

Calidad de las aguas superficiales en la microcuenca río Pire, municipio de Condega Nicaragua

Surface water quality in the river "Pire" micro basin, municipality of Condega Nicaragua

Liseth Carolina Blandón¹
lizzblandon@gmail.com

Recibido: 23 de mayo de 2019, **Aceptado:** 29 de agosto de 2019

RESUMEN

La microcuenca Río Pire, está ubicada en el corredor seco de Nicaragua; el 70% del territorio tiene vocación forestal y el 30% restante corresponde a agropecuario. En el año 2015, el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) muestra que tacotales representan el 50% total del territorio, pastizales (37.6%), cultivo anual (7.43%), bosque latifoliado (4.7%) y centro poblado (0.27%), mostrando que los suelos no se están aprovechando acorde su vocación. En Nicaragua muchas de las tierras de pastoreo se encuentran en áreas secas susceptibles al déficit hídrico, ejemplo de ello es la Microcuenca Río Pire; toda disminución en calidad posterior de los recursos hídrico, afectará en gran medida la disponibilidad de agua para pastoreo, lo que implica un impacto sobre la productividad de los territorios. De las 12 variables físico-químicas monitoreadas, conductividad y turbidez se encuentran por encima de la norma; turbidez es una medida importante en la potabilización de la aguas para consumo humano. Desde el punto de vista de los componentes mayoritarios y oligoelementos presentes en el agua del río Pire, se consideran de buena calidad para la vida acuática y riego; en cuanto a indicadores biológicos los resultados mostraron la presencia de Coliformes Totales (CT) Coliformes Termotolerantes (CTT) y Escherichia Coli (E. Coli).

Palabras claves: calidad de agua; uso de suelo; contaminación.

ABSTRACT

The river Pire micro basin is located in the dry corridor of Nicaragua; 70% of the territory has a forest vocation and the remaining 30% corresponds to agriculture. In 2015, the Nicaraguan Institute for Territorial Studies (INETER) shows that thickets represent 50% of the total territory, grasslands (37.6%), annual cultivation (7.43%), latifoliate forest (4.7%) and populated center (0.27%), showing that the soils are not taking advantage according to their vocation. In Nicaragua, many of the grazing lands are located in dry areas susceptible to water deficit, an example of which is the micro basin river Pire; any subsequent decline in water resources will greatly affect the availability of water for grazing, which implies an impact on the productivity of the territories. Of the 12 monitored physico-chemical variables, conductivity and turbidity are above the norm; turbidity is an important measure in water purification for human consumption. Considering the main components and trace elements present in the water of the river Pire, they are considered as good quality for aquatic life and irrigation; in terms of biological indicators the results showed the presence of Total Coliforms (CT) Thermotolerant Coliforms (CTT) and Escherichia Coli (E. Coli).

Keywords: water quality; land use; pollution.

¹ Docente del departamento de Geografía, UNAN-Managua. <https://orcid.org/0000-0003-4125-0332>



INTRODUCCIÓN

La microcuenca Río Pire, se ubica en la subcuenca del Río Estelí perteneciente al corredor seco. La sequía en esta zona crea condiciones difíciles para el desarrollo de actividades agropecuarias, por lo cual la mayoría de los habitantes de la zona están afectados gravemente por agudos desajustes económicos, sociales y severos problemas ambientales. (AMUNSE, 2010).

Son múltiples los impactos de las prácticas agrícolas sobre los recursos hídricos y sobre el régimen hidrológico (disponibilidad de agua) y la calidad del agua (conductividad y sólidos totales disueltos, nitrógeno, fósforo total, turbidez, composición química y calidad bacteriológica). Un claro ejemplo de ello es el aumento de la escorrentía que incrementa la erosión y por lo tanto la carga de sedimentos en el agua, modificando su calidad. Para evaluar la relación entre la variable uso de la tierra, y calidad de las aguas superficiales en la microcuenca se tomaron un total de ocho muestras a las cuales se les realizó análisis Físicoquímico, Microbiológico y plaguicidas.

