

UN DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LA LAGUNA DE TACARIGUA, ESTADO MIRANDA, VENEZUELA

Nora Malaver^{1*}, María Rodríguez¹ y Víctor Hugo Aguilar²

¹Centro de Ecología Aplicada, Laboratorio de Microbiología Ambiental, Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Universidad Central de Venezuela, ²Instituto de Geografía y Desarrollo Regional, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela. *nora.malaver@ciens.ucv.ve.

RESUMEN

El Parque Nacional Laguna de Tacarigua (PNLT 1974) y sitio Ramsar (1996), es un humedal marino costero, ubicado en la costa oriental del estado Miranda-Venezuela. Representa uno de los ecosistemas más productivos del país. Sin embargo, el crecimiento acelerado y no planificado de las poblaciones aledañas al parque y de su área de influencia, han conllevado al deterioro y rápida contaminación físico, química y biológica del agua de la laguna amenazando la conservación de la diversidad biológica del PNLT. En esta investigación se presenta un diagnóstico de la calidad microbiológica del agua, utilizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad sanitaria, ambiental y de intervención antrópica del ecosistema. Para ello se realizaron dos campañas de muestreo en el mes de marzo y agosto de 2011, en áreas que abarcaron los cinco sectores o lagunas internas, en las que está dividida la Laguna de Tacarigua, incluyendo la boca. En la fase de campo fueron medidos *in situ* los parámetros fisicoquímicos: pH, salinidad, temperatura, conductividad, transparencia y profundidad, así mismo se determinaron los indicadores microbiológicos: coliformes totales, fecales, enterococos, vibrios y bacterias heterótrofas. Los resultados evidenciaron que en los sectores con mayor influencia antrópica, se detectó la mayor abundancia de coliformes fecales; en el Guapo y el Placer, con valores de 10^8 y 10^6 respectivamente, los cuales exceden los límites establecidos en la normativa venezolana (Decreto 883). Por otra parte, las abundancias de enterococos alcanzaron valores máximos del orden 10^9 , mostrando contaminación reciente. La abundancia de bacterias heterótrofas en todos los sectores evidencian alta carga de materia orgánica. Se puede considerar que durante los dos periodos de estudio, las variables fisicoquímicas y la abundancia de los microorganismos varían. Los resultados obtenidos indican contaminación y mala calidad del agua del humedal, por influencia de factores ambientales y antrópicos, y permiten evidenciar que se mantiene la heterogeneidad espacio temporal de los indicadores microbiológicos en el sistema lagunar.

Palabras clave: Calidad de agua, indicadores microbiológicos, coliformes fecales, enterococos, laguna de Tacarigua.

The diagnosis of the microbiological quality of water of the Tacarigua lagoon, Miranda State, Venezuela

ABSTRACT

The Tacarigua Lagoon National Park (PNLT 1974) and Ramsar site (1996), is a coastal marine wetland, located on the east coast state of Miranda-Venezuela. It represents one of the most productive ecosystems in the country. However, the rapid and unplanned growth of surrounding

Recibido: enero 2014

Aceptado: julio 2015

Compilación del Centro de Ecología Aplicada del Instituto de Zoología y Ecología Tropical, UCV

towns to the park and its area of influence have led to rapid deterioration and physical contamination, chemical and biological lagoon water threatening the conservation of biological diversity the PNLT. In this research, a diagnosis of the microbiological quality of water is presented, using physical, chemical and microbiological parameters as indicators of health, environmental quality and ecosystem human intervention. For this, two sampling campaigns were conducted in March and August 2011, in areas covering five sectors or internal lagoons, which is divided Tacarigua Lagoon, including the mouth. In the field phase they were measured in situ physicochemical parameters: pH, salinity, temperature, conductivity, transparency and depth, also the microbiological indicators were determined: total coliforms, fecal enterococci, heterotrophic bacteria and vibrios. The results showed that in sectors with greater human influence, the greater abundance of fecal coliform was detected, in the Guapo and Pleasure, with values of 10^8 and 10^6 respectively, which exceed the limits established by Venezuelan law (Decree 883). Moreover, the abundance of enterococci reached maximum values of 10^9 , showing no contamination reciente. la abundance of heterotrophic bacteria in all sectors show high load of organic matter. It can be considered that during the two study periods, the physicochemical variables and abundance of microorganisms vary. The results indicate pollution and poor water quality wetland, influenced by environmental and human factors, and allow evidence that temporary space heterogeneity of microbiological indicators were kept in the lagoon system.

Keywords: Water quality, microbiological indicators, fecal coliforms, enterococci, Tacarigua Lagoon.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Laguna de Tacarigua (PNLT), fue decretado como tal el 13 de febrero de 1974 según Decreto N° 1607, publicado en Gaceta Oficial N° 30.337, Es un humedal marino costero, constituido por tres ecosistemas principales, a saber: una laguna salobre poco profunda, una zona de bosques secos y una restinga de playa arenosa. Dada la importancia de este humedal como reservorio de recursos alimenticios y de biodiversidad fue declarado sitio RAMSAR en 1996.

El PNLT se encuentra en una zona de gran desarrollo turístico, pesquero y agrícola, rodeado por los pueblos de Machurucuto, El Guapo, Río Chico, y próximo a la entrada principal del parque está el pueblo de Tacarigua de la Laguna. Es importante destacar que al momento de su decreto en el parque se encontraban dos caseríos, de los cuales uno fue reubicado, mientras que el poblado de Las Lapas nunca fue reubicado y aun permanece dentro del Parque Nacional, para el 1990 contaba con 15 viviendas y 46 habitantes (OCEI, 1994).

Por otra parte en este humedal, el crecimiento acelerado y no planificado de las poblaciones aledañas al parque y de su área de influencia, unido a la inexistencia de redes cloacales, falta de plantas de tratamiento de aguas servidas en los complejos turísticos circunvecinos y unidades agropecuarias, la incorporación de desechos sólidos, biológicos y orgánicos, han conllevado al deterioro y rápida contaminación físico, química y biológica de la laguna.

La calidad del agua en los ambientes acuáticos es un factor fundamental para mantener la biodiversidad, en el caso de los humedales puede ser evaluada a través de indicadores físicos, químicos y biológicos. Con esta premisa, las bacterias cuentan con características que les confieren factibilidad de ser utilizadas como indicadoras de contaminación del agua o de impacto ambiental, por poseer una gran versatilidad que les permiten adaptarse a cualquier tipo de ambiente, por adverso que este sea, facilitando de este modo la identificación del riesgo de contraer enfermedades hídricas como consecuencia de contaminación antrópica.

En este sentido, podemos definir a los bioindicadores como organismos cuya presencia puede indicar condiciones ambientales alteradas, la posibilidad de que existan otros microorganismos patógenos y riesgos sanitarios. (Wilson, 1994; Malaver *y col.*, 2014). Estos organismos pueden utilizarse como un “biosensor” del contaminante o de la perturbación, ya que permite detectar los cambios y en muchos casos estimar su intensidad. (Bastardo, 1988; Isava, 1996; Linares *y col.*, 1997). El grupo indicador más adecuado para estimar la calidad sanitaria del agua, es el de las bacterias coliformes (Silva *y col.*, 2004) debido a que forman parte de la flora gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en grandes cantidades y permanecen durante más tiempo en el agua con respecto a las bacterias patógenas.

