

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

Arias M. F*

* Investigadora. Laboratorio para Aguas y Reproducción de Especies Dulceacuícolas (LARED). Universidad Técnica Nacional, Sede Guanacaste. mfarias@utn.ac.cr

RESUMEN

El ecosistema del río Bebedero posee focos de contaminación puntuales y difusos, lo que puede provocar que su capacidad de soportar impactos adicionales cada vez esté más comprometida. El presente estudio está encaminado a obtener datos de monitoreo que permitan conocer el estado de vulnerabilidad y productividad del Río Bebedero en su paso por la zona agropecuaria y en la zona silvestre. Se realizaron muestreos en tres épocas: seca, transición y lluviosa durante los años 2017 y 2018. Se recolectaron muestras a lo largo del Río Bebedero y se analizó alcalinidad, pH, temperatura y conductividad con el fin de obtener la capacidad amortiguadora del sistema a través del índice buffer y la productividad de las aguas. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de calidad de aguas LARED. La conductividad obtenida presentó una concentración mínima de 122.40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una máxima de 695.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La concentración de alcalinidad osciló entre 68.34- 120.60 mg/L, lo que representa cuerpos de agua con amortiguaciones de moderadas (25-75 mg/L) a muy amortiguadas (>75 mg/L). El pH presentó un valor mínimo de 2.37 y un máximo de 8.64 y la temperatura dentro del rango 24.20-29.10°C. Para los valores promedios de conductividad se observa un aumento significativo en la época de transición. Se observó que existen diferencias significativas entre cada época para alcalinidad ($p < 0.0001$), pH ($p < 0.0021$) y conductividad ($p < 0.0001$). Las concentraciones de los parámetros analizados no siguen una tendencia específica en cada época, las tendencias espacio-temporales sugieren que las condiciones son específicas en cada sitio según la estación y las actividades a su alrededor. Se comprueba que los sitios con mayor vulnerabilidad son los de la parte más alta del río Bebedero (BC01- BC05), cuyas aguas reciben efluentes de actividades agrícolas, industriales y domésticas.

INTRODUCCIÓN

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 y agropecuarios, sobre todo en las áreas rurales. 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 que poseen focos de contaminación puntuales y difusos, lo que causa que su capacidad de soportar impactos adicionales cada vez esté más comprometida (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 fue alto. 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.

En el Decimocuarto Informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible el análisis general de país, no contempla la diversidad de las cuencas en relación a la ubicación espacial de la población, a la actividad económica, a la temporalidad en la ocurrencia del agua y a la degradación en la calidad del agua. De ahí que se hace necesario un tratamiento individual en cada sector, se debe conocer toda la dinámica que se integra.

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. 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, la acidificación en las próximas décadas y las interacciones con varios procesos que ocurren en un medio acuoso (Rodríguez & Marin, 1999).

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 como tratada, la alcalinidad usualmente se debe fundamentalmente a la presencia de iones carbonatos (CO₃²⁻) y bicarbonatos (HCO₃⁻), asociados con los cationes Na⁺, K⁺ Ca⁺² y Mg⁺² (Botella N, s.f).

Los iones negativos en solución están comúnmente asociados o pareados con iones positivos de calcio, magnesio, potasio, sodio y otros cationes. El bicarbonato constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad. Dicha especie iónica y el hidróxido son particularmente importantes cuando hay gran actividad fotosintética de algas o cuando hay descargas industriales en un cuerpo de agua.