El término calidad del agua es relativo y solo adquiere relevancia cuando está relacionado con el uso del recurso. Un curso de agua suficientemente limpio como para permitir la vida de los peces puede no ser apto para que la gente nade en él, así como un agua apta para consumo humano puede no ser útil para todas las industrias, tal sería el caso de un agua dura. (López, y otros, 2006).

El objetivo primordial de este trabajo, es mostrar que la calidad del agua se encuentra muy relacionada con los usos de suelo en las cuencas. Además de ello los resultados permitirán establecer recomendaciones que contribuyan a mejorar el manejo de los recursos hídricos sobre todo en zonas ubicadas en el corredor seco de Nicaragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación

La investigación se considera analítica tomando en cuenta, que se establece una relación entre los usos

de suelo y la calidad de agua. El universo de estudio es la microcuenca Río Pire, que se ubica en la subcuenca Estelí y esta a su vez pertenece a la unidad hidrográfica 9516 (Río Coco).

Para evaluar la calidad del agua se tomaran ocho muestras distribuidas en todo el cauce principal de la microcuenca parte alta, media y baja; los criterios para la selección de estos puntos muestreados, fueron la incidencia de las actividades agrícolas y ganaderas, particularmente la agricultura. Se estableció un punto control (Labranza 2). En cada punto muestreado se midieron parámetros de campo: pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y potencial de oxidación reducción; para conocer las condiciones in situ del agua.

Fuentes, técnicas e instrumentos de recopilación de datos

Las muestras se recolectaron tomando en cuenta los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Residuales y Aguas Naturales del CIRA / UNAN, que obedecen a los procedimientos descritos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1999, 20th edition.

En la toma de los parámetros de campo se utilizaron los siguientes instrumentos:

- pH-metro YSI 550A
- Oxigenómetro YSI Waterproof
- Conductímetro:63-25F
- Redox: A121. ORION STAR

El procedimiento en la toma de muestras:

Físicoquímico: Recipientes estériles de 2 litros de volumen de plástico, termo con hielo, guantes estériles, biker de 500 ml. En cuanto al amonio se requiere un recipiente de plástico estéril y 1ml H_2SO_4 para preservar la muestra. Las muestras se captaron, preservaron, transportaron y analizaron tomando en cuenta los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Residuales y Aguas Naturales.

Bacteriológico: Recipientes estériles de 1 litro de polipropileno, papel aluminio, termo con hielo, guantes. Las muestras para análisis de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, *Escherichia coli* y *Streptococos*, se captaron en recipientes de plástico, de 1 litro y de material no tóxico (polipropileno), cubiertos con papel de aluminio siendo transportadas en un periodo no mayor a 8 horas al laboratorio; posterior se analizaron de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología del CIRA / UNAN, que obedecen a los Métodos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1999, 20th edition

Organoclorado y organofosforado: Envase de vidrio de 3 litros, y 50 ml hexano para preservar la muestra. Las muestras de plaguicidas se colectaron en botellas de vidrio de 5 litros, estériles y forradas con papel aluminio, se preservaron con 50 ml de hexano, posteriormente transportadas al laboratorio en un termo con hielo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores físicos del agua Potencial de Hidrógeno

El Potencial de Hidrógeno en los cuatros puntos muestreados en periodo seco se encuentran en rangos de 7.92 unidades a 8.69 como máximo. El valor más bajo se encontró en el punto control (Labranza 2) 7.92 unidades de pH. En cuanto al periodo de invierno se ve claramente una disminución en los valores de pH con un mínimo de 7.13 y un máximo de 7.83. El pH de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos por los que atraviesa; el pH alcalino indica que éstos son calizos, y un pH ácido que son silíceos. (Miralles, Costa, Muñoz, & Guijarro, 2005).