Otro indicador usado en la actualidad para medir calidad en aguas son los enterococos, estos organismos presentan alta tolerancia a condiciones ambientales adversas tales como: altas o bajas temperaturas, deshidratación, salinidad, luz solar, entre otros. Presentan tasas de supervivencia semejantes a la de los patógenos entéricos, de manera similar al grupo indicador de los coliformes fecales (*E. coli*) (Suarez, 2002). Además otra característica a destacar de este grupo, es que los Estreptococos son más persistentes que *E. coli* en ambientes acuáticos y en suelos contaminados. Siendo importantes en situaciones donde se conoce que hay contaminación fecal y no se detectan coliformes, como ocurre cuando las descargas son intermitentes o más antiguas, de modo que mueren los coliformes fecales (*E. coli*), y permanecen los estreptococos (Arcos *y col.*, 2005).

Patógenos como *Vibrio*, están siendo utilizados como un indicador asociado a los efectos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos, 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. Específicamente en zonas costeras, se ha detectado que la presencia y el aumento de especies de *Vibrio*, tiene una relación directa con el aumento de la salinidad, originada por la excesiva evaporación y la poca

precipitación pluvial que existe en las zonas tropicales durante el verano (Fontanez, 2005). Esto ha permitido en los últimos años, asociar la aparición de *Vibrio* en aguas, como posible indicador microbiológico de los efectos del cambio climático en algunas zonas costeras.

Otros indicadores que se utilizan ampliamente son las bacterias heterótrofas, tomando en cuenta que la adición de grandes cantidades de materia orgánica a los ambientes acuáticos produce la eutrofización de las aguas y el crecimiento masivo de este tipo de bacterias (Atlas y Bartha, 1998; Prescott *y col.*, 2004).

Basados en estos planteamientos, se realizó un diagnóstico de la calidad microbiológica del agua de la laguna en el mes de marzo y agosto del 2011. Se abordó la evaluación de las características microbiológicas con el uso de los indicadores bacterianos, tales como: coliformes totales, fecales, enterococos, Vibrios y bacterias heterótrofas.

En atención a lo anteriormente señalado, y entendiendo la importancia de los eventos climáticos en la dinámica del sistema lagunar expresado en las variaciones los microorganismos como indicadores de contaminación, se realizó el presente trabajo de investigación, en el Parque Nacional Laguna de Tacarigua (PNLT) utilizando indicadores microbiológicos (bacterianos), para evaluar la calidad sanitaria del ecosistema lagunar. Nos planteamos que por tratarse de un año atípico, con comportamiento anómalo en la precipitación, se justificarían diferencias contrastantes en los parámetros fisicoquímicos y su relación con la abundancia de los bioindicadores bacterianos, adicional a la dinámica natural de la laguna (apertura y cierre de la boca) y al impacto del factor antrópico sobre la calidad sanitaria de este cuerpo de agua lagunar. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto (No. PPD: VEN/SGP/OP4/Y3/RAF/15), financiado por el Programa de Pequeñas Donaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (P.N.U.D.), ejecutado conjuntamente con los institutos de Zoología y Ecología Tropical (IZET), Ciencias de la Tierra (ICT) y Geografía y Desarrollo Regional (IGDR) de la Universidad Central de Venezuela (U.C.V.) y el CICNAT – Laboratorio de Ecología Humana de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (U.P.E.L.). Asimismo, es un aporte a las líneas de investigación del laboratorio de Ecología de Microorganismos del Centro de Ecología Aplicada del IZET – UCV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio. La laguna de Tacarigua, constituye uno de los estuarios más productivos del país (Cressa *y col.*, 1993), ubicado en la zona central costera del litoral venezolano a 10°11'30"-10°20'20"N y

65°41'10"-65°57'20"W, en el municipio Páez del Estado Miranda-Venezuela; entre los ríos Cúpira y El Guapo el humedal Laguna de Tacarigua ocupa una superficie de 18.400 ha, tiene una longitud de 28 Km, con una anchura máxima de 5 Km, y está separada del mar por una barra arenosa, no obstante comunica con este a través de una estrecha abertura denominada boca, localizada en la parte occidental del territorio ocupado por la laguna.

Posee un clima cálido y húmedo, con temperatura media anual de 26°C y precipitación media anual de 1.000 mm, con un régimen de precipitación bimodal con dos periodos lluviosos, uno principal de mayo a agosto, de dos meses con máximo en julio y uno secundario de dos meses (noviembre y diciembre) por su parte, el periodo seco se presenta entre los meses de enero y abril, con máximo de sequía en marzo. (Calzadilla, 1995). La evaporación es intensa promediando los 2.003,5 mm/año. El principal aporte de agua dulce hacia la laguna lo constituye el Río Guapo, el cual también recibe agua de caños como Pirital, San Nicolás, San Ignacio y la quebrada Chaguaramal.

El sistema lagunar se divide en cinco ambientes o lagunas internas las cuales poseen características particulares, diferenciables de acuerdo a la topografía, características geográficas, geomorfológicas, fisicoquímicas y a la naturaleza de los sedimentos (Okuda, 1968; 1969; González, 1990), a saber:

- (1) El Guapo es la zona más occidental de la laguna y la de mayor influencia de aguas dulces provenientes del río Guapo, asimismo este ambiente está expuesto a un fuerte proceso de acumulación de sedimentos arrastrados por el río, además de transportar las aguas que derivan de las actividades domésticas, agrícolas y turísticas de los asentamientos humanos adyacentes a la laguna.
- (2) Sector El Placer situado a continuación de la conexión de la laguna con el mar, sufriendo el efecto directo de la cuña salina que penetra con la marea.
- (3) Laguna Grande: recibe la influencia del caño San Nicolás, zona con amplias diferencias de profundidad, rodeada por bosques de manglar.
- (4) Laguna Arena: esta región que está en contacto con la barra de arena que la separa del mar, posee alta salinidad e intervención antrópica.
- (5) El Cazote: es el extremo más oriental de la laguna, zona de poca influencia antrópica (Figura 1).

Metodología. El trabajo se planteó a escala temporal y espacial, realizado en un año atípico, en 2 épocas del año 2011, que involucró un igual número de salidas de campo, a saber: la primera campaña de muestreo se efectuó durante el mes de marzo, periodo lluvioso dominado por el evento climático de La Niña, mientras que la segunda correspondió a un periodo neutro durante el mes de agosto. Espacialmente incluyó las cinco lagunas internas y la Boca, distribuidas en 16 estaciones de muestreo (georeferenciadas), que abarcaron puntos críticos los cuales influyen en la dinámica de la laguna 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 (Figura 1).

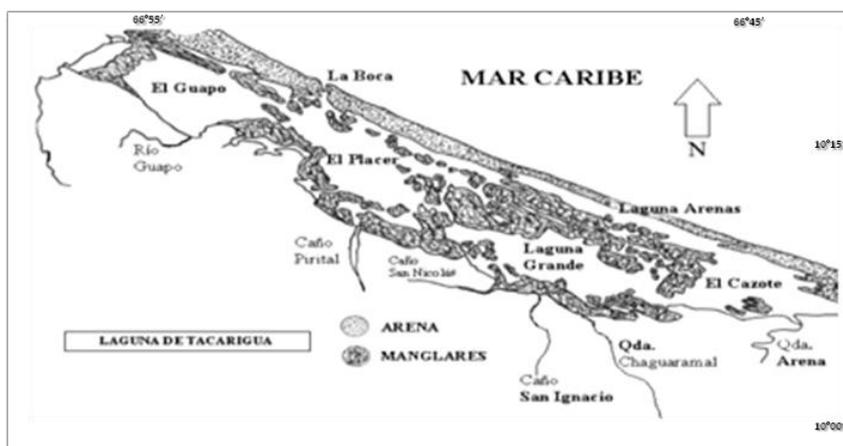


Figura 1. Ubicación de las 16 estaciones de muestreo en las cinco lagunas internas y La Boca.

