Estudio de la calidad del agua de los ríos de la microcuenca de Paso de Ovejas, Veracruz

Mario Torres-Becerril, Gustavo López-Romero*

Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, Veracruz, México. CP. 91700

Artículo recibido 22 de enero de 2025 y aceptado el 17 de febrero de 2025

Study of the water quality of the Paso de Ovejas micro-watershet, Veracruz

Abstract

Water is an important element important for livelihoods. In recent decades, it has become vitally important for people to have access to clean water available for their use. In the state of Veracruz, there are various hydrological sources of vital importance, such as the Paso de Ovejas micro-watershed, which needs to be studied. The objective of this study was to evaluate the quality of water used for agricultural production in the micro-watershed of Paso de Ovejas, Veracruz. Chemical parameters (pH, conductivity, acidity, alkalinity, chlorides, and total organic matter) were determined from water samples taken from different rivers that are part of the micro-watershed. The water samples were moderately alkaline (pH 8.11 - 8.33). Moderate conductivity (286.10 - 338.33 µS/cm) was recorded in all samples, while alkalinity (946.66 - 946.66 mg/L $CaCO_3$) and organic matter content (147.36 - 147.56 mgO_2/L) were observed to be elevated in both samples. The results obtained for water quality parameters in the sample taken in the middle part of the rivers had better quality compared to the sample taken at the shore; this is especially pronounced in terms of conductivity. Due to the high alkalinity levels, the water samples are suitable for irrigation. However, they may not be suitable for human consumption, so further study is required to determine this.

Key words: water, physical parameters, chemical parameters, agriculture.

Resumen

El agua es un elemento importante para la subsistencia. En las últimas décadas, se ha convertido en un tema de vital importancia que las personas tengan acceso a agua no contaminada disponible para su uso. En el estado de Veracruz, hay diversas fuentes hidrológicas de vital importancia como la microcuenca de Paso de Ovejas que requiere ser estudiada. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua en la microcuenca de Paso de Ovejas, Veracruz, y determinar si es apta para el consumo humano. Se determinaron los parámetros químicos (pH, conductividad, acidez, alcalinidad, cloruros y materia orgánica total), de muestras de agua tomadas de diferentes ríos que forman parte de la microcuenca. Las muestras de agua eran moderadamente alcalinas (pH 8.11 - 8.33). Se registró una moderada conductividad (286.10 - 338.33 µS/cm), en todas las muestras, mientras que la alcalinidad (946.66 - 946.66 mg/L $CaCO_3$) y contenido de materia orgánica (147.36 - 147.56 mgO_2/L), se observó elevada en ambas muestras. Los resultados obtenidos para los parámetros de calidad del agua en la muestra tomada en la parte media de los ríos tuvieron mejor calidad en comparación con la muestra tomada en la orilla, esto es especialmente pronunciado en términos de conductividad. Debido a los altos niveles de alcalinidad, las muestras de agua son aptas para riego. Sin embargo, estos no podrían ser adecuados para consumo humano, por lo que se requiere mayor estudio para determinar esto.

Palabras claves: agua, parámetros físicos, parámetros químicos, agricultura.

*Autor de correspondencia
Email: gustavolr@colpos.mx
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

Introducción

El agua es un elemento clave para el desarrollo sostenible y de gran necesidad para los humanos. A nivel mundial, es una preocupación de vital importancia proporcionar a las personas suficiente agua de una calidad adecuada. Los procesos naturales y los procesos iniciados por la influencia de las personas en gran medida pueden influir en la calidad del agua subterránea (Devic *et al.*, 2014; Pantelic *et al.*, 2017).

En las últimas décadas, se ha convertido en un tema de vital importancia que las personas sólo tienen acceso a una cantidad limitada de agua no contaminada disponible para su uso. El desarrollo industrial, el número creciente de áreas urbanas y el aumento de la población han influido negativamente en la calidad del agua (Kostic *et al.*, 2016). La agricultura de riego no puede existir sin un suministro de agua de calidad adecuada, ya que tiene un impacto en las plantas, suelos, equipos de riego, uso doméstico y en todas las actividades agrícolas.

Anteriormente, la investigación sobre la calidad de agua no era importante, pero, el miedo a perder el suministro en varias regiones ha ido en aumento, por lo que se le considera una amenaza real actualmente. Esto desencadenó en el uso de fuentes de agua de baja calidad y no apropiadas para abastecer el riego de cultivos y sembradíos.