No sólo representa el principal sistema amortiguador (tampón, buffer) del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva de CO₂ para la fotosíntesis. Internacionalmente es aceptada una alcalinidad mínima de 20 mg de CaCO₃/L para mantener la vida acuática

El presente estudio está encaminado a obtener datos reales y confiables mediante una red de monitoreo que permita conocer el estado de vulnerabilidad y productividad del Río Bebedero en su paso por la zona agropecuaria y en la zona silvestre. Por medio de este conocimiento se podrán establecer medidas preventivas y serán insumo para hacer cumplir las normas establecidas en la legislación ambiental, se busca proveer de información actualizada para propiciar el desarrollo integral y sostenible del ecosistema que integra este sistema, en asocio con las comunidades locales, gobiernos municipales, instituciones estatales y sector privado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. Este estudio fue desarrollado sobre el río Bebedero que se origina en la confluencia de los ríos Blanco y Tenorio, recibe a los ríos Cañas y Lajas 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 como lo son el Parque Nacional Palo Verde en el margen Oeste y el Refugio de Vida Silvestre Cipanci en el margen Este del Río Bebedero (fig. 1). En esta área el clima se ha caracterizado por una estación seca (diciembre a marzo) y una estación lluviosa (mayo a octubre) considerando junio como mes de transición. La predominancia de suelos son entisoles (75%), vertisoles (20%) y inceptisoles (5%). Dentro de los usos de la tierra se encuentra manglar, bosque primario, bosque secundario, pastos, terrenos al descubierto y doméstico.

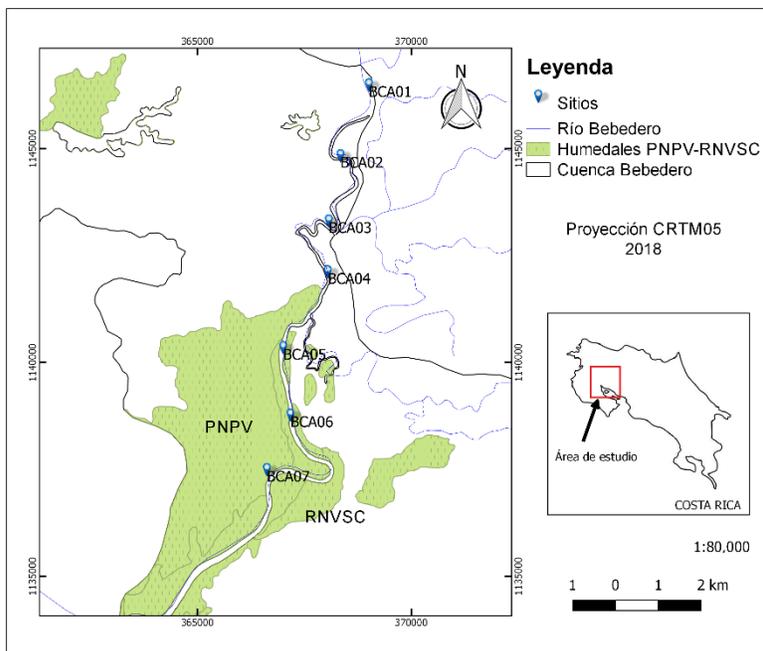


Figura 1. Área de estudio de la Cuenca de Bebedero incluyendo los sitios de muestreo.

Recolección y métodos. Las muestras de agua fueron colectadas en siete sitios en un periodo comprendido entre marzo 2017 y octubre 2018 (n= 49). Los sitios fueron referenciados con un Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS) para la generación de mapas de capacidad amortiguadora del río utilizando el software QGIS 2.18.16. La recolección y conservación de muestras se realizó siguiendo el procedimiento del Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (APHA *et al*, 2005). Las muestras fueron colectadas mediante un monitoreo puntual en los períodos descritos. En cada muestreo se recolectaron en botellas de plástico de 1 L previamente lavadas con HNO₃ 1+1; fueron conservadas a temperaturas entre 4-10°C y transportadas el mismo día al laboratorio para sus respectivos análisis.

La medición de conductividad y pH se realizó utilizando una Multisonda YSI 556, la medida directa de la conductividad se realizó utilizando una celda previamente calibrada. Para el pH se utilizó un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio previamente calibrado.

