



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

ECO – 009

Malaver¹ Nora, Rodríguez¹ María, Montero² Ramón, Aguilar³ Víctor

¹Instituto de Zoología y Ecología Tropical (IZET).UCV

²Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT). UCV

³Instituto de Geografía y Desarrollo Regional. UCV

nora.malaver@ gmail.com.

Recibido: 08-10-2013	Aceptado: 25-11-2013
----------------------	----------------------

Resumen

Este trabajo presenta una evaluación y caracterización de la calidad del agua de la laguna de Tacarigua, utilizando microorganismos indicadores de calidad sanitaria, ambiental y de intervención antrópica del ecosistema. Como indicadores microbiológicos se utilizaron: bacterias heterótrofas, coliformes totales, fecales, enterococos y vibrios. Los muestreos se realizaron en Junio 2009 (evento climático Niño) y Marzo 2011 (evento climático Niña), en 16 estaciones de muestreo. Se realizó un análisis de Redundancia, (paquete CANOCO, versión 4.5) e interpolación espacial (Kriging) (PAST V.2.16), en ese sentido los Enterococos mostraron una distribución homogénea en junio 2009 en todos los sectores, mientras que en marzo 2011 presentaron un gradiente de distribución desde mayores densidades en Pirital, Club Miami, Manatí, El Guapo, El Placer y menor en Marapata, donde la relación fue inversa con las variables fisicoquímicas, excepto con temperatura. Así mismo, los coliformes fecales en junio 2009 se mostraron asociados a Club Miami, Manatí, Las Lapas, El Guapo, Carambola y Pirital, donde la profundidad es la variable que los conjuga, y por su parte para el 2011 las variables asociadas fueron la profundidad, salinidad y pH, con mayores densidades en sectores diferentes al 2009. Asimismo, Vibrio en 2009, mostró asociación con coliformes fecales, detectándose en las mismas localidades, con menor magnitud en 2011. Las bacterias heterótrofas indicadoras de degradación de materia orgánica, mostraron una distribución más homogénea en todas las localidades con efecto marcado de la salinidad, profundidad y pH en 2009. La calidad del agua de la laguna varía estacional y temporalmente, influyendo los eventos climáticos en esta variabilidad.

Palabras clave: bioindicadores, Laguna de Tacarigua, calidad de agua, contaminación, enterococos, vibrios.



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

USE OF POLLUTION BIOINDICATORS TO DETERMINE THE QUALITY OF WATER IN THE NATIONAL PARK LAGUNA DE TACARIGUA. SPACE-TEMPORARY CONSIDERATIONS

Abstract

This work presents an evaluation and characterization of the water quality of the Tacarigua lagoon, using microorganisms that are indicators of sanitary, environmental and anthropic quality of the ecosystem. The following microbiological indicators were used: heterotrophic bacteria, total coliforms, fecal bacteria, enterococci and vibrios. Samples were taken in June 2009 (Niño climatic event) and March 2011 (Niña climatic event), in 16 sampling stations. A Redundancy analysis (CANOCO package, version 4.5) and spatial interpolation (Kriging) (PAST V.2.16) was carried out, in this sense the Enterococci showed a homogenous distribution in June 2009 in all sectors, while in March 2011 they presented a gradient of distribution from higher densities in Pirital, Club Miami, Manatí, El Guapo, El Placer and lower in Marapata, where the relationship was inverse with the physicochemical variables, except with temperature. Likewise, fecal coliforms in June 2009 were associated with Club Miami, Manatí, Las Lapas, El Guapo, Carambola and Pirital, where depth is the variable that conjugates them, and meanwhile for 2011 the associated variables were the depth, salinity and pH, with higher densities in sectors other than 2009. Also, Vibrio in 2009, showed an association with fecal coliforms, being detected in the same localities, with a lower magnitude in 2011. Heterotrophic bacteria indicating organic matter degradation, showed a more homogeneous distribution in all localities with marked effect of salinity, depth and pH in 2009. The water quality of the lagoon varies seasonally and temporally, influencing climatic events in this variability.

