

Evaluación de la calidad microbiológica y niveles de nitratos y nitritos en las aguas del río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela

Evaluation of microbiological quality and levels of nitrates and nitrites in the Guarapiche River, Monagas state, Venezuela

José Alexander GIL MARÍN¹✉, Genette BELLOSO DE HERRERA², Celeidys Del Valle VIZCAINO GONZÁLEZ¹, Iván José MAZA³, María Claudia SÁNCHEZ CUEVAS³, Carlos Enrique BOLÍVAR² y Patricia Damelys MARTÍNEZ¹

¹Departamento de Ingeniería Agrícola, Escuela de Ingeniería Agronómica (EIA), Universidad de Oriente (UDO). Avenida Universidad, *Campus* Los Guaritos, Maturín, 6201, estado Monagas, Venezuela;

²Departamento de Cursos Básicos, UDO, Maturín y ³Departamento de Agronomía, EIA, UDO, Maturín.

E-mail: jallexgil2005@hotmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 26/09/2012 Fin de primer arbitraje: 14/09/2013 Primera revisión recibida: 16/10/2013
 Fin de segundo arbitraje: 31/10/2013 Segunda revisión recibida: 22/11/2013 Aceptado: 25/11/2013

RESUMEN

El objetivo fue determinar la calidad microbiológica y los niveles de nitratos y nitritos en las aguas del Río Guarapiche entre Febrero y Julio del 2011. Se analizaron mensualmente a lo largo del río siete estaciones o puntos de muestreos, donde se recolectaron las muestras de aguas. La metodología que se utilizó para la determinación de los microorganismos fue el recuento total de colonias en placas y la técnica del número más probable. Para la determinación de nitrato y nitrito se utilizó un fotómetro multiparamétrico de sobremesa. El río presentó niveles de microorganismos (mesófilos, coliformes totales y fecales), que superan el umbral de la norma vigente del país, en los puntos cercanos a la planta de tratamiento del agua potable del Bajo Guarapiche, producto del crecimiento de los establecimientos poblacionales e incumplimientos de la Ley de Ordenamiento del territorio. Los niveles de nitritos y nitratos en la estación de Merecure estuvieron muy por encima del umbral crítico señalado en el Decreto 883. La mayor problemática ambiental con niveles por encima de los umbrales establecidos para los diferentes parámetros se presenta en la cuenca baja del Río Guarapiche (Maturín y La Pica).

Palabras clave: mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, agua de consumo.

ABSTRACT

The objective was to determine the microbiological quality and levels of nitrates and nitrites in the waters of Guarapiche River between February and July, 2011, water was collected monthly along the river for analysis from seven stations or sampling points. The methodology used for the determination of microorganisms was a combination of total plate counts and the most probable number technique and the determination of nitrate and nitrite was carried out using a multiparameter photometer desktop. The river has levels of microorganisms (mesophiles, total and fecal coliforms) that exceed the current standard of the country, in the sampling points near to the treatment plant of drinking water of Bajo Guarapiche, as a consequence of the growth of local population and breaches of the Land Ordinance Act. The levels of nitrites and nitrates in Merecure station were higher than the critical threshold indicated by the local regulation (Decree 883). The major environmental problem with levels above thresholds for the different parameters was detected in the lower basin of the Guarapiche River (Maturin and La Pica).

Key words: mesophiles, total coliforms, fecal coliforms, drinking water.

INTRODUCCIÓN

El agua es un componente central del manejo de una cuenca, ya que en ella se manifiesta una síntesis del efecto de las actividades realizadas en la misma, pudiendo modificarse las características físicas, químicas y biológicas, que determinan su calidad. El desarrollo de planes de monitoreo para la

evaluación de la calidad del agua es una herramienta que aporta información periódica y que genera elementos que respaldan la toma de decisiones para el manejo ambiental. En muchas regiones del mundo es un factor limitante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial, el mantenimiento de los ecosistemas naturales y su biodiversidad, e incluso para la estabilidad social y

política (Carabias *et al.*, 2006). La salud de un ecosistema acuático es esencial y depende no sólo de la cantidad del agua, sino principalmente de su calidad (Meybeck *et al.*, 1996; Díaz *et al.*, 2005).

Existen parámetros físicos y químicos que juegan un papel importante en la contaminación microbiológica de las aguas. Según Fuentes y Massol Deyá (2002) la temperatura ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, crecimiento y status fisiológicos de las entidades vivas. Los microorganismos como grupo (particularmente el grupo de bacterias) demuestran una capacidad extraordinaria para vivir y reproducirse a lo largo de un amplio rango de temperaturas del agua. Por otro lado, los microorganismos se ven afectados por el pH debido a que no pueden tolerar valores extremos del mismo. Sin embargo los compuestos químicos, como nitratos y nitritos en aguas superficiales y subterráneas también favorecen la contaminación del agua, cuando se presentan en pocos miligramos por litro. En muchas aguas superficiales a nivel mundial se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas.

De acuerdo a lo anterior, se puede evidenciar que las actividades agrícolas, industriales y los vertidos directos de las aguas residuales a las fuentes de agua ha contribuido a la crisis mundial por el agua potable, dificultando la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales y afectando la

salud de los consumidores. En Venezuela, aún cuando se cuenta con una legislación adecuada en cuanto a las aguas destinadas a consumo humano, a veces no se toman las medidas preventivas necesarias para evitar la contaminación de los afluentes. A esta situación no escapa el Río Guarapiche, que provee de agua potable a gran parte de la población de Maturín estado Monagas, donde se observa que los problemas de deterioro a lo largo de la cuenca se han acentuado en los últimos años, por la fuerte intervención del hombre sobre las coberturas vegetales adyacentes, con las prácticas de tala y quema, deforestación de superficies para las actividades agrícolas y el crecimiento demográfico. Esta situación pone a su vez en riesgo la calidad y cantidad de agua del río, así mismo, la seguridad del sistema hídrico es amenazado y coloca en peligro la eficiencia de su uso; aumentando el costo del abastecimiento del servicio de agua potable.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de las aguas mediante parámetros microbiológicos y niveles de nitratos y nitritos del río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se emplaza en la cuenca del río Guarapiche, ubicada en la región Nor-oriental de Venezuela; cubriendo parte del noroeste y noreste del estado Monagas, donde se encuentran los municipios Acosta, Cedeño y Maturín (Figura 1).

