con el fin de conocer entre qué municipios existían esas diferencias estadísticamente significativas se realizó la prueba de U-Mann Whitney comparando los municipios dos a dos. Los resultados de las pruebas estadísticas se presentan en las figuras 4-9.

### Rangos

	Mun	N	Rango promedio	Suma de rangos
NO3_mg_L	1	10	5,60	56,00
	2	10	15,40	154,00
	Total	20		

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	NO3_mg_L
U de Mann-Whitney	1,000
W de Wilcoxon	56,000
Z	-3,718
Sig. asintótica(bilateral)	,000
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,000 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Mun

b. No corregido para empates.

NPAR TESTS

/M-W= NO3\_mg\_L BY Mun(1 3)

/MISSING ANALYSIS.

Figura 4. Comparación La Guancha- Los Realejos.

<b>Rangos</b>				
	Mun	N	Rango promedio	Suma de rangos
NO3_mg_L	1	10	9,70	97,00
	3	10	11,30	113,00
	Total	20		

	NO3_mg_L
U de Mann-Whitney	42,000
W de Wilcoxon	97,000
Z	-,625
Sig. asintótica(bilateral)	,532
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,579 <sup>b</sup>

- a. Variable de agrupación: Mun  
b. No corregido para empates.

Figura 5. Comparación La Guancha-Icod de los Vinos.

### Rangos

	Mun	N	Rango promedio	Suma de rangos
NO3_mg_L	1	10	5,60	56,00
	4	10	15,40	154,00
	Total	20		

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	NO3_mg_L
U de Mann-Whitney	1,000
W de Wilcoxon	56,000
Z	-3,718
Sig. asintótica(bilateral)	,000
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,000 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Mun

b. No corregido para empates.

Figura 6. Comparación La Guancha-San Juan de la Rambla.

### Rangos

	Mun	N	Rango promedio	Suma de rangos
NO3_mg_L	2	10	14,30	143,00
	3	10	6,70	67,00
	Total	20		

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	NO3 mg L
U de Mann-Whitney	12,000
W de Wilcoxon	67,000
Z	-2,883
Sig. asintótica(bilateral)	,004
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,003 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Mun

b. No corregido para empates.

Figura 7. Comparación Los Realejos- Icod de los Vinos

### Rangos

	Mun	N	Rango promedio	Suma de rangos
NO3_mg_L	2	10	12,40	124,00
	4	10	8,60	86,00
	Total	20		

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	NO3 mg L
U de Mann-Whitney	31,000
W de Wilcoxon	86,000
Z	-1,436
Sig. asintótica(bilateral)	,151
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,165 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Mun

b. No corregido para empates.

Figura 8. Comparación Los Realejos-San Juan de la Rambla.

NO3_mg_L	3	10	6,70	67,00
	4	10	14,30	143,00
	Total	20		

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	NO3 mg L
U de Mann-Whitney	12,000
W de Wilcoxon	67,000
Z	-2,883
Sig. asintótica(bilateral)	,004
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,003 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Mun

b. No corregido para empates.

Figura 9. Comparación Icod de los Vinos-San Juan de la Rambla.

En todas las comparaciones realizadas, se rechazó la hipótesis de que existían diferencias significativas entre las concentraciones de nitratos en las aguas, excepto en aquellas que involucraron a los municipios de La Guancha, Icod de los Vinos y Los Realejos con San Juan de la Rambla, donde la hipótesis se mantuvo. Esto confirma que hay una relación entre las concentraciones de nitratos en estos municipios, lo cual se muestra claramente en la figura 10, donde se representa la concentración predominante de nitratos en cada uno de ellos. En efecto, se puede observar que los resultados obtenidos para La Guancha e Icod de los Vinos se sitúan en un rango de concentraciones que oscila entre 0 y 4 mg/L de nitratos, mientras que Los Realejos y San Juan de la Rambla presentan concentraciones predominantemente comprendidas entre 10 y 15 mg/L. De esta forma, se confirma la relación existente entre las concentraciones de nitratos en los municipios mencionados.