Toma de muestras. Durante la fase de campo, se colectaron *in situ* a unos 20 cm de la superficie muestras de agua en frascos de vidrio estériles con capacidad de 500 ml, seguidamente se mantuvieron en cavas con hielo a una temperatura de aproximadamente 4°C por un periodo no mayor de 6 horas y su procesamiento inicial se realizó en un laboratorio móvil acondicionado para tal fin.

Determinación parámetros fisicoquímicos. Se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, salinidad y conductividad, utilizando un equipo multiparametro Horiba U10, mientras que la turbidez fue conocida con un turbidímetro Orion Aquafast II, AQ 2010, la

transparencia con disco de Secchi y la profundidad con una vara de madera graduada en centímetros.

Determinación de indicadores microbiológicos. Se aplicó el método de filtración por membrana (APHA, 1998), utilizando para coliformes totales (CT) y fecales (CF) como medio de cultivo caldo coliblu y agar esculina para enterococos, seguidamente las muestras fueron incubadas a 35°C por 24 horas cuyos resultados de abundancia se expresaron en unidades formadoras de colonia por cien mililitros (UFC/100 ml).

Las bacterias heterótrofas se determinaron por el método de siembra en superficie (APHA, 1998), 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.

Para la detección de Vibrios, una vez captadas las muestras se inocularon en caldo Trypticosa 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. Los cultivos se purificaron y se mantuvieron en medio de conservación (Navas, 2006).

Tratamiento Estadístico. Para determinar los patrones espaciales de las variables fisicoquímicas y los indicadores microbiológicos, en las diferentes localidades, se utilizaron técnicas de interpolación espacial (Kriging), utilizando el paquete PAST V.2.15 (Hammer *y col.*, 2001). Mientras que para realizar el análisis de redundancia, fue utilizado el paquete CANOCO V.4.5, para establecer las relaciones entre las variables fisicoquímicas y los indicadores microbiológicos, en las diferentes localidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Fisicoquímicos:

Temperatura. Durante marzo de 2011 la temperatura registrada en todos los sitios muestreados fue homogénea. No obstante, en los sectores San Ignacio, Club Miami, Carambola, Caño Tuy y Túnel del Amor, se detectaron los mayores valores de temperatura superficial del agua, oscilando entre 30,2 y 31,9 °C mientras que en el mes de agosto de 2011, se registraron temperaturas entre 29,2° en el Guapo y 34,4°C en el sector Carambola que correspondió a la temperatura más elevada (Figuras 2a y 2b). Los menores valores en la temperatura durante el mes de marzo es atribuible al mayor aporte fluvial que recibe la laguna a

través del río Guapo y de los caños San Nicolás y San Ignacio, así como un mayor aporte pluvial, debido a las intensas lluvias asociadas al evento climático La Niña (Malaver *et al.*, 2012).

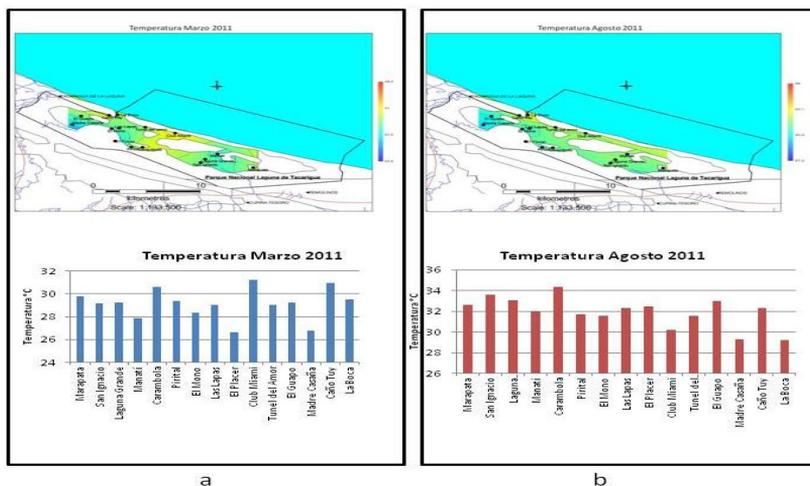
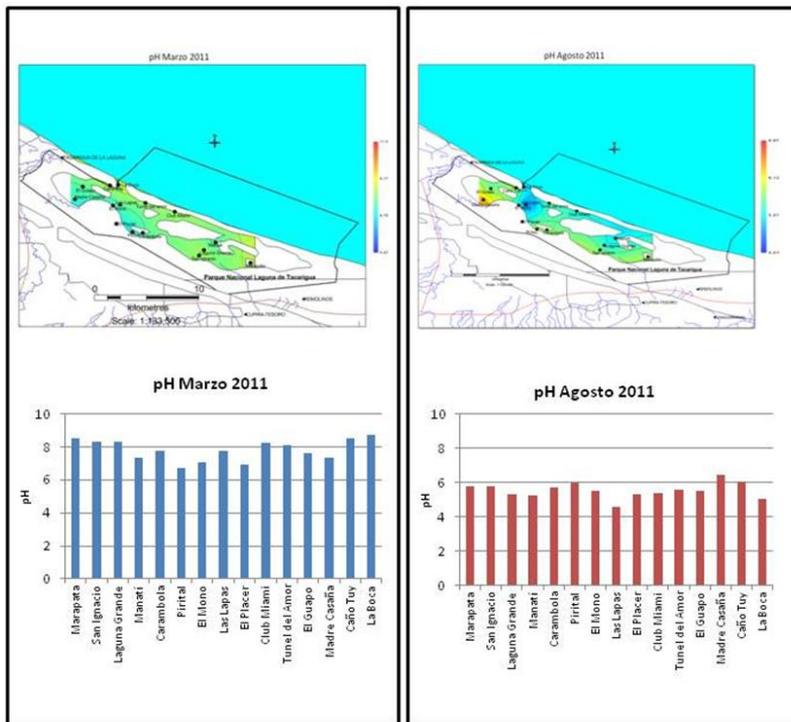


Figura 2. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de la variable temperatura (a) marzo y (b) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

pH. Los valores del pH fueron contrastante en ambos muestreos, en marzo mostraron variaciones de cercanamente neutros en los sectores Caño Pirital de 6,7 y 6,9 en Caño el Mono a valores de ligeramente básicos de 8,5 en Marapatá, Caño Tuy y 8,7 en la Boca; mientras que en agosto los valores fueron ácidos en los sectores las Lapas y Club Miami 4,5 y 5,3 respectivamente (Figuras 3a y 3b). Las variaciones de pH dependen de las características locales, en las que intervienen la cantidad de agua de mar, calidad de los escurrimientos, la lluvia, la circulación deficiente de agua, la temperatura, la presencia de detritus orgánico y la actividad metabólica de los microorganismos (Timothy,1993). Aquellos sectores que reciben aportes fluviales y no tienen contacto directo con aguas marinas, como es el caso del Caño Madre Casaña, muestran valores de pH cercanos a la neutralidad. Los valores de pH menores a 7 pueden estar relacionados con procesos de descomposición de materia orgánica, en cuyo caso conlleva a la liberación de ácidos, o a la presencia del CO₂ disuelto en el agua proveniente de dicho proceso y del aporte atmosférico o de ambos. En ese sentido, se puede señalar que las variaciones del pH son proporcionales a los cambios de CO₂ (Timothy, 1993). La tendencia ácida del pH en el bosque de manglar, es atribuible al contenido de ácidos húmicos y fúlvicos disueltos en el agua.



