

Calidad ecológica y fisicoquímica de cinco afluentes continentales de la provincia de Bocas del Toro

Ecological and physicochemical quality of five continental tributaries in the province of Bocas del Toro

David Leopoldo Solís Navarro¹, Sebastian Ariok Fonseca Ortega¹, Aslym Milena Castillo Fonseca¹, Manuel Fernando Luis Abrego¹, Vanessa Valdés^{2*}

¹Licenciatura en Saneamiento y Ambiente – Centro Regional de Bocas del Toro – Universidad Tecnológica de Panamá,

²Departamento de Ciencias Sociales y Humanísticas - Centro Regional de Bocas del Toro - Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen La provincia de Bocas del Toro es recorrida por numerosos ríos, la mayoría tiene sus nacimientos en las estribaciones de la cordillera de Talamanca y cordillera Central, desembocando todo en el mar Caribe. Los ríos constituyen un tipo principal de ecosistema acuático que se diferencia por el continuo y rápido flujo de sus aguas; esto crea condiciones especiales para la vida y para la organización de las estructuras y procesos ecológicos básicos [1]. El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad ecológica y fisicoquímica de cinco afluentes continentales de la Provincia de Bocas del Toro, siendo estas: Río San San, Río Negro, Río Changuinola, Río Oeste y Río Uyama.

Se realizó una metodología estándar de muestreo de aguas en el mes de junio 2017, para evaluar aspectos descriptivos del área de estudio, análisis físico (temperatura, turbiedad, color, salinidad, conductividad y TDS) y químicos (pH, amonio, nitrito, nitrato y fosfato).

Se concluye que los factores determinantes en la degradación de las propiedades del agua son la utilización de agroquímicos en la agricultura tanto en pequeña escala (finqueros) como a gran escala (industrias), y se indica que a pesar de las alteraciones en algunos parámetros como el amonio, nitrato, conductividad y TDS el estado de conservación de los ríos en Bocas del Toro es relativamente aceptable comparado con otras regiones tropicales.

Palabras claves Calidad de agua, contaminación del agua, parámetros fisicoquímicos, ríos de Bocas del Toro.

Abstract The province of Bocas del Toro is crossed by numerous rivers, most of them have their births in the foothills of the Talamanca Central mountain and the Central mountain range, flowing into the Caribbean Sea. The rivers constitute a main type of aquatic ecosystem that differentiates by the continuous and fast flow of its waters; This creates special conditions for life and for the organization of basic ecological processes and structures [1]. The objective of this research is to evaluate the ecological and physicochemical quality of five continental tributaries rivers of the Province of Bocas del Toro: San San River, Río Negro, Changuinola River, West River and Uyama River.

A standard water sampling methodology was conducted in June 2017 to evaluate descriptive aspects of the study area, physical analysis (temperature, turbidity, color, salinity, conductivity and TDS- Total Dissolved Solids) and chemical (pH, ammonium, nitrite, nitrate and phosphate).

It is concluded that the determinants of the degradation of water properties are the use of agrochemicals in agriculture, both on a small scale (finqueros) and on a large scale (industries), and it is indicated that in spite of the alterations in some Parameters such as ammonium, nitrate, conductivity and TDS the state of conservation of the rivers in Bocas del Toro is relatively acceptable compared to other tropical regions.

Keywords Water quality, water contamination, physic-chemical parameters, rivers of Bocas del Toro.

* Corresponding author: vanessa.valdes@utp.ac.pa

1. Introducción

La República de Panamá enfrenta diversas circunstancias caracterizadas por graves problemas ambientales y nuevas oportunidades para modificar de manera decisiva las relaciones con el medio natural que les dieron origen [2].

La calidad ecológica abarca componentes físicos, químicos, biológicos y descriptivos de la zona, al momento de evaluar un ecosistema acuático [1].

Es importante entender cómo las actividades antropogénicas afectan las condiciones de los ecosistemas de río y la biota acuática, para así, proponer estrategias de manejo y conservación de los ríos [3].

De allí que, el paisaje fluvial se afecta debido a que el ecosistema y el paisaje son dos elementos integrales, es decir, uno depende del otro como componentes ecológicos [4].

Considerando lo anteriormente planteado la pregunta problema es la siguiente ¿Cuál es la calidad ecológica y fisicoquímica de cinco afluentes continentales de la provincia de Bocas del Toro?, y el objetivo de esta investigación es evaluar la calidad ecológica y fisicoquímica de cinco afluentes continentales de la Provincia de Bocas del Toro, siendo estas: Río San San, Río Negro, Río Changuinola, Río Oeste y Río Uyama.