No obstante, es importante destacar que la figura 10 también evidencia la existencia de algunos puntos que se encuentran alejados de la concentración predominante en cada uno de los municipios. Esto puede generar un mayor margen de error en los resultados. Para subsanar esta posible fuente de inexactitud, en la figura 11 se han eliminado los “outliers” en cada uno de los municipios, de manera que se puedan obtener gráficas más representativas del resultado.

### NO3\_mg\_L

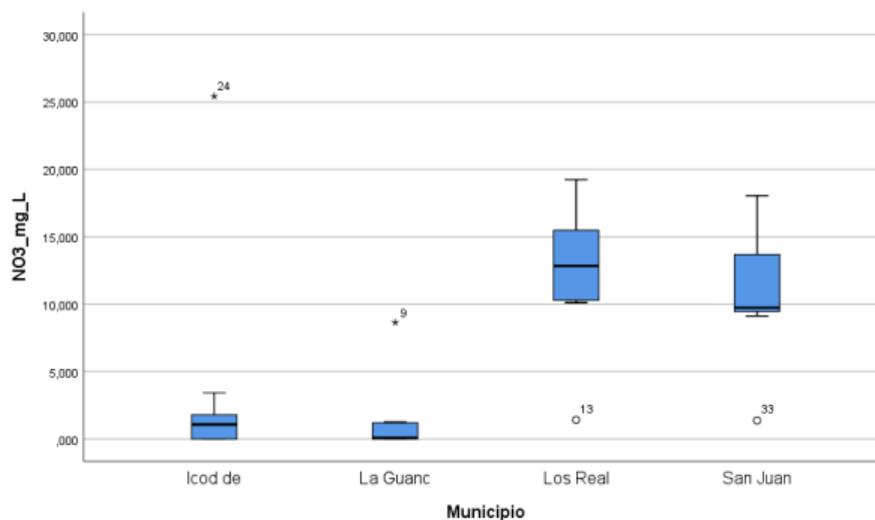


Figura 10. Representación gráfica de los datos por municipios.

### NO3\_mg\_L

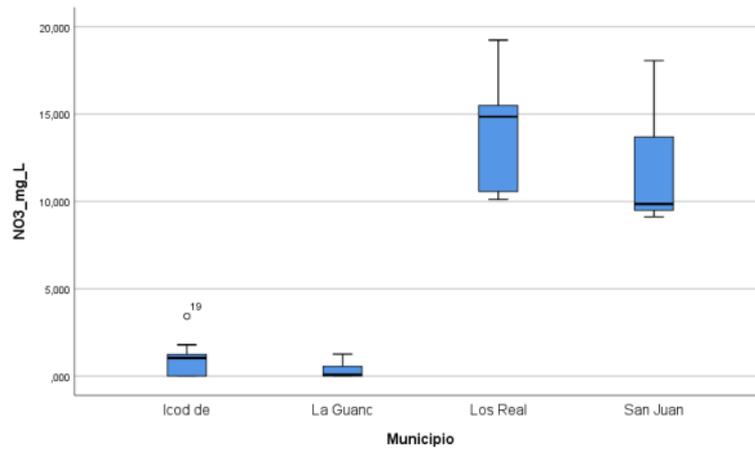


Figura 11. Representación gráfica de los datos por municipios eliminando los puntos más alejados de la media de cada municipio.

#### **4.1-Evaluación del riesgo tóxico por la presencia de nitratos en las aguas de consumo humano.**

Conociendo las concentraciones de nitratos presentes en el agua de consumo humano en los municipios objeto de estudio, es posible determinar el aporte de este compuesto a la dieta de la población. De esta forma, se puede evaluar cómo influyen las cantidades de nitratos presentes en el agua sobre la salud de la población general.

Se utilizaron parámetros como la IDA (Ingesta Diaria Admisible) que es la cantidad que puede ingerir un humano diariamente de una determinada sustancia sin que suponga un riesgo para su salud. Se basa en estudios de toxicidad experimental y en este caso es establecida por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). También se usó la IDE (Ingesta diaria estimada) que determina la cantidad estimada que ingiere un humano de una determinada sustancia proveniente del consumo de agua según el municipio correspondiente. Y el MoS (Margen de seguridad) que es la relación entre la ingesta diaria admisible (IDA) y la cantidad de la sustancia química que se espera que la población este expuesta (IDE), si este margen es alto indica que la exposición a la sustancia es segura, mientras que cuanto más bajo sea la exposición puede causar mayor riesgo para la salud de la población, si este parámetro se sitúa menor que 1, el consumo está dentro del baremo de seguridad<sup>11</sup>.

