

Evaluación de la productividad de las aguas mediante parámetros fisicoquímicos para el conocimiento del estado de vulnerabilidad en el Río Bebedero, Guanacaste

Arias Araya María Fernanda

RESUMEN

Uno de los principales impactos esperados del cambio climático son las modificaciones importantes en el régimen de lluvias, incluyendo su cantidad y distribución en el tiempo. Esto tendrá claramente un impacto sobre los recursos hídricos y provocará una adaptación de la dinámica del ciclo hidrológico, cambios en la calidad y cantidad que afectarán disponibilidad, estabilidad y utilización del recurso. El Río Bebedero se encuentra en una de las zonas más secas del país, donde hay múltiples usos del agua y donde en verano muchos cultivos dependen del riego para su existencia. En este estudio se obtiene que existe diferencias significativas en los parámetros temperatura, conductividad, pH y alcalinidad entre cada sitio de muestreo. Además se evidencia que el río Bebedero se encuentra en una categoría de productividad débil y productividad en su paso por la zona agropecuaria.

INTRODUCCIÓN

El Golfo de Nicoya, en general, está expuesto a una gran presión ambiental debido a la gran contaminación que recibe de las áreas agrícolas de la zona, las cuales incluyen las cuencas de Tárcoles, la de Barranca y la del Tempisque. Ésta última drena un área agrícola. Lizano (1998) discute las posibles implicaciones en la dinámica sobre la degradación del medio ambiente y el impacto que tendría en el manejo de la cuenca hidrográfica del Río Tempisque especialmente por los residuos derivados de este sector. Una breve revisión de la información sobre el área de estudio da una noción de la importancia de este sitio. Rojas *et al* (1994a) estudiaron áreas de manglar del Golfo de Nicoya y encontraron que el 50% de las especies encontradas se ubicaban en el Río de Bebedero y el 30% de las especies encontradas fueron exclusivas de Bebedero y con gran potencial comercial: 1. *Ariopsis seemanni*: en Bebedero parece que presentan dos períodos de reproducción: uno en mayo y el otro en noviembre; (2) *Arius dovii*: poco abundante pero muy grandes, y su reproducción es en abril y octubre; (3) *Arius osculus*: reproducción de agosto a enero en Bebedero, con un pico en abril; (4) *Cathorops tuya*: reproducción en Bebedero durante la época lluviosa; y (5) *Cathorops steindachneri*: que presenta un posible pico de desove en mayo en Bebedero.

La contaminación de los recursos hídricos superficiales es un problema cada vez más grave, debido a que éstos se usan como destino final de residuos domésticos e industriales, sobre todo en las áreas urbanas. Estas descargas son las principales responsables de la alteración de la calidad de las aguas naturales (Barrenechea, 2000). El río Tempisque y Bebedero son ecosistemas bastante afectados al recibir impactos de contaminación, lo que causa que su capacidad de soportar impactos adicionales cada vez esté más disminuida. Por otro lado nivel regional es de suma importancia socioeconómica, porque hay una gran cantidad de familias cuyo sustento se basa en la extracción de peces y camarones de esta zona, base importante de la economía local (Mateo-Vega 2001).

En el año 2001 se evidenció un derrame de vinaza que ocasionó un impacto en el ecosistema. La zona de mayor impacto fue un trecho que va de la desembocadura del río Bebedero hasta 4 km aguas arriba. De acuerdo a los resultados del estudio realizado por IPS (2002), el potencial ecológico del sitio afectado es alto, lo que concuerda con los resultados de diversos estudios que se han hecho sobre la productividad del Golfo de Nicoya. El estado de conservación previo al derrame de vinaza se estimó en un 78.3% lo

que indica que existía un deterioro equivalente al 21.7% que no es asociado al causante del derrame de vinaza.

El establecimiento de la calidad química del agua se basa en su comparación con indicadores comunes de acuerdo con los requerimientos de uso de dicha agua. Sin embargo, cuando se trata de gestionar el recurso de forma sostenible, es necesario tener en cuenta la tendencia en la evolución de la calidad del agua y, en caso necesario, tomar medidas para frenar dicha tendencia e incluso invertirla. Para ello es necesario tener la referencia de la calidad natural. Fai Chow et al (2015) ilustran la utilidad de las técnicas estadísticas multivariantes para el diseño del protocolo de muestreo y de análisis, análisis e interpretación de conjuntos de datos complejos, la identificación de las fuentes de contaminación / factores, y proporciona una guía confiable para la selección de las prioridades de las posibles medidas de control en la gestión sostenible de la cuenca.