Figuras 3. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de la variable pH (a) marzo y (b) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

Conductividad. Para el sector La Boca en marzo y agosto fueron registrados los mayores valores de conductividad de 50.400 y 53.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, atribuible a la influencia directa o indirecta del contenido de sales aportadas desde el agua mar y a la mezcla con los aportes de agua dulce provenientes del río Guapo, los demás sectores mantuvieron una baja conductividad (Figuras 4a y 4b). En el caso de la Laguna de Tacarigua la conductividad es un parámetro que se asocia positivamente con el pH; es decir, aguas con valores altos de conductividad poseen también valores básicos de pH. Para el mes de marzo de 2011, la conductividad es la variable que tiene la mayor influencia sobre las localidades de la Boca, Club Miami y Laguna Arena.

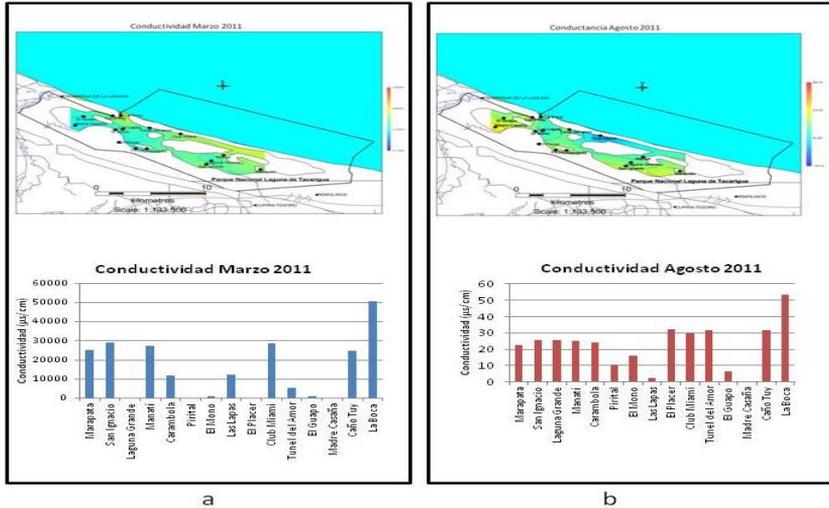


Figura 4. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de la variable conductividad (a) marzo y (b) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia

Salinidad. La salinidad en los diferentes sectores de la laguna varió de acuerdo con la estación climática (Figuras 5a y 5b) durante el mes de marzo 2011 la salinidad disminuyó debido a las lluvias, que aumentaron el aporte de agua dulce de los diferentes afluentes y de la intensidad de las precipitaciones asociadas al evento climático La Niña. Otro factor a considerar en las variaciones de salinidad es la dinámica de apertura y cierre de la boca ejemplificado a través de los valores obtenidos.

La salinidad fluctúa espacial y temporalmente entre 0,5 y 54,0 ‰ dependiendo de la zona de la albufera y época del año (Conde, 1996). Esta variable, al igual que la temperatura, presenta variaciones anuales, estacionales y espaciales causadas por los aportes fluviales y la penetración marina, oscilando entre 2 a 4 ‰, hasta 43 ‰, aumentando paulatinamente hacia el este de la laguna, donde los efectos de la evaporación en las zonas someras, pudieran influir sobre los valores de salinidad (Gamboa y col., 1971; González, 1985). Otro factor a considerar en las variaciones de salinidad es la dinámica de apertura y cierre de la boca.

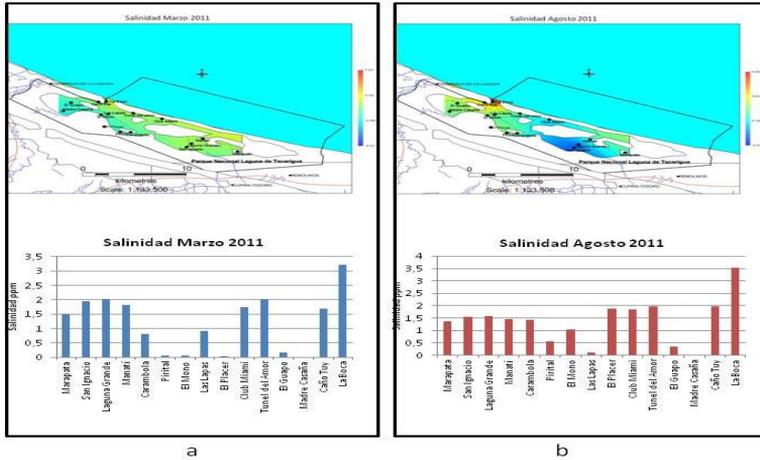


Figura 5. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de la variable salinidad (a) marzo y (b) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

Debe destacarse que en las zonas donde hay menor intercambio y mezcla con las aguas fluviales, los valores de salinidad son más bajos, correspondiendo a los sectores Guapo, Madre Casaña, Mono, las Lapas, Pirital, caño San Nicolás con valores desde 0 a 10 ‰ en ambos muestreos. La mayor salinidad 32‰ en marzo y 35‰ en agosto corresponde al sector la Boca. Es importante destacar que las aguas de mar contienen una cantidad de iones en solución mucho mayor que el agua dulce, por lo que cuando las zonas de agua dulce reciben directamente éstas aguas, aunado a su carga sedimentaria aumentan los iones en solución y por ende la salinidad y conductividad (Díaz, 2012). Asimismo, la salinidad es una medida de la concentración iónica en el medio, que depende de los aportes de agua dulce de los afluentes, de la escorrentía superficial, de la mezcla con agua de mar, precipitación y evaporación (Conde, 1996; Olivo, 2002).

Profundidad. Las mayores profundidades de 2,50 y 2,70 m medidas en los dos periodos de muestreo se determinaron en Laguna Grande y La Boca respectivamente, situación que concuerda con los estudios realizados por Gamboa y col. (1971). Por su parte, Carambola y El Placer presentan profundidad media de 1,58 y 1,64 respectivamente, mientras que el resto de los sectores son someros con valores oscilando entre 0,70 - 0,80 m (Figuras 6a y 6b). Los menores valores de profundidad se obtuvieron en sectores donde existe el mayor aporte de sedimentos provenientes de los afluentes que desembocan en la laguna o donde predomina la descomposición y acumulación de materia orgánica.

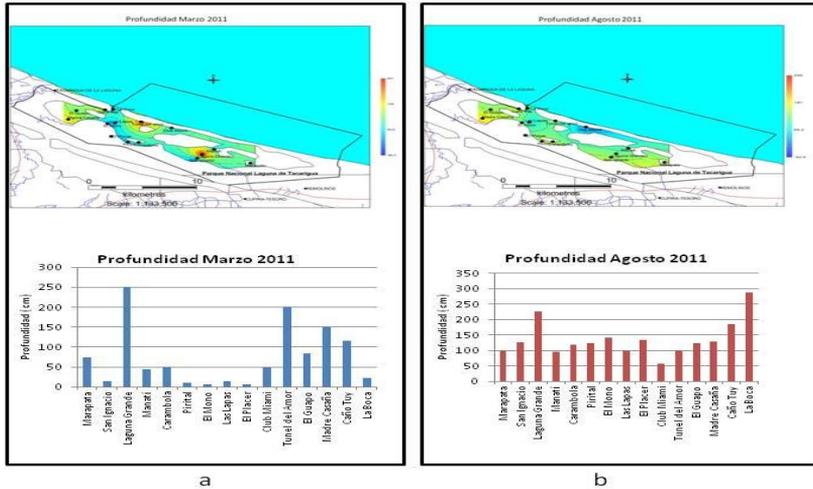


Figura 6. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de la variable profundidad marzo y agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

Turbidez. La turbidez es una medida directa de la cantidad de sólidos o partículas suspendidas en el agua. Los mayores valores de turbidez y menor transparencia se presentaron en el mes de marzo, en los sectores el Guapo y Madre Casaña (160,4 NTU y 142,8 NTU respectivamente), que reciben las descargas directas del río Guapo cuya característica importante es la presencia de altas concentraciones de sólidos suspendidos de origen aluvial. Así mismo durante el mes de agosto se observó igual tendencia, en Guapo, Madre Casaña incluyendo Marapatá y Túnel del Amor, sectores que mostraron también altos valores de turbidez (43,6 NTU, 102,4 NTU, 93 NTU y 47,6 NTU respectivamente) y baja transparencia, atribuible a la acción del viento, que aunado a la menor profundidad que presenta esta zona, promueven la remoción del sedimento con facilidad provocando cambios en estos parámetros. Los sectores que presentaron los valores más bajos de transparencia y turbidez en ambos periodos fueron El Placer, Carambola, Laguna Grande, Club Miami y la Boca oscilando entre 5,80 NTU y 16,2 NTU.