Key words: bioindicators, Tacarigua lagoon, water quality, contamination, enterocos, vibrios.



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

Introducción

El Parque Nacional Laguna de Tacarigua (PNLT) constituye uno de los estuarios más productivos del país, fue declarado Parque Nacional en 1974 y sitio Ramsar en 1996. Sin embargo, no escapa a la problemática que afecta a los ecosistemas marino costeros, los cuales están sometidos a la presión demográfica ejercida sobre las costas a través de actividades humanas, destacándose, dentro de esta problemática, el vertido de efluentes cuyos aportes incluyen microorganismos patógenos, que pueden producir infecciones en el hombre tales como cólera, fiebre tifoidea, salmonelosis, shigelosis, entre otras; la inexistencia de redes cloacales en el pueblo de Tacarigua de la Laguna y en las zonas aledañas al parque, así como la falta de plantas de tratamiento de aguas servidas en los complejos turísticos circunvecinos, contaminación por pesticidas y fertilizantes, desechos químicos, acumulación de desechos sólidos y orgánicos, ejecución de obras de dragados, alteración de las cuencas fluviales que drenan hacia el mar, mediante el desvío de ríos y construcciones de represas, obstrucción sedimentaria y erosión costera, alteración de estuarios y de manglares para la construcción de complejos industriales y habitacionales-turísticos.

Esta situación ha traído como consecuencia cambios drásticos en la calidad sanitaria del agua del sistema lagunar, que hacen prioritario evaluar la calidad de la misma, utilizando bioindicadores. En este sentido, se planteó como objetivo evaluar y caracterizar la calidad del agua de la laguna utilizando microorganismos indicadores de calidad sanitaria, ambiental y de intervención antrópica del ecosistema, con el fin de aportar soluciones integrales que contribuyan a la preservación, conservación y sustentabilidad del humedal.

Bioindicadores

Los bioindicadores se definen como organismos cuya presencia puede indicar condiciones ambientales alteradas, la posibilidad de que existan otros microorganismos patógenos y riesgos sanitarios, es decir su presencia o ausencia en un hábitat expresa que los parámetros están o no dentro del límite de tolerancia del mismo (Wilson,1994).



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

Entre los microorganismos utilizados como indicadores de contaminación fecal por ser más frecuentes en las heces humanas y animales, están los coliformes totales y fecales, estreptococos fecales, enterococos, clostridium sulfitos reductores y *clostridium perfringes*.

Coliformes Totales y Fecales

Las bacterias coliformes totales y coliformes fecales se utilizan como bioindicadores, ya que tienen un comportamiento similar a los patógenos. Este grupo de bacterias ha sido el principal indicador de calidad en los distintos tipos de agua, porque son habitantes comunes del tracto intestinal del hombre y los animales de sangre caliente, están asociados a la contaminación por aguas servidas o residuales, son considerados bioindicadores de la calidad del agua en cuanto al contenido de materia fecal, materia orgánica y nutrientes minerales.

La determinación de coliformes fecales representa la fracción de coliformes presentes en la materia fecal (coliformes termotolerantes). Su detección en el ambiente indica contaminación fecal reciente, o presencia de fuentes puntuales de contaminación de origen fecal, y riesgo de aparición de gérmenes patógenos.(xx)

Enterococos

Los enterococos forman parte de la flora gastrointestinal del hombre y de los animales de sangre caliente, son excretados en sus heces, de ahí que su presencia en el ambiente indique contaminación de origen fecal y el riesgo de aparición de gérmenes patógenos. Son detectados en lugares con fuerte intervención antrópica, con descargas intermitentes y de vieja data. Por su tolerancia a la salinidad y a variaciones de temperatura en el agua, son considerados mejores indicadores de contaminación fecal en ambientes marinos; en particular, dentro de este grupo, *los Streptococos fecales* se les consideran mejores indicadores de contaminación con respecto a los coliformes fecales (Suárez, 2002)



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

Vibrio

Patógenos como *Vibrio*, están siendo utilizados como un indicador asociado a los efectos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos y junto a otros microorganismos patógenos como *Salmonella* y *Shigella* entre otros, pueden llegar a ser fuentes potenciales de infecciones severas en forma directa, cuando el agua es utilizada para fines recreacionales, o indirectamente cuando están presentes en otros organismos como peces, crustáceos y moluscos que son consumidos por el hombre.