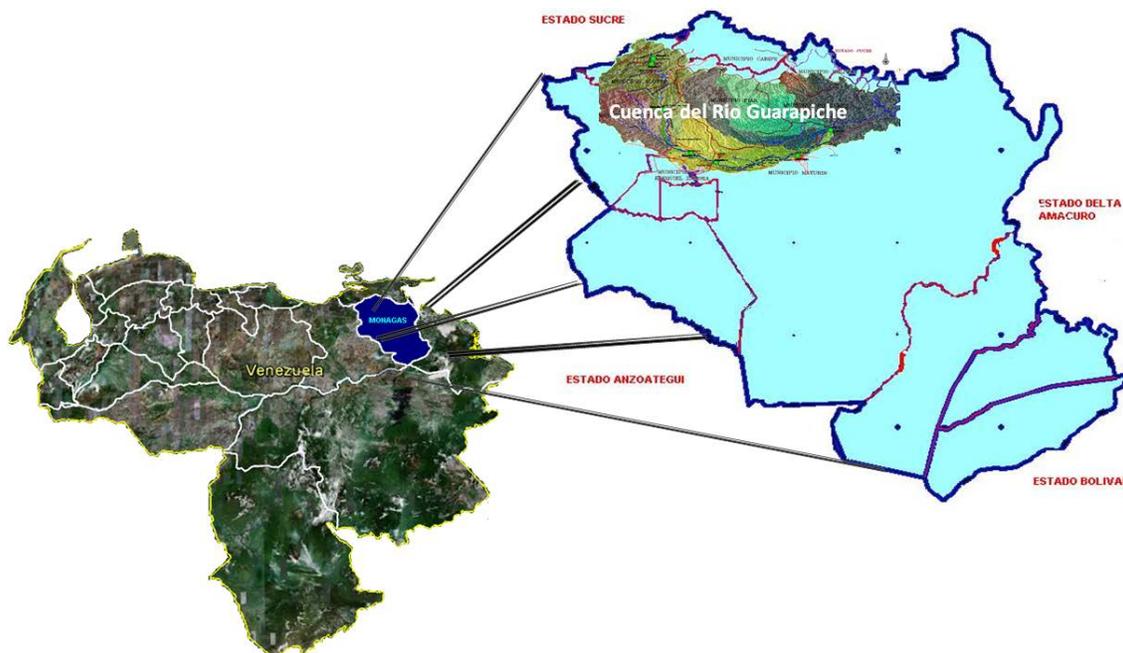


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio.

En esta cuenca se destacan las poblaciones agrícolas de Miraflores, Tristé, San Félix de Caicara, Merecure, Jusepín, Candelaria, San Vicente, La Cruz, Bajo Guarapiche, Plantación y Vuelta Larga, que representan el nivel socio productivo del estado (MARNR, 1980) y alto crecimiento demográfico, por la intervención de la actividad petrolera.

El río Guarapiche presenta una longitud de aproximadamente 238,04 km y forma parte de la Región Hidrográfica Oriental de Venezuela (MINAMB, 2006). A lo largo de toda su cuenca se ubicaron las siete estaciones de muestreo (Figura 2). En el Cuadro 1 se observan las coordenadas geográficas y UTM de las estaciones de muestreo.

Las muestras de aguas se recolectaron con una frecuencia mensual a lo largo de un lapso total de seis meses, de febrero a julio del año 2011. Las

estaciones de muestreo se ubicaron en puntos cercanos a las comunidades que se abastecen del río. En cada estación de muestreo se realizaron medidas *in situ* de temperatura, pH y conductividad eléctrica del agua. Para ello se utilizó un sistema multiparamétrico portátil conectado a un multisonda modelo T82 marca Hanna Instruments. Las medidas de coordenadas UTM y altitud se realizaron mediante un GPS modelo Explorist 600 marca Magellan.

Las muestras se tomaron del centro del río, donde el caudal era más estable. Estas se capturaron en envases plásticos de 2 litros, esterilizados de acuerdo a la metodología recomendada para la recolección de muestras químicas y de organismos microbiológicos (López *et al.*, 1993). La toma de muestras, el método de conservación y los análisis para la determinación de las diferentes parámetros se ejecutaron de acuerdo a APHA (1995).

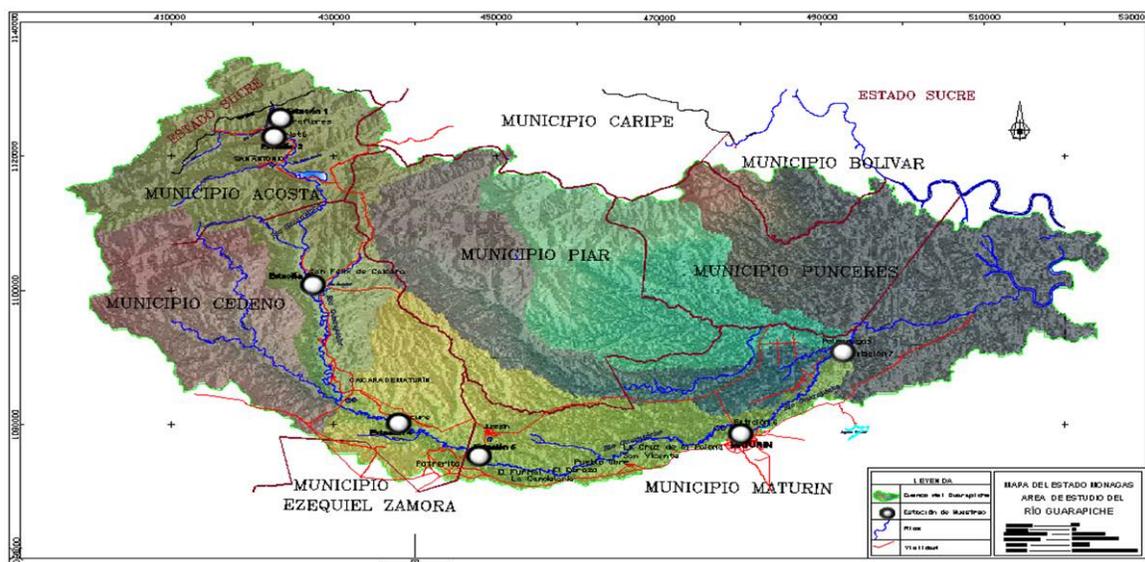


Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo. Río Guarapiche, Monagas, Venezuela Período Febrero-Julio 2011