Para la determinación de alcalinidad se utilizó el método basado en una titulación volumétrica. Se tomó 25 mL de la muestra y se agregó 10 gotas de fenolftaleína, como en las muestras no se generó color, se adicionó 2 gotas de anaranjado de metilo a la disolución y se realizó la titulación hasta que la coloración cambió de amarillo a anaranjado.

Análisis de datos. Para analizar los datos recolectados se utilizó estadística descriptiva. Además, se clasificó la situación productiva del recurso hídrico, según Vidal-Abarca *et al* (1994), en función de la alcalinidad presente en el agua.

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks modificado para verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. En los casos en que los datos no cumplen con los supuestos, se realizó una transformación de registro y/o se utilizó una función de variación independiente para corregir heterocedasticidad. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) utilizando un modelo lineal de efectos mixtos para evaluar las diferencias espaciales y estacionales para cada indicador de calidad del agua en estudio.

La correlación no paramétrica de Spearman se utilizó para encontrar relaciones entre los parámetros (p <0.05). Se utilizaron técnicas estadísticas multivariantes para identificar diferentes patrones espaciales en la calidad del agua. datos. Los sitios de muestra se

agruparon teniendo en cuenta las similitudes en la calidad del agua utilizando la distancia euclidiana al cuadrado como medida de similitud.

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando los paquetes de InfoStat (Di Rienzo *et al*, 2015) y RStudio (R Core Team, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un resumen de los parámetros físicos y químicos por sitio de muestreo y por estación son mostrados en la tabla 1. Los valores de temperatura y pH en cada sitio se encuentran dentro de los límites recomendados para cuerpos de agua superficial (MINAE, 2007). La conductividad obtenida presentó una concentración mínima de 122.40 $\mu\text{S/cm}$ y una máxima de 695.00 $\mu\text{S/cm}$, los datos presentaron una desviación estándar promedio de 148.79, que puede sugerirse a la sensibilidad de las variaciones de sólidos disueltos, principalmente de sales minerales relacionando los sólidos totales disueltos y con los iones mayoritarios (Chapman, 1996). La conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10 $\mu\text{S/cm}$ a los 350 $\mu\text{S/cm}$, en zonas con influencia marino costera los valores pueden ir desde los 125 $\mu\text{S/cm}$ hasta los 2200 $\mu\text{S/cm}$ (ANZECC, 2000). El pH presentó un valor mínimo de 2.37 y un máximo de 8.64.

La concentración de alcalinidad osciló entre 68.34- 120.60 mg/L, lo que representa cuerpos de agua con amortiguaciones de moderadas (25-75 mg/L) a muy amortiguadas (>75 mg/L) (Goyenola, 2007). Este parámetro influye en el proceso de floculación cuando reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) permitiendo la sedimentación de material suspendido en el cuerpo de agua (Jiménez, 2001). En Costa Rica no se tiene legislación en cuanto al valor de la alcalinidad sin embargo, a nivel internacional se acepta una alcalinidad total mínima de 20 mg de CaCO_3/L para mantener la vida acuática (Goyenola, 2007). Cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores son propensas a la contaminación, porque no tienen la capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH. El rango de la alcalinidad total puede llegar a un máximo de 200 mg/L, en países como Colombia se admite un valor de 100 mg/L.

Tabla 1. Resumen de los parámetros físicos y químicos en el Río Bebedero 2017-2018 (Promedio, SD)