Indicadores Microbiológicos:

Coliformes Totales y Fecales. El comportamiento obtenido para los indicadores microbiológicos CT y CF es mostrado en las Figuras 7a, 7b, 8a y 8b. En ese sentido, puede observarse que las mayores concentraciones de coliformes totales (CT) en el orden de 107 y 109

UFC/100 ml, se detectaron en los sectores Madre Casaña, Laguna Grande, San Ignacio y el Mono, en marzo 2011; mientras que en agosto correspondió a los sectores El Mono, El Placer, Túnel del Amor, Club Miami y Manatí con concentraciones entre 106 y 108.

Las mayores concentraciones de CT y CF se presentaron durante el mes de marzo. En este mes se detectaron magnitudes de 108, 105, 103 y 101 de CF en los sectores: El Guapo, Madre Casaña, Caño San Nicolás y Club Miami respectivamente, lo cual es evidencia de que la intensidad de las precipitaciones asociadas al evento climático La Niña, aumentaron el aporte de agua dulce de los diferentes afluentes en estos sectores, recibiendo descargas directas y constantes de efluentes de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo, por la inexistencia de plantas diseñadas para tal fin. Por su parte en agosto, el sector que presentó mayor abundancia de CF fue El Placer (106) seguido de Túnel del Amor (104).

Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Linares (1996) quien detectó valores de 104 para CT y CF y Navas (2006) reportó valores en órdenes de magnitud de 107. Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que estos indicadores han venido incrementando notablemente su abundancia, indicando un aumento en las descargas de efluentes de origen fecal.

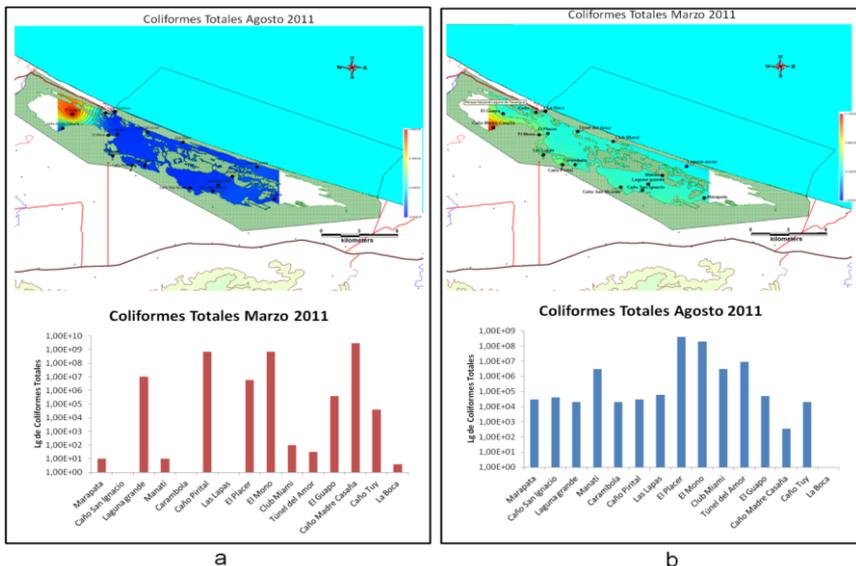


Figura 7. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de coliformes totales (a) marzo y (b) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

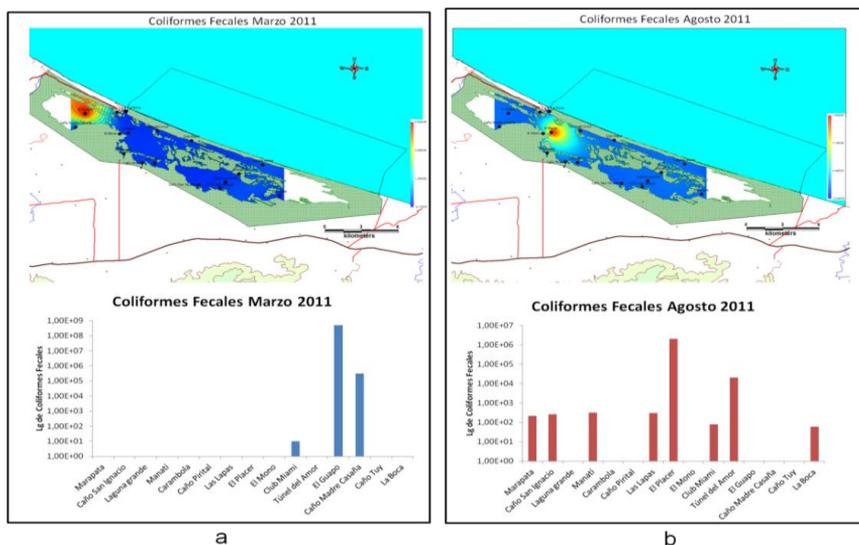


Figura 8. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de coliformes fecales (a) marzo y (b) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

Enterococos. En marzo las concentraciones de enterococos oscilaron entre 109 UFC/100 ml en los sectores Carambola, Laguna Grande y Marapatá y 107 en Caño Pirital y Club Miami. En agosto el patrón de distribución fue diferente encontrando los mayores valores en los sectores Túnel del Amor 109 y Laguna Grande, El Placer y El Guapo con valores de 108 (Figuras 9a y 9b). En ambientes marino-costeros por su mayor tolerancia a la concentración salina y exposición a la luz solar, este grupo bacteriano son considerados mejores indicadores de contaminación fecal con respecto a los coliformes (Salas, 2000; Malaver *et al.*, 2012).

Al analizar la abundancia de CT, CF y enterococos (Figuras 7a, 7b, 8a, 8b, 9a y 9b), por tratarse de un año atípico el mes de marzo, estuvo marcado por un periodo lluvioso dominado por el evento climático de LA NIÑA, en esta condición las poblaciones microbianas sufren procesos de dilución y tienden a mantenerse en la columna de agua. En los dos muestreos, las mayores densidades se detectaron en los sectores que poseen gran influencia antrópica, debido a la descarga directa de aguas residuales domésticas de las poblaciones circunvecinas, las cuales no cuentan con un sistema de saneamiento adecuado, afectando la calidad sanitaria del cuerpo de agua del ecosistema lagunar (Malaver *et al.*, 2012).