El manejo en la calidad del riego es crucial para tener una producción agrícola exitosa, ya que influye en el rendimiento de los cultivos y en las condiciones del suelo. Por otro lado, los diferentes cultivos requieren agua de diferentes parámetros de calidad, físico, químico y biológico. Los parámetros químicos comprenden el pH, conductividad eléctrica, cationes y aniones, nutrientes, alcalinidad y dureza. Por otro lado, la presencia y toxicidad de iones como cloruro, sodio y boro puede observarse ya que estos varían dependiendo del tipo de cultivo presentan distinta sensibilidad a estos iones en cuanto a la salinidad (Bauder *et al.*, 2011).

En el estado de Veracruz, hay diversas fuentes hidrológicas de vital importancia para la producción agrícola. Una de estas fuentes de agua es la microcuenca de Paso de Ovejas donde las actividades agrícolas se han adaptado a las condiciones particulares de la región, haciendo que el desarrollo de los agroecosistemas sea variable. En la parte baja cuenta con buenos sistemas de riego, mientras que en la parte alta no cuentan con estos sistemas y la agricultura es de temporal. En esta región que no cuenta con sistemas de riego se encuentran comunidades de alta marginación como Xocotitla y Angostillo, según el consejo nacional de población (CONAPO, 2005). Sin contar que estas comunidades son las que cuentan con los suelos de menor calidad agrícola, por lo que el agua es muy importante para la producción y requiere gran atención, ya que su calidad determinará la productividad y grado de contaminación del cultivo.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad del agua utilizada para la producción agrícola en la zona centro del estado de Veracruz, en la microcuenca de Paso de Ovejas, en el transecto que comprende las comunidades de Angostillo y Xocotitla, basado sobre los parámetros seleccionados del agua

Materiales y métodos

Recolección de muestras

Las muestras de agua tomadas de Angostillo (A) y Xocotitla (X), se colectaron en botellas de vidrio previamente lavadas y enjuagadas con agua destilada. En el punto de muestreo las botellas se enjuagaron tres veces con el agua del río antes de colectar las muestras, para después ser transportadas al laboratorio. En cada punto de muestreo se tomaron muestras de la orilla del río (O), y de la parte media del río (M), para observar cambios dependiendo del caudal (Figura1).

Análisis de las muestras

Se determinaron los parámetros físicos y químicos del agua (pH, conductividad eléctrica, salinidad, cloruros, alcalinidad, acidez y materia orgánica), como describe a continuación (Kostic *et al.*, 2016).

pH

Para medir el pH en cada una de las muestras se empleó un potenciómetro HANNA HI 2211 previamente calibrado, la lectura de las muestras se hizo por triplicado y en cada medición se lavó el electrodo que hace la medición con agua destilada

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica sirve para determinar la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica. Para la medición se usó un conductímetro HANNA HI 9835. Primeramente, se enjuagó la sonda con agua desionizada y después se secó, luego este fue introducido en la muestra y se tomó lectura de la conductividad eléctrica. La medición se realizó por triplicado (Chacón, 2016).



Figura 1. Mapa de muestreo de la región de Estudio

Salinidad

La salinidad se calculó indirectamente mediante el uso de un conductímetro HANNA HI 9835 y se repitió el procedimiento aplicado para determinar la conductividad. Después el cálculo de la salinidad se hizo con la fórmula que se muestra a continuación (Chacón, 2016):

$$\frac{\mu S}{cm} = 2 * ppmTDS$$

Donde:
µS/cm: conductividad eléctrica
ppmTDS: partes por millón de solidos disueltos.

Cloruros

Primeramente, para la determinación de cloruros se estabiliza la muestra a un pH de 7 -9. Después se tomaron 10 mL de la muestra y se le agregaron 90 mL de agua destilada y luego a esta mezcla se le agregaron 2-3 gotas de cromato de potasio, obteniendo un color amarillo. Posteriormente, con la ayuda de una bureta se le añadió gota a gota a la muestra una solución de nitrato de plata hasta que esta produzca un viraje de amarillo a rojo. La solución testigo se realiza con agua destilada. Para determinar el contenido de cloruros se empleó la siguiente fórmula (Chacón, 2016):

$$Cloruros = (A - B)\text{*N*35.5*1000/A}$$

Donde:
A: mL de nitrato de plata gastados en la muestra.
B: mL de nitrato de plata gastados en el blanco.
N. Normalidad de nitrato de plata.
V: Volumen del alícuota problema.