Cuadro 1. Coordenadas Geográficas y UTM de las estaciones de muestreo en el Río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela. Período Febrero a Julio 2011.

Estación	Localidad	Altitud (m)	Coordenadas			
			Geográficas		UTM †	
			Latitud	Longitud	Norte	Este
1	Miraflores	524	10°10'46"	63°42'0"	1125354	423320
2	Tristé	471	10°09'22"	63°42'27"	1122757	422497
3	San Félix de Caicara	235	09°57'35"	63°39'31"	1101042	427822
4	Merecure	110	09°46'18"	63°33'54"	1080219	438035
5	Jusepín	80	09°10'47"	63°28'33"	1075566	447808
6	Bajo Guarapiche	33	09°45'34"	63°11'0"	1078808	479878
7	Palmonagas	12	09°52'08"	63°03'57"	1090915	492771

† Datos extraídos del dispositivo GPS modelo Magellan, 2011. Datum Regven.

En el sitio de muestreo se sumergió el envase tapado dentro del agua hasta una profundidad de 15 a 30 cm, se destapó y luego se volvió a colocar su tapa dentro del agua. En los sitios con alta corriente de agua, la toma de muestra se efectuó con la boca del frasco en contracorriente, tratando de no dejar espacios de aire. Las muestras de aguas crudas se colocaron en una cava con hielo para mantenerlas a una temperatura de 4°C hasta su destino final, para los análisis respectivos (Méndez Novelo *et al.*, 2010).

Las concentraciones de NO_3^- y NO_2^- en agua se determinaron con un fotómetro multiparamétrico modelo HI 83200 marca Hanna Instruments, con los métodos de reducción de cadmio y sulfato ferroso, respectivamente.

Los microorganismos estudiados como los mesófilos, coliformes totales y coliformes fecales son bacterias que pueden ser identificadas de acuerdo a los criterios correspondientes a cada uno de ellos. En el caso de los mesófilos aerobios determinan la efectividad del tratamiento de aguas, los coliformes totales indican la contaminación proveniente del suelo, el agua y otros y los coliformes fecales indican la contaminación por heces de animales de sangre caliente incluyendo al hombre.

El procedimiento microbiológico para la determinación de mesofilos aerobios se realizó a través de la técnica del recuento total de colonias en placas de agar (López, *et al.*, 1993), mediante diluciones seriadas de la muestra madre (10^{-1} y 10^{-2}). Se inoculó 1 ml de las diluciones 10^0 ; 10^{-1} ; 10^{-2} en cajas de Petri estériles previamente rotuladas. Después se adicionó 15 a 20 ml de Agar cuenta estándar fundido mantenido a 45°C en baño agua. Posteriormente se homogeneizó el inóculo en el medio de cultivo y se dejó solidificar. Se incubaron a 35 ± 2 °C durante 48 ± 2 horas. Por último se reportó la presencia de microorganismos como Unidades Formadoras de Colonias por 100mL (UFC/100mL de agua). Para la determinación de organismos coliformes totales y fecales se utilizó la técnica del Número Más Probable (COVENIN 3047-93, 1993), en diluciones decimales de 10^{-1} y 10^{-2} de la muestra original.

El análisis estadístico fue realizado a través de un análisis de varianza al 5 % de probabilidad, utilizando el programa estadístico SAS (9.0) y donde había diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó una prueba de Duncan al 5% de significación. El análisis se realizó para detectar las

variaciones de los parámetros a través del tiempo y en cada estación. También se determinaron las medidas de tendencias central y medidas de dispersión en un gráfico tipo caja de ploteo o box plot. Todos estos cálculos se llevaron a cabo con el paquete estadístico descriptivo SPSS (Versión 8). Los resultados se compararon con los umbrales establecidos en las normativas ambientales relacionados con la calidad del agua en el Decreto 883 (GORV, 1995), las normativas sanitarias venezolanas (MSAS, 1998) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006) relacionada con la calidad del agua potable para el consumo humano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros microbiológicos

Mesófilos aeróbicos

El análisis de varianza para los mesofilos según el mes de muestreo y la estación mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los meses y no significativas entre las estaciones. El valor promedio general de mesofilos expresados en UFC/100mL de agua observadas en esta investigación fue de $452,89 \pm 144,65$; con un valor máximo de 4,650 y un valor mínimo 1 UFC/100mL (Figura 3A). La legislación venezolana no incluye a los mesófilos en el Decreto 883 pero si en las normas sanitarias para agua potable con un valor umbral de 100 UFC/100mL, valor semejante al establecido por la OMS (2006).

En la Figura 3C, se observa que los valores de mesofilos empiezan a ser críticos a partir del mes de Mayo, comienzo de las lluvias, con valores promedios de 486,00; 315,71 y 1708,86 UFC/100mL de agua, para los meses de Mayo, Junio y Julio respectivamente. Casi todas las estaciones de muestreo presentan valores promedios de mesofilos por encima del valor crítico de 100UFC/100mL, donde la estación con promedio de mesofilos menos crítica fue la estación 1 ubicada en Miraflores con un valor promedio de 53,5 UFC/100mL y la más crítica la estación 5 ubicada en Jusepin con un valor promedio de 933,17 UFC/100mL, casi 10 veces mayor al valor máximo permisible por la OMS (2006) (Figura 3B). Esto se debe a la población que se encuentra en las adyacencias de esta vertiente y a las actividades agrícolas que se practican en sus alrededores.

