

## Calidad de agua del río La Grita y sus afluentes

### Rivas Zulay

Instituto para el Control y la Conservación  
del Lago de Maracaibo (ICLAM)  
zrivas51@gmail.com  
Venezuela

### Castejón Olga

Instituto para el Control y la Conservación  
del Lago de Maracaibo (ICLAM)  
zrivas51@gmail.com  
Venezuela

### Sánchez José

Instituto para el Control y la Conservación  
del Lago de Maracaibo (ICLAM)  
zrivas51@gmail.com  
Venezuela

### Ochoa Enrique

Instituto para el Control y la Conservación  
del Lago de Maracaibo (ICLAM)  
zrivas51@gmail.com  
Venezuela

### Troncone Federico

Instituto para el Control y la Conservación  
del Lago de Maracaibo (ICLAM)  
zrivas51@gmail.com  
Venezuela

**Fecha de recepción: 23-02-2014 Fecha de aceptación: 13-04-2014**

### Resumen

El Río La Grita, afluente del río Zulia, pertenece al Sistema Hidrográfico del Río Catatumbo. Esta cuenca, es fuente abastecedora de agua para los pobladores y presenta un alto desarrollo agropecuario, donde se aplican productos químicos y fertilizantes, los cuales son transportados, por escorrentía, a los cuerpos de agua produciendo contaminación en los mismos. En esta investigación se evaluaron los parámetros: caudal, turbidez, fósforo total, nitrógeno total, sólidos disueltos totales, aceites y grasas, hidrocarburos, DBO5, DQO y coliformes totales y fecales, en 25

estaciones ubicadas en el Río La Grita, durante tres muestreos (octubre 2011, abril 2012 y octubre 2012), en época de lluvia. Los valores promedio fueron: caudal: 11,61 m<sup>3</sup>/seg, turbidez: 0,38 NTU, fósforo total: 0,48mg/L, nitrógeno total: 2,37mg/L, aceites y grasas: 15,35mg/l; hidrocarburos: 4,79mg/L; DBO5: 2,54 mg/L; DQO: 25,71mg/L; SDT: 200,82 mg/L; coliformes totales y fecales: 83.517 y 65.908 NMP/100 mL, respectivamente. Para los parámetros: caudal, coliformes totales y fecales se encontraron diferencias significativas entre muestreos, cuencas y sectores. Estadísticamente el parámetro turbidez presentó diferen-

cias significativas entre muestreos y entre cuencas. Los parámetros fósforo total, aceites y grasas, DBO5 y DQO, presentaron diferencias significativas entre muestreos; en cambio los parámetros nitrógeno total y sólidos disueltos totales presentaron diferencias entre sectores. Se observó que los cambios climatológicos en la cuenca afectaron las concentraciones de los parámetros evaluados. Los resultados indican que el Río La Grita presenta contaminación inorgánica y bacteriológica.

**Palabras clave:** Calidad de agua; análisis físico-químicos; cuenca Río La Grita

## Water quality of rio La Grita and its afluentes

### Abstract

The Rm La Grita, affluent of the rio Zulia, belongs to the Hydrographic System of the Rm Catatumbo. This basin is a source of water for the inhabitants and has a high agricultural development, where chemical products and fertilizers are applied, which are transported, by runoff, to the bodies of water producing pollution in them. In this investigation the parameters were evaluated: flow, turbidity, total phosphorus, total nitrogen, total dissolved solids, oils and fats, hydrocarbons, BOD5, COD and total and fecal coliforms, in 25 stations located in the Rio La Grita, du-

ring three samplings (October 2011, April 2012 and October 2012), in the rainy season. The average values were: flow: 11.61 m<sup>3</sup> / sec, turbidity: 0.38 NTU, total phosphorus: 0.48mg / L, total nitrogen: 2.37mg / L, oils and fats: 15.35mg / l; hydrocarbons: 4.79mg / L; BOD5: 2.54 mg / L; COD: 25.71mg / L; SDT: 200.82 mg / L; total and fecal coliforms: 83,517 and 65,908 NMP / 100 mL, respectively. For the parameters: flow, total and fecal coliforms, significant differences were found between samplings, basins and sectors. Statistically, the turbidity parameter showed significant differences between samplings and between basins. The pa-

rameters total phosphorus, oils and fats, BOD5 and COD, showed significant differences between samples; On the other hand, the parameters total nitrogen and total dissolved solids showed differences between sectors. It was observed that the climatological changes in the basin affected the concentrations of the parameters evaluated. The results indicate that the Rio La Grita presents inorganic and bacteriological contamination.

**Key words:** Water quality; physical-chemical analysis; Rio La Grita basin

## Introducción

La calidad natural del agua depende de diversos factores ambientales como la constitución geológica de cauces y terrenos donde se encuentran los cuerpos de agua, el clima que determina la abundancia o escasez de lluvias y las actividades humanas como la minería, agricultura, industria y domésticas y el uso de cuerpos de aguas para la recreación, entre otros.