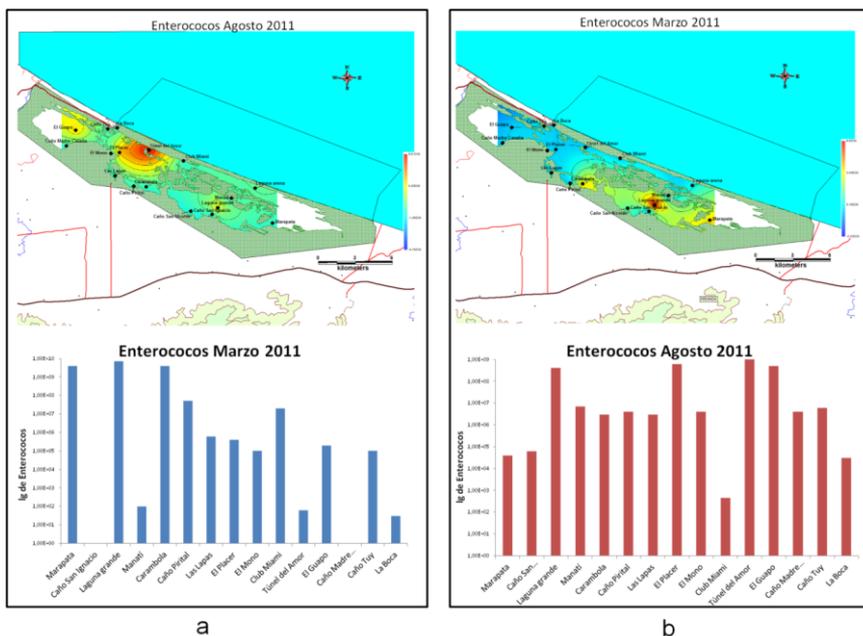


Figura 9. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de enterococos (a) marzo y (b) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

Tomando como base la normativa vigente contenida en el Decreto 883 (Gaceta Oficial N° 5021, 1996) se puede señalar que el agua de la laguna es de baja calidad sanitaria o no apta para el uso al cual se le tiene destinado actualmente, ya que excede los límites permitidos en dicha normativa (1000 coliformes totales/100 mL y 200 coliformes fecales/100 mL) para aguas Tipo 4 destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia, de contacto directo o indirecto con el hombre.

Vibrio. En marzo 2011 se detectó la presencia de *Vibrio* en casi todos los sectores de la laguna excepto en caño Pirital y Marapatá. Los valores oscilaron entre 106 y 102 UFC (Figuras 10a y 10b). Esto puede atribuirse a variaciones de la lámina de agua por efecto de la variabilidad climática (ciclos de mayor o menor pluviosidad), que generan cambios en la salinidad, temperatura y pH, influyendo sobre la ecología y ciclo biológico de estos microorganismos (Malaver y col., 2012).

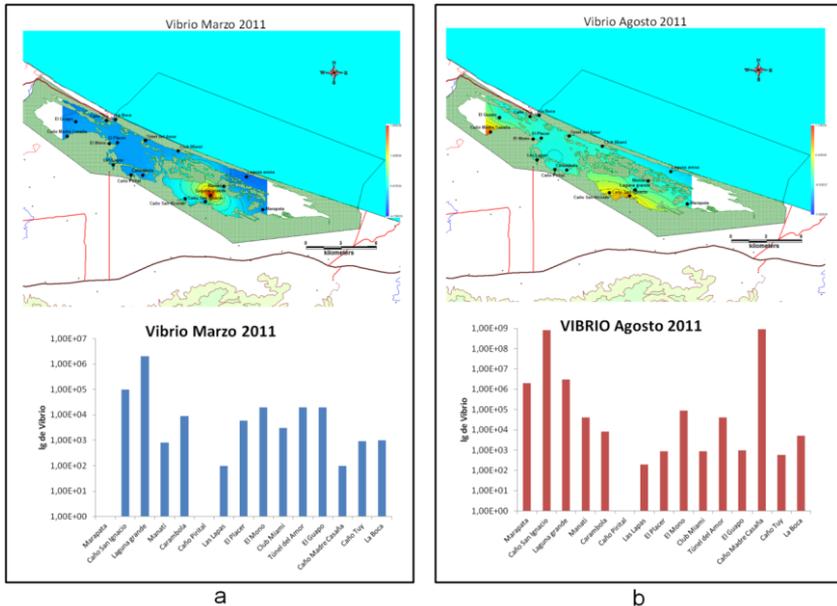


Figura 10. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de Vibrios (a) marzo y (a) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

Para el caso particular de *Vibrio cholerae*, Tamerius y col. (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 toxigénico 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).

Bacterias Heterótrofas. La abundancia de bacterias heterótrofas fue mayor en agosto con valores que oscilaron entre 107 en Caño El Mono a 1013 en Marapatá y Túnel del Amor. En marzo los valores registrados fueron de menor magnitud y van desde 102 en Caño Pirital y Caño San Ignacio hasta 1010 en Madre Casaña. (Figuras 11a y 11b). En este último sector los valores se mantuvieron elevados en ambos meses. Las bacterias heterótrofas 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).

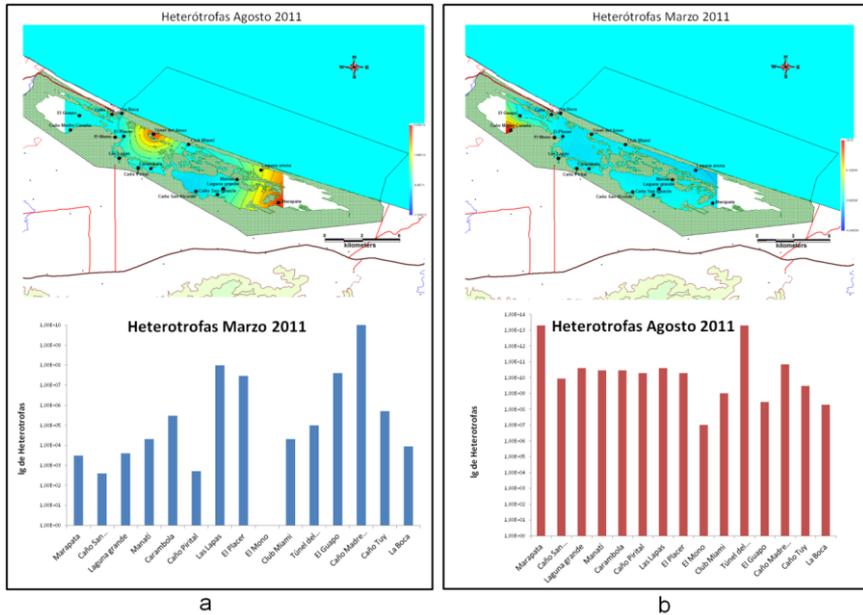


Figura 11. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de bacterias heterótrofas (a) marzo y (b) agosto 2011. Fuente: Bases Cartográficas IGSBV y datos del proyecto. Elaboración propia.

Estas bacterias han sido incorporadas en los estudios en ambientes marino costeros, debido a su actividad descomponedora de materia orgánica y además por estar involucradas en procesos fundamentales del ecosistema, que van desde el ciclaje de nutrientes, hasta la geoquímica de los sedimentos (Miravet, 2003). En este caso, por su abundancia en los ambientes estuarinos, se utilizaron como indicadores de actividad degradativa de la materia orgánica, e indicadores de calidad ambiental. Utilizan el carbon como fuente de energía, cumpliendo un papel importante dentro de los procesos de degradación de materia orgánica en el ecosistema (Atlas y Bartha, 2002).

Relación de los indicadores microbiológicos con las variables fisicoquímicas. 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, mostrado en las graficas: biplot indicadores microbiológicos y variables fisicoquímicas (Figura 12) y otro biplot de indicadores microbiológicos y localidades (Figura 13).

