



Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de riego en San Joaquín-Cuenca

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.216>

Physicochemical and microbiological analysis of irrigation water in San Joaquín-Cuenca

Análise físico-química e microbiológica da água de irrigação em San Joaquín-Cuenca

Wendy Marisol Nugra Rocano
wendy.nugra1998@gmail.com

Lucia Nicol Arias Patiño
patino.niki.45@gmail.com

Silvia Monserrath Torres Segarra
storress@ucacue.edu.ec

José Antonio Baculima Suárez
jbaculima@ucacue.edu.ec

Carrera de Biofarmacia. Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador

Artículo recibido el 2 de marzo 2023 / Arbitrado el 28 de marzo 2023 / Publicado el 20 de mayo 2023

RESUMEN

El agua de riego en San Joaquín-Cuenca, contiene diferentes contaminantes por lo que conocerlos es fundamental para evitar problemas en salud pública. **Objetivo.** Determinar por métodos físico-químicos y microbiológicos, la calidad de agua en el punto de captación del canal de riego "Toma de Narváez", San Joaquín. **Materiales y Métodos.** Se realizó un estudio cuantitativo no experimental. La muestra estuvo integrada por 30 muestras recolectadas durante un mes del río Tomebamba en el sector de Balzay Alto de la parroquia San Joaquín en el año 2023. Los datos obtenidos fueron tabulados en SPSS versión 26, para analizar la información se usó la estadística descriptiva e inferencial mediante el uso de tablas y gráficos. **Resultados.** Se analizó la media de los parámetros estudiados de las 30 muestras, en donde, los sólidos disueltos totales (SDT) obtuvieron una media de 62,45 mg/L, conductividad eléctrica (CE) de 0,087317 mho/cm, nitritos de 0,017 mg/L, pH de 6,89, coliformes fecales (E. coli) de 282,97 NMP/100ml y ausencia de huevos de parásitos. **Conclusiones.** Los parámetros fisicoquímicos, como microbiológicos estudiados se encuentran dentro de los valores establecidos en la norma de calidad ambiental y descarga de afluentes, establecidos en el anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Palabras clave: Agua de riego; Calidad; Físicoquímicos; Microbiológicos; Petrifilm

ABSTRACT

Irrigation water in San Joaquín-Cuenca contains different contaminants, so it is essential to know them in order to avoid public health problems. **Objective.** To determine by physical-chemical and microbiological methods, the water quality at the catchment point of the irrigation canal "Toma de Narváez", San Joaquín. **Materials and Methods.** A non-experimental quantitative study was carried out. The sample consisted of 30 samples collected during one month from the Tomebamba River in the Balzay Alto sector of the San Joaquín parish in the year 2023. The data obtained were tabulated in SPSS version 26, and descriptive and inferential statistics were used to analyze the information through the use of tables and graphs. **Results.** The mean of the studied parameters of the 30 samples was analyzed, where total dissolved solids (TDS) obtained a mean of 62.45 mg/L, electrical conductivity (EC) of 0.087317 mho/cm, nitrites of 0.017 mg/L, pH of 6.89, fecal coliforms (E. coli) of 282.97 NMP/100ml and absence of parasite eggs. **Conclusions.** The physicochemical and microbiological parameters studied are within the values established in the environmental quality and effluent discharge standards set forth in Annex 1 of Book VI of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment of Ecuador.

Key words: Irrigation water; Quality; Physicochemical; Microbiological; Petrifilm

RESUMO

A água de irrigação em San Joaquín-Cuenca contém diferentes poluentes, portanto, é essencial conhecê-los para evitar problemas de saúde pública. **Objetivo.** Determinar, por métodos físico-químicos e microbiológicos, a qualidade da água no ponto de captação do canal de irrigação "Toma de Narváez", San Joaquín. **Materiais e métodos.** Foi realizado um estudo quantitativo não experimental. A amostra consistiu em 30 amostras coletadas durante um mês do rio Tomebamba no setor Balzay Alto da paróquia de San Joaquín no ano de 2023. Os dados obtidos foram tabulados no SPSS versão 26, e estatísticas descritivas e inferenciais foram usadas para analisar as informações por meio de tabelas e gráficos. **Resultados.** Foi analisada a média dos parâmetros estudados das 30 amostras, onde os sólidos totais dissolvidos (TDS) obtiveram uma média de 62,45 mg/L, condutividade elétrica (CE) de 0,087317 mho/cm, nitritos de 0,017 mg/L, pH de 6,89, coliformes fecais (E. coli) de 282,97 NMP/100ml e ausência de ovos de parasitas. **Conclusões.** Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estudados estão dentro dos valores estabelecidos nos padrões de qualidade ambiental e de descarte de efluentes, estabelecidos no Anexo 1 do Livro VI do texto unificado de legislação secundária do Ministério do Meio Ambiente do Equador.