Área de Estudio

El Parque Nacional Laguna de Tacarigua es un humedal marino costero, ubicado en la zona central costera del litoral venezolano a 10011`30"- 10020`20"N y 65041`10"-65057`20"W, en los municipios Páez y Pedro Gual del estado Miranda-Venezuela, específicamente entre los ríos Cúpira y El Guapo. Separada del mar por una barra arenosa, se comunica con el mar por una estrecha abertura denominada boca localizada en la parte occidental de la laguna. Su principal aporte de agua dulce lo constituye el Río Guapo, también recibe agua de caños como Pirital, San Nicolás, San Ignacio y la quebrada Chaguaramal. Este sistema se divide en cinco ambientes o lagunas internas diferenciables de acuerdo a la topografía, características geográficas, geomorfológicas, fisicoquímicas y a la naturaleza de los sedimentos (Okuda, 1968; 1969; González, 1990).

La dinámica ambiental de la laguna de Tacarigua está determinada por los ciclos naturales estacionales de lluvias y sequía. El mes más húmedo es noviembre y el más seco marzo, por su localización y orientación en la zona costera, el parque está bajo la influencia de los vientos alisios del noreste [Conde, (1996); Córdova *et al.*, (2010)].

Materiales y Métodos

El trabajo se planteó a escala temporal y espacial, cuyo diseño involucró dos campañas de muestreo, ambas realizadas en períodos climáticamente diferentes. La primera en Junio



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

2009, el área estuvo afectada por lluvias muy escasas, debido al fenómeno climático El Niño y la segunda en Marzo 2011, se caracterizó por un periodo lluvioso dominado por el evento climático La Niña. Especialmente incluyó las cinco lagunas internas, distribuidas en 16 estaciones de muestreo (Figura 1), que abarcaron puntos críticos tales como: descargas de agua dulce y sedimentos, intercambio de agua salada, condiciones físico naturales particulares, vertidos domésticos y agrícolas y zonas ecológicamente contrastantes con características particulares que pudieran aportar información sobre la calidad bacteriológica del agua de la zona de estudio y sus fluctuaciones con los parámetros fisicoquímicos.

Durante el trabajo de campo fueron medidos *in situ* los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, salinidad y conductividad utilizando un equipo multiparametro (Horiba), la turbidez con un turbidímetro (Orion), la transparencia se determinó con el disco de Sechi y la profundidad con una vara de madera graduada en centímetros. Para los análisis microbiológicos se tomaron muestras *in situ* con frascos de vidrio estériles a una profundidad de 20 cm. Las muestras captadas se mantuvieron en cavas con hielo, por un periodo no mayor de 6 horas y se procesaron en laboratorio móvil acondicionado para tal fin.

Para la determinación de microorganismos indicadores de calidad de agua (coliformes totales, fecales y enterococos) se utilizó el método de filtración por membrana (APHA Standard Methods, 1998), para ello, se realizaron diluciones seriadas en solución salina al 0,85% y siembra sobre placas conteniendo como medio de cultivo Caldo Coliblu (coliformes totales y fecales) y agar esculina (enterococos), incubadas a 35°C por 24 horas, determinando así la abundancia, reportada en unidades formadoras de colonia por cien mililitros (UFC/100 ml).

Las bacterias heterótrofas se determinaron por el método de siembra por superficie en placas de agar tripticosa de soya (ATS), que fueron incubadas a temperatura ambiente por 24-48 horas y su abundancia se expresó en UFC.