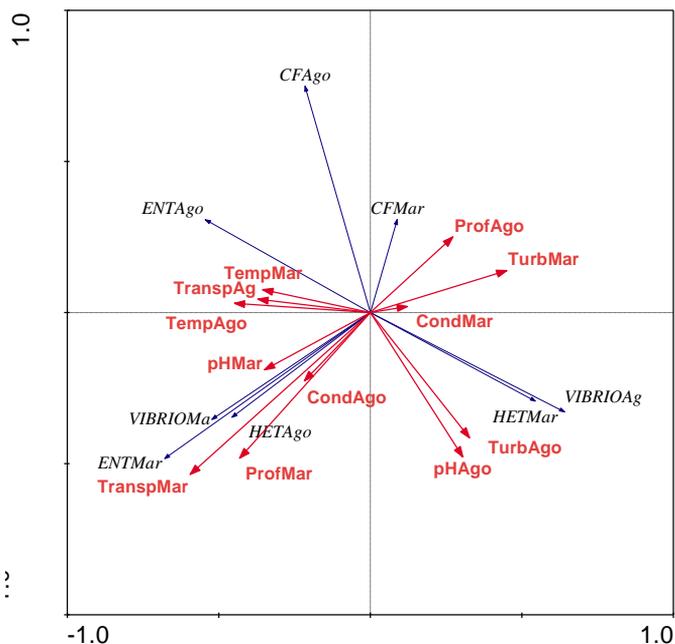


Figura 12. Biplot de las variables fisicoquímicas y los indicadores microbiológicos en los dos periodos de estudio.

En el biplot de la Figura 12 se puede apreciar la relación que existe entre las variables fisicoquímicas que condicionan la presencia de los microorganismos en la laguna. Podemos considerar que durante los dos periodos de estudio, las variables fisicoquímicas y la abundancia de los microorganismos varían. En marzo del 2011, los CF no se vinculan con ninguno de los indicadores microbianos considerados, y se relacionan con el pH, transparencia y profundidad de la columna de agua de forma inversa, lo que nos indica que los CF se podrían encontrar con gran abundancia en localidades de poca transparencia, de poca profundidad y de pH ácidos. La temperatura, turbidez y conductividad mostraron poco peso sobre este grupo.

Las bacterias heterótrofas al igual que los CF mostraron un comportamiento independiente del resto de los grupos indicadores, relacionándose con la conductividad, y en menor grado con la turbidez, y con una relación inversa con la temperatura, adicionalmente se mostró independiente con el pH, transparencia y la profundidad de la columna de agua. Lo que nos indica que este grupo de microorganismos se encuentran en localidades con valores medios de concentración de iones, y con condiciones salobres, ya que la salinidad, presenta una alta correlación con la conductividad.

Los enterococos y los vibrios están relacionados de forma directa con la transparencia, la profundidad y el pH, y de forma inversa con la turbidez, la conductividad y la salinidad, no mostraron relación con la temperatura, observándose mayor abundancia en localidades con pH básico, con mayor transparencia y profundidad en la columna de agua.

Para el mes de agosto 2011, los CF mostraron una relación baja con la temperatura, y con la profundidad de la columna de agua. Presentaron una relación inversa con la turbidez y el pH, y ninguna relación con la conductividad y la salinidad, lo que nos indica que las localidades donde podemos encontrar abundancia de este grupo, tienen menores valores de turbidez y condiciones de pH ácido, adicionalmente la temperatura y la profundidad no son condicionantes en la abundancia de este grupo, al igual que la salinidad y la conductividad.

En el caso de los enterococos, se presentó una relación media con la temperatura y transparencia de forma directa, y al igual que los CF, mostraron una relación inversa con la turbidez y el pH. Las bacterias heterótrofas no mostraron relación con el resto de los microorganismos indicadores, y se encuentra relacionada de forma directa con la conductividad y la salinidad, y de forma inversa con la profundidad, no mostraron relación con el resto de las variables. *Vibrio* mostró relación directa con la turbidez y el pH, mientras que presentó una relación inversa con la temperatura y la transparencia, y adicionalmente no se vinculó con las variables conductividad, salinidad y profundidad de la columna de agua.

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. Otro factor determinante en las variaciones de salinidad es la dinámica de apertura y cierre de la boca. Los valores de salinidad y temperatura estuvieron por debajo de la media en el mes de marzo 2011, lo que nos indica que los registros de la precipitación fueron altos, probablemente se deba a que este fue un mes Niña de intensidad fuerte (Delgado *y col.*, 2012), que generó una disminución en la salinidad de la laguna y afectó también la temperatura en este periodo. Gamboa *y col.* (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.

Se observó en el mes de marzo, que las localidades el Placer, Laguna Grande, el Mono, San Ignacio y Marapatá tenían una fuerte influencia del pH, la conductividad, la salinidad, pero un bajo aporte de la

profundidad y la temperatura, los cuales tienen una buena representación en Manatí y Club Miami. En el mes de agosto, las variables pH, profundidad, y temperatura están relacionadas de forma directa, mientras la salinidad y la conductancia, están correlacionadas de forma inversa con las tres primeras variables. Las localidades Tacarigua, El Mono, Laguna Grande, Las Lapas, la Boca, Marapatá, y sobre todo El Guapo tiene valores por encima de la media del pH, profundidad y temperatura. El resto de las localidades tienen valores promedio, mientras Manatí, Club Miami y Túnel del Amor están correlacionados de forma inversa.

En el biplot de los grupos de microorganismos y las localidades (Figura 13) podemos apreciar que la distribución de estos grupos es diferente espacial y temporalmente, lo que indica la heterogeneidad espacio-temporal que tienen los microorganismos en la dinámica de la laguna. En el caso de la CF y CT, en el mes de marzo fueron abundantes en sector el Guapo. En el mes de agosto la mayor abundancia se detectó en la localidad del Placer, y el resto de las localidades presentaron una baja abundancia de este grupo de microorganismos. Para el caso de Vibrio al igual que los enterococos, en el mes de marzo mostraron una alta abundancia en las localidades de Laguna Grande y Marapatata, y abundancias menores de Vibrios en Túnel del Amor y Carambola.

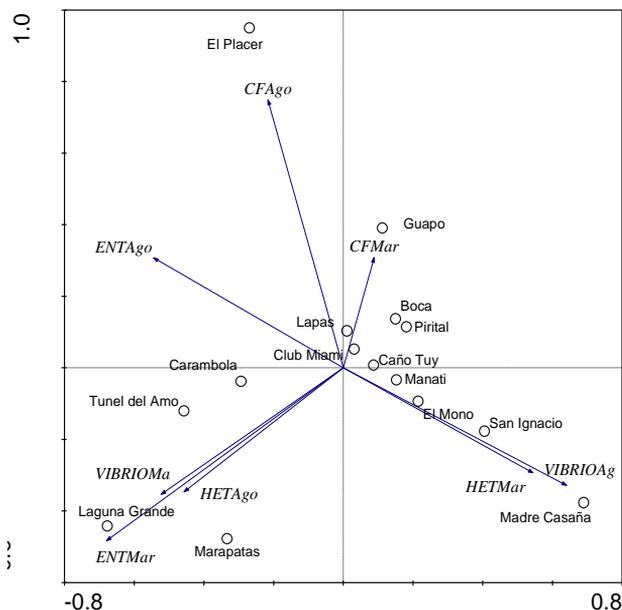


Figura 13. Biplot de los indicadores microbiológicos y las localidades en los dos periodos de estudio.

Las heterótrofas en el mes de agosto mostraron un comportamiento similar, sin embargo con abundancia en todos los sectores. Los enterococos mostraron una relación inversa con *Vibrio* en el mes de agosto con una abundancia media en Carambola, Túnel del Amor y el Placer, el cual tiene una alta abundancia en la localidad de Madre Casaña, y en menores abundancias en San Ignacio, El Mono, Manatí, y Caño Tuy. También se repite este comportamiento con las heterótrofas en el mes de marzo. Se destaca, en los dos meses de estudio, que las localidades de Club Miami y las Lapas se ubican cerca del centro de coordenadas, por lo que se considera tienen un comportamiento promedio con respecto a la abundancia de los microorganismos indicadores.