Palabras-chave: Água de rega; Qualidade; Físico-química; Microbiológica; Petrifilm

INTRODUCCIÓN

En Ecuador y a nivel mundial, el agua de riego es muy utilizada para la agricultura; a pesar de ser un recurso importante existe deficiencia en la calidad y componentes del sistema de riego, es decir, desde la captación, conducción, almacenamiento, distribución hasta la aplicación en los sembríos (1). En la parroquia San Joaquín, ubicada en la ciudad de Cuenca- Ecuador, el agua destinada para la agricultura como en la mayoría de Ecuador, puede no presentar una buena calidad ya sea por el tipo de canal implementado, en este caso canal a cielo abierto o falta de limpieza del mismo; por lo que, no se tiene la certeza de los diferentes contaminantes que condicionan la calidad del agua utilizada (2).

Según estudio realizado en el río Tomebamba de la ciudad de Cuenca, demuestra que este es uno de los cuerpos de agua más afectados por la contaminación, que se genera por la disolución de los sistemas de alcantarillado ubicadas en las cabeceras parroquiales, caseríos y población que se ha dispersado; así como vertederos ilegales que se encuentran unidos a la organización de colectas marginales del sistema de purificación del agua (3).

Es importante recalcar la escasez de agua ya que es un problema a nivel mundial; un ejemplo claro es la ciudad de México, que se ha vuelto imposible el abasto del recurso hídrico (4). Situaciones similares pasan en las grandes ciudades de Latinoamérica, donde la asignación de agua a regiones con escasez genera tensión de interés social y económica (5). El análisis tiene una vista a mejorar el panorama de cuán aceptable es el uso del agua captada del río, para destinarlo a riego

debido a que tiene poca importancia para quienes lo usan, ya que no es considerado para consumo humano directo, por lo que la presencia de malos olores, sabores extraños, turbidez, productos tóxicos, etc.; no suponen mayor dilema (6).

Así mismo, se ha observado que microorganismos dañinos para la salud pueden estar presentes en el agua de riego; debido a las excretas de seres humanos y animales, figurando un problema para la salud alimentaria de la población; por la alejada relación de producción y seguridad de alimentos que son cultivados en esta zona, además de ser importante en los ámbitos productivo, social y económico de la parroquia (7). Por ello, el objetivo de este estudio es determinar por métodos físico-químicos y microbiológicos, la calidad de agua en el punto de captación del canal de riego "Toma de Narváez", San Joaquín, los parámetros como conductividad eléctrica, nitritos, sólidos disueltos totales, cuantificación de coliformes fecales (*Escherichia coli*) y la comprobación de la presencia de huevos de parásitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una investigación cuantitativa no experimental, el lugar de estudio fue el río Tomebamba en el sector de Balzay Alto de la parroquia San Joaquín en el año 2023 (Figura 1). El mismo, recorre alrededor de 2,58 Km que sirve como fuente para el acueducto "Narváez" que recorre un total de 36,26 hectáreas de terreno de la parroquia de San Joaquín con un caudal de 15,09 l/s destinado para riego y abrevadero.

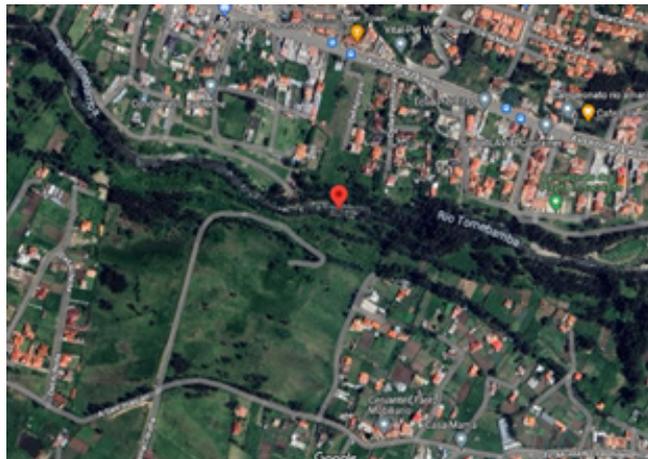


Figura 1. Vista satelital de lugar de muestreo.