Para ello se tuvo en cuenta que la ingesta media diaria de agua está fijada en 2 litros al día para hombres y mujeres<sup>12,13</sup>. Y se tomó como peso medio unos 70 Kg para los hombre y 60 Kg para las mujeres.

La IDA para los nitratos según la EFSA es de 3,7 mg/Kg de peso al día<sup>14</sup>.

En la Figura 12 se observan las anteriores variables calculadas según la cantidad de litros de agua al día que tiene que beber la persona para alcanzar la IDA. A continuación, se expone como se han calculado las variables con un ejemplo práctico.

Ejemplo.

Cantidad de nitratos que toma de media al día un hombre del municipio de Los Realejos.

$IDA = 3,7 \text{ mg/Kg/día} * 70 \text{ Kg} = 259 \text{ mg/día de nitratos.}$

$IDE = [\text{Nitratos}] \text{ de media en Los Realejos} = 12,53 \text{ mg/L} * 2\text{L de agua al día} = 25,06 \text{ mg/día de nitratos.}$

$MOS = IDE/IDA = 25,06/259 = 0,096$

Cálculo de la cantidad de litros de agua que tiene que tomar un hombre de 70 Kg de Los Realejos para que sobrepase la ingesta diaria admisible.

12,56 mg de nitrato en 1 L de agua de consumo entonces en X litros de agua de consumo habrá 259 mg de nitratos.

$X = 20,67 \text{ L de agua al día para llegar a la concentración de nitratos donde puede causar problemas de salud.}$

	La Guancha		Los Realejos		Icod de los Vinos		San Juan de la Rambla	
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
IDE	2,36 mg/día	2,36 mg/día	25,06 mg/día	25,06 mg/día	6,8 mg/día	6,8 mg/día	21,68 mg/día	21,68 mg/día
IDA	222 mg/día	259 mg/día	222 mg/día	259 mg/día	222 mg/día	259 mg/día	222 mg/día	259 mg/día
MoS	0,011	0,0091	0,113	0,096	0,031	0,026	0,098	0,084
Cantidad de L para alcanzar la IDA	188,14 L/día	219,49 L/día	17,72 L/día	20,67 L/día	65,29 L/día	76,18 L/día	20,48 L/día	23,89 L/día

Figura 12. IDE, IDA, MOS y cantidad de litros para llegar a la IDA de los municipios estudiados, divididos en hombre y mujeres.

Según los resultados obtenidos, el consumo de agua en los municipios estudiados no representa riesgos para la salud en cuanto al aporte de nitratos. Los valores de los parámetros medidos están muy por debajo del límite que podría generar problemas para la salud. Además, es importante destacar que las cantidades de agua necesarias para alcanzar los valores límite son prácticamente inviables en términos de consumo diario. Por lo tanto, se puede afirmar que el agua es segura para el consumo humano en los municipios estudiados.

En conclusión, podemos afirmar categóricamente que no existe ningún problema relacionado con la presencia de nitratos en el agua potable de estos municipios. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este estudio solo ha evaluado la ingesta de nitratos provenientes del agua de consumo, sin considerar otros alimentos que también pueden contener este compuesto. Por lo tanto, es posible que los resultados cambien si se analiza la dieta completa de los individuos.

## **5-CONCLUSIONES.**

1- Las concentraciones de nitratos en el agua de consumo humano de los municipios de Icod de los Vinos, La Guancha, Los Realejos y San Juan de la Rambla cumplen con los criterios de calidad establecidos por el Real Decreto 3/2023, lo que significa que son aptas para el consumo humano en términos de concentración de nitratos.

2- Las concentraciones de nitratos estudiadas son bajas, siendo la mayor medida de 25,43 mg/L, lo cual está por debajo del límite establecido por el Real Decreto 3/2023 para las aguas de consumo humano, que es de 50 mg/L.