Sitio	Temperatura (°C)	Alcalinidad (mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)
BC01-Seca	26.43 (0.12)	82.19 (1.55)	7.75 (0.25)	132.67(7.74)
BC01-Transición	28.27 (0.72)	91.57 (13.01)	6.29 (1.81)	408.10 (209.75)
BC01-Lluviosa	27.15 (1.34)	82.58 (1.18)	7.72 (0.61)	174.75 (0.64)
BC02-Seca	26.25 (0.50)	72.36 (0)	7.78 (0.24)	133.50 (15.70)
BC02-Transición	27.47 (0.38)	90.45 (7.25)	5.71 (2.89)	447.87 (254.13)
BC02-Lluviosa	27.05 (0.92)	92.63 (15.40)	7.41 (0.65)	178.20 (12.16)
BC03-Seca	26.50 (0.42)	75.04 (7.58)	7.75 (0.46)	134.70 (13.29)
BC03-Transición	27.38 (0.25)	81.74 (8.37)	5.71 (2.87)	446.83 (253.40)
BC03-Lluviosa	27.05 (0.64)	93.47 (7.10)	7.84 (1.13)	203.10 (31.54)
BC04-Seca	26.75 (0.21)	72.36 (0)	7.79 (0.12)	140.75 (21.00)
BC04-Transición	27.45 (0.81)	96.48 (4.02)	6.18 (2.97)	333.17 (141.85)
BC04-Lluviosa	27.15 (0.50)	96.15 (9.00)	7.55 (0.44)	188.80 (0.71)
BC05-Seca	26.70 (0.14)	77.72 (3.79)	7.82 (0.40)	154.55 (33.59)
BC05-Transición	27.27 (0.25)	86.88 (16.22)	6.04 (2.36)	342.57 (96.97)
BC05-Lluviosa	27.15 (1.06)	91.12 (3.79)	7.62 (0.45)	168.75 (18.17)
BC06-Seca	27.30 (0.14)	81.74 (3.79)	7.81 (0.15)	158.80 (28.71)
BC06-Transición	27.39 (0.47)	101.17 (9.06)	5.99 (2.51)	345.97 (68.62)
BC06-Lluviosa	27.50 (1.41)	94.14 (13.74)	7.71 (0.60)	165.55 (18.60)
BC07-Seca	28.10 (0.14)	88.11 (10.90)	8.05 (0.06)	161.30 (6.65)
BC07-Transición	27.18 (0.14)	108.32 (11.50)	5.90 (2.57)	368.67 (13.61)
BC07-Lluviosa	26.50 (3.25)	100.5 (14.21)	7.27 (0.45)	201.65 (42.64)

Los valores promedios de la alcalinidad, de pH, de conductividad y de temperatura del Río Bebedero son presentados en la tabla 2. Se observa que la concentración promedio de alcalinidad en la época seca es la de menor magnitud, seguida por la época lluviosa y la época de transición presenta la mayor magnitud. Los valores promedios de pH son mayores en época seca y menor en época de transición. Para los valores promedios de conductividad se observa un aumento significativo en la época de transición, y en época seca menor a la época lluviosa. Se observó que existe diferencias significativas entre cada época para alcalinidad ($p < 0.0001$), pH ($p < 0.0021$) y conductividad ($p < 0.0001$), lo que significa que la calidad del agua no sigue una tendencia específica en cada estación, por lo que las tendencias espacio-temporales de la calidad del agua sugieren que las condiciones son específicas en cada sitio según la estación.

Tabla 2. Diferencias entre estaciones determinada a través de un ANOVA.

Parámetro	Unidades	Seca		Transición		Lluviosa		F	p-value
		Ā	SE	Ā	SE	Ā	SE		
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	79.73	6.86	93.8	12.28	90.12	9.34	13.83	<0.0001*
pH	-	7.88	0.24	7.35	2.18	7.45	0.52	7.25	0.0021*
Conductividad	µS/cm	142.85	19.13	381	151.36	179.75	22.2	26.28	<0.0001*
Temperatura	°C	26.7	0.65	27.38	0.55	27.15	1.18	2.52	0.0934

Nota: Ā: Promedio, SE: Error estándar, *promedio con diferencia significativa $p < 0.05$