Para la toma de muestra se siguió la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013 titulado “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo” (8). El estudio se basó en los criterios de calidad para agua de riego establecidos del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de afluentes al recurso agua (9). De los cuales se analizaron los criterios de pH, nitritos, coliformes fecales (*Escherichia coli*), huevos de parásitos establecidos en la Tabla 3 y los parámetros como conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT) establecidos en la Tabla 4.

Los equipos usados fueron centrífuga, pipeta de 1000 uL, incubadora, esterilizador, contador de colonias, conductímetro BenchTop Meters, balanza analítica precisión 0,0001g, estufa de secado, microscopio y equipo de filtración. Los instrumentos para la investigación fueron frascos de plásticos esterilizados, tubos de ensayo, tiras reactivas para pH y nitritos, placas Petrifilm

MC-Media Pad Solution, porta y cubreobjetos, mecheros Bunsen, microscopio, lugol, bomba de vacío, matraz kitasato, embudo Büchner, cápsula de porcelana, filtro de vidrio, pinzas metálicas, desecador y probeta de vidrio.

El análisis estadístico se realizó mediante el software SPSS versión 26, los datos fueron analizados de forma descriptiva e inferencial. Se realizó pruebas de hipótesis para variables paramétricas (coliformes fecales, sólidos disueltos totales) y no paramétricas (nitritos, conductividad eléctrica y pH); la significancia (p) de las pruebas se considera un valor menor a 0,05.

RESULTADOS

Se analizaron en 30 muestras los criterios físicoquímicos y microbiológicos sobre la calidad de agua de riego en la toma de Narvéez ubicada en Balzay Alto de la parroquia San Joaquín en la ciudad de Cuenca-Ecuador. Se estudiaron los siguientes criterios: sólidos disueltos totales (SDT), conductividad eléctrica (CE), nitritos y pH. Para el

análisis microbiológico se analizó la presencia de coliformes fecales (*E. coli*) así como la presencia de huevos de parásitos.

Los valores de los resultados fisicoquímicos fueron comparados con los valores permisibles establecidos en la norma de calidad ambiental y de descarga de afluentes al recurso agua (9) [Tabla 1]. Se analizaron sólidos disueltos totales

(SDT) con una media de 62,45 mg/L (DE= 8,474), conductividad eléctrica (CE) con una media de 0,087317 mho/cm (DE= 0,0369881), nitritos con una media de 0,017 mg/L (DE= 0,005) y pH con una media de 6,89 (DE= 0,39). Los valores de los parámetros estudiados no representan ningún riesgo, debido a que se encuentran dentro de los valores normales establecidos en la norma.

Tabla 1. Ministerio del ambiente: Norma de calidad ambiental y resultados obtenidos.

Criterios de calidad	Ministerio del ambiente norma de calidad			Toma de Narvárez-San Joaquín			
	Ningún riesgo	Ligero moderado	Severo	Máximo	Media	Desviación estándar	Mínimo
Sólidos disueltos totales (mg/L)	<450	450 - 2000	> 2000	75,978	62,45	8,473	47,436
Conductividad eléctrica (mho/cm)	<0,7	0,7 - 3,0	>3,0	0,195	0,087317	0,0369881	0,0000862
Nitritos (mg/L)		0,5		0,03	0,017	0,005	0,1
pH		6-9		7,71	6,89	0,39	6,2

Los resultados de los parámetros microbiológicos igualmente fueron comparados con la norma de calidad ambiental y de descarga de afluentes al recurso agua (9) [Tabla 2]; se encontró que en coliformes fecales (*E. coli*) la media es de 282,97 NMP/100mL (DE=152,818), un máximo de 710 NMP/100mL y un mínimo de 26 NMP/100mL. Estos valores no representan

ningún tipo de riesgo, ya que se encuentran dentro de los valores establecidos en la norma de calidad ambiental y de descargas de afluentes al recurso agua, en este caso 1000 NMP/100mL. No se evidenció de la presencia de huevos de parásitos en ninguna de las muestras recolectadas.