Los factores microbiológicos y fisicoquímicos son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas. De las variables que se cuantificaron en la laguna las que presentaron mayor peso fueron pH, conductividad, salinidad, profundidad, temperatura y transparencia las cuales están asociadas a variaciones espaciales, temporales, que incluyen los cambios globales atribuibles al evento climatológico La Niña que se dio desde finales del año 2010 hasta los cuatro primeros meses del año 2011 y causó perturbación en el ecosistema lagunar. Estos resultados evidencian que se mantiene la heterogeneidad espacio temporal de los indicadores microbiológicos en el período de estudio.

CONCLUSIONES

Los indicadores microbiológicos y las variables fisicoquímicas son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas.

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, Los sectores Madre Casaña y El Guapo resultaron los sitios con mayor influencia antrópica para los dos periodos estudiados, evidenciados a través de la presencia de coliformes totales y fecales. En general la calidad del agua de la laguna ha variado espacial y temporalmente, reportando magnitudes de CT y CF superiores a los límites permisibles por la legislación venezolana, por lo que presentan un riesgo potencial para la salud de los pobladores.

Los resultados del estudio permiten evidenciar que se mantiene la heterogeneidad espacio temporal de los indicadores microbiológicos en el sistema lagunar.

RECOMENDACIONES

Se hace prioritario, considerar en los planes de manejo del sistema lagunar la heterogeneidad espacio-temporal a fin de hacer más eficaz cualquier medida o plan que se decida implementar. Fomentar la participación de la colectividad en la solución de los problemas de la laguna de Tacarigua, para lo cual los programas de educación ambiental en todos los niveles de educación y en todas sus formas (formal, no formal e informal) deben ser prioritarios. Establecer programas de monitoreo con la participación de un equipo multidisciplinario para elaborar un plan de manejo, que permitirá la preservación, conservación y sustentabilidad del ecosistema lagunar.

AGRADECIMIENTOS

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

LITERATURA CITADA

- Arcos Pulido, M., S. Ávila de Navia, S.M. Estupiñán Torres y A.C. Gómez Prieto. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova* 3(4):1-116.
- APHA. AWWA, WPCF: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 1998. 20ª ed. Washington DC. EEUU.
- Atlas, R. y R. Bartha. 2002. Ecología microbiana y ecología ambiental. En: *Ecología microbiana y Microbiología Ambiental. Aspectos ecológicos en el control del biodeterioro y en la gestión de suelos, residuos y agua*. 4ta. Ed. Addison y Wesley Editions, Madrid, España. Cap. 12 pp, 459-570.
- Bastardo, H. 1988. Informe de la Evaluación Preliminar de la Calidad Sanitaria del agua de la Laguna de Tacarigua. Estado Miranda. Instituto de Zoología Tropical. Escuela de Biología. UCV.
- Calzadilla, A. 1995. Diagnóstico y evaluación del medio físico natural de la cuenca del río Guapo con fines de conservación y aprovechamiento del recurso pesquero en la Laguna de Tacarigua. Edo. Miranda. Trabajo Especial de Grado. Licenciatura en Geografía. Facultad de Humanidades y Educación. U.C.V. Caracas.
- Cressa, C. Vásquez, E. Zoppi, E. Rincón, J. A. y López, C. 1993. Aspectos generales de la limnología en Venezuela. *Interciencia* 18(5):237-248
- Conde, J.E. 1996. A profile of Laguna de Tacarigua, Venezuela: A tropical estuarine coastal lagoon. *Interciencia* 21:282-292.
- Delgado, L., Córdova, K., Aguilar, V y Ramos, S. 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: Impactos de la Variabilidad y el Cambio climático en el Parque Nacional Laguna de Tacarigua.

- Díaz, S. 2012. Estudio de la calidad del agua del humedal costero, Laguna de Tacarigua, Edo. Miranda, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Química. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. 147 pp.
- Environment Agency. 2002. Standing Committee of Analysts. The Microbiology of Drinking Water Part 1 - Water Quality and Public Health, Methods for the Examination of Waters and Associated Materials. United States: Environment Agency.
- 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.
- Fontanez, Y. 2005. Determinación del perfil microbiológico de la almeja del ostión mangle y las aguas de extracción de bivalvos en las zonas de suroeste de Puerto Rico. Puerto Rico. Pp. 3.
- Gaceta Oficial. 1996. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Decreto 883. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°890. Pp:50-62.
- Gaceta Oficial N° 30.337 declarada Parque Nacional el 13 de febrero de 1974 según decreto N° 1607, publicado en Gaceta Oficial N° 30.337 el 22 de febrero de ese mismo año.
- Gamboa, B., A. García., J. Benítez y T. Okuda. 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, M. 1990. Parámetros ambientales de los sedimentos y la interfase en la Laguna de Tacarigua. Trabajo especial de grado no publicado, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- 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.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontología Electrónica 4(1): 9pp. <http://palaeo-electronica.org/>.
- Isava, F. 1996. "Caracterización de la comunidad bacteriana asociada a la interface agua-sedimento, niveles de sedimentos y su importancia ecológica, en la laguna Tacarigua, Edo. Miranda". Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 150 Pp.
- Linares A. 1996. Distribución espacial y temporal de las bacterias acuáticas y su implicación en la calidad del agua de la Laguna de Tacarigua. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 89 pp.
- Malaver, N., M. Rodríguez y R. Montero. 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.
- Malaver N., M. Rodríguez, R. Montero y V. Aguilar. 2014. Uso de bioindicadores de contaminación para determinar la calidad del agua en el Parque Nacional Laguna de Tacarigua (PNLT), consideraciones espacio temporales. Observador del Conocimiento. Revista Científica. Vol 2 N° 3. Publicaciones MPPCTI/ONCTI.
- Miravet, M. 2003. Abundancia, actividad y diversidad de las bacterias heterótrofas en el Golfo de Batabanó y su uso como indicadores ambientales. Habana Cuba. Pp. 190.<http://www.oceandocs.net/>.

- Navas, C. 2006. Caracterización y aspectos ecológicos de *Vibrio* sp. asociados a *Litopenaeus schmitti* (Decapoda, Penaeidae) en tres zonas con distintos niveles de perturbación antropogénica en la laguna de Tacarigua, Edo. Miranda. Trabajo especial de grado. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. 85pp.
- Oficina Central de Estadística e Información. 1994. Nomenclador de Centros Poblados: Total Nacional.
- Olivo, B. 2002. Identificación de Impactos Socioeconómicos en el Parque Nacional Laguna de Tacarigua y áreas adyacentes. Informe Final. INPARQUES. Caracas, pp.: 2-19.
- 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.
- Prescott, L.M., J.P. Harley, D. A., Klein. 2004. Microbiología. 5a Ed. Mc.GRAW./ Interamericana de España
- 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
- Silva, J., L. Ramírez, A. Alfieri, G. Rivas, M. Sánchez. 2004. Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, Coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Rev Soc Ven Mic.* 24(1-2):46-49.
- 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., E.K. Wise, C.K., Uejio, A.L. McCoy y A.C. Comrie. 2007. Climate and human health: synthesizing environmental complexity and uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 21 :601-613.
- Timothy, E.F. 1993. Aquatic Microbiology and Ecological Approach. En: Distribution and activity of microorganisms in lakes: effects of physical processes (Konopka, A., Ed), Firt Published. Blackwell Scientific Publications Inc., Cambridge. USA Cap. 3.
- Wilson, J. 1994. The rol of Bioindicators in Estuarine Management. *Estuaries* 17:94-101.