



EVALUACIÓN DE LA SALINIZACIÓN DEL AGUA EN EL MUNICIPIO NAJASA

Ovidio Antonio, Sánchez Fernández¹, Zaily, Fuentes Díaz², Orlando Bismark, Rodríguez Salazar³, Orlando Mauricio, Rodríguez Fuentes⁴,

¹ Higiene y Epidemiología, Centro Provincial de Higiene y Epidemiología, Camagüey, Cuba.

² Anestesiología y Reanimación, Servicio de Anestesiología, Hospital Provincial Docente en Oncología María Curie, Camagüey, Cuba.

³ Cirugía Plástica y Caumatología, Servicio de Cirugía Plástica y Caumatología, Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech, Camagüey, Cuba.

⁴ Matemática, Cátedra de Matemática, Instituto Preuniversitario Vocacional de Ciencias Exactas Máximo Gómez Báez, Camagüey, Cuba.

e-mail fzaily487@gmail.com

Resumen

Introducción: La salinización aumenta el riesgo para: cardiopatías y enfermedad renal.

Objetivo: Evaluar la salinización del agua en el municipio Najasa, de Camagüey.

Materiales y métodos: Estudio analítico del agua, mayo 2020 a mayo 2025. La investigación integró variables para el análisis de recursos hídricos. Se seleccionó 40 puntos de muestreo mediante muestreo estratificado proporcional. Los resultados físico-químicos fueron comparados con valores de referencia de Organización Mundial de la Salud. Los resultados sanitarios se confrontaron con datos del Ministerio de Salud Pública.

Resultados y discusión: La conductividad eléctrica presentó alta variabilidad, desviación estándar 423,1 media 685,3, indicando diversidad de fuentes. La dureza en 15 % de muestras excedió el estándar. En las mediciones seriadas, dos veces al año según estación, se apreció aumento significativo, de conductividad ($p=0,023$) y dureza ($p=0,041$), lo que rechaza la hipótesis nula de estabilidad temporal. Es decir, las fuentes de agua están sometidas a un proceso de salinización en avance. Se evidenció para la enfermedad renal crónica, tasa de 7,4, e hipertensión arterial, 16,2 %, valores superiores a la media nacional.



Conclusiones: Se demostró un proceso de salinización en aumento en el municipio Najasa y elevado reporte de enfermedad renal e hipertensión arterial.



Introducción

La creciente presión sobre los recursos hídricos a nivel global evidencia la necesidad de abordajes innovadores que garanticen la seguridad hídrica. Aunque el agua cubre más de dos tercios de la superficie terrestre, solo una mínima fracción es apta para consumo, localizándose en glaciares, ríos, lagos y acuíferos subterráneos. Esta paradoja entre abundancia y escasez representa uno de los mayores desafíos para el desarrollo sostenible, en regiones con vulnerabilidad climática como el Caribe insular.^{1,2}

En el contexto cubano, en particular en la provincia Camagüey, cerca del 20 % del volumen del agua para el riego, la industria y el abasto a la población es aportado por acuíferos cársticos costeros, de ellos la cuenca Costera Sur de Camagüey que garantiza el mayor volumen de agua subterránea, se encuentra afectada por la intrusión salina.³

La salinización, entendida como la acumulación excesiva de sales solubles, principalmente cloruro de sodio (NaCl) en el agua y los suelos, es un fenómeno propio de climas áridos, alta evaporación, proximidad al mar, minería, mal drenaje y sobreexplotación de acuíferos.⁴ Este fenómeno acrecentado por el cambio climático, tiene un efecto negativo en la salud humana. El deterioro de la calidad del agua eleva el consumo diario de sal a valores superiores a 5 gramos de sal al día o su equivalente de aproximadamente 2 gramos de sodio (Na), con aumento del riesgo para: cardiopatías, hipertensión arterial y enfermedad renal crónica.^{5,6}

Los valores de Na elevado se relacionan de manera clásica con: la distribución del agua corporal en los compartimentos intra y extracelular, las vías neuro-hormonales y el estrés oxidativo. Otros efectos menos conocidos son cambios en la inmunomodulación, en los subconjuntos de leucocitos, efectos proinflamatorios en monocitos, macrófagos y células T. Los recuentos de granulocitos (recuentos de neutrófilos y la proporción neutrófilos/linfocitos) se asocian con hipertensión arterial, enfermedad cardiovascular, enfermedad renal y mortalidad en todas ellas.⁷