Comin (1984) comprobó que el pH y la alcalinidad del agua de las lagunas varía en relación directa con los del agua que llega por los canales de riego durante el periodo de mayo a diciembre, mientras que durante los meses de invierno amortiguan sus variaciones debido a que la entrada de agua de mar a las lagunas tienen un efecto tamponador de ambos parámetros. Se ha comprobado que existe una relación importante entre el pH y la alcalinidad del agua de las lagunas y la de los canales y también el efecto tamponador del agua de mar al entrar en las lagunas.

En pruebas cinéticas de columnas y celdas se evidenció la influencia del pH y la concentración de metales y arsénico en solución en los lixiviados, pero que existe un potencial elevado de neutralización en el sistema capaz de restablecerse evitando su deterioro (Méndez et al, 2014).

Las alteraciones en la calidad de agua generan repercusiones en muchos procesos en el ciclo del agua, y la alcalinidad es uno de los parámetros. Takatani et al (2014) generaron una representación espacial y temporal de la mejora de la alcalinidad total (TA) a ser un componente importante en el seguimiento de los cambios en el ciclo del carbono oceánico y la acidificación en las próximas décadas.

La atención hacia los ecosistemas acuáticos superficiales debe ser cada vez mayor, no solo porque el agua es un recurso cada vez más escaso sino también porque se está perdiendo su apropiada calidad. Es por ello que este trabajo pretende evaluar la productividad de las aguas superficiales del Río Bebedero a través de parámetros fisicoquímicos para el conocimiento del estado de vulnerabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio.

El río Bebedero se origina en la confluencia de los ríos Blanco y Tenorio, recibe a los ríos Cañas y Lajas. Estos cursos de agua presentan un rumbo de norte a sur, de noreste a suroeste y de noroeste a sureste, hasta desembocar en el río Tempisque. La parte alta del Río se caracteriza por paisajes rurales, viviendas y actividades agropecuarias mientras en el delta los paisajes corresponden a zonas de Vida Silvestre.

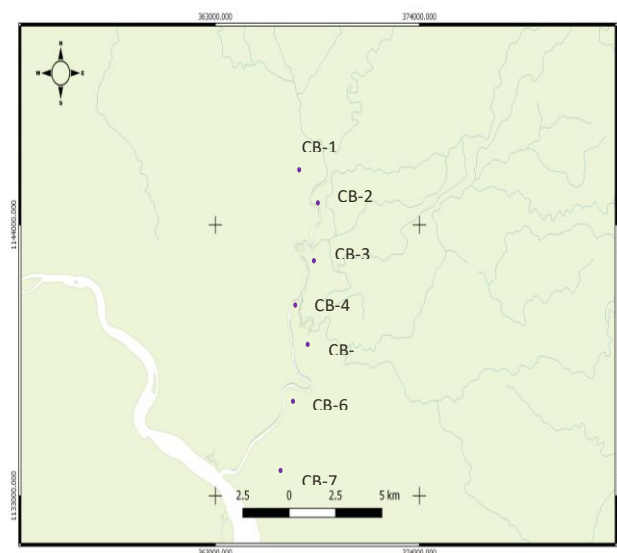


Figura 1. Red de monitoreo sobre el Río Bebedero para I Etapa

Estrategia de monitoreo

Puntos de monitoreo. Para la selección se tomará en cuenta los principales efluentes que drenan la cuenca según la red de monitoreo propuesta. Se seleccionarán 7 puntos de monitoreo sobre el Río Bebedero contemplando la representatividad de cada uno. Se referenciaron con un Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS) para la generación de mapas de capacidad amortiguadora del río.

Frecuencia de muestreo. Se realizaron cuatro monitoreos dentro del período de febrero a octubre.

Material y equipo de muestreo. Para la conductividad y pH se utilizó una Multisonda YSI 556 con sus debidas calibraciones.

Recolección y conservación de muestras. La recolección y conservación de muestras se realizó siguiendo el procedimiento del Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (APHA te al, 2005). Las muestras fueron colectadas mediante un monitoreo puntual en los períodos descritos. En cada muestreo se recolectó muestras en botellas de plástico de 1 L previamente lavadas con HNO₃ 1+1; las fueron conservadas a temperaturas entre 4-10°C y transportadas el mismo día al laboratorio para sus respectivos análisis.