El recuento de bacterias mesófilas en el agua no necesariamente aporta información directa de la naturaleza u origen de estos microorganismos, sin

embargo, es un indicador que complementa la presencia de coliformes en el agua. Los mesófilos agrupan a todos aquellos microorganismos capaces de crecer a temperaturas óptimas de 37 °C, sin embargo se pueden desarrollar en un rango entre 20 a 40 °C,

sin ningún inconveniente por lo que se pueden emplear como indicadores de la presencia de contaminantes o riesgos de contaminación. Se debe recordar que las bacterias patógenas o de alto riesgo para la salud pertenecen a este grupo, de ahí radica la importancia de su determinación en cualquier producto que pueda emplearse para consumo humano como es el agua de los mantos acuíferos (López, *et al.*, 1993).

Coliformes totales (CT)

El análisis de varianza indica que para la variable coliformes totales existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las diferentes épocas o meses y las estaciones. El límite máximo permitido por la legislación venezolana de acuerdo con el Decreto 883 (GORV, 1995), en las aguas para consumo humano debe ser menos de 1000NMP por cada 100 mL de agua. El valor promedio general de NMP/100mL de coliformes totales observados en este estudio fue de $561,93 \pm 1740,61$; con un valor máximo de 11000 y un valor mínimo de 0 NMP/100mL. (Figura 4A).

En la Figura 4B, se observan las variaciones de coliformes totales en las estaciones de muestreo, en donde solo la estación 7 (Palmonagas) presenta valores de coliformes totales por encima del valor máximo permitido para agua de consumo humano, sobrepasando en más de 600 % al valor umbral del Decreto 883.

Los altos valores de contaminación que se registran en la Cuenca baja del río Guarapiche se encuentran asociados con la proximidad que tiene está a las zonas urbanas (Maturín), trayendo consigo procesos de descarga de aguas residuales y desechos de origen doméstico, lo que se traduce en la adición de organismos no autóctonos a este ecosistema.

La legislación venezolana es clara en su normativa en cuanto a los niveles permisibles de los contaminantes microbiológicos para el uso del agua para preservación de flora y fauna, así como también para fines recreativos.

Tomando en consideración la Figura 4C, se nota que para la época de muestreo en el mes de mayo fue el más crítico con valores de coliformes totales por encima del umbral crítico, coincidiendo con el comienzo de las lluvias y los vertimientos estacionales de aguas de escorrentía, que al parecer favorecen el incremento de las poblaciones de coliformes totales por el posible arrastre producido

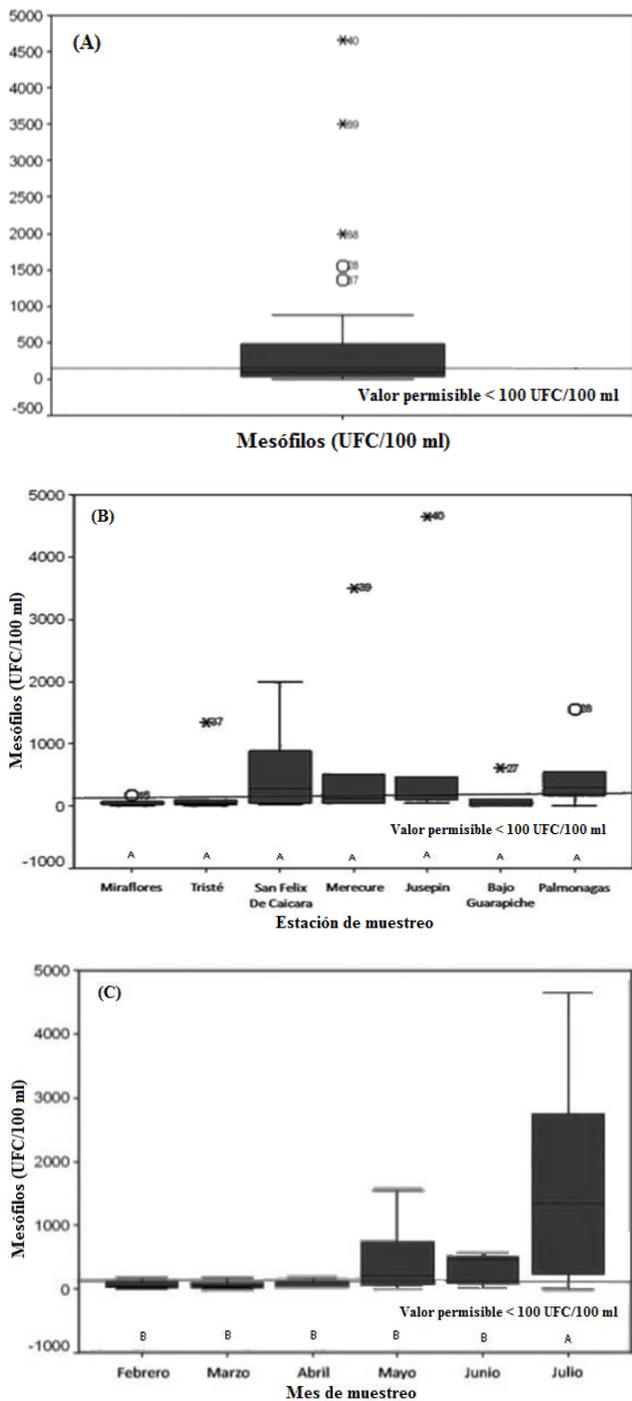


Figura 3. Cajas de ploteo para la variable Mesofilos, observada en el río Guarapiche. Periodo Febrero - Julio 2011. (A) Variación general. (B) Variación estacional. (C) Variación temporal.

desde el suelo o de las plantas de tratamiento desbordadas. La lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en aguas de origen y son frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por el agua después de periodos de lluvias (OMS, 2006).