Tabla 2. Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y resultados obtenidos.

Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental	Toma de Narvaez-San Joaquín	
Coliformes fecales <i>E. coli</i> /100 MI 1000	Media	282,97
	Desv. Estándar	152,818
	Mínimo	26
	Máximo	710

Los valores de los parámetros fisicoquímicos fluctúan durante todo el mes en el cual se llevó la investigación (Figura 2). El máximo valor de sólidos disueltos totales se obtuvo en el día 15 con un valor de 75,978 mg/L y el valor mínimo en el día 19 con un valor de 47,436 mg/L. La conductividad eléctrica alcanzó un valor máximo en el día octavo con un valor de 0,195000 mho/cm y un mínimo

en el día tres con un valor de 0,0000862 mho/cm. De la misma forma el valor máximo en nitritos se alcanzó en el día 22 con un valor de 0,030 mg/L y un valor mínimo de 0,010 mg/L en el día 24. Finalmente, el pH obtuvo un valor máximo de 7,71 en el día 17 y un valor mínimo de 6,20 en los días 21, 22, 28 y 30

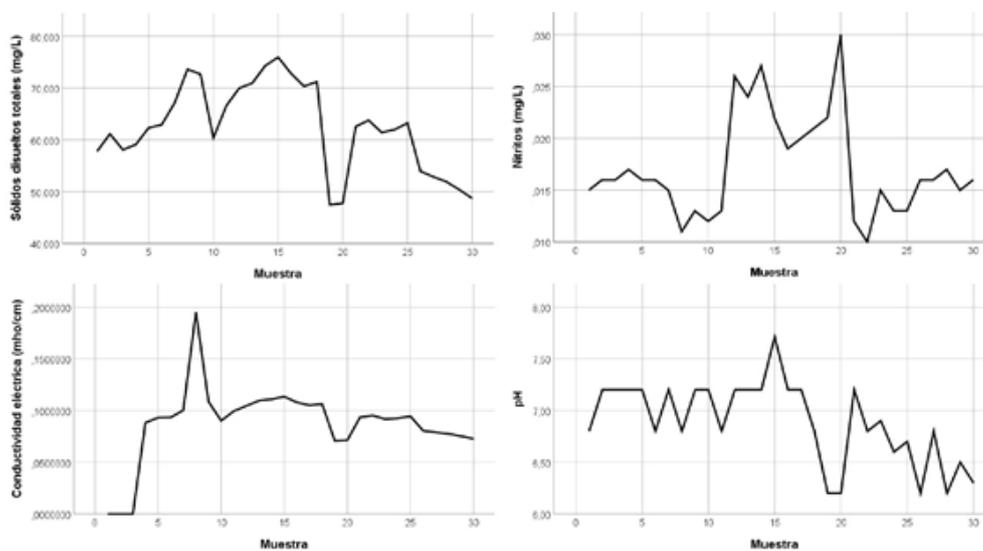


Figura 2. Parámetros fisicoquímicos.

El valor para coliformes fecales (*E. coli*) [Figura 3] igualmente mostró una variación durante todo el mes de estudio, mostrando así un valor máximo

en el día 11 con un valor de 710 NMP/100mL y un valor mínimo en el día 20 con 26 NMP/100mL.

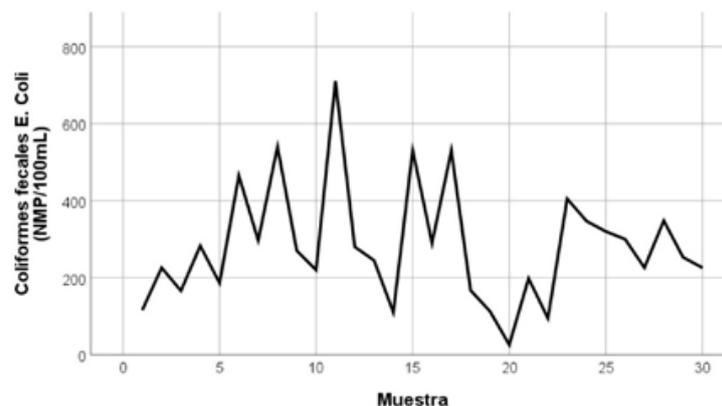


Figura 3. Parámetro microbiológico.