Determinación Analítica

Alcalinidad. Se utilizó el método basado en una titulación volumétrica. Se tomó 25 mL de la muestra y se agregó 10 gotas de fenolftaleína, si hubo coloración se procedió una a titular con ácido sulfúrico hasta la desaparición del color, determinando así la concentración de carbonatos presente en la muestra. Posteriormente se adicionó 2 gotas de anaranjado de metilo a la disolución anterior y se continuó la titulación hasta que la coloración cambie de amarillo a anaranjado.

Conductividad. Se basó en el método, el cual consistió en la medida directa de la conductividad utilizando una celda de conductividad previamente estandarizada con una solución de KCl.

pH. Se siguió el método que consiste en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno por medidas potenciométricas usando un electrodo combinado o un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio con un electrodo de referencia

Análisis estadístico

Se realizó un análisis utilizando la técnica estadística descriptiva. Para la comparación de la influencia de las estaciones y los puntos de monitoreo sobre los parámetros estudiados, se realizó análisis de la varianza aplicada a conductividad, alcalinidad y pH.

RESULTADOS

En la figura 2 se evidencia la variación de la temperatura, en la figura 3 la variabilidad de la conductividad y la figura 4 la tendencia de pH en cada sitio de muestreo a lo largo del Río Bebedero.

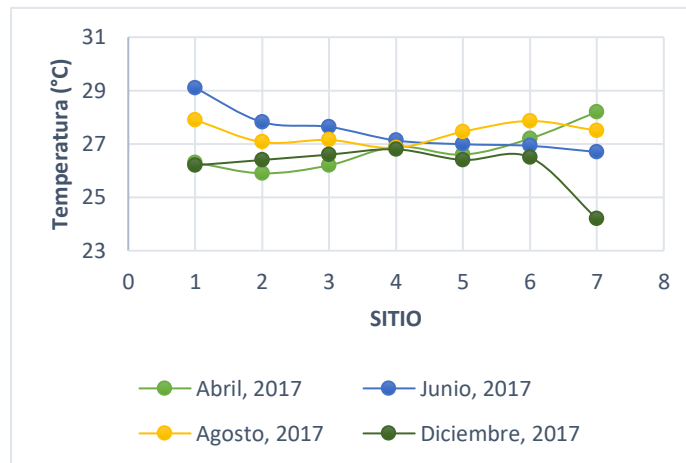


Figura 2. Variación de la temperatura en cada sitio de monitoreo (1: CB-1; 2: CB-2; 3: CB-3; 4: CB-4; 5: CB-5; 6: CB-6 y 7:CB-7)

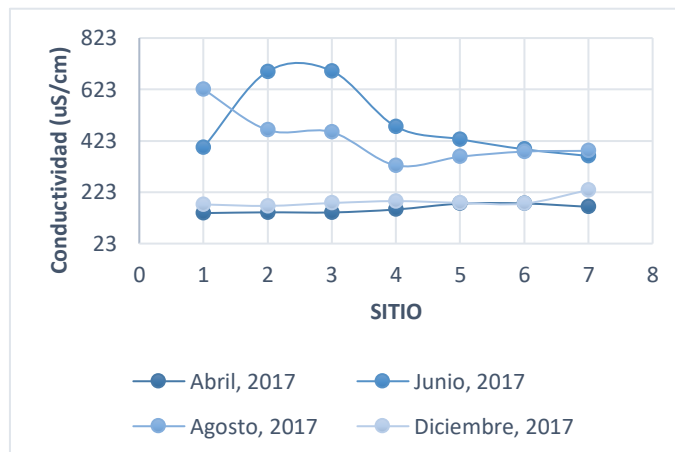


Figura 3. Variación de la conductividad en cada sitio de monitoreo (1: CB-1; 2: CB-2; 3: CB-3; 4: CB-4; 5: CB-5; 6: CB-6 y 7:CB-7)