En período lluvioso todos los puntos muestreados se encuentran en el límite permisible (6.5 a 8.5 unidades de pH) establecido por la norma CAPRE y EQGs. Durante la época seca los puntos Majada-Burras-Pire y Pire, los valores se encuentran por encima de lo establecido. Para hacer uso de estas aguas (consumo humano) se deben estabilizar de manera que no produzcan

efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos. En ambos periodos de muestreo las aguas de río Pire, se consideran aptas para la protección del ambiente y recreación según la EQGs que establece rango de 5.0 a 9.0 unidades de potencial de hidrógeno.

Conductividad y solidos disueltos

La conductividad en la mayoría de las aguas dulces fluctúa en rango de 10 a 10,000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, lo cual varía de acuerdo al grado de contaminación de la misma. El punto control (Labranza 2) presenta la menor conductividad en periodo seco (169 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) a medida que descendemos a la parte media y baja de la microcuenca, las conductividades tienen a aumentar a 274.5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Pire-Burras); a partir de este punto inicia la intervención antrópica destacándose la presencia de agricultura y ganadería extensiva, lo cual está incidiendo directamente en los aumento de sales en las aguas superficiales.

Los dos últimos puntos (Majada-Burras-Pire y Pire parte baja), presentan las conductividades más altas e incluso el último punto se encuentra por encima de lo establecido en la norma CAPRE (400 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

En cuanto a los resultados de conductividad para la época de invierno tienen a disminuir, el mínimo valor de conductividad se presente en el punto labranza 2, en el resto de los puntos aumentan las conductividades hasta alcanzar un máximo de 199.6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Pire parte baja). El parámetro conductividad presenta variaciones en función de la época del año. En invierno las conductividades disminuyen, favorecidos por el aumento del caudal del río y las precipitaciones que generan una dilución.

Los sólidos totales disueltos es la cantidad de sales minerales en mg/L que existe en el agua. Existe una relación estrecha entre la cantidad de STD y la conductividad eléctrica (la capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica). Mientras mayor sea el valor de conductividad eléctrica, mayor será la cantidad de sales disueltas en el agua (Chapman y kimstach, 1992). Las concentraciones de sólidos totales disueltos varían a lo largo del río, los máximos valores

de sólidos totales disueltos se encuentran en la cuenca media; con valores de 142 a 221.1 mg.l⁻¹; estos valores están asociados a la actividad agrícola y ganadera que aumenta la producción de sedimentos y escorrentía.

Los puntos (Pire parte baja-Majada-Burras-pire) presentan los mayores valores de conductividad y sólidos disueltos, se ubican en las áreas de mayor producción de sedimento, lo cual favorece el transporte de sales a través de la escorrentía. Es precisamente la dinámica de deforestación, cambios de uso de suelo por lo cual las conductividades con frecuencia se presentan razonablemente altas en la parte media y baja, y también lo son las cargas de sedimentos.

Turbidez

En verano se presentan los menores valores de turbidez; el punto control (Labranza 2) presenta un valor de 2.7 UNT, el resto de los sitios aumentan en la zona media baja de la microcuenca, es así como el punto Pire parte baja presenta el máximo valor de turbidez (3 UNT).

En invierno los valores de turbidez aumentan significativamente; partiendo del punto labranza 2, que tiene el menor valor de turbidez (23.75 UNT) hasta el punto Pire parte baja que alcanza valores de 151.0 UNT. Los factores asociados a la variación espacial y temporal de la turbidez en el área es el cambio en la vocación de uso del suelo (ganadería y agricultura en alturas mayores a los 800 m) que propicia el arrastre de partículas del suelo que se depositan en las aguas de la parte baja.

Los valores restrictivos para potabilización del agua establecido en las norma CAPRE (1993) y Guidelines for Canadian Drinking Water Quality es de 5 UNT. En verano los puntos (control Labranza 2, Pire-Burras y Pire parte baja) las aguas presentan condiciones favorables con respecto al punto Majada-Burras-Pire, que se encuentra muy cerca del límite permisible (4.45 UNT).