Durante los 30 días de muestreo se evidenció que en la mitad de días ($\text{Chi-cuadrado}=0,133$; $p=0,715$) existió presencia de precipitaciones, mismas que provocaron una variación en los valores de algunos parámetros estudiados. En el caso de la conductividad eléctrica los valores disminuyen con la presencia de lluvia (U de Mann-Whitney= $178,000$; $p=0,005$), de la cual se obtuvo un valor de media de $0,0756830$ mho/cm ($\text{DE}=0,0314823$); y en ausencia de lluvia su media fue de $0,01006133$ mho/cm ($\text{DE}=0,0393874$).

De igual forma sucede con los sólidos disueltos totales cuyos valores también evidencian una disminución en presencia de lluvia ($t=-3,481$; $p=0,002$), se obtuvo un valor en la media de $58,17900$ mg/L ($\text{DE}=7,410988$) y en ausencia de lluvia la media obtenida fue de $67,33036$ mg/L ($\text{DE}=6,977175$). Esto puede suceder debido a que ambos parámetros son directamente proporcionales, además se sabe que las precipitaciones hace que se disperse la materia contenida en el agua, lo que provoca la disminución en dichos valores (10). Cabe recalcar que los valores de pH y nitritos no varía en la presencia de precipitaciones (U de Mann-Whitney $p>0,05$), así como tampoco varían los coliformes fecales ($t=-0,610$; $p=0,547$).

DISCUSIÓN

La agricultura es importante para los países en vías de desarrollo. El buen funcionamiento del sector agrícola garantiza la seguridad alimentaria, así como la fuente de ingresos nacionales (11).

En San Joaquín la producción agrícola ha tomado gran relevancia dentro de la ciudad de Cuenca; ya que la parroquia es considerada como una de principales zonas que abastecen los mercados con productos agrícolas, por lo que es importante que estos tengan un proceso de cultivo adecuado para garantizar la calidad de los productos.

La medición de límites físico-químicos como: pH, conductividad eléctrica (EC) y sólidos disueltos totales (SDT) es la forma más sencilla de detectar cambios en su composición, expresan datos sobre los procesos químicos y biológicos en donde, si estos están cercanos a la neutralidad los elementos nutritivos para los cultivos se dispondrán fácilmente y generan un equilibrio adecuado; en el presente estudio la media del pH obtuvo un valor de 6.89 (12,13).

Un estudio comprobado en el Instituto Universitario de Tecnología, Universidad de Burdwan en India relevan que un pH elevado afecta a los suelos con el alto valor del pH redundante en un ambiente ácido. Se cree que si el nivel de pH del suelo cae en un rango de 5,5 y 7 o un máximo de 8 es con las mejores condiciones en el agua de riego la cual para los investigadores posee un nivel alcalino y apto para el suelo (14).

Según un estudio del río Chimbo ubicado en la provincia de Bolívar en Ecuador, se evaluaron algunos factores que pueden alterar el pH del agua relacionado en función las variables como: oxígeno disuelto, sulfatos, caudal, cloro y alcalinidad. Los 15 puntos de referencia del río Chimbo donde

se midió el valor de pH que evidencian un rango de 6 a 8.5 puede considerarse aceptable para ser usado de acuerdo a lo que se indica en la Asociación Americana de Salud Pública [APHA] (15).

La media para conductividad eléctrica en la investigación corresponde a un valor de 0,0873171mho/cm, mismo que se encuentra dentro de los valores normales de acuerdo a la norma. La conductividad eléctrica en el suelo es una medida indirecta de la concentración de sales. El suelo tiene sales disueltas naturalmente, por esa razón, la conductividad eléctrica puede ser bastante baja, pero nunca llegar a cero (16). Correlacionando con un estudio realizado en Toglhuayco, parroquia Guangopolo, Ecuador; se analizó la conductividad eléctrica de aguas superficiales para plantaciones de quinua, en el estudio se evidenció un valor de CE de 324 mho/cm valor que no se le considera peligroso para el uso de cultivos (17).