Las bacterias coliformes, si bien no son generalmente patógenas de por sí, son indicadoras de la presencia de microbios potencialmente patógenos y por lo tanto como un índice de deficiencias sanitarias en la fuente de agua (Hunter *et al.*, 2000). La ingestión de agua contaminada por coliformes incrementa el riesgo de contraer enfermedades en humanos (USEPA, 1986). Cabe señalar, sin embargo, que aunque se reconoce que la determinación de la concentración de estas bacterias en el agua es un elemento crítico para determinar el riesgo de enfermedades relacionadas con el consumo de la misma, no existe una relación simple entre el nivel de coliformes totales en el agua, la presencia de microorganismos patógenos en la misma y el riesgo de enfermedades (Hunter *et al.*, 2000).

Coliformes fecales (CF)

El análisis de varianza para la comparación de coliformes fecales (CF) según el mes y la estación, mostro diferencias significativas ($p < 0,05$) para los meses y las estaciones. De acuerdo con la legislación venezolana emitida en el Decreto 883, el valor permisible de coliformes fecales para aguas de consumo humano debe ser 0 NMP/100mL de agua y para el caso de uso agropecuarios debe estar por debajo de 100NMP/100mL de agua.

Se observó un valor promedio general de coliformes fecales de $496,21 \pm 1720,57$, valor máximo de 11.000 y un valor mínimo de 0 NMP/100mL (Figura 5A). Valor que sobrepasa en casi un 500% al máximo valor permisible por la normativa vigente. Tomando en consideración las estaciones se observa que las que están por debajo del valor crítico son las estaciones 1,3 y 4 (Miraflores, San Félix y Merecure) y la más crítica con un valor promedio de 1963,33 NMP/100mL de coliformes fecales es la estación 6 de Maturín (Figura 5B).

En la Figura 5C se observa que los dos únicos meses que están por debajo de 100NMP/100mL son los meses de Febrero y Marzo (meses de verano). El mes más crítico con un promedio de 2006,86 NMP/100mL es el mes de mayo, que coincide con el comienzo del periodo lluvioso, que favorece la proliferación de estos microorganismos. Este aumento puede ser causado por el incremento del caudal y escorrentía producido por las lluvias. Otra causa es la ausencia de plantas de tratamiento de aguas servidas en los asentamientos adyacentes al río donde se observan el uso de pozos sépticos o hay un vertido directo de desechos al río. Se puede inferir que al

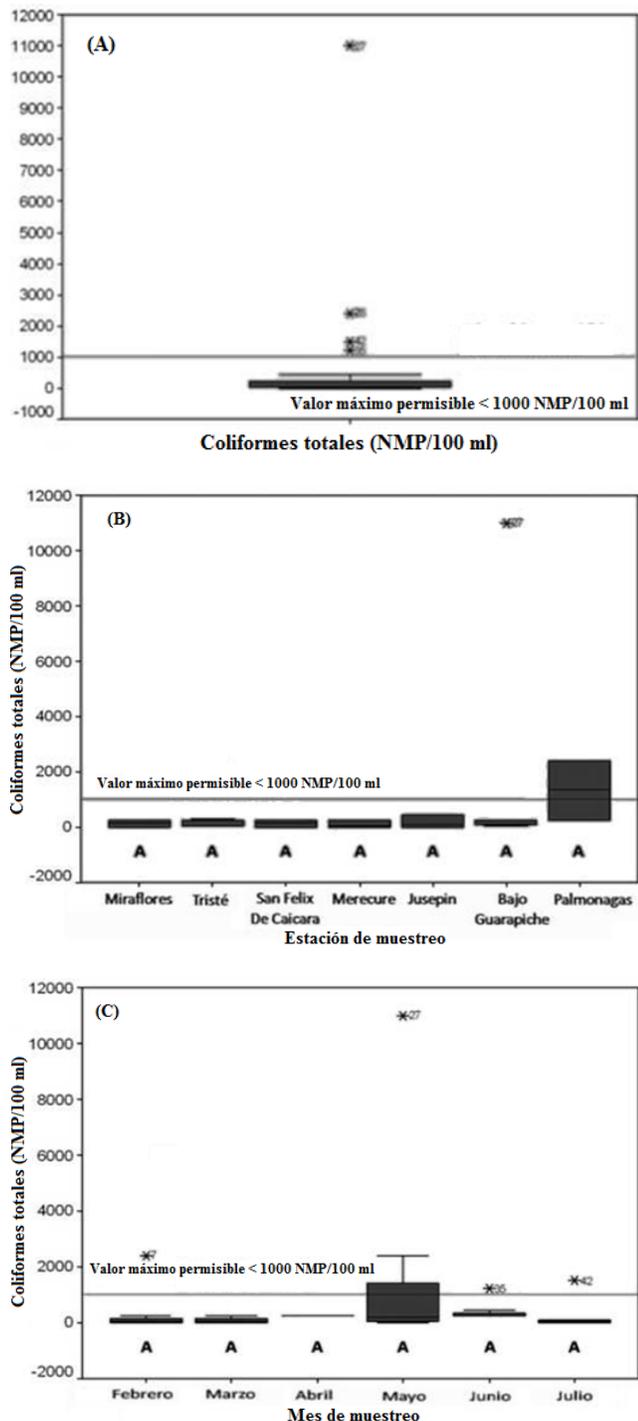


Figura 4. Cajas de ploteo para la variable Coliformes Totales, observada en el río Guarapiche. Periodo Febrero - Julio 2011. (A) Variación general. (B) Variación estacional. (C) Variación temporal.

estar formado este grupo microbiano exclusivamente por bacterias presentes en el tracto digestivo de animales superiores, la fuente principal de contaminación del río Guarapiche proviene de las aguas servidas vertidas a su cauce sin el conveniente tratamiento previo.

Se ha señalado que la presencia de coliformes fecales (CF) en el agua generalmente está indicando la contaminación reciente de la misma por efluentes o estiércol animal (Hunter *et al.*, 2000) además de deficiencias de construcción en los pozos sépticos.