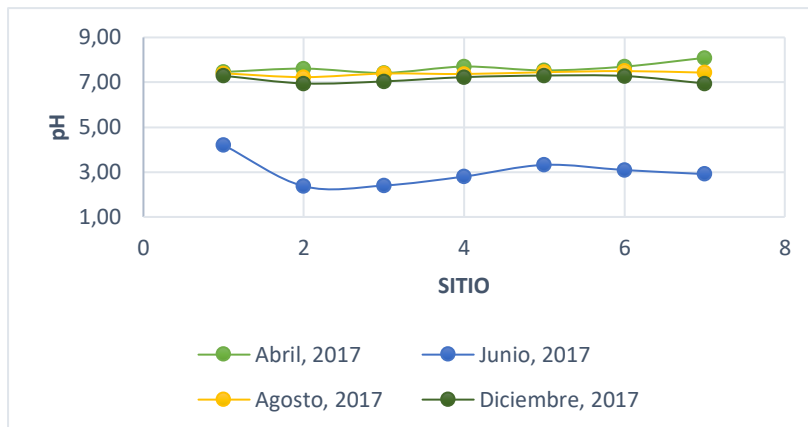


Figura 4. Variación del pH en cada sitio de monitoreo (1: CB-1; 2: CB-2; 3: CB-3; 4: CB-4; 5: CB-5; 6: CB-6 y 7:CB-7)

En la figura 5 se muestra los datos obtenidos de alcalinidad total

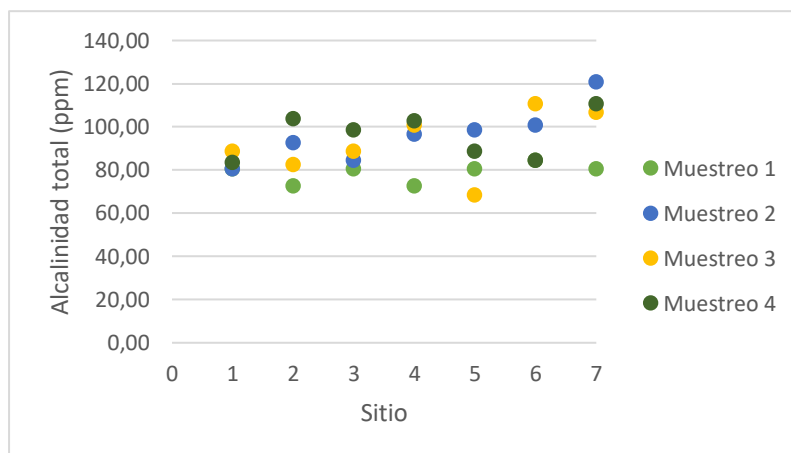


Figura 5. Variación de la alcalinidad total en cada sitio de monitoreo (1: CB-1; 2: CB-2; 3: CB-3; 4: CB-4; 5: CB-5; 6: CB-6 y 7:CB-7)

DISCUSIÓN

La alcalinidad de una muestra de agua es una medida de su capacidad para reaccionar o neutralizar iones hidronio, (H^+), hasta un valor de pH igual a 4,5. La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en disolución, y en menor grado por los boratos, fosfatos y silicatos, que puedan estar presentes en la muestra. En el caso del agua tanto natural, la alcalinidad usualmente se debe fundamentalmente a la presencia de iones carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-), asociados con los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} (Botella N.)

Existe generalmente una relación lineal entre la alcalinidad y el contenido de sales (Ramírez, 1983). La conductividad eléctrica es una medida de la resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica a su través. La conductividad del agua está relacionada con la concentración de los sales en disolución, cuya disociación genera iones

capaces de transportar la energía eléctrica. Como la solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, evidentemente la conductividad varía con la temperatura del agua. Según el análisis de correlación de Spearman entre conductividad y temperatura existe una relación positiva $r=0,64$, es decir que la conductividad que aumenta conforme aumenta la temperatura del agua.

En aguas muy ácidas predomina H_2CO_3 y en aguas muy básicas el CO_3^{2-} . A un $\text{pH} < 6$, CO_2 es la especie dominante. A valores de pH entre 7 y 9, HCO_3^- predomina, mientras que CO_3^{2-} comienza a aumentar su concentración significativamente a valores de $\text{pH} > 9$ (Kehew, 2001). En la figura 4 se observan que datos de pH para el muestreo realizado en julio se encuentran por debajo de 4 mientras que para los demás muestreos las condiciones son menos variables y los valores más aceptables para la vida acuática. Cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores se vuelven muy sensibles a la contaminación, ya que no tienen capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH (acidificación) (García, 2010).

El sistema de alcalinidad tiene interacciones importantes con los procesos de fotosíntesis y respiración celular. Las alcalinidades determinadas en las muestras de agua superficial (figura 5) se encuentran dentro del rango de 70-120 mg/L, según Goyeda (2007) agua con alcalinidad entre 25-75 se consideran moderadamente amortiguadoras y aguas con alcalinidades mayores a 75 son muy amortiguadas. Por lo tanto se puede describir las aguas superficiales del río Bebedero dentro de estas dos clasificaciones.