En cuanto a los sólidos disueltos totales en el presente estudio se obtuvo un valor de 62,450 mg/L, el cual se encuentra dentro de los valores normales de acuerdo a la norma. Este parámetro indica presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico e inorgánico (18). Se demostró que un estudio realizado en San Juan del Río, Querétaro (México), sólidos disueltos totales (SDT) mostrando valores más altos que sobrepasan los límites máximos establecidos; lo cual, no se cataloga como un análisis permisible de acuerdo a la Ley Federal de

Derechos y Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2015 (19). Los estudios que se realizaron para esta investigación nos refleja que en presencia de precipitaciones se mantiene un valor permitido por los parámetros permitido dentro del TULSMA 2015.

Los nitritos se encontraron dentro de los valores normales obteniendo un mínimo de las 30 muestras de 0,010 mg/L, lo que nos indica la escasa contaminación fecal de animales o humanos en esta parte del río Tomebamba, resultado que se puede correlacionar con un estudio realizado en las aguas de los ríos: Cuxtepec, Cabañas y su afluente Chiapas en México; generando en valor dentro de lo normal de acuerdo a la norma Mexicana, a pesar de que estas aguas son usadas para descarga de subproductos usados en la cosecha de café (20). Cabe recalcar que en aguas superficiales la cantidad de nitritos no suelen elevarse por encima 0,1 mg/ dado que presentan una buena oxigenación (21).

Los coliformes fecales comúnmente están en las excretas de animales y humanos lo que es una buena señal de contaminación fecal (22). El recuento de coliformes fecales (*E. coli*), dio un promedio de 282,97 valor muy por debajo de los 1000 NMP/100mL establecidos en la norma; por el contrario, en un estudio realizado en 12 ríos del Ecuador mismos que fueron: Machángara, Tomebamba, Zamora, Esmeraldas, Toachi, Chone, Guayas, Aguarico, Coca, Napo y Pastaza; donde la concentración de coliformes (*E. coli*) resultaron

por encima de los límites establecidos en la legislación internacional y ecuatoriana en todos los ríos, cabe destacar que en este estudio se tomaron muestras de agua del río Tomebamba en 2016 en el sector de Ricaurte, factor por el cual es por el que varían los resultados en ambos estudios (23).

La presencia de huevos de parásitos en el agua usada para riego, puede provocar que los alimentos sean potencialmente transmisores de enfermedades, reduciendo la productividad económica de la zona (24). En el presente estudio, no se evidenció la presencia de huevos de parásitos de ningún tipo, sin embargo, se detectaron quistes, siendo el más frecuente *Entamoeba coli*, dato importante ya que los mismos pueden provocar enfermedad (25). La presencia de huevos de parásitos es más común en aguas residuales que se usan para riego. Un estudio de la contaminación de origen fecal en aguas de riego agrícola confirma este dato, ya que, se encontró que por cada litro de agua habían de uno a tres huevos de helmintos (26).

CONCLUSIONES

Con base en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos evaluadas en el agua de riego de la junta toma de Narvárez, los criterios de pH, nitritos, coliformes fecales (*Escherichia coli*), huevos de parásitos y los parámetros como conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT) del presente estudio, demuestran valores normales del libro VI del texto unificado de legislación

secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de afluentes al recurso agua, los cuales no indican peligrosidad para el riego de los cultivos; no se evidenció de la presencia de huevos de parásitos en ninguna de las muestras recolectadas mostrando a este parámetro dentro de lo establecido en la norma; sin embargo, se identificó la presencia de quistes de amebas (*Entamoeba histolytica/dispar*).

Finalmente, y en base a los datos analizados en este trabajo se concluyó que el agua usada en la junta de riego Toma de Narvárez, San Joaquín, utilizada para la agricultura, se encuentran con los límites de calidad química requeridos para uso, sin peligro de salinización y sodificación para cultivos y suelos de aplicación a corto y mediano plazo.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nieto C, Pazmiño E, Rosero Q. Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. 2018. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-EstudioDelAprovechamientoDeAguaDeRiegoDisponiblePo-6724757.pdf>
2. Zubezu S, Sánchez-Calvo R, Cardozo DS, Ide FC, Rodríguez-Sinobas L. Suitability of Sustainable Agricultural Drainage Systems for adapting agriculture to climate change [Internet]. 2022 [citado 24 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721053961>