De acuerdo a Smith *et al.*, (1996) una de las fuentes de contaminación por CF más importantes son los sitios donde se acumula estiércol, como por ejemplo las pasturas bajo pastoreo intensivo y zonas de bebedero animal. Estos autores observaron que el incremento en el número de CF en el agua estaba positivamente asociado a la presencia de pastoreo y a la presencia de corrales de engorde en la cuenca de drenaje. Además, según estos autores, la supervivencia de los CF es más probable en aguas profundas de lento movimiento y altamente polucionadas. Es de señalar que las bacterias coliformes son relativamente fáciles de identificar, ya que se desarrollan en colonias de tamaño visible, lo que simplifica su determinación.

Actualmente en Venezuela, el problema de la contaminación microbiológica se presenta de manera generalizada, a causa de los vertimientos de aguas residuales en los ambientes marinos y costeros, así como también en otros ecosistemas acuáticos; problemática que se ve magnificada si se tiene en cuenta la falta de tratamiento de los desechos líquidos y sólidos a lo largo de la geografía nacional.

De la calidad de las aguas depende en gran medida la supervivencia de las especies y de los ecosistemas, que a su vez reflejan la conservación o el deterioro en que se encuentran por causa de actividades o fenómenos tanto naturales como de tipo antrópicos, por lo tanto, es importante cumplir con las directrices y normativas que existen para garantizar una buena calidad del agua y por ende del ecosistema, y de los usos que de este se deriven.

Parámetros químicos

Nitratos y Nitritos

El ion nitrito (NO_2^-) puede estar presente en las aguas bien como consecuencia de la oxidación del NH_3 o como resultados de la reducción de los nitratos (NO_3^-). Su presencia en el agua puede ser una evidencia de contaminación reciente, dada su inestabilidad. La toxicidad del ion nitrito determina la impotabilidad de la misma (Albert, 2009).

El análisis de varianza señala que para la suma de nitratos y nitritos existen diferencias

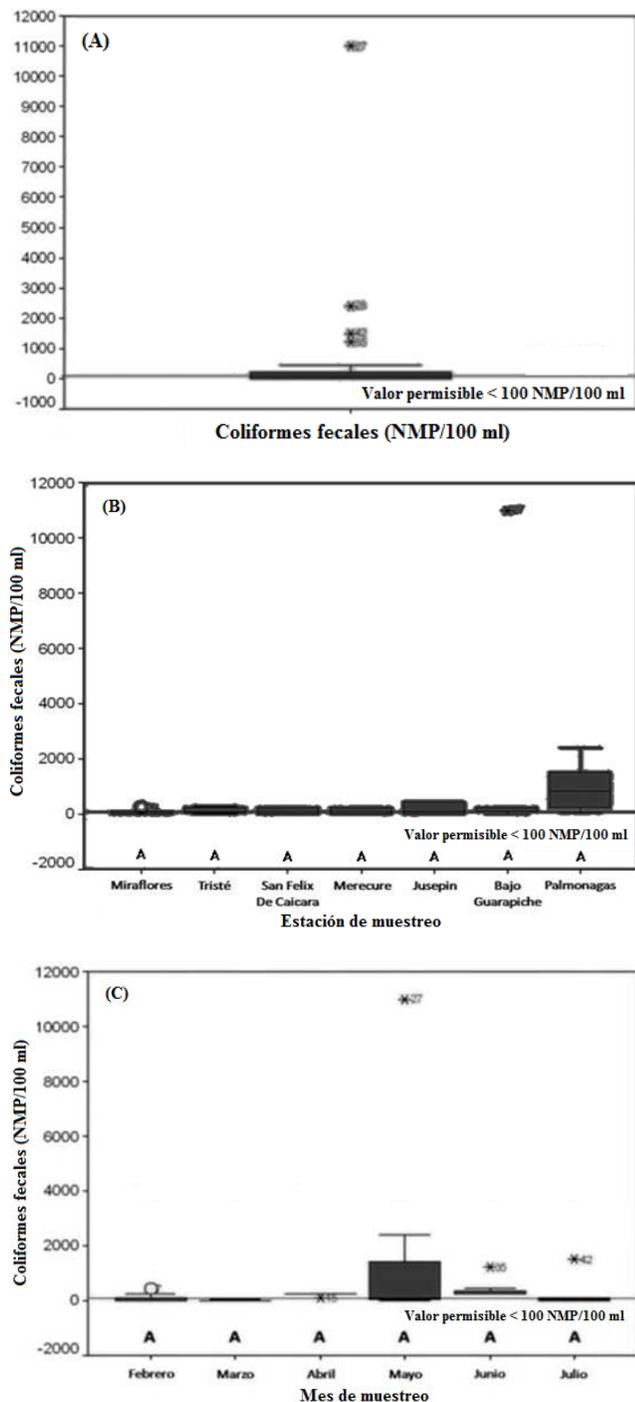


Figura 5. Cajas de ploteo para la variable Coliformes fecales, observada en el río Guarapiche. Periodo Febrero - Julio 2011. (A) Variación general. (B) Variación estacional. (C) Variación temporal.

significativas ($p < 0,05$) en el espacio, pero no en el tiempo. De acuerdo con la legislación venezolana (Decreto 883), el agua para consumo humano debe tener niveles de nitratos + nitritos por debajo de 10 mg/L.

El promedio general de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ observado en este estudio del río Guarapiche fue de $1,71 \pm 3,89$ mg/L, con un valor máximo de 20 y un valor mínimo de 0 mg/L. (Figura 6A). A lo largo del río Guarapiche, observamos que la estación que presentó los más altos niveles de nitratos y nitritos fue la estación 4 (Merecure), donde se observan valores de hasta 20 mg/L, sobrepasando hasta en un 100% al valor umbral señalado en el Decreto 883 (Figura 6B). La zona de Merecure se caracteriza por ser una zona agrícola con alta actividad en la siembra de hortalizas y posiblemente una alta aplicación de fertilizantes nitrogenados, influya en los altos niveles observados en este estudio. También las lluvias pudieron haber arrastrado los residuos nitrogenados de dichas actividades y llevarlas al cauce del río, elevando así los niveles de nitratos y nitritos en esta estación. De la misma forma, concentraciones de nitritos serían indicadoras de condiciones anóxicas o de aportes contaminantes introducidos por líquidos residuales con presencia de nitrógeno amoniacal, como es el caso de los líquidos cloacales, contribuyendo esto a que se eleve los niveles bacteriológicos en estas estaciones.