Sin embargo, los estudios sobre los efectos fisiológicos del consumo de sal siguen sin ser concluyentes, pues un consumo elevado aumenta el riesgo cardiovascular, la osteoporosis y la enfermedad cerebrovascular, pero ingestas bajas de sal se asocian con resistencia a la insulina, aumento en los niveles plasmáticos



de colesterol y triglicéridos y aumento en la muerte prematura. Por lo que, la solución al problema parece estar relacionado con un consumo responsable de sal y la procedencia de la sal.⁸

La sal marina contiene cantidades significativas de minerales naturales como magnesio (Mg), potasio (K) y calcio (Ca), minerales beneficiosos para la salud involucrados en más de 600 reacciones enzimáticas, mientras la sal purificada es > 99,95 % NaCl sin minerales adicionales.⁸

Entonces, el estado de salud en el ser humano requiere un consumo de sal equilibrado, ni excesivo, ni deficitario, de ahí que el adecuado conocimiento de fuentes exógenas de sal en la dieta, como productos cárnicos, embutidos, salsas, quesos, *snack food* (papas fritas, chicharritas, galletas, pasteles, rositas de maíz, frutos secos) y el agua para consumo y cocción de los alimentos, resulta vital.

Objetivo

Evaluar la salinización del agua en el municipio Najasa, de la provincia Camagüey.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio analítico del agua en el municipio Najasa, de la provincia Camagüey, durante el periodo mayo 2020 a mayo 2025. La investigación integró variables para el análisis de los recursos hídricos del territorio (con especial consideración de la variabilidad estacional característica del clima tropical de Cuba) y el comportamiento de las enfermedades renales y la hipertensión arterial.

Universo y muestra

El universo de estudio comprendió todas las fuentes de abasto de agua del municipio Najasa (pozos, embalses, ríos y sistemas de distribución) que suministran agua para consumo humano, animal y uso agrícola. Se seleccionó una muestra representativa de 40 puntos de muestreo mediante muestreo estratificado proporcional con fijación estacional, distribuidos en:

- 16 pozos de abasto humano.
- 9 fuentes para consumo animal.
- 8 sistemas de riego agrícola.
- 7 cuerpos de agua superficial.

El diseño muestral consideró la representatividad estacional, con 20 puntos muestreados en período seco (noviembre-abril) y 20 en período lluvioso (mayo-



octubre) cada año. El tamaño muestral se calculó considerando un nivel de confianza del 95 %, error máximo del 5 % y varianza máxima posible ($p = 0,5$).

Criterios de exclusión

Se excluyeron los puntos sin mediciones pareadas en las dos estaciones, funcionamiento del punto inferior a 12 meses, fuentes de agua temporales, fuentes de agua privada (sin acceso para toma de muestra), muestras que no permitieron obtener todas las variables del estudio (muestra insuficiente, muestra contaminada con otras aguas o suelo).

Variables físico-química del agua:

- Conductividad eléctrica: cuantitativa continua, expresada en micro Siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), valor obtenido del Laboratorio del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), de Camagüey.
- Dureza: cuantitativa continua, expresada en (mg/L), valor obtenido del Laboratorio del INRH, de Camagüey.

Variables sanitarias:

- Hipertensión arterial: cuantitativa discreta, expresada en por ciento (prevalencia), dato obtenido de los Registros del MINSAP del municipio.
- Enfermedad renal: cuantitativa continua, expresada en Tasa x 100 000 habitantes, dato obtenido de los Registros del MINSAP del municipio.
- Concentración de sodio: cuantitativa continua, expresada en (mg/L), valor obtenido del Laboratorio del INRH, de Camagüey.

Procesamiento estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el paquete estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versión 25.0 para Windows. En las variables cuantitativas se halló: media, desviación estándar (DE), valor mínimo y valor máximo. Se realizaron pruebas estadísticas para determinar la significación estadística entre las variables. Los resultados físico-químicos del agua fueron comparados con los valores de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los resultados sanitarios se confrontaron con los datos del MINSAP (Nacional).

Ética

El estudio se condujo bajo los principios establecidos en la Declaración de Helsinki y las normativas éticas cubanas para investigación. Se obtuvo consentimiento informado por escrito de todas las instituciones y comunidades



participantes, garantizando: confidencialidad de los datos, uso exclusivo para fines investigativos, derecho a retirarse del estudio en cualquier momento, divulgación de resultados a participantes.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se observan los principales parámetros físico-químicos del agua asociados a la salinización: la conductividad eléctrica presentó alta variabilidad con una desviación estándar de 423,1 a partir de la media 685,3, indicando diversidad de fuentes (pozos de abasto humano, fuentes para consumo animal, sistemas de riego agrícola y cuerpos de agua superficial). Con respecto a la dureza en un 15 % de las muestras se excedió el estándar de dureza de la OMS.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos del agua.