El comportamiento de la concentración promedio de conductividad, alcalinidad, temperatura y pH a lo largo de cada sitio de muestreo se observa en la figura 2. Los sitios que se

encuentran entre BC01-BC04 se encuentran dentro de una zona con asentamientos humanos y actividad agropecuaria, los sitios BC05-BC07 se encuentran dentro de áreas silvestres protegidas. Se observa que la conductividad (Fig 2A) en época seca aumenta conforme se desciende en el río mientras que en la transición el comportamiento es inverso siendo los puntos BC01, BC02 y BC03 con mayor concentración. En la época lluviosa la mayor concentración se presenta en BC03 y BC04. La alcalinidad va aumentando gradualmente en época lluviosa al descender por el río presentando disminución entre los puntos BC05 y BC06. En seca se observa un aumento potencial al descender por los sitios exceptuando el BC01 quien presenta una alcalinidad alta mientras que en época de transición disminuye entre BC01-BC03, aumenta BC04 y luego disminuye en BC05 la cual aumenta en los sitios BC06 y BC07. En general los sitios que se encuentran más cercanos a la desembocadura presentan las alcalinidades más altas que podría reflejar un aumento en la productividad ya que existe una mayor eliminación de dióxido de carbono de la columna de agua favoreciendo los procesos de precipitación del carbonato de calcio y aumentando los valores de pH (Cisneros & Barrientos, 2008). Hernández-Ayón *et al* (2003) plantea que cuando aumenta la salinidad en la superficie y disminuye el pH los procesos físicos predominan sobre los biológicos.

La temperatura en época lluviosa crece conforme se desciende en el río y desciende en el sitio BC07. En época seca se observa un aumento aguas abajo mientras que en la transición se observa un descenso aguas abajo (Fig. 2C). Para el pH no se observa un comportamiento aleatorio en época lluviosa, en época seca aumenta aguas abajo mientras que en transición se aprecia una disminución (Fig. 2D). El pH es controlado por el balance entre el dióxido de carbono, los iones bicarbonato y carbonato, así como los ácidos húmicos y fúlvicos. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH en el ámbito de 6,5 a 8,0 y es controlado principalmente por el sistema carbonato – bicarbonato (Beita-Sandí & Barahona-Palomo, 2010). Sin embargo, existen aguas húmicas ácidas, cuyo ámbito de pH de 5,0 a 6,0 y es controlado por la concentración natural de materia orgánica en lugar del sistema de amortiguamiento de carbonato-bicarbonato, lo cual se observa en la época de transición.