Los valores bajos de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ encontrados en la mayoría de las estaciones muestreadas en el río Guarapiche eran de esperarse, debido a que estos iones tienden a moverse con el agua de infiltración hacia las aguas subterráneas y generalmente el agua de escorrentía superficial tiene concentraciones bajas de los mismos (Melvin *et al.*, 1992).

En otras regiones del mundo existen reportes sobre la existencia de problemas de contaminación de NO_3^- en ríos y arroyos, pero esto generalmente sucede en zonas con sistemas artificiales de drenaje, los cuales conducen el agua infiltrada en el suelo hacia cursos de aguas superficiales (Perdomo *et al.*, 2001).

La contaminación con nitritos y nitratos puede provocar toxicidad aguda en seres humanos, sobre todo en infantes, esta enfermedad es conocida como metahemoglobinemia o “enfermedad del niño azul” (Sasson, 1993). Por este motivo se ha establecido en muchos países, un valor crítico de concentración de nitratos y nitritos en agua de 10 mg/L (USEPA, 1986). Este nivel crítico es también

muy similar al valor de 11.3 mg/L establecido por la Comunidad Económica Europea (Smith *et al.*, 1996). El agua con concentraciones superiores al nivel crítico no se considera apta para el consumo humano. Se han indicado además, otros efectos adversos de la ingestión de agua con concentraciones de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ sobre la salud. Un estudio realizado en 1996 en Indiana, Estados Unidos determinó que el consumo

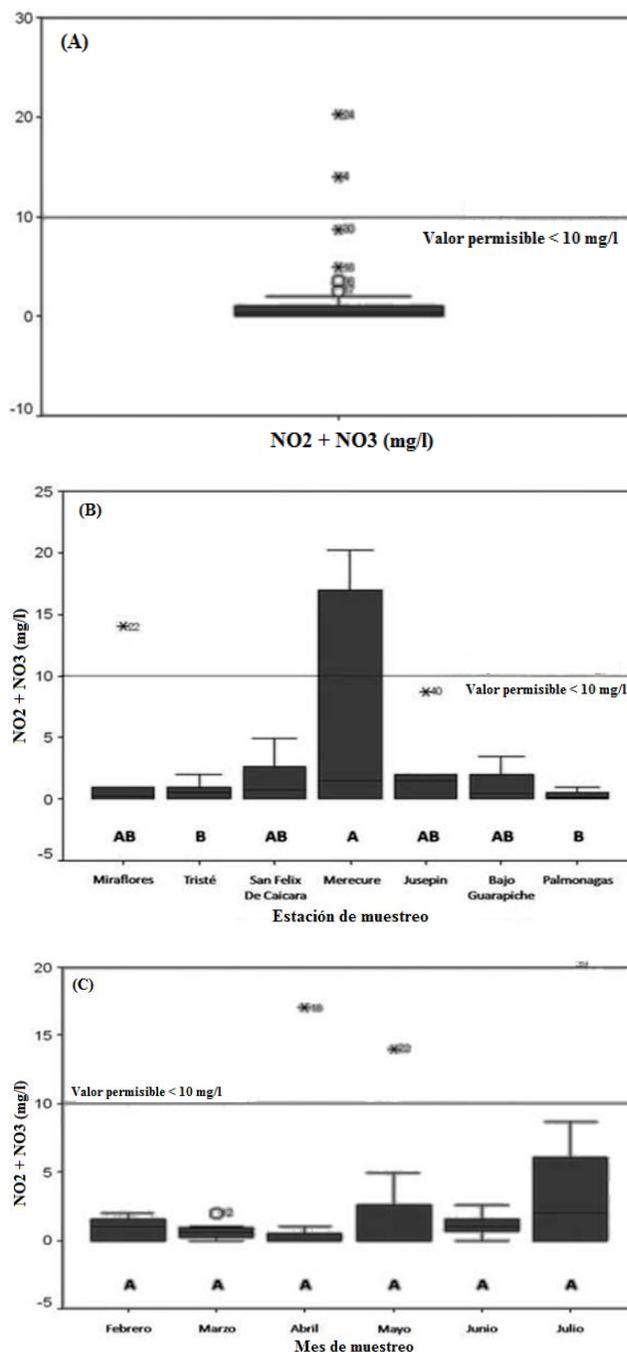


Figura 6. Cajas de ploteo para la variable Nitrito + Nitrato, observada en el río Guarapiche. Periodo Febrero - Julio 2011. (A) Variación general. (B) Variación estacional. (C) Variación temporal.

de agua con concentraciones de estos elementos entre 19 y 29 mg/l aumentaba la frecuencia de abortos espontáneos (Nolan, 1999). También existen evidencias que el consumo prolongado de agua con altas concentraciones de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ puede provocar cáncer (Sasson, 1993).

En los análisis químicos que se realizaron a las muestras se pudo evidenciar que los parámetros se encuentran dentro de los rangos permitidos por el Decreto 883, a pesar de haberse detectado problemas de leve contaminación en algunas de las estaciones.

CONCLUSIONES

El río presenta niveles de microorganismos (mesofilos, coliformes totales y fecales) que superan los umbrales de las normas vigentes del país, en los puntos cercanos a la planta de tratamiento del Bajo Guarapiche, producto del crecimiento de la población e incumplimiento de la Ley de Ordenamiento del Territorio.

Los niveles de nitritos y nitratos en la estación de Merecure estuvieron muy por encima del umbral crítico señalado en el Decreto 883.

La mayor problemática ambiental con niveles por encima de los umbrales establecidos para los diferentes parámetros se presenta en la parte baja de la cuenca del Río Guarapiche (Maturín y la Pica).