Los diferentes análisis que se realizaron en estos cinco ríos, se utilizarán como un indicativo, para verificar si ha habido cambios en la calidad de sus aguas, a comparación con los registros anteriores que se hayan realizado, y dar así una mejor claridad a las acciones que se tomarán para monitorearlos.

La caracterización física se basa en la lectura de:

Temperatura: El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción [5].

Turbiedad: La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, en donde, las aguas turbias tienen una actividad fotosintética más débil, afectando a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema [6].

Color: El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen [7].

Salinidad: La cantidad de sales en solución afecta varios procesos físicos importantes, así como propiedades importantes del agua y de sustancias disueltas en agua tales como: densidad, viscosidad, tensión superficial, presión osmótica punto de fusión, punto de ebullición y solubilidad de gases. Unidad práctica de salinidad (UPS) y representa la cantidad de gramos de sales disueltas en un kilo de agua [8].

Conductividad: El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y

características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos [2].

TDS: Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua.

La caracterización química se basa en la lectura de:

pH: Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo.

Amonio: Este ion tiene escasa acción tóxica por sí mismo, pero su existencia aún en bajas concentraciones puede significar contenido aumentado de bacterias fecales, patógenos etc. en el agua.

Nitrito: Estos representan la forma intermedia, metaestable y tóxica del nitrógeno inorgánico en el agua. Dada la secuencia de oxidación bacteriana: proteínas → amonio → nitritos → nitratos, los nitritos se convierten en importante indicador de contaminación, advirtiendo sobre una nitrificación incompleta.

Nitrato: La existencia de estos en aguas superficiales no contaminadas y sin aporte de aguas industriales y comunales, se debe a la descomposición de materia orgánica (tanto vegetal como animal) y al aporte de agua de lluvia (0,4 y 8 ppm).

Fosfato: indican salinidad, contaminación agrícola, actividad bacteriológica, presencia de detergentes y fertilizantes, acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.), contaminación de origen industrial.

2. Materiales y métodos

2.1 Tipo de estudio

El estudio posee un enfoque mixto, tipo de estudio descriptivo y no experimental.

2.2 Área de estudio

La provincia de Bocas del Toro posee una gran cantidad de afluentes importantes de aguas superficiales. De allí, se estudiaron los siguientes ríos: San San, Negro, Changuinola, Oeste y Uyama (tabla 1).

Los análisis para determinar la calidad de los cuerpos de aguas superficiales de la provincia se utilizarán como base para proporcionar la información técnica y con respaldo científico, en la toma de decisiones, para que se puedan ejecutar las acciones necesarias para la conservación y recuperación de los ecosistemas en el sector [2].

Tabla 1. Estaciones de muestreo en los cinco ríos de la provincia de Bocas del Toro

Río	Abreviatura	Altitud	Coordenadas
San San	RSS	21m	17p 0329907 UTM 1046770 ±5m
Negro	RN	22m	17p 0327220 UTM 1048464 ±3m
Changuinola	RCH	21m	17p 0333717 UTM 1041173 ±3m
Oeste	RO	18m	17p 0346167 UTM 10233317 ±4m
Uyama	RU	24m	17p 0354450 UTM 1011609 ±5m

2.3 Evaluación ecológica

Los impactos sobre las afluentes de agua, asociados a la alta presencia humana, requieren de herramientas que permitan la evaluación de la condición ecológica de los ríos, de allí que, la metodología que se utilizó estuvo basada en las descripciones del uso del área aledaña a los ríos en estudio.

Estas descripciones se basaron en uso de suelo (natural/agrícola), vegetación de ribera (conservado/deforestado), explotación maderera (Sí/No), canales de riego (Sí/No), descargas humanas y animales (Sí/No) y presencia de basura en las riberas de los ríos (Sí/No) [4].

2.4 Calidad fisicoquímica

En campo, se tomaron medidas de muestras de agua por triplicado con el medidor multiparamétrico EC400 (Conductividad, TDS, Salinidad y Temperatura), un medidor de pH de alta precisión que mide pH y temperatura (Ambiente) y el Turbidímetro HACH 1200 Q para medir turbiedad del agua (figura 1).