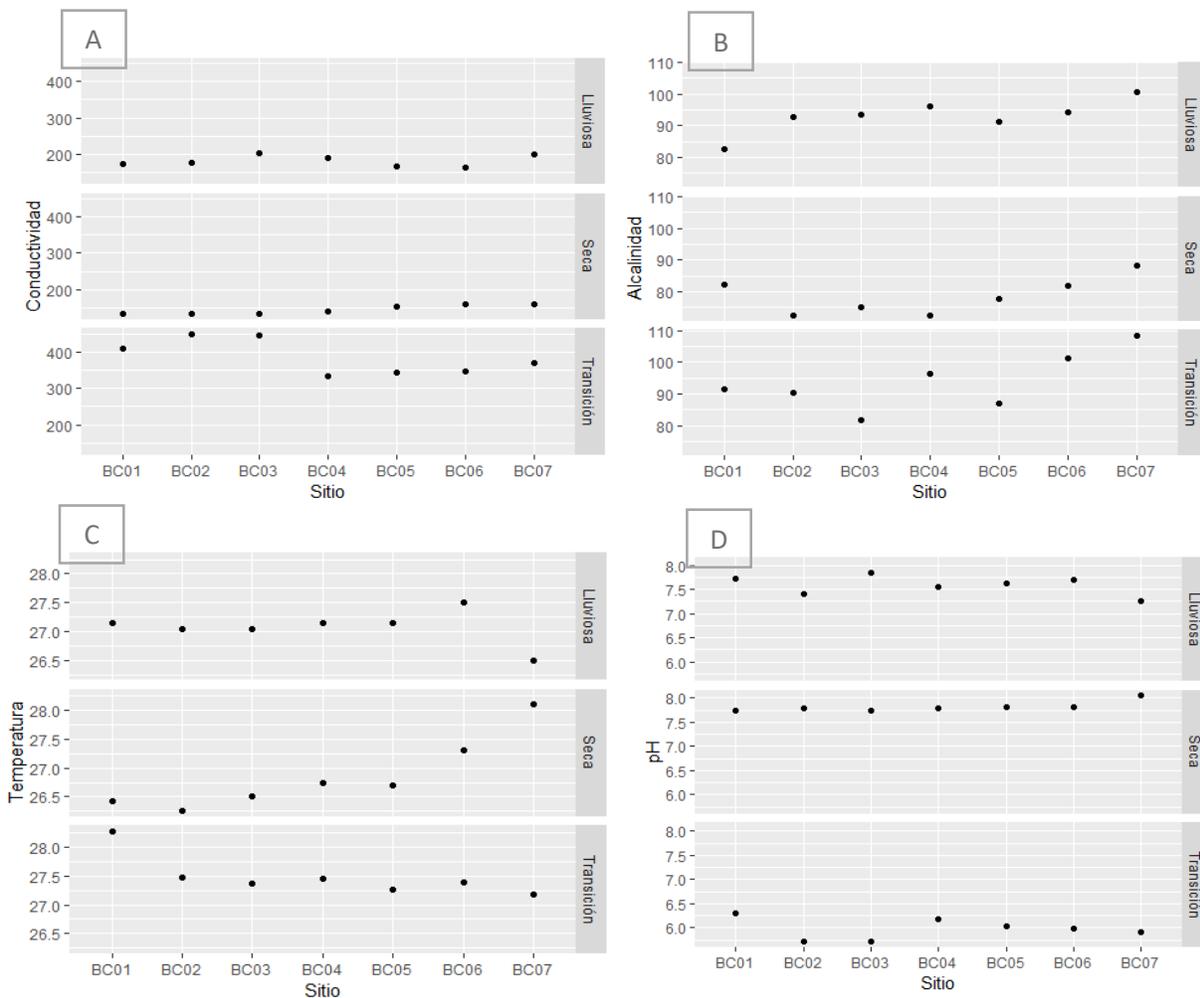


Figura 2. Comportamiento de la concentración de valores promedio de A) Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), B) Alcalinidad (mg/L), C) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y D) Potencial de Hidrógeno (pH) en los sitios muestreados sobre el Río Bebedero 2017-2018.

La clasificación de las aguas en cuanto a productividad (Vidal-Abarca *et al*, 1994) en función a la alcalinidad promedio obtenida en cada sitio se muestra en la tabla 3. Los sitios del BC01 al BC05 presentan una productividad del agua débil en todas las épocas, el BC06 en las épocas seca y lluviosa presentan una productividad del agua débil mientras que en la época de transición se vuelve productiva; el BC07 presenta productividad débil en época seca mientras que en las épocas de transición a lluviosa aumenta a agua productiva. Beita-Sandí & Barahona-Palomo (2010) mencionan que las aguas superficiales tienen cierta capacidad de resistir los cambios de pH y se debe en gran parte a la presencia de iones bicarbonato aportados al sistema de manera natural (disolución de rocas y suelos). Aseguran que cuando la capacidad de amortiguamiento es baja pueden presentarse cambios en el pH provocando desequilibrio en el sistema e influyendo sobre sistemas biológicos como desarrollo y fisiología de organismos acuáticos y en la biota de los humedales. No se

presentan efectos letales sobre peces de aguas dulces en un ámbito de pH de 5 a 9; sin embargo, sí se han reportado efectos crónicos a valores menores a 5, sobre todo con efectos dañinos sobre huevos y larvas (ANZECC 2000).