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

Para la detección de Vibrios, una vez captadas las muestras se inocularon en caldo Tripticasa de soya (CTS) como medio de activación, e incubaron a temperatura ambiente, por un periodo de 6 horas. Posteriormente se sembraron sobre placas de agar selectivo tiosulfato citrato bilis sacarosa (TCBS) por la técnica de siembra por superficie. Las placas se incubaron a 35 °C entre 24-48 horas, se realizó el conteo y se determinó la abundancia expresada en UFC.

El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante un Análisis de redundancia para vincular el comportamiento de las variables fisicoquímicas con los indicadores microbiológicos en las localidades de estudio, usando para ello el paquete CANOCO, V.4.5 para Windows y la técnica de interpolación espacial (Kriging) para determinar los patrones de distribución de los indicadores microbiológicos, la cual se llevo a cabo con el paquete estadístico PAST V.2.16 , esta técnica parte del supuesto que las variables a estudiar tienen una relación con el componente espacial, generando un gradiente de la variable de estudio en función de la distancia.

Resultados y Discusion

Las mayores concentraciones de coliformes totales en junio 2009 se detectaron en Club Miami y Carambola, cuantificadas en 140 y 80 UFC/ 100 ml, respectivamente. En marzo 2011, las magnitudes fueron del orden de 10⁹ a 10⁵ en los sectores Madre Casaña, caño Pirital, El Mono, Laguna Grande, El Placer y El Guapo (Figura 2a). La presencia de coliformes fecales (CF) en Junio 2009 solo fue detectada en Club Miami en bajas concentraciones, contrario a Marzo 2011 cuyas magnitudes fueron 10⁸ y 10⁴, en los sectores El Guapo y Madre Casaña respectivamente, lo cual evidencia la influencia de las descargas directas y constantes de efluentes de residuales domésticos y la inexistencia de plantas de tratamiento, valores que sobrepasan los límites exigidos por la normativa que regula las descargas a cuerpos de agua (Decreto 883), considerándolas como zonas de riesgo para la salud.

USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

Conforme las descargas fluviales van aumentando, las concentraciones de coliformes fecales incrementan, corroborando la relación estacional que prevalece en el sistema, puesto que la influencia climática de las lluvias durante Marzo 2011 y disminución de la precipitación en Junio 2009 constituye una de las principales condicionantes en el comportamiento hidrológico del sistema lagunar [Malaver *et al.*, (2012)].

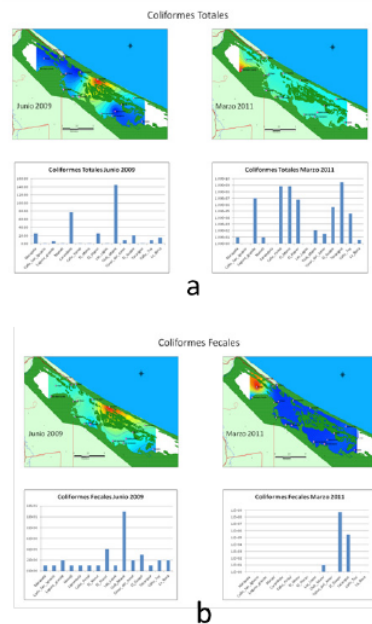


Figura 2. a y b Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de coliformes totales y fecales Junio 2009 y Marzo 2011.

Los enterococos, mostraron altas concentraciones en junio 2009 oscilando éstas entre 108 en los sectores Carambola, Laguna Grande, Club Miami, Túnel del Amor, El Guapo y La Boca, 106 en Marapata y El Placer y 103 en Caño Tuy. Durante marzo 2011 estos organismos mostraron aumento en sus concentraciones diferentes sectores (Marapata, Laguna Grande, Carambola), mantuvieron iguales concentraciones en el Placer, se detectaron en Caño Pirital, Las Lapas y El Mono (Figura 3)

Los enterococos, son indicadores con alta tolerancia a condiciones ambientales adversas tales como: variaciones drásticas de la temperatura, deshidratación, salinidad, luz solar,



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

A este respecto Thompson *et al.*, (2004) y Tamerius *et al.*, (2007), plantean que la prevalencia y viabilidad de Vibrios en ecosistemas acuáticos está asociada a factores como la variabilidad climática, las condiciones fisicoquímicas del medio acuático y la asociación con el plancton, en ese sentido el surgimiento del plancton influye en la abundancia, distribución estacional y geográfica de estos organismos.