De los parámetros analizados, sólidos totales disueltos y turbidez; los últimos tres puntos (Pire-Burras,

Majada-Burras-Pire, Pire parte baja) pertenecen a las Unidades de respuesta hidrológica que presentan mayores aportes de sedimentos y escorrentía, lo cual está estrechamente asociado a los altos valores de turbidez y sólidos totales encontrados.

Composición hidroquímica del agua

Aniones y Cationes

Durante la época seca las concentraciones de Sodio, Calcio, Potasio, Magnesio y Cloruros se mantienen relativamente constantes. El calcio es incorporado a las aguas por solubilidad de las rocas especialmente cuando han sufrido meteorización. En el caso del río Pire, los suelos sin cubierta vegetal son vulnerables a la meteorización, esto causa que los iones se incorporen a las aguas y la concentración aumente a medida que se avanza aguas abajo en el río.

El ion sodio (Na⁺) después del calcio (Ca⁺) es el catión que en mayores concentraciones se presentan en las aguas superficiales de la Microcuenca del Río Pire, esto se debe a la solubilidad de los minerales que contienen estos iones. De acuerdo con lo establecido en las normas CAPRE ambos se encuentran muy por debajo de los límites permisibles para agua potable.

El potasio (K⁺) es el ion de menor concentración en todos los puntos muestreados, este ion tiende a ser fijado irreversiblemente en procesos de formación de arcillas y de adsorción en las superficies de minerales con alta capacidad de intercambio iónico. La concentración de (K⁺) a lo largo del río de la microcuenca río Pire disminuye a la vez que el Na⁺ se incrementa, debido a la tendencia del potasio a sustituir al sodio contenido en arcillas. De acuerdo con los resultados obtenidos, el sodio presentó una dilución ocasionada por el período de lluvia, en todos los puntos. Las mayores concentraciones se obtuvieron en los dos últimos puntos (de 20.1 a 21.31 mg/l⁻¹), por acumulación a lo largo del río.

Las concentraciones de potasio (de 3.98 a 4.98 mg/l¹) se encuentran inferiores a la concentración del sodio, debido a la baja movilidad del potasio. Los

resultados indicaron que este ion alcanzó sus mayores concentraciones durante el periodo de estiaje y en el período de lluvia, se observó una dilución.

En los Aniones; los sulfatos se presentan en promedio de 3.53 mg.l.⁻¹, el mínimo 3.29 mg.l.⁻¹ y el máximo de 4.05 mg.l.⁻¹. La máxima concentración se estima en el punto Pire parte baja justo en la desembocadura del río. En cuantos los valores de carbonatos en la época seca e invierno las concentraciones mínimas van desde 2 a 16.80 mg.l.⁻¹ con un promedio de 9.2 mg l.⁻¹. La usencia del ion carbonato (CO₃), en el primer punto del río se encuentra asociado al pH de 7.9 unidades; establece que por debajo de pH 8.2 no existen prácticamente iones de carbonato y por este motivo las aguas naturales contienen en su mayoría bicarbonatos.

Tipo Hidroquímico del agua

Una de las razones fundamentales para la caracterización hidroquímica del agua, es el aporte de información sobre la composición, lo que permite realizar una gestión adecuada del mismo y definir el aprovechamiento. En la microcuenca Río Pire se caracterizaron las aguas tomando los datos de la primera y segunda campaña de muestreo. De acuerdo con el diagrama de Piper se determinó que el agua es de tipo Bicarbonatada Cálcica. Los iones predominantes son bicarbonato (HCO₃) y calcio (Ca). La composición Bicarbonatada-cálcica de las aguas de la microcuenca río Pire, se caracterizan por ser aguas jóvenes, de poca permanencia en el subsuelo y se considerarían como aguas de buena calidad natural, no tomando en cuenta las variables microbiológicas y plaguicidas. Los resultados mostrados anteriormente tienen relación directa con la dureza total; en los cuales los valores oscilaron entre 60.00 mg.l.⁻¹ en el punto control (Labranza 2) hasta 166.02 mg.l.⁻¹ en el último punto (Pire parte baja); estos valores se encuentran dentro lo de establecido en la norma CAPRE.