Alcalinidad y acidez

Para determinar la alcalinidad y acidez de las muestras de agua, se empleó la metodología empleada en la norma mexicana NMX-AA-036-SCFI-2001. Para la determinación de alcalinidad, se transfieren 100 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se le adicionaron 2 gotas de fenolftaleína y esta se tituló con una solución de ácido sulfúrico 0.02 N hasta que vire de color rosa a incoloro. Este mismo proceso de realizó con naranja de metilo.

Mientras que para realizar la determinación de acidez se sustituyó la solución con la que se va a titular la muestra por hidróxido de sodio 0.02 N. Si las muestras de agua son de proveniencia industrial se le realiza un pretratamiento con ácido sulfúrico. Para calcular la acidez y alcalinidad se emplearon las siguientes fórmulas:

$$Alcalinidad\ total = \frac{AxN}{100}\ (50)\ (1000)$$

Donde:
A: mL gastados de ácido
N: Normalidad del ácido

$$Acidez\ total = \frac{\big((A\ x\ B) - (C\ x\ D)\big)(50)(1000)}{100}$$

Donde:
A: mL gastados de hidróxido
B: Normalidad del hidróxido
C: mL gastados de ácido sulfúrico
D: Normalidad de ácido sulfúrico

Los resultados obtenidos se expresaron como CaCO3 en mg * L^{-1}.

Materia orgánica

En un tubo de ensayo se colocan 1 mL de muestra y se le agregan 0.03 g de sulfato mercúrico y se agita la muestra. Posteriormente se le agregan 0.8 mL de dicromato de potasio y cada tubo se lleva a 2.5 mL con agua destilada. Realizado este paso se le adicionan 2.5 mL de ácido sulfúrico y estos se ponen en una placa de agitación a 150°C durante 20 min. Transcurrido el tiempo, las muestran son medidas mediante un espectrofotómetro UV-visible a longitud de onda de 480-420 nm. Para la realización de la curva de calibración se sustituye la muestra por ftalato de potasio, mientras que en el uso del espectro se usó agua destilada como testigo (Harris, 2003).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se realizó por medio del programa Statgraphics y Excel 2016.

Resultados y discusión

Parámetros físico-químicos

La calidad del agua de riego afecta el rendimiento de los cultivos, las condiciones físicas del suelo, fertilidad, rendimiento y longevidad del sistema de riego y aplicación de agua. Es de gran importancia monitorear la calidad del agua de riego para poder observar si es necesario hacer y cambiar este para mejorar la productividad en el largo plazo (*Bauder et al.*, 2011).

Primeramente, se encontraron valores de temperatura que van de 23.4 - 24.5 °C, lo que indica que la temperatura del agua es cálida y esto se puede deber a la influencia del clima de la región que es cálido subhúmedo y cálido húmedo, que podría influir en el desarrollo de microorganismos.

De igual manera la influencia del pH del agua en el manejo del cultivo afecta la solubilidad de los fertilizantes, por lo que determinar el valor del pH es muy importante. El valor de pH fue ligeramente mayor en la muestra A (8.32), promediando el valor de la orilla (A-O), como en la parte media (A-M), en comparación con la muestra X (8.18). Los resultados obtenidos (Figura 2), indicaron que el agua estudiada era moderadamente alcalina, y por lo tanto entra en el rango del pH recomendado (6.0 a 8.5), para agua de riego (Ayers y Westcot, 1985). El agua de riego con un pH fuera del rango habitual puede causar un desequilibrio nutricional o puede contener iones tóxicos que afectan en la producción.