Para el caso particular de *Vibrio cholerae*, Tamerius *et al.*, (2007) sostienen que las combinaciones favorables de temperatura, pH y salinidad del agua en ambientes marinos y estuarinos son factores que influyen en la ecología de este organismo. En estudios realizados para Latinoamérica la presencia de *Vibrio cholerae* no toxigenico en aguas costeras indica que los niveles reducidos de salinidad, las estaciones locales de lluvias, temperaturas elevadas e influencia de nutrientes favorecen su abundancia en estos ambientes (Fernández, 2010).

En cuanto a las bacterias heterótrofas, en junio 2009, los valores en las concentraciones van desde 1014 a 1010 desde Marapata hasta la Boca. En marzo 2011 los valores registrados van desde 102 en Caño Pirital y Caño San Ignacio hasta 1010 en Madre Casaña (Figura 4). Las bacterias heterotróficas son indicadoras de calidad ambiental por su abundancia en ambientes estuarinos y su actividad degradativa sobre la materia orgánica, utilizan el carbono como fuente de energía, cumpliendo un papel importante dentro de los procesos de ciclaje y transferencia de nutrientes en el ecosistema (Atlas y Bartha, 2002).

USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

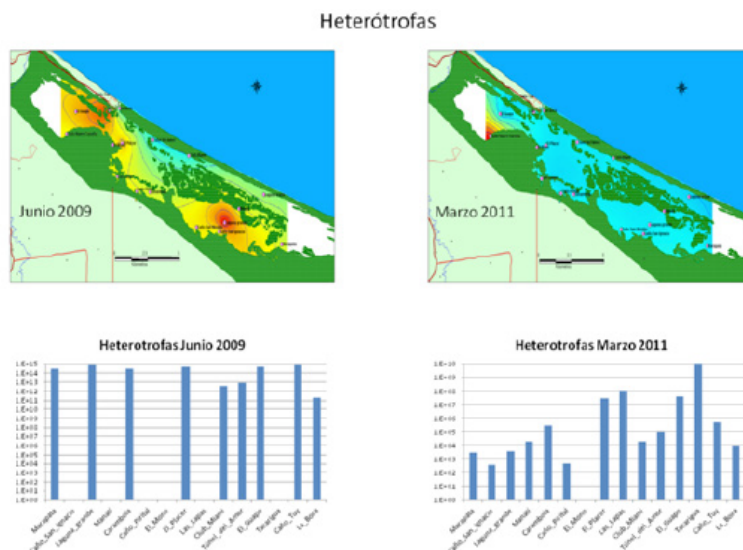


Figura 5. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de bacterias heterótrofas Junio 2009 y Marzo 2011.

Para vincular el comportamiento de las variables fisicoquímicas (variables causa) con los indicadores biológicos (variables efecto) en las diferentes localidades de estudio se realizó un análisis de redundancia, mostrados en las graficas: biplot bacterias y variables fisicoquímicas (Figura 6a), Biplot de Bacterias y Localidades (Figura 6b), Biplot de Localidades y Variables Fisicoquímicas (Figura 7).

En el grafico biplot de las bacterias y variables fisicoquímicas (Figura 6a), se puede apreciar que las CT en junio del 2009 tienen una asociación positiva con la conductividad, temperatura y pH, mientras que la relación es inversa con la salinidad y la profundidad. *Vibrio* y CF en Junio 2009 no se vinculan con ninguna de las variables fisicoquímicas.

Los enterococos se vinculan de forma directa con la profundidad, e inversa con la conductividad y la temperatura. Las heterótrofas están medianamente asociadas con el pH y la profundidad.

USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

En Marzo 2011 se observó que los grupos bacterianos tienen un comportamiento diferente, las magnitudes de sus abundancias varían respecto a 2009. Donde los enterococos se constituyen como el grupo con mayor representación y relación inversa con todas las variables, excepto con la temperatura. Los CF se mostraron vinculados con la salinidad, pH y profundidad. El resto de los grupos bacterianos tienen menor representación con menor magnitud. Las bacterias heterótrofas se mostraron medianamente asociadas al pH y la profundidad. Durante este periodo, las variables más asociadas a los grupos bacterianos fueron profundidad, salinidad, pH y temperatura.

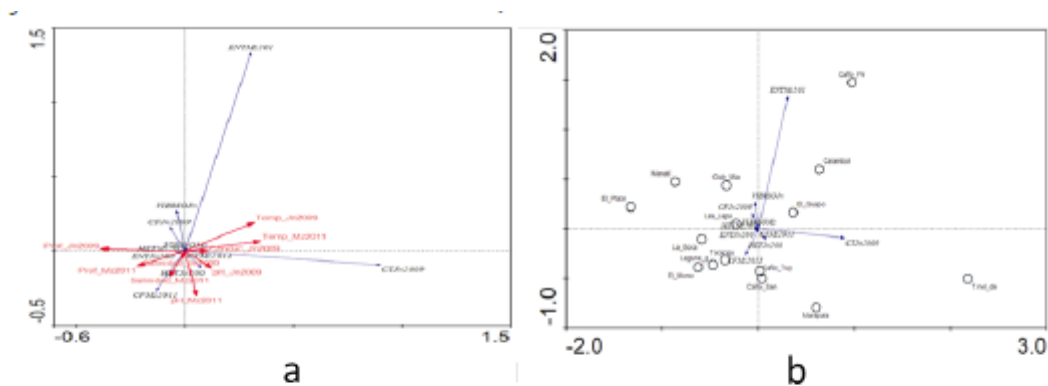


Figura 6. a) Biplot de Bacterias y variables fisicoquímicas, b) Biplot de Bacterias y Localidades

En el biplot de las bacterias y las localidades (Figura 6b), se observa para el Caño Pirital que los enterococos tienen una alta representación en marzo del 2011 y Carambola tiene una representación media, seguida por El Guapo. Los sectores: El Placer, Manatí, Club Miami tienen menor representación de enterococos. Las localidades Túnel del Amor y Marapata poseen una alta representación de CT en junio 2009. Los CF en este período se mostraron asociados a Club Miami, Manatí, Las Lapas, El Guapo, Carambola y Pirital, donde la variable que los conjuga es la profundidad. Las localidades Madre Casaña, La Boca, Caño Tuy, Laguna Grande, El Mono y Caño San Nicolás mostraron a las heterótrofas



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

como el grupo de bacterias dominantes durante junio de 2009. Estas bacterias mostraron una distribución más homogénea en todas las localidades con efecto marcado de la salinidad, pH y profundidad. El resto de los grupos tuvieron una baja representación en las diferentes localidades en los dos periodos de estudio.

Gamboa *et al.*, (1971) y González (1985), encontraron que la salinidad al igual que la temperatura, presentaban variaciones espaciales y estacionales, causadas por los aportes fluviales y la penetración marina, aumentando paulatinamente hacia el Este de la Laguna, que presenta zonas someras donde los efectos de la evaporación pudieran influir en los valores de salinidad. En general los valores de salinidad en los diferentes sectores de la Laguna varían de acuerdo con la estación climática, durante la época de lluvia aumenta el aporte de agua dulce disminuyendo la salinidad, en función de la cantidad de los aportes de agua dulce de los afluentes y de la intensidad de las lluvias (Olivo 2002). Otro factor determinante en las variaciones de salinidad es la dinámica de apertura y cierre de la boca.

Al observar el biplot de las localidades y las variables fisicoquímicas (Figura 7), las localidades Caño Pirital, Carambola, Túnel del Amor y El Guapo, presentan valores altos de temperatura en ambos periodos. El Placer, Manatí, Las Lapas, Club Miami, La Boca, Madre Casaña, Laguna Grande y El Mono mostraron valores por encima del promedio de profundidad en los dos periodos de estudio. Mientras las localidades Caño Tuy, Caño San Nicolás y Marapata mostraron altos valores de pH en ambos periodos.