Clasificación de aguas para riego

Al considerar la calidad de las aguas para utilizarlas en los regadíos hay que tener en cuenta las características

físicas y químicas que presentan. La calidad del agua de riego depende del contenido salino (sodio) y de los posibles elementos disueltos particularmente tóxicos para las plantas, como los cloruros, boratos y otros.

Las Normas Riverside (1954), tienen en cuenta la conductividad eléctrica y la relación de adsorción de Sodio (S.A.R), según estos dos índices se establecen categorías o clases de aguas de acuerdo al peligro de Salinidad (C) y el peligro de alcalinización del suelo (S). En ambas épocas muestreadas, los puntos presentan la misma clasificación **C1-S1**, las cuales se caracterizan como aguas de buena calidad para riego.

C1: Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.

S1: Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Caracterización química

Dureza total y alcalinidad

En verano los valores de dureza total (CaCO₃), presentan variaciones desde el nacimiento hasta la desembocadura del río. En el punto control (Labranza 2) alcanza un valor de 74.00 mg.l.⁻¹ y en la parte más baja que corresponde al punto Pire parte baja la dureza total es 166.02 mg.l.⁻¹. En cuanto al período lluvioso los valores dureza se muestran uniformes en todos los puntos muestreados con un mínimo de 60 y máximo de 78 mg.l.⁻¹.

La dureza de las aguas se expresa como mg/l de CaCO₃. Según su dureza las aguas naturales se pueden clasificar en tres tipos (Contreras López & Molero Meneses, 2011).

- Blanda < 50 Mg/l. como CaCO₃
- Moderadamente duras de 50-150 mg/l. como CaCO₃

- Duras 150-360 mg/l. como CaCO_3
- Muy duras >300 mg/l. como CaCO_3

En el período lluvioso, las aguas del río se clasifican como moderadamente duras. Con respecto a la época de verano dos de los primeros puntos (Pto control Labranza 2 y Pire-Burras) se ubican en esta misma categoría; el resto de los sitios presenta aguas duras. Las aguas duras esta cargadas de sales que producen incrustaciones en los sistemas públicos o industriales de distribución de agua, aumentando la resistencia a la circulación y disminuyendo la capacidad de transporte.

Las aguas del río Pire presentan propiedades que le conceden características de agua modernamente dura a dura; entre ella se destacan la presencia de cationes preponderante como Ca^+ , Mg^+ , aniones como HCO_3^- . El pH oscila entre 7 y 9 unidades esto está relacionado con la alcalinidad de estas aguas, en los cuales se observa que la alcalinidad está muy por debajo de los valores de dureza.

La alcalinidad en ambos periodos muestreados se presenta en rangos de 70 mg.l^{-1} (Punto control Labranza 2) a 166.2 mg.l^{-1} (Pire parte baja), lo cual se considera de media a alta. Una elevada alcalinidad no representa riesgo directo en la salud, en ocasiones los efectos son secundarios, entre ellos obstrucción de las tuberías y calentadores de agua. En ciertos casos el uso de ablandadores de agua es uno de los tratamientos común en los hogares para resolver este problema.

Indicadores químicos

De las especies nitrogenadas, nitratos, amonio y nitritos, se determinaron concentraciones muy bajas en cada uno de los puntos monitoreados en el período seco. Con respecto a nitrógeno en el punto control se midió un máximo de 1.31 mg.l^{-1} y un mínimo en orden de 0.25 mg.l^{-1} en los dos últimos puntos (Majada-Burras-Pire y Pire parte baja). Las concentraciones de nitratos en las aguas superficiales, se asocia a la fertilización de los campos de cultivo, excretas del ganado y aguas residuales domésticas incorporadas directamente al cauce del río sin tratamiento previo. En ambas épocas de muestreo, las concentraciones se encuentran por

debajo de los 45 mg.l^{-1} , valor admisible por la Norma Canadienses (EQGs).