3- El análisis estadístico de las muestras indica que los datos de los municipios de Icod de los Vinos y La Guancha, así como de San Juan de la Rambla y Los Realejos, están relacionados entre sí debido a la notable similitud entre ellos, según las pruebas de normalidad realizadas. Las diferencias entre los municipios podrían deberse a la extracción del agua y a la actividad humana desarrollada, como el vertido de fertilizantes agrarios al suelo y su posterior filtrado por el mismo.

4- El consumo diario de las aguas de los municipios estudiados no supondría ningún problema de salud relacionado con el consumo de nitratos. En ninguno de los municipios se acercan a los valores límite de la Ingesta Diaria Admisible (IDA), y teniendo en cuenta la Ingesta Diaria Estimada (IDE), los valores de nitratos están muy por debajo de los niveles que podrían causar riesgos para la salud de la población.

## 6-BIBLIOGRAFÍA.

- 1- Gobierno de Canarias [Internet]. Página de contenido. Disponible en: [https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/scs/1/plansalud/psc02/psc02\\_3m.htm](https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/scs/1/plansalud/psc02/psc02_3m.htm)
- 2- Porras Martín, Jorge; Nieto López-Guerrero, Pedro; EPTISA: AlvarezFernández, Ceferino; Fernández Uría, Antonio; Gimeno MV. Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Informe de síntesis. Tomo ii. Disponible en: [http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/12\\_2.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/12_2.pdf)
- 3- González Sacramento N, Rubio Armendáriz C, Gutiérrez Fernández A J, Luis González G, Hardisson de la Torre A, Revert Gironés C. El agua de consumo como fuente de exposición crónica a fluoruros en Tenerife; evaluación del riesgo. *Nutr Hosp*. 2015; 31(4): 1787–1794.
- 4- Patel N, Srivastav AL, Patel A, Singh A, Singh SK, Chaudhary VK, Singh PK, Bhunia B. Nitrate contamination in water resources, human health risks and its remediation through adsorption: a focused review. *Environ Sci Pollut Res* [Internet]. 10 de agosto de 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22377-2>
- 5- Lundberg JO, Carlström M, Weitzberg E. Metabolic Effects of Dietary Nitrate in Health and Disease. *Cell Metab* [Internet]. Julio de 2018;28(1):9-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.06.007>
- 6- Hytowitz AN. Review of using the Dyop optotype for acuity and refractions per the article: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888429622000656>. *J Optom* [Internet]. Enero de 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.optom.2022.12.002>
- 7- Herranz M., Clerigué N.. Intoxicación en niños: Metahemoglobinemia. *Anales Sis San Navarra* [Internet]. 2003; 26( Suppl 1 ): 209-223. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1137-66272003000200013&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200013&lng=es).
- 8- Ward MH, deKok TM, Levallois P, Brender J, Gulis G, Nolan BT, VanDerslice J. Workgroup Report: Drinking-Water Nitrate and Health—Recent Findings and Research Needs. *Environ Health Perspect* [Internet]. Noviembre de 2005 [consultado el 26 de abril de 2023];113(11):1607-14. Disponible en: <https://doi.org/10.1289/ehp.8043>
- 9- Ward M, Jones R, Brender J, de Kok T, Weyer P, Nolan B, Villanueva C, van Breda S. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 23 de julio de 2018 [consultado el 26 de abril de 2023];15(7):1557. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>
- 10- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado [Internet]. BOE-A-2023-628 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.;. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2023-628>

- 11- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria [Internet]. IDA | EFSA; Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/es/glossary/adi>
- 12- OMS. Organización Mundial de la Salud, 2016. Disponible: <http://www.who.int/es/>
- 13- Martínez Álvarez JR, Villarino Marín AL, Polanco Allué I, Iglesias Rosado C, Gil Gregorio P, Ramos Cordero P, López Rocha A, Ribera Casado JM, (et. al.). Recomendaciones de bebida e hidratación para la población española. Nutr. clín. diet. hosp. 2008; 28(2):3-19.
- 14- Aesan - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición [Internet]; Disponible en: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/subdetalle/nitratos.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/nitratos.htm)