Tabla 3. Clasificación de las aguas en productividad según la concentración promedia de alcalinidad obtenida 2017-2018

Sitio	E. Seca	E. Transición	E. Lluviosa
BC01	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil
BC02	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil
BC03	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil
BC04	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil
BC05	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil	3: Agua productiva débil
BC06	3: Agua productiva débil	4: Agua productiva	3: Agua productiva débil
BC07	3: Agua productiva débil	4: Agua productiva	4: Agua productiva

* Clase 3 Alcalinidad débil; Clase 4: Alcalinidad media

El dendograma ilustrado en la figura 3 muestra los patrones espaciales con respecto a la magnitud del índice buffer en cada sitio. A una distancia euclídea promedio de 0.99 se observan tres clústers, el primer clúster incluye cinco sitios (BC01, BC03, BC05, BC02, BC04), el segundo clúster un solo sitio (BC06) y el tercer clúster por un sitio (BC07). El cluster 1 podrían ser considerarse el más vulnerables en comparación con el 2 y 3.

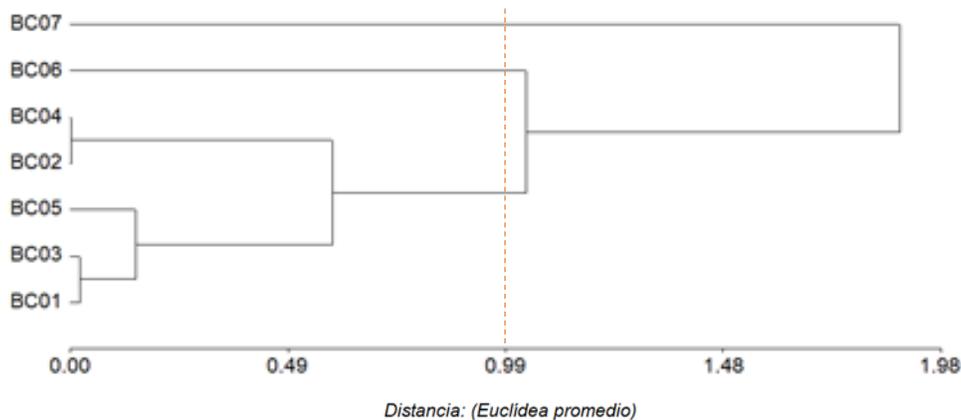


Figura 3. Dendrograma que muestra la agrupación de los sitios de muestra utilizando el análisis de clúster basado en el método promedio del índice buffer analizados en el río Bebedero.

En zonas donde existe prácticas agrícolas el pH es más propenso a variar ya que el cuerpo de agua recibe lixiviaciones de aniones y cationes por escorrentía (Beita-Sandí & Barahona-Palomo, 2010). Los sitios de muestreo con mayor actividad agropecuaria se encuentran

dentro del clúster 1, es por ellos que en el análisis se refleja una mayor vulnerabilidad en el cuerpo de agua.

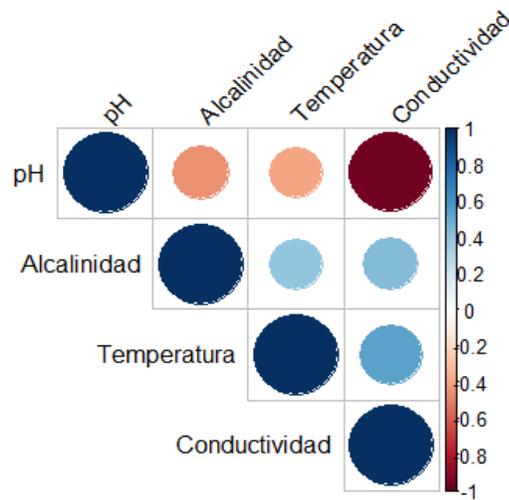


Figura 4. Diagrama de correlación de Spearman de los parámetros fisicoquímicos en el Río Bebedero.