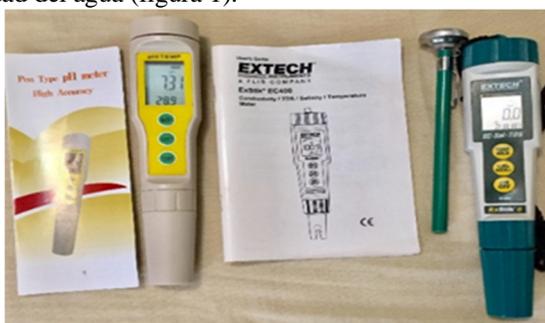


Figura 1. Medidor de pH de alta precisión y medidor multiparamétrico EC400.

Para determinar amonio, nitrito, nitrato, fosfato y dureza residual, se utilizó el laboratorio compacto MColortestTM (1.11151.001) con las muestras necesarias allí indicados (figura 2).



Figura 2. Laboratorio compacto MColortestTM (1.11151.001).

3. Resultados y discusión

En los puntos de muestreo evaluados durante el estudio, se pudo determinar lo siguiente:

3.1 Evaluación ecológica

Los impactos sobre las afluentes de agua, asociados a la alta presencia humana en las cinco zonas de muestreo, se muestran en la tabla 2, en donde se observa que de los cinco ríos analizados los que presentaron mayor alteración ecológica fue el río Negro y el río San San, aunque están siendo afectados por las mismas variables que los otros tres, las cuales estarían afectando las características físicas y químicas de estos ríos, ya que estas actividades (ganadera, agrícola, tala) se realizan en las cercanías de estos, y los desechos producidos por estas no son tratadas adecuadamente antes de ser vertidas; otra de sus afectaciones es la presencia de asentamiento humano a lo largo de la ribera del río San San, y tanto en este como en el río Negro, hay presencia de actividad bovina y porcina, actividad agrícola, y su cercanía a los sectores de riego de la compañía bananera, que contribuyen a la degradación de la calidad del agua, además de basura presente en los alrededores del río (figura 3).



Figura 3. Basura en la ribera del Río Changuinola.

Tabla 2. Variables ecológicas de los ríos San San, Negro, Changuinola, Oeste y Uyama de la Provincia de Bocas del Toro

Río	US (Natural /agrícola, /ganadera)	VR (conservado/ deforestado)	EM (sí/ no)	CR (sí/ no)	DH A (sí/ no)	Basura (sí/ no)
RSS	Porqueriza	Deforestado	N o	S í	Sí	Sí
RN	Ganadería	Deforestado	N o	S í	Sí	Sí
RCH	Ganadería, agricultura	Deforestado	N o	N o	Sí	Sí
RO	Ganadería, agricultura	Deforestación	N o	N o	Sí	Sí
RU	Ganadería, agricultura	Deforestado	N o	N o	Sí	Sí

Nota:
Uso de suelo (US), Vegetación de ribera (VR), Explotación maderera (EM), Canales de riego (CR), Descargas humanas y animales (DHA) y Basura (B)/ Río San San (RSS), río Negro (RN), río Changuinola (RCH), río Oeste (RO) y río Uyama (RU).

3.2 Caracterización física

Para el análisis de las lecturas obtenidas *in situ*, se compararon con los parámetros estandarizados para la decodificación de los datos, las cuales son:

En la toma de temperatura, el límite máximo permitido es de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ de la temperatura normal del sitio [5], en donde, la temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C. Para los datos de la turbiedad se utilizó la unidad de medida Nefelométrica de turbidez, que establece los rangos 0 a 30 NTU como los límites máximos permisibles [9]. Para conductividad los parámetros deben estar entre (uS) 20-120, para sólidos totales disueltos de 20-120 ppm o mg/L [4], para salinidad de agua dulce debe ser igual o inferior a 0.5 UPS [7], y el agua no contaminada debe ser incolora [7].

Las características físicas de los cinco ríos estudiados bajo los parámetros (turbiedad, color, temperatura, salinidad, conductividad y TDS) (Figura 1 y 2) (Tabla 3), indican que el río Negro, río San San y río Oeste son los que han mostrado un mayor índice de alteración porque presentan valores de conductividad arriba de 120uS siendo aguas ligeramente duras y duras, y valores de TDS arriba de 120 ppm [11].



Figura 4. Toma de muestra en el Río San San.



Figura 5. Toma de muestra en el Río Negro.