En ambos períodos, la temperatura tiene una relación directa, con un gradiente de asociación en las localidades Caño Pirital, Carambola, El Guapo, el Placer, Manatí, Club Miami y las Lapas y una relación inversa en Madre Casaña, Caño Tuy, la Boca, el Mono, Laguna grande, caño San Ignacio, Marapata y Túnel del Amor. En ambos periodos, estas mismas localidades asocian directamente con profundidad, salinidad, pH y conductividad

USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

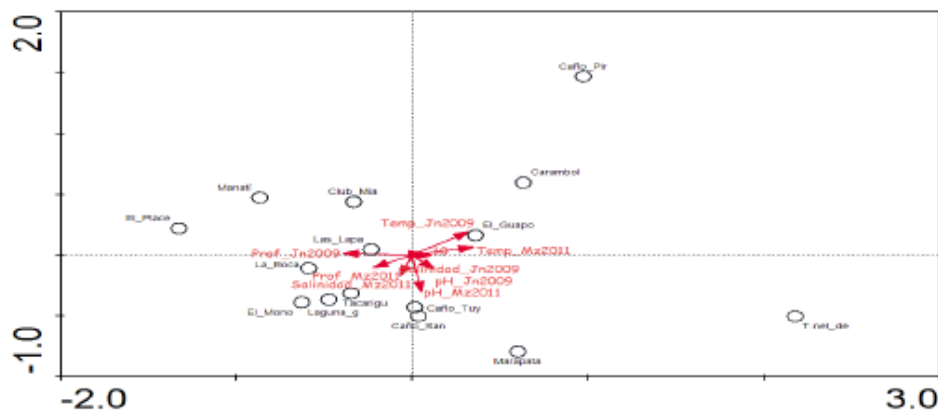


Figura 7. Biplot de Localidades y Variables Físicoquímicas

Conclusiones

En este estudio, la mayor variabilidad de pH, salinidad, conductividad y temperatura se registró en Marzo, al igual que cambios en la profundidad, transparencia y temperatura, asociados a variaciones espaciales, temporales y cambios globales que podrían atribuirse a los eventos climatológicos del Niño y La Niña, los cuales causan perturbación al ecosistema lagunar.

Las variables que resultaron más significativas para permitir una interpretación ecológica, fueron la variación climática estacional lluvia y sequia, manifestando una influencia dominante en el comportamiento hidrobiológico, lo que indica que la dinámica natural de la laguna está influenciada por el ambiente físico además de otros factores que afectan las condiciones hidrodinámicas de estos ecosistemas.

La determinación de bioindicadores del grupo coliformes y enterococos en los ecosistemas marino-costeros tiene gran relevancia porque permite estimar su calidad bacteriológica y el potencial riesgo a la salud, bien por el uso del agua o por consumo de peces, crustáceos o moluscos provenientes de las mismas.

En general la calidad del agua de la laguna ha variado estacional y temporalmente, reportando niveles de CT y CF superiores a los límites permisibles por la legislación



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

venezolana, por lo que constituyen un riesgo potencial para la salud de los pobladores, catalogando las aguas como de mala calidad.

Los resultados de esta investigación indicaron que condicionado por la variación climática e intervención antrópica, en el complejo lagunar se establece un mosaico de microambientes con características particulares, que le confieren heterogeneidad espacial y temporal.

Se recomienda implementar programas de monitoreo (a corto, mediano y largo plazo) dirigidos a la conservación y sustentabilidad del humedal, que incluyan la cuenca del río Guapo, a fin de identificar las principales fuentes de aportes de contaminantes a los sistemas hídricos de dicha cuenca. Fomentar la participación de la comunidad en la solución de los problemas del PNLT, incluyendo programas de educación ambiental en todos los niveles de educación (formal, no formal). Mantener actualizada una base de datos con información sistematizada del Parque Nacional Laguna de Tacarigua, que sirva de herramienta para la formulación de acciones y estrategias dirigidas a la conservación y uso sustentable de este humedal.