El coeficiente de correlación de Spearman de las variables evaluadas en el estudio se muestran en la figura 4. De 16 posibles correlaciones, 6 fueron significantes ($p < 0.05$). Entre la alcalinidad y la conductividad se generó una correlación positiva media (0.47, $p = 0.007$), entre la alcalinidad y el pH la correlación fue negativa media (-0.41, $p = 0.037$). Entre la conductividad y la temperatura la correlación fue positiva media (0.31, $p = <0.0285$). Mientras que entre el pH y la conductividad se obtuvo una correlación negativa considerable (-0.65, $p = <0.001$) (Sampieri *et al*, 2014).

En estudios realizados por Mateo-Vega (2001), evidencian que el Río Bebedero sufre cambios ecológicos debido a la incorporación en el ambiente de sustancias de origen antrópico. 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. La necesidad de realizar monitoreos control al recurso hídrico establece una comparación, que permite a los diferentes actores involucrados en el manejo, vigilancia y control del recurso disponer de información relevante de fácil interpretación, para dar a conocer los cambios tanto a nivel espacial como temporal que se producen en el recurso, partiendo de su estado natural hasta el impacto por actividades antrópicas.

CONCLUSIONES

Los valores de temperatura y pH en cada sitio se encuentran dentro de los límites recomendados para cuerpos de agua superficial. La conductividad se encuentra aceptable para aguas dulces y aguas con influencia marino costera. Se obtienen valores de alcalinidad total muy cercanas a la mínima para mantener la vida acuática según estándares internacionales. La calidad del agua no sigue una tendencia específica en cada estación, las tendencias espacio-temporales sugieren que las condiciones son específicas en cada sitio según la estación y las actividades a su alrededor. Se comprueba estadísticamente que los sitios con mayor vulnerabilidad son los de la parte más alta del río Bebedero (BC01-BC05), cuyas aguas reciben efluentes de actividades agrícolas, industriales y domésticas. Es por ello, que la productividad de las aguas cercanas a las zonas de actividad fue débil en todas las épocas mientras que en las épocas de transición a lluviosa la actividad aumenta a agua productiva en las zonas cercanas a los refugios de vida silvestre.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Refugio de Vida Silvestre Cipancí por su compromiso y apoyo en la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ANZECC (Australian and New Zealand Environment Conservation Council). (2000). An introduction to the Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. National Water Quality Management Strategy, Camberra, Australia.
- Barrenechea, A. (2000). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua, Manual I, Teoría, Tomo I, p 2-55.
- Beita-Sandí, Wilson, Barahona-Palomo, Marco. (2010). Fisicoquímica de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED [en línea] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=515651982004>> ISSN 1659-4266
- 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
- Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. E & FN Spon, Cambridge, Inglaterra.
- Cisneros, E., Barrientos, Y. (2008). Fluctuaciones anuales de la temperatura, salinidad, Ph y alcalinidad total en aguas superficiales de la Isla Larga estado Carabobo, Venezuela. *Revista de Investigación*. 63:153-172
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. (2015). Infostat—Software Estadístico. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

- Goyenola, G. (2007). Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. Obtenido en <http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/>
- Hernández-Ayón, J., Zirino, A., Marinote, S., Camino-Herrera, R., Galindo-Beer, M. (2003). Relación pH-densidad en el agua. *Ciencias Marinas*. 24(4): 497- 508.
- 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
- Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. México: UNAM y FEMISCA
- 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
- MINAE. (2007). Reglamento evaluación y clasificación de calidad de cuerpos de agua superficiales. Decreto N° 33903-MINAE-S. Diario Oficial La Gaceta N. 178. Costa Rica
- R Core Team. (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria.
- Rodríguez-Mellano J.M., Marín, R. R. (1999). Físico-Química de aguas. Díaz de Santos. Madrid.
- Sampieri, R., Collado, F., Lucio, B. (2014). Metodología de la investigación. McGraw Hill Education. 6ta edición. México. 90p
- 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. 156p