Tabla 3. Parámetros físicos (temperatura, turbiedad, color, salinidad, conductividad y TDS) en las estaciones de muestreo de los cinco ríos de la provincia de Bocas del Toro

RÍO	T°	TUR	COL	SAL	COND	TDS
RSS	25°C	6.15	Chocolate	144ppm	306μS	21 mg/L
RN	25°C	8.18	Chocolate	127ppm	269μS	187mg/L
RCH	21°C	9.48	Verde claro	48ppm	101.0μS	71 mg/L
RO	26.8°C	7.74	Gris oscuro	167ppm	352μS	246mg/L
RU	23	11.9	Verde oscuro	76.8ppm	161μS	113.5mg/L

Nota: Río San San (RSS), río Negro (RN), río Changuinola (RCH), río Oeste (RO) y río Uyama (RU)/ Temperatura (T°), turbiedad (TUR), color (COL), salinidad (SAL), conductividad (COND) y sólidos totales disueltos (TDS).

3.3 Caracterización química

Al igual que en el análisis de datos físicos, se utilizaron parámetros específicos para decodificar los datos químicos obtenidos, estos fueron: Para los parámetros de la calidad del agua y valores de pH aceptables se encuentra entre los rangos 6.5-7.5 para buena, 5.5-6.4 y 7.6-8.5 para un agua aceptable, y en el rango no apto para el consumo son entre los rangos >5.5 y <8.6 [8].

El rango permisible o estado muy bueno para la presencia de amonio debe ser $\geq 0.46 \text{ mg/L}$, y bueno 0.5 mg/L [11] [9]. En el análisis de los resultados, se debe comparar a los parámetros de calidad de agua y valores de fosfato aceptables dados en ppm; para un agua excelente, los rangos son 0.0-1.0, buena entre 1.1-4.0, aceptable 4.1-9.9, y mala 10.0 o más [8]. En el caso del nitrato y nitrito, los rangos para el agua serían, 0-1.0 excelente, 1.1-3.0 buena, 3.1-5.0 aceptable, y 5.0 o más para mala [11] [8].

Los parámetros químicos estudiados de los cinco ríos bajo los parámetros (pH, amonio, nitrato, nitrito y fosfato) indican que el río San San, y río Negro muestran un mayor índice de alteración presentando rangos fuera de los límites aceptables de amonio (0.2 y 0.47 mg/L), en comparación a los últimos estudios realizados por MiAmbiente del 2008 [2] (figura 4 y 5). Por otro lado, se observan niveles altos de Nitrato en los cinco ríos estudiados (5.6 mg/L), considerado como agua de mala calidad, aun así, los niveles de fosfatos están dentro del rango de aceptable.

Este aumento de valores fuera de los rangos aceptables va ligado al aumento poblacional, actividades agrícolas, ganaderas y la actividad bananera; y en el caso del río Changuinola, siendo uno de los principales de la provincia, se realizan no solamente actividades de extracción de materiales (arena y piedra), sino también vertederos de basura, y un matadero en sus proximidades (tabla 4).

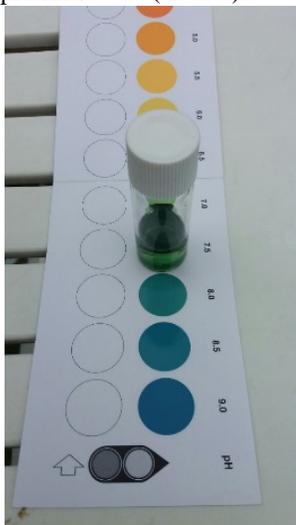


Figura 6. Análisis de pH en el Río San San.

Tabla 4. Parámetros químicos (pH, amonio, nitrito, nitrato y fosfato) en las estaciones de muestreo de los cinco ríos de la provincia de Bocas del Toro

RÍO	PH	AMONIO	NITRITO	NITRATO	FOSFATO
RSS	7.5	0.2mg/L NH ₄ ⁺ 0.16mg/L NH ₄ -N	0.025mg/L NO ₂ 0.0076mg/L NO ₂ -N	25mg/L NO ₃ 5.6 mg/L NO ₃ -N	1.0 mg/L PO ₄ ³⁻
RN	7.0	0.6 mg/L NH ₄ ⁺ 0.47 mg/L NH ₄ -N	0.50mg/L NO ₂ 0.015 mg/L NO ₂ -N	25mg/L NO ₃ 5.6 mg/L NO ₃ -N	1.5mg/L PO ₄ ³⁻
RCH	7.5	0 mg/L NH ₄ ⁺	0.025mg/L NO ₂ 0.0076 mg/L NO ₂ -N	25mg/L NO ₃ 5.6 mg/L NO ₃ -N	0.50mg/L PO ₄ ³⁻
RO	8.5	0 mg/L NH ₄ ⁺	0.050mg/L NO ₂ 0.015 mg/L NO ₂ -N	25mg/L NO ₃ 5.6 mg/L NO ₃ -N	0.50mg/L PO ₄ ³⁻
RU	7.5	0 mg/L NH ₄ ⁺	0.0mg/L NO ₂	25mg/L NO ₃ 5.6 mg/L NO ₃ -N	0.50mg/L PO ₄ ³⁻

Nota: Río San San (RSS), río Negro (RN), río Changuinola (RCH), río Oeste (RO) y río Uyama (RU).