3. Pauta G, Velazco M, Gutiérrez D, Vázquez G, Rivera S, Morales O. Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca; 2019. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7345331>
4. Comisión Nacional del Agua CONAGUA. Situación de agua en México. 2023. Disponible en: <https://n9.cl/1fsrx>
5. Jouravlev S, Saravia S, Gil M. Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe. 2021. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46792/1/S2000908_es.pdf
6. ONU. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua de 2023 sobre el examen exhaustivo de mitad de período de la implementación de los objetivos del Decenio Internacional para la Acción, «Agua para el desarrollo sostenible» 2018-2028. 2023. Disponible en: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-12/FILAC%20input.pdf>
7. Sosa-Yáñez L, García-Hernández J, Rodríguez-Félix F, Bello-Pérez L, Tovar J, López-Córdova JP, et al. Influencia de tres regímenes de riego sobre la calidad agronómica de centeno cultivado en la costa de Hermosillo, Sonora, México. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. 2022. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-57792022000100110&lng=es&nrm=iso&tlng=es
8. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). NTE-INEN-2176 Agua. calidad del agua. muestreo. técnicas de muestreo. 2013 <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051>
9. Ministerio del Ambiente. Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente. (TULSMA). 2015. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
10. Heredia O. El agua de Riego: Criterios de Interpretación. Efectos sobre el suelo y la producción. 2019. Disponible en: https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/agua_riego_criterios_interpretacion.pdf
11. Bula A. Importancia de la Agricultura en el Desarrollo socio-económico. 2020. Disponible en: <https://observatorio.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/08/Importancia-de-la-agricultura-en-el-desarrollo-socio-econ%C3%B3mico.pdf>
12. Ayala S, Castro S, Calle L, Aguilar G, Choloquina C. Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS). 2022. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/1330
13. Soriano M. pH del suelo. Universidad Politécnica de Valencia. 2019. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102382/Soriano%20-%20pHdel%20suelo.pdf?sequence=1>
14. Poyen F, Kundu P, Ghosh A. pH Control of Untreated Water for Irrigation. 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40030-018-0297-4>
15. García S, Arguello A, Parra R, Pilay M. Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. 2019. Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/909>
16. Cremona M, Enriquez A. Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento. EEA Bariloche. 2020. Disponible en: <https://n9.cl/z5pqw>
17. Carabalí A, Gómez-García J, Solano M, Llumiquinga G, Burgos C, Carrera-Villacrés D. Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco. 2019. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1641>
18. Tovar Argüello Orlando. Calidad del agua para riego. 2018. Disponible en: <https://n9.cl/6fnae>
19. Morales-Durán N, Torre-González A, García-Sánchez V, Chávez C. Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del

agua del Distrito de Riego 023. *Tecnol Cienc Agua*. 2018;9(1):53-67. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-01-04>

20. Ruiz-Nájera R, Medina-Meléndez J, Carmona-de la Torre J, Rincón-Enríquez G, Sánchez-Yáñez J, Raj-Aryal D, et al. Efecto de la disposición de los residuos resultantes del beneficiado húmedo del café sobre las características físicas y química del agua de corriente natural. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.* 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.884>

21. López C. Para el análisis químico de la contaminación por nitratos y nitritos en aguas de consumo. 2020. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n5/2218-3620-rus-12-05-190.pdf>

22. Gonzalez s. Caracterización de coliformes fecales en aguas de riego [Internet]. INIA; 2019. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7214/NR35482.pdf?sequence=13&isAllowed=y>

23. Vinueza D, Ochoa-Herrera V, Maurice L, Tamayo E, Mejía L, Tejera E. Determining the microbial and chemical contamination in Ecuador's main rivers [Internet]. 2021 [citado 24 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8531378/>

24. Radman N, Osen B, Butti M, Gamboa M. Enfermedades transmitidas por alimentos EPTA [Internet]. 2022 [citado 24 de marzo de 2023]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/141010/Documento_completo.pdf?sequence=1

25. Medios auxiliares para el diagnóstico de las parasitosis intestinales [Internet]. Organización Panamericana de la Salud; 2020 [citado 24 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52295>

26. Campos M, Beltrán M, Fuentes N, Moreno G. Helminth eggs as parasitic indicators of fecal contamination in agricultural irrigation water, biosolids, soils and pastures [Internet]. in *Biomédica*; 2018 [citado 20 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/3352>