Desde el punto de vista de los componentes mayoritarios y oligoelementos presentes, el agua de la zona es de buena calidad para la protección de la vida acuática, y riego.

Indicadores biológicos

En la evaluación de la calidad bacteriológica de las aguas se midieron tres variables: Coliformes totales (CT), Coliformes termotolerantes (CTT) y Escherichia coli (E. coli). De acuerdo con las norma CAPRE en las aguas destinadas para consumo humano no debe existir presencia de Coliformes totales y fecales.

La Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA), por la Comunidad Económica Europea (CEE) y las Normas Canadienses (EQGs), establecen que las aguas para baño no deben de exceder los 1000 Coliformes Totales /100 ml.

En los puntos monitoreados la media alcanzó un valor de 3.95E+03/100, el máximo de 1.10E+04/100 (Pto 3: Majada-Burras -Pire) y el mínimo 7.90E+02 en el sitio Pire parte baja. Todos los puntos monitoreados no cumplen con la establecido en la normas EQGs.

En cuanto a las Coliformes Termotolerantes el máximo número probable en 100ml es de 4.90E +02 (Majada-Burras-Pire) y el mínimo 1.30E+02, la presencia de la misma está asociado la ganadería y la ausencia de alcantarillado sanitario en el área. La última variable analizada es la E.coli el mínimo número más probable se presenta en el punto control (1.40E+02) y el máximo 7.90E+02 en el punto Pire Burras.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos establece que las aguas utilizadas para baño, no deben exceder los 2,00E+02 de Coliformes termotolerantes en 100 ml y la Organización Mundial de la salud (OMS) establece que aguas utilizadas para irrigación no deben contener más de 1,00E+03 Coliformes termotolerantes.

En invierno el número más probable de Coliformes totales, tiende a aumentar significativamente a partir del punto Pire –Burras. Los máximos valores se alcanzan en el punto Pire parte baja; las Coliformes totales ($1E+05$), Coliformes termotolerantes ($1E+05$) y E.coli ($8E+04$). Se observa un aumento con respecto a verano en los puntos Majada-Burras-Pire y Pire –Burras.

CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista físico, los parámetros conductividad, turbidez, se encuentran por encima de la norma. Turbidez es una medida importante en la potabilización de las aguas para consumo humano, las pequeñas partículas pueden portar gérmenes patógenos importantes al momento de considerar las aguas del Río Pire como suministro de agua para consumo de los habitantes.
- En ambas épocas muestreadas, los puntos presentan la misma clasificación C1-S1, las cuales se caracterizan como aguas de buena calidad para riego.
- Las aguas del río Pire presentan propiedades que le conceden características de agua modernamente dura a dura; al estar cargadas de esas sales las aguas producen incrustaciones en los sistemas públicos o industriales de distribución de agua, aumentando la resistencia a la circulación y

disminuyendo la capacidad de transporte.

- En lo que respecta a los Indicadores bacteriológicos, las aguas no son aptas para consumo humano, labores domésticas (aseo personal) y usos agrícolas.
- Todos los puntos muestreados presentan contaminación de origen fecal producto de la principal actividad económica y la ausencia de alcantarillado sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

- AMUNSE, M. U. (2010). Diagnostico Biofísico y Socioeconómico de la cuenca media alta del Río Coco.
- Contreras López, A., & Molero Meneses, M. (2011). Ciencia y tecnología del Medio Ambiente.
- López, S., Mónica, E., García, B., Reynoso, Y., González, P., & Larroudé, V. (2006). Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de. *Obtenido de* http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2016/trabajos/A012_COINI2016.pdf
- Miralles, L., Costa, J., Muñoz, Á., & Guijarro, R. (20 de Octubre de 2005). Agentes medioambientales de la Generalitat Valenciana. *Obtenido de* <https://books.google.com.ni/books?id=-1MW1wEH3U0C&printsec=frontcover&hl=es>