Figura 7. Análisis de Nitrato en el Río San San.

4. Conclusiones

Las características ecológicas y fisicoquímicas de los cinco ríos estudiados mostraron algunas alteraciones importantes, de allí que, se concluye lo siguiente:

- Los factores determinantes en la degradación de las propiedades del agua son las descargas de aguas residuales provenientes de las actividades humanas (ganadería, baños provisionales), y por la utilización de agroquímicos en la agricultura tanto en pequeña escala (finqueros) como a gran escala (industrias) que no toman en cuenta las consecuencias de la utilización de estas sustancias.
- El río Negro, río San San y río Oeste son los que han mostrado un mayor índice de alteración física porque presentan valores de conductividad arriba de 120uS siendo aguas ligeramente duras y duras, y valores de TDS arriba de 120 ppm (RN y RO).
- Los ríos San San, Negro, Changuinola, Oeste y Uyama han presentado un mayor índice de alteración química mostrando un aumento en la presencia de Nitrato (5.6 mg/L NO₃-N), el cual, es un indicativo de contaminación agrícola y actividad bacteriológica.
- Las alteraciones en las propiedades ecológicas y fisicoquímicas de algunos ríos es una alerta para tomar acciones a corto y mediano plazo tendientes a su conservación y protección.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradecemos a Dios por permitirnos culminar con éxito esta investigación. También a la Dra. Vanessa V. Valdés S. y al Dr. José Mendoza quienes nos orientaron en todo momento, desde el tema, la organización, seguimiento y culminación de esta investigación.

A nuestras familias por el apoyo durante un año más de estudio.

REFERENCIAS

- [1] A. S. Gómez Duque, «Evaluación de la calidad ecológica del agua usando macroinvertebrados acuáticos en la parte alta y media de la Cuenca del Río Felidia, Valle del Cauca-Colombia.» Santiago de Cali, 2013.
- [2] Autoridad Nacional del Ambiente, Informe de Monitoreo de la Calidad de Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá, Panamá, 2002-2008.
- [3] P. Gutiérrez Fonseca y A. Ramírez, «Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: principales amenazas y herramientas de evaluación.» *Hidrobiológica*, vol. XXVI, n° 3, pp. 433-441, 2016.
- [4] Y. Y. P. Íñiguez-Ayón, C. Á. Peña-Salmón y S. E. Sicairos-Avitia, «Ecosistema fluvial urbano: evaluación ecológica y visual del río Tamazula en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.» vol. XVII, n° 1, Enero-Junio 2015.
- [5] N. E. Samboni Ruiz, Y. Carvajal Escobar y J. C. Escobar, «Revisión de Parametros Fisicoquímicos como Indicadores de Calidad y Contaminación del Agua.» *Revista Ingeniería e Investigación*, vol. 27, n° 3, p. 10, Diciembre 2007.
- [6] V. Espinoza V., R. Castillo y D. Rovira, «Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de la subcuenca baja del Río David, Provincia de Chiriquí, Panamá.» *Oteima*, p. 108, 2014.
- [7] C. Gómez, «norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua.» Panamá, 2009.
- [8] I. Pardo , R. Abraín, C. Gómez Rodríguez y E. García Roselló, «Aplicación de los sistemas de evaluación del estado ecológico desarrollados para.» España, 2010.
- [9] J. E. Jacome Diez, *Descarga de Efluentes Líquidos Directamente a Cuerpos y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas*, Panamá, 2000, p. 17.
- [10] E. Terneus, K. Hernández y M. J. Racines, «Evaluación Ecológica del Río Lliquinoa a Través de Macroinvertebrados Acuáticos, Pastaza-Ecuador.» *Revista de Ciencias*, vol. 16, p. 15, Diciembre 2012.
- [11] F. Fuentes y A. Massol-Deyá, *Manual de Laboratorios, ecología de microorganismos*, Puerto Rico, 2002, p. 300.
- [12] M. Gonzales y G. Tejada A., «Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá.» Panamá, 2009.