La alcalinidad se refiere a la concentración de varios iones como los bicarbonatos de iones calcio, magnesio y sodio y en menor medida carbonatos de iones calcio o sodio que afectan la capacidad amortiguadora de ácidos. La alcalinidad del agua tiene un gran impacto en el pH del sustrato, por lo que el uso de agua de riego que contenga alta alcalinidad puede causar el aumento del pH del sustrato por encima de los niveles aceptables para

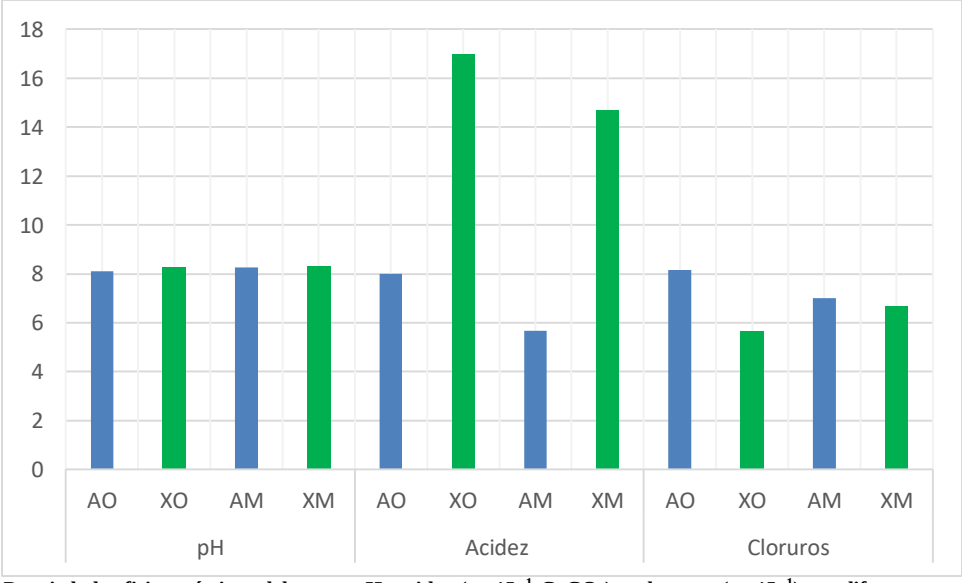


Figura 2. Propiedades fisicoquímicas del agua; pH, acidez (mg*L^{-1} $CaCO_3$) y cloruros (mg*L^{-1}), en diferentes zonas de los ríos (O=orilla y M=en medio), de Angostillo (A) y Xocotitla (X), Veracruz.

un crecimiento saludable de las plantas (Argo y Fisher, 2008).

Valores entre 0 a 100 mg/L de $CaCO_3$, se consideran como alcalinidad deseable del agua de riego, mientras que valores en el rango de 30 a 60 mg/L de $CaCO_3$ como valores de alcalinidad óptimos para el crecimiento normal de la mayoría de las plantas (Cox, 1995). Además, agua con valores de alcalinidad moderados (30-60 mg/L) puede considerarse como una fuente valiosa de Ca y Mg para los cultivos. Por otro lado, las deficiencias de oligoelementos y los desequilibrios de Ca y Mg pueden resultar en una alcalinidad elevada en el agua de riego (Cox, 1995).

Los valores de alcalinidad (Figura 3), fueron 976.67 mg/L $CaCO_3$ y 1123.33 mg/L $CaCO_3$ en la orilla y parte media en la muestra A-O respectivamente, mientras que en la muestra A-M los valores obtenidos fueron de 946.66 mg/L $CaCO_3$ y 1020 mg/L $CaCO_3$, indicando una alcalinidad elevada en el agua examinada en ambos sitios.

La acidez del agua generalmente es causada por dióxido de carbono, ácido mineral como como ácido carbónico y sales de ácidos fuertes y bases débiles. El agua ácida puede tener un efecto perjudicial sobre el crecimiento de las plantas, causando particularmente problemas nutricionales, mientras que el agua fuertemente ácida puede contribuir a la acidificación del suelo (Adzic, 2019). Valores de acidez de las muestras de agua analizadas fueron de 17.33 (orilla), y 25.33 (en medio), mg/L $CaCO_3$ en A-O, mientras que en A-M fueron de 19.33 y 26.33 en la parte de la orilla y en medio del río respectivamente.

La conductividad eléctrica (CE), es una propiedad del agua que depende de varios factores. En agricultura representa un nivel de salinidad natural y salinidad causada por residuos de fertilizantes en el agua y el suelo. Sin embargo, puede ocurrir una CE alta si el agua contiene algunos contaminantes como residuos de fertilizantes, sal de carretera o algunas sustancias inorgánicas contaminantes en forma ionizada (Kostic *et al.*, 2016).