La falta de mantenimiento y supervisión de las plantas de tratamiento de las urbanizaciones en las adyacencias de la cuenca conllevan a un deterioro aguas abajo del cauce del río, estableciendo un riesgo ambiental y de salud así como un incremento en el costo de potabilización del agua para Maturín.

El crecimiento poblacional en el área protectora del río es alarmante por la ausencia de planificación y el cauce del río es utilizado como vertedero de desechos sólidos y lixiviados.

La ausencia de planta de tratamiento en el poblado de Jusepín lo convierte en una de las poblaciones de mayor riesgo contaminante por su actividad petrolera y porque sus vertidos son dispuestos directamente a la red hidrológica.

El crecimiento de la frontera agrícola y pecuaria en la parte alta y media de la cuenca es alto y pone en un futuro no muy lejano en peligro de contaminación el abastecimiento de agua a las poblaciones que se surten del río.

En el estado no se cuenta con un plan de manejo de cuencas que pueda garantizar el mantenimiento y recuperación de la cuenca del río Guarapiche, así como la ausencia de un inventario de usuarios y demanda de los mismos exigido por la nueva Ley de Agua.

RECOMENDACIONES

Mediante la situación presentada en esta investigación se llegaron a las siguientes recomendaciones que permiten la mejora de las condiciones actuales en la cuenca del río Guarapiche:

Elaborar y aplicar un plan de construcción y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales en los poblados que se encuentran en las adyacencias del río.

Supervisar de manera constante el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas servidas ubicadas en la cuenca del río Guarapiche.

Supervisar controlar el desarrollo agrícola y pecuario en la cuenca alta y media.

Elaborar y aplicar un plan de mantenimiento y recuperación de la cuenca del río Guarapiche.

Retomar los planes establecidos por el Ministerio del Ambiente para la represa el Guamo y la cuenca del río Guarapiche.

Reelaborar y establecer en programas de vigilancia y control ambiental de las actividades productivas en la cuenca, para minimizar los ilícitos ambientales.

Fortalecer los planes de monitoreo y de caracterización físico, químico y microbiológico del río para mantener un control adecuado de la cuenca y tomar acciones de prevención en caso de ser necesario.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento parcial a través del proyecto CI 04-030104-1578.

LITERATURA CITADA

Albert, L. 2009. Nitratos y nitritos. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.bvsde.ops->

- oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a17.pdf. [Consultado el 16-05-2011].
- American Public Health Association (APHA). American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 Ed. Washington, D. C.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN 3047-93. 1993. Agua potable. Método de determinación del Número Más Probable de bacterias coliformes.
- Carabias, J.; L. Landa, J. Collado y P. Martínez. 2006. Agua, medio ambiente y sociedad. 2005. El Colegio de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México. México D. F. 214 p.
- Díaz, D. C.; A. M. V. Esteller y V. M. López. 2005. Recursos hídricos: conceptos básicos y estudios de casos en Ibero América. Ilustraciones, figuras, cuadros y gráficos. Ediciones/ CIRUAEM, Toluca, México. 747 p.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela (GORV). 1995. Decreto N° 883 del 11 de Octubre de 1995 " Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos". N° 5.021. Extraordinarios del 18 de diciembre de 1995.
- Fuentes, F. y A. Massol Deyá. 2002. Manual de laboratorios: Ecología de microorganismos. Segunda parte. Parámetros físico-químicos: temperatura. Universidad de Puerto Rico. Documento en línea] Disponible: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf> [Consultado el 16-05-2011].
- Hunter, C.; J. Perkins, J. Tranter and P. Hardwick. 2000. Fecal bacteria in the water of and upland area in Derbyshire England: The influence of agricultural land use. *J. Environ. Qual.* 29: 1253-1261.
- López, A.; D. Ruiz, G. Hernández, E. Fernández, L. Mota, E. Quiñones y R. Rodríguez. 1993. Manual de laboratorio de microbiología sanitaria. Segunda edición. Instituto Politécnico Nacional.. México.
- Melvin, S. W.; J. L. Baker, J. S. Hickman, J. F. Moncrief and N. Wollenhaupt. 1992. Water quality. *In: Midwest Plan Service (Ed). Conservation tillage systems and management.. Iowa State University. Ames. Iowa. United States of America. p. 48-55*
- Méndez Novelo, R. I.; L. San Pedro Cedillo, E. R. Castillo Borges y E. Vázquez Borges. 2010. Modelación del tiempo de conservación de muestras biológicas de agua. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 26 (4): 327-335.
- Meybeck, M. y R. Helmer. 1996. Introducción a la calidad del agua. *En: Water Quality Assessments: A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.* 2a ed. UNESCO/WHO/UNEP. 21 p.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS). 1998. Normas sanitarias de calidad de agua potable. Numero S. G.-018-98 del 11 de febrero de 1998.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos No Renovables (MARNR). 1980. Uso actual y perspectivas de aprovechamiento del río Guarapiche. Maturín: Serie informes técnicos Zona 12/IT. Maturín, Estado Monagas.
- Ministerio del Ambiente (MINAMB). 2006. Recursos hídricos de Venezuela. Fundambiente. Caracas, Venezuela.
- Nolan, B. T. 1999. Nitrate behavior in ground water of the southeastern USA. *Reston. J. Environ. Qual.* 28: 1518-1527.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2006. Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición. Volumen 1. Recomendaciones. Genève 27, Suiza. 393 p.
- Perdomo, C. H.; O. H. Casanova y V. S. Ciganda. 2001. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. *Agrociencia* V (5): 10-22.
- Sasson, A. 1993. La alimentación del hombre del mañana. UNESCO. Reverte. S.A. Barcelona, España. 824 p.
- Smith, J. U.; N. J. Bradbury and T. M. Adiscott. 1996. Sundial: APC-based system for simulating nitrogen dynamics land. *Agron. J.* 88: 38-43.
- United States Environmental Protection Agency. (USEPA) 1986. Ambient water quality criteria for bacteria. EPA/440/5-84-002. Office of Water Regulation and Standards. Washington. D. C. United States of America.