Vidal-Abarca et al (1994) muestra la clasificación productiva de las aguas en función a los valores fisicoquímicos, en particular, la alcalinidad presentes en el agua, expresa que valores entre 50-100 se consideran con una productividad débil y entre 100-150 una buena productividad. Según los valores obtenidos los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 presentan en algunas campañas una productividad débil.

Aplicando el análisis de varianza no paramétrica de Kruskal Wallis se obtiene que las variables conductividad ($p=0,0001$), temperatura ($p=0,0043$), pH ($<0,001$) y alcalinidad ($p=0,0134$) no presentan diferencia significativa entre las épocas de monitoreo sin embargo si existe diferencias significativas entre sitios de muestreo, para alcalinidad $p=0,3578$, conductividad $p=0,9998$, pH $p=0,9573$ y temperatura $p=0,9899$. Esto puede estar relacionado a que existen efluentes que vierten sus aguas en el río y cada uno con composición variable de acuerdo a la actividad que se genere.

CONCLUSIONES

Los parámetros en estudio de los puntos superiores del río está influenciada por la escorrentía superficial, mientras que en los puntos inferiores por una combinación de escorrentía superficial e ingreso de contaminantes provenientes de fuentes antropogénicas puntuales.

Según los datos de alcalinidad se evidencia que el río Bebedero se encuentra en una categoría de productividad débil y productividad en su paso por la zona agropecuaria.

BIBLIOGRAFIA

- Barrenechea, A. (2000). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua, Manual I, Teoría, Tomo I, p 2-55.
- Botella, N. (s.f). Determinación de parámetros en aguas implicadas en procesos de desalación. Universidad de Alicante. Obtenido en http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/37077/1/ISL_Aguas_desaladas_LABORATORIO.pdf
- Comín, F.A. (1984). Características físicas y químicas y fitoplancton de las lagunas costeras, Encañizada, Tancada y Buda (Delta del Ebro), *Oecol. Aquatica*, 7: 79- 162
- Fai, Chow., Shiah, F. K., Lai, C.C., Ko, C. Y. (2015). Evaluation of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Fei-Tsui Reservoir basin, Taiwan. *Environmental Earth Sciences* 75(1)
- García, R. P. (2010). Caracterización del agua recirculada y optimización de la dosificación de lechada de cal en el agua residual del ingenio Risaralda S.A. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Obtenido en <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1826/1/628162G216.pdf>
- Goyeda, G. (2007). Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. Obtenido en <http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/>
- Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS). (2002). Evaluación del daño ambiental ocasionado por la descarga de vinaza, en setiembre 2001, en la parte baja de los ríos Tempisque y Bebedero. Informe final. Costa Rica
- Kehew, A. E. (2001). *Applied Chemical Hydrogeology*. Pretince Hall. 368
- Lizano, O. (1998). Dinámica de las aguas en la parte interna del Golfo de Nicoya ante altas descargas del Río Tempisque. *Rev. BioI. Trop.* 46. Supl . 6: 11-20
- Mateo-Vega, J. (2001). Características generales de la Cuenca del Río Tempisque. p 32-72 en J. A. Jiménez y E. González, eds. La Cuenca del Río Tempisque; perspectivas para un manejo integrado. Organización de Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. p 17
- Méndez, O. B. A., Carrillo, C.A., Monroy, F. M., y Levresse, G. (2012). Influencia del pH y la alcalinidad en la adsorción de As y metales pesados por oxihidróxidos de Fe en jales mineros de tipo skarn de Pb-Zn-Ag. México. *Rev. mex. cienc. Geol*, vol.29 no.3.
- Ramírez, G. (1983). Características físicoquímicas de la Bahía de Santa Marta. Obtenido en http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/Vol11-13/BIMC_13_06_RAMIREZ.pdf
- Rojas, M., Pizarro, J., Castro, M. (1994a). Diversidad y abundancia íctica en tres áreas de manglar en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *RBT* 42:663.
- Takatani, Y., Enyo, K., Lida, Y., Ishii, M. (2014). Relationships between total alkalinity in surface water and sea surface dynamic height in the Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 119(5)
- Vidal-Abarca, M. R., Suarez, M.L., Gómez, L., Ramírez, L. (1994). *Ecología de aguas continentales*. Universidad de Murcia. ISBN: 84-7684-523-5. 156