La irrigación adecuada del agua para la producción agrícola debe tener una CE en el rango de 0-1.5 µS/cm, aunque para los enchufes se recomiendan valores inferiores a 1 (Ayers y Westcot, 1985). Los valores de conductividad de las muestras de agua analizadas mostraron pequeñas variaciones; es decir, X presentó menor conductividad (286.10 µS/cm en la orilla y 287.63 µS/cm en la parte media), en comparación con A (338.33 S µS/cm y 305 µS/cm respectivamente). Con base en los resultados, el agua de ambas muestras se encuentra dentro valores de CE aceptables, por lo tanto, estas cumplen con el propósito de ser empleadas para riego agrícola.

El ion cloruro es esencial para el desarrollo de las plantas en cantidades muy bajas, pero es el componente más común que causa toxicidad para

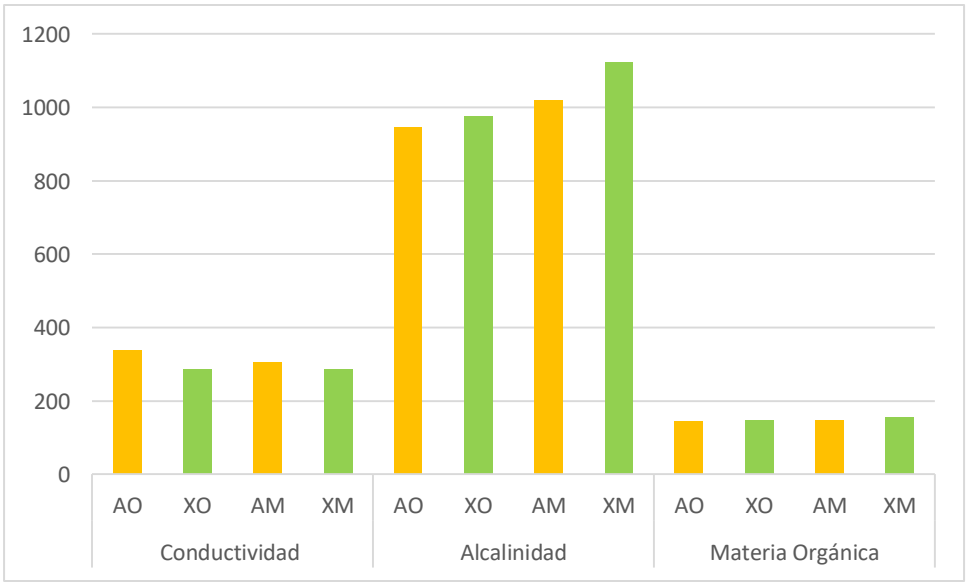


Figura 3. Propiedades fisicoquímicas del agua; conductividad (µS/cm), alcalinidad (mg*L^{-1} $CaCO_3$) y materia orgánica (mg O_2*L^{-1}), en diferentes zonas de los ríos (O=orilla y M=en medio), de Angostillo (A) y Xocotitla (X), Veracruz.

los cultivos debido a la presencia elevada de cloruros en el agua de riego, que es especialmente pronunciado cuando se aplica con riego por aspersión (Ayers y Westcot, 1985; Bauder *et al.*, 2011). Las concentraciones de cloruros encontrados en el presente estudio fueron bajas, mostrando valores de 5.66 y 6.66 mg/L en X, mientras que en A los valores fueron 8.16 y 7 mg/L, para las muestras de la orilla y media, respectivamente

La presencia de materia orgánica presente en el agua puede ocurrir debido a la contaminación o estar naturalmente presente en una muestra debido a la geología del campo. Las cantidades de materia orgánica total observada en aguas superficiales oscila entre 20 mgO_2 /L o menos en aguas no contaminadas, mientras que en aguas residuales los valores son > 200 mgO_2/L (Kostic *et al.*, 2016).

La cantidad medida de materia orgánica total fue de 147.56 mgO_2/L (orilla), y 154.20 mgO_2/L (en medio), para A-I, mientras que para A-II los valores obtenidos fueron 146.73 mgO_2/L y 147.36 mgO_2/L respectivamente. Estos resultados indican que en las muestras estudiadas hay cierto grado de contaminación. Estos resultados son similares a los obtenidos por Kostic *et al.* (2016), en aguas de Banat, Serbia.