Parámetro	No.	Media	DE	Mínimo	Máximo
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	184	685,3	423,1	174	1867
Dureza (mg/L)	172	245,6	156,3	70,6	1226

Desviación estándar (DE)

“La conductividad eléctrica es una medida del pasaje de la corriente eléctrica a través de un medio, en este caso, el agua. Ese pasaje de corriente está dado por la migración de cationes (especies químicas con carga eléctrica positiva) y aniones (especies químicas con carga eléctrica negativa) que se encuentran en el medio agua o suelo, entre un polo positivo (cátodo) y uno negativo (ánodo), los cuales constituyen la celda del conductímetro”.⁹

Es decir, a mayor conductividad del agua, mayor concentración de iones o sales minerales, por lo que un valor elevado se correspondería a una marcada salinización. Por su parte la dureza del agua o agua dura, es aquella donde las sales de Ca, Mg y otros elementos minerales forman bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, nitratos y cloruros. Al respecto Hernández A, *et al.*¹⁰ refieren que el agua potable con dureza elevada, aumenta el riesgo de litiasis renal, una de las causas de hidronefrosis y daño renal permanente.

Al realizar las mediciones seriadas, dos veces al año según estación, para las fuentes de abasto de agua, se apreció un aumento significativo estadísticamente ($p < 0,05$), tabla 2, de la conductividad ($p = 0,023$) y la dureza ($p = 0,041$), lo



que rechaza la hipótesis nula de estabilidad temporal. Es decir, las fuentes de agua están sometidas a un proceso de salinización en avance.

Tabla 2. Tendencia temporal de los parámetros físico-químicos del agua.

Parámetro	Pendiente	Valor	Tendencia
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	+18,7 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{año}$	0,023	Aumento
Dureza (mg/L)	+12,3 mg/L/año	0,041	Aumento

La interpretación de patrones indica un proceso de salinización activo. La dureza del agua se divide en cuatro grupos: agua blanda (≤ 60 mg/L), agua moderadamente dura ($> 60, \leq 120$ mg/L), agua dura ($> 120, \leq 180$ mg/L) y agua muy dura (> 180 mg/L).¹¹

Un estudio inglés de cohorte prospectivo, que incluyó a 447 996 participantes y duró 16 años, observó una relación entre la dureza del agua doméstica y los cánceres por todas las causas, la dureza del agua doméstica se asoció con 11 de 22 cánceres de causa específica, incluidos los cánceres de: esófago, estómago, colorrectal, pulmón, mama, próstata, vejiga, linfoma no Hodgkin, mieloma múltiple, melanoma maligno y neoplasias hematológicas.¹²

Al analizar el comportamiento de las variables sanitarias, tabla 3, se evidenció para la enfermedad renal crónica, tasa de 7,4, y la hipertensión arterial, 16,2 %, en la población del municipio estudiado, valores superiores a la media nacional, acorde al Anuario Estadístico de Cuba 2024.¹³

Tabla 3. Variables sanitarias.

Variables sanitarias	Media	DE	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variación
Hipertensión arterial (%)	16,2	7,1	5,0	30,0	0,44
Enfermedad renal crónica	7,4	4,4	6	15,0	0,49
Concentración de sodio (mg/L)	112,5	72,3	10	250	0,64

Desviación estándar (DE)

Los Coeficientes de variación (CV) superiores a 0,4 para todas las variables indican una dispersión media-alta en los datos, lo que es deseable para la



construcción de índices diagnósticos, ya que confirma que las variables capturan un espectro amplio de condiciones y no están concentradas alrededor de la media.

Se considera un valor de Na en 200 mg/L como valor paramétrico máximo, en la muestra fue 250 mg/L. Además, los valores de Na de las muestras procesadas, son elevados, sí se tiene en cuenta los valores elevados de enfermedad renal e hipertensión arterial, enfermedades con guías clínicas que sugieren dieta hiposódica o agua baja en Na (<20 mg/L o de 20 a 60 mg/L).¹⁴

Carencias del estudio

Se requiere de estudios de cohorte prospectivo para enunciar relaciones causales. Por otra parte, las enfermedades crónicas siguen un patrón de multicausalidad, en las que la interacción compleja de varios factores de riesgo induce su aparición.