Agradecimiento

Al Programa de Pequeñas Donaciones (PPD-PNUD) por el apoyo financiero otorgado al Proyecto PPD:VEN/SGP/ OP4/Y3/RAF/15

Referencias Bibliográficas

APHA-AWWA-WPCF. (1998). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 16th Ed. Washington, E.U.A.

Atlas, R.; Bartha, R. (2002). Ecología microbiana y ecología ambiental. Cap: 12: Aspectos ecológicos en el control del biodeterioro y en la gestión de suelos, residuos y agua. pp 459-570. En: Ecología microbiana y Microbiología Ambiental. 4ta. Ed. Addison y Weasley Editions, Madrid, España.



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

Conde, J. (1996). Un perfil de la laguna de Tacarigua, Venezuela: una laguna estuarina costanera tropical. *Interciencia* 21(5): 293-298.

Córdova, K.; Delgado, L.; Ramos, S.; Briceño, I. (2011). Anomalías en la temperatura superficial de cuerpos lacustres de aguas someras: caso Parque Nacional Laguna de Tacarigua. Congreso Venezolano de Geociencias, Memorias Digitales, [en línea], de <http://www.congresovenezolanodegeociencias.com>

Fernández, M. (2010). Viabilidad y Supervivencia de *Vibrio cholerae* en ambientes marinos del Golfete de Cuare, estado Falcón. Tesis Doctoral. Universidad Simón Bolívar. 198 pp

Decreto 883. (1996). Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos.. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela* N°890. 50-62.

Gamboa, B.; García, A.; Benítez, J.; Okuda, T. (1971). Estudio de las condiciones hidrográficas y químicas de la Laguna de Tacarigua. *Boletín Instituto de Oceanografía. Universidad de Oriente.* 10(2):55-72

González, F. (1985). Productividad primaria del fitoplancton en la Laguna de Tacarigua (Edo. Miranda). Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela

González, M. (1990). Parámetros ambientales de los sedimentos y la interfase en la Laguna de Tacarigua. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 213pp.

Malaver, N.; Rodríguez, M.; Montero, R. (2012). Escenarios potenciales de afectación del cambio climático sobre el componente biótico y abiótico del ecosistema lagunar PNLT. Estrategias que contribuyan al desarrollo sostenible del sistema lagunar, en beneficio de la comunidad de Tacarigua de la Laguna”. Informe Técnico del proyecto PNUD: VEN/SGP/OP4/Y3/RAF/15. Anexo Calidad del agua.

Olivo, B. (2002). Identificación de Impactos Socioeconómicos en el Parque Nacional Laguna de Tacarigua y áreas adyacentes. Informe Final. INPARQUES. Caracas. 2-19.



USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

- Okuda, T. (1968). Estudio comparativo de las condiciones hidrográficas de las lagunas de Unare y Tacarigua, Venezuela. *Laguna*. 17:15-24.
- Okuda, T. (1969). Estudio comparativo de las variaciones hidrológicas de las lagunas de Unare y Tacarigua, Venezuela. *Memorando del Simposio Internacional de Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO*. México 1:291-300.
- Suárez M. 2002. Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* 40(1): 38-43.
- Tamerius, J.D.; Wise, E.K.; Uejio, C.K.; McCoy, A.L.; Comrie, A.C. (2007). Climate and human health: synthesizing environmental complexity and uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 21, 601- 613
- Thompson, J.; Randa, M.; Marcelino, L.; Tomita-Mitchell, A.; Lim, E; Polz, M. (2004). Diversity and dynamics of a north Atlantic coastal *Vibrio* community. *Applied and Environmental Microbiology* 70, 4103-4110.
- Salas, H. (2000). Historia y Aplicación de Normas Microbiológicas de Calidad de Agua en el medio marino. Hojas de divulgación técnica del CEPIS N° 29- 1985
- Wilson, J. (1994). The rol of Bioindicators in Estuarine Management. *Estuaries*. 17:94-101.