Consumo humano e implicaciones a la salud

Los resultados obtenidos de los parámetros físico químicos y a inspección de vista, se observó un color turbio en el agua. Es importante conocer el origen del color del agua, ya que el color aparente podría eliminarse mediante un proceso de filtración (Malaakotian y Fatehizadeh, 2010).

La turbidez del agua (Cuadro 1), está causada por sustancias inorgánicas en suspensión y sustancias orgánicas dispersas, y es el resultado de la actividad óptica de las sustancias disueltas en ella. En la mayoría de las muestras de agua analizadas, la turbidez medida de todas las muestras era < 0.88 NTU, mientras que las muestras X-O y X-M estaban en el límite del valor máximo permitido. La turbidez de las muestras analizadas puede estar relacionado con varios factores, como la geología del terreno circundante, la presencia de materiales orgánicos e inorgánicos y la afluencia repentina de agua superficial en temporada de lluvias. Según la EPA (EPA, USA, 2009), la turbidez debe ser inferior a 1 NTU, porque en este caso no hay posibilidad de oclusión de los microorganismos presentes en las partículas coloidales. Además, todas las muestras de agua eran inodoras e insípidas. Sin embargo, hay otros factores que podrían influir en la calidad del agua de la zona para consumo humano que podrían tener posibles implicaciones negativas a la salud. En cuanto a los valores encontrados de temperatura y pH, se encontraron valores de temperatura y de pH que se encuentran entre los límites de 23.4 - 24.5 y 8.03 - 8.46 respectivamente. De acuerdo a los valores recomendados por la UNESCO/WHO/UNEP, la temperatura se encuentra ligeramente por encima de los valores recomendados ya que como se mencionó anteriormente, esto podría propiciar el desarrollo de microorganismos en adición de la presencia de materia orgánica presente en el agua, que puede servir como sustrato para la propagación de estos. Esto mismo se muestra en el trabajo realizado por Benítez-Hernández (2013), donde encontraron que el agua del río de la comunidad de Angostillo tenía presencia de *E. coli* y coliformes con valores por encima de lo establecido por la norma NOM-127-SSA1-1994, donde el valor permisible es de 2 NMP/100 mL (número más probable por 100 mL).

Con los datos obtenidos se hizo una valoración de criterios de calidad donde se observó que los parámetros que tienen el valor 1 están dentro de la norma mientras que los que tienen 0 no (Cuadro 2).

Como se mostró en los análisis, las muestras cumplen con la mayoría de parámetros. Sin embargo, el valor de temperatura se encuentra ligeramente por encima de los límites permitidos, lo que podría propiciar el desarrollo de microorganismos

Cuadro 1. Otros parámetros fisicoquímicos del agua de los sitios de estudio.

Muestra	Temperatura (°C)	Salinidad (mg * L^{-1})	Turbidez (NTU)
AO	24.26 ± 0.75^{a}	2165.33 ± 12.70^{a}	0.81 ± 0.01^{a}
AM	24.33 ± 0.38^{a}	1952.00 ± 3.08^{b}	0.87 ± 0.02^{b}
XO	24.40 ± 0.10^{a}	1831.04 ± 6.63^{c}	0.92 ± 0.02^{c}
XM	24.23 ± 0.38^{a}	1840.85 ± 11.09^{c}	0.95 ± 0.01^{d}

Los resultados son el promedio una muestra analizada por triplicado ± desviación estándar (n=3).
Letras diferentes en cada columna, muestran diferencias significativas ($p<0.05$).

Cuadro 2. Valoración de criterios de calidad a partir de los valores establecidos por la UNESCO/WHO/UNEP.

Fuente	pH	Temp.	Salinidad	Alcalinidad	Acidez	Cloruros	Materia orgánica	Turbidez
Angostillo	1	0	1	1	1	1	0	1
Xocotitla	1	0	1	1	1	1	0	1

Se concluye que el agua de los ríos es apta para la agricultura, pero no para consumo humano, debido a la presencia de materia orgánica y por consiguiente de microorganismos. Se requiere que el agua debe llevar mecanismos de purificación.