No obstante, el sodio en el agua potable no ha sido históricamente considerado uno de ellos, pensamiento que debe cambiar a partir de los fenómenos de salinización asociados al cambio climático.

Conclusiones

Las mediciones realizadas demostraron un proceso de salinización en aumento en el municipio Najasa y elevado reporte de enfermedad renal e hipertensión arterial.

Bibliografía

1. UN-Water. The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and cooperation for water. Paris: UNESCO; 2023. Disponible en: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2023>
2. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: WHO; 2022. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
3. Year Digat G, Abad Ramírez I, Suárez Acuña M de la C. Caracterización de la intrusión salina en la subcuenca Najasa, cuenca Costera Sur de Camagüey, Cuba. Ing. hidrául. ambient [Internet]. 2022 [citado 10 Sep 2025];43(3):34-50. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382022000300034



4. Lee J, Biemond B, van Keulen D, Huismans Y, van Westen RM, de Swart HE, et al. Global increases of salt intrusion in estuaries under future environmental conditions. *Nat Commun* [Internet]. 2025 [citado 10 Sep 2025];16(1):3444. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12000365/>
5. Martin K, Tan SJ, Hewitson TD, Toussaint ND. Sodium Balance and Quality of Life in People with Chronic Kidney Disease-A Cross-Sectional Study. *Nutrients* [Internet]. 2025 [citado 10 Sep 2025];17(16):2634. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12389373/>
6. Xue XD, Li W, Xie MQ, Wang DZ, Li DD, Xin P, et al. High sodium diet intake and cardiovascular diseases: An attributable death study in Tianjin, China. *J Clin Hypertens (Greenwich)* [Internet]. 2023 [citado 10 Sep 2025];25(1):30-37. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9832237/>
7. Wenstedt EFE, Peters Sengers H, Boekholdt SM, Khaw KT, Wareham NJ, van den Born BH, et al. Relationship of Sodium Intake With Granulocytes, Renal and Cardiovascular Outcomes in the Prospective EPIC-Norfolk Cohort. *J Am Heart Assoc* [Internet]. 2022 [citado 10 Sep 2025];11(13):e023727. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9333397/>
8. Chanmuang S, Kim BM, Gu SY, Son YJ, Le HG, Nam YD, et al. Effects of sea salt intake on metabolites, steroid hormones, and gut microbiota in rats. *PLoS One* [Internet]. 2022 [citado 10 Sep 2025];17(8):e0269014. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9374251/#sec001>
9. Iturri A, Kloster N, Beroisa C, Álvarez C, Isasti J, Díaz-Zorita M. ¿Qué medimos cuando analizamos la conductividad eléctrica de aguas y suelos? Notas agrícolas pampeanas [Internet]. 2022 [citado 10 Sep 2025];6:17-22. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/551511315.pdf>
10. Hernández A, Alcalde S, Astaburuaga C. El agua potable de alta dureza como factor de riesgo para la litiasis renal: estudio descriptivo de corte transversal, realizado en la ciudad de Malargüe durante el año 2011 (Tesis de grado) [Internet]. 2011. Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Médicas. Escuela de Enfermería. Disponible en: <https://economicas.bdigital.uncu.edu.ar/6209>
11. Tian F, Yu G, Yang M, Sun Y, Gui Z, Zhao X, et al. Domestic water hardness, genetic risk, and distinct phenotypes of cardiovascular disease. *Environ Health* [Internet]. 2025 [citado 15 Sep 2025];24(1):9. Disponible en:



<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11907801/>

12. Yang H, Wang Q, Zhang S, Zhang J, Zhang Y, Feng J. Association of Domestic Water Hardness with All-Cause and Cause-Specific Cancers: Evidence from 447,996 UK Biobank Participants. Environ Health Perspect [Internet]. 2024 [citado 15 Sep 2025];132(6):67008. Disponible en:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11218704/>

13. Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud del Ministerio de Salud Pública de Cuba. Anuario Estadístico de Salud 2024 [Internet]. 2025. Disponible en:

<https://temas.sld.cu/estadisticassalud/2025/09/30/anuario-estadistico-de-salud-2024/>

14. Organización Mundial de la Salud. Estándares europeos de la calidad del agua potable. Génova 1993. Lenntech (European Head Office). © 1998-2025. Países Bajos. Disponible en:

<https://www.lenntech.es/aplicaciones/potable/normas/estandares-calidad-agua-oms.htm>

Los autores certifican la autenticidad de la autoría declarada, así como la originalidad del texto.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses en la presente investigación.