Resulta alarmante mencionar que la calidad del agua de ambos ríos no es adecuada para el consumo humano. Además, hay que mencionar que recientemente que en la zona de estudio se han empezado a establecer granjas avícolas que podrían descargar contaminantes al agua, pero esto tiene que ser comprobado. En adición, debido al uso de plaguicidas en los campos de cultivo hay que considerar que estos podrían verterse al río, considerándose como elemento negativo a tomar en cuenta para el consumo humano.

Conclusiones

Se concluyó que la calidad del agua analizada de la microcuenca es apta para la agricultura, sin embargo; no lo es tanto para consumo humano, ya que el contenido de materia orgánica y temperatura es elevado, lo que puede desencadenar al desarrollo de microorganismos, por lo que requiere de procesos de purificación.

De igual manera es importante realizar más análisis para determinar presencia de otros compuestos de origen antrópico como plaguicidas, metales pesados, antibióticos, entre otros.

Se necesitan hacer determinaciones más específicas tales como presencia de plaguicidas y metales pesados, que podrían ser de los principales contaminantes presentes en el agua del lugar, ya que la región se dedica a la agricultura.

Referencias

Adzic, T. 2019. Quality of soil and water used in agricultural production: case study of Southern Srem, Serbia. Review of Scientific Papers of the Students of Agronomy. University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Cacak, 216-223. https://doi.org/10.3390/agronomy12051177

Argo, B., Fisher, P. 2008. Understanding Plant Nutrition: Irrigation Water Alkalinity & pH. https://www.greenhousegrower.com/production/ fertilization/understanding-plant-nutrition-irrigation-water-alkalinity-ph/. Acceso: 4 de junio del 2024.

Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture (Vol. 29). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E05.htm.

Bauder, T.A., Waskom, R.M., Sutherland, P.L., Davis, J.G., Follett, R.H., Soltanpour, P.N. 2011. Irrigation water quality criterio, Service in action; no. 0.506, 4 p.

Benítez-Hernández, J.A. 2013. Modelo multi-criterio para la toma de decisiones en el uso de agua de lluvia: El caso de los pobladores de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz, México. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. 94 p.

Chacón, C.M.Y. 2016. Análisis físico y químico del agua. Universidad de Santo Tomás. Bogota, Colombia, 116 p. http://hdl.handle.net/11634/11511

Chapman, D., Kimstach, V. 1996. Selection of water quality variables, in: Chapman D (ed.), Water Quality Assessments – A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring, chapter 3, 2nd edition UNESCO/WHO/UNEP (1996).

CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2005. Índice de marginación a nivel localidad. http://www.conapo.gob.mx.

Cox, D. 1995. Water Quality: pH and Alkalinity. https://ag.umass.edu/print/9349.

Devic, G., Djordjevic, D., Sakan, S. 2014. Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in Serbia. Science of the Total Environment. 468: 933-942. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.09.011

EPA USA. 2009. Environmental Protection Agency, Turbidity in Drinking Water. Advice Note No. 5. Version 1(2): 1−11.

Harris, D.C. 2003. Análisis químico cuantitativo 3ª edición. Editorial Reverté. España. 1274 p.

Kostic, A.Ž., Pantelic, N.D., Kaluderovic, L.M., Jonaš, J.P., Dojinovic, B.P., Popovic-Djordjevic, J.B. 2016. Physicochemical properties of waters in southern Banat (Serbia); potential leaching of some trace elements from ground and human health risk. Expos. Health. 8: 227-238.

Malakootian, M., Fatehizadeh, A., 2010. Color removal from water by coagulation/caustic soda and lime. Iranian Journal Environmental Health, Science and Engineering. 7: 267-272.

NMX-AA-036-SCFI-200. 2001. Análisis de agua-Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Secretaria de Economía. 17 p.

NOM-127-SSA1-1994. 2012. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/197ssa10.html.

Pantelic, N., Dramicanin, A.M., Milovanovic, D.B., Popovic-Dordevic, J.B., Kostic, A.Ž. 2017. Evaluation of the quality of drinking water in Rasina district, Serbia: physicochemical and bacteriological viewpoint. Romanian Journal of Physics. 62: 818.

UNESCO/WHO/UNEP. 1996. Selection of water quality variables, in: Chapman D (ed.), Water Quality Assessments – A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. chapter 3, 2nd edition.

WHO (World Health Organization). 2008. World Health Organization Guidelines for drinking water quality 3rd ed. Incorporating the first and second addenda, Vol. 1. Recommendations, WHO Press Geneva.