El sistema hidrográfico del Río Catatumbo, está ubicado en la zona Noroccidental de Venezuela, en el estado Zulia, constituye una cuenca transfronteriza, compartida por las Repúblicas de Colombia y Venezuela, en porcentajes del 70 y 30 %, respectivamente; está conformada por tres subcuencas: río Zulia, río Tarra- Socuavó y cuenca baja. La microcuenca del río La Grita, pertenece a la subcuenca del río Zulia, es un área de acción prioritaria para el estado Táchira ya que es fuente abastecedora de agua para las comunidades allí asentadas, calculada en 220.190 habitantes y constituye un centro de desarrollo agrícola de las

micro cuencas de los ríos El Valle, Venegará, Aguadías, El Páramo y Las Palmas, posee una extensión de 82.625,50 hectáreas.

En la microcuenca del Río La Grita, existe un alto desarrollo agropecuario, donde se aplican productos químicos y gallinaza, ocasionando el arrastre de estos contaminantes, por lixiviación y escorrentía, a diferentes cuerpos de agua, produciendo contaminación de los mismos. Hasta el momento no existe información sobre la calidad y el aporte de estos contaminantes.

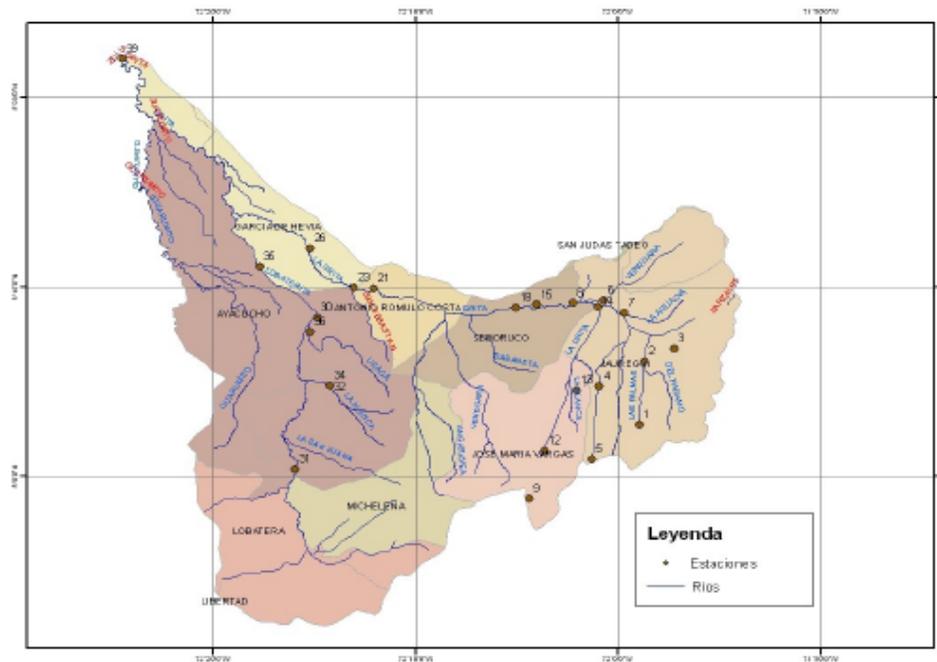
El objetivo de esta investigación fue evaluar las características fisicoquímicas y bacteriológicas, en muestras de agua del Río La Grita y sus afluentes, lo cual permita inferir la afectación sobre la salud de las comunidades asentadas en su cuenca.

## Materiales y Métodos

El área de estudio está ubicada en la microcuenca del Río La Grita desde su nacimiento, en los páramos del Parque Nacional Juan Pablo Peñalosa, en el municipio Jáuregui, hasta

su confluencia con el río Zulia, en el sector conocido como Boca de Grita, zona limítrofe con la República de Colombia, entre las poblaciones de Puerto Santander y Boca de Grita. Se ubicaron 25 estaciones de muestreo en el Río La Grita y sus afluentes, se describen en la Figura 1. En el orden geológico, la cuenca presenta la combinación de tres (3) grandes elementos fisiográficos: cordilleras, pie de monte y planicie aluvial, en cuanto al recurso suelo, según Trnarg, casi la totalidad de la zona alta y media de la cuenca, presentan suelos con capacidad de uso por encima de la clase V. La cuenca baja presenta tres tipos de suelos: a) suelos con aptitudes agrícolas y pecuarias; b) suelos con aptitudes agropecuarias especiales; y c) suelos sin aptitud agrícola y/o pecuaria (Ministerio de la Defensa, 1994). Las actividades antrópicas que se realizan son la ganadería de altura, la producción agrícola intensiva (hortalizas y legumbres), la avícola-porcina, industrial, minera, pecuaria y agrícola tipo conuco con algunos cultivos conservacionistas como el café, el cacao y producción de la caña panelera.

**Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca del río La Grita**



**Estaciones Ubicadas en la Cuenca del Río La Grita**

Cuenca Baja	Cuenca Alta	Cuenca Media
3 sectores	6 Sectores	1 sector
9 estaciones	11 estaciones	3 estaciones

Para la realización de los análisis inmediatos, se instaló un laboratorio móvil en la sede del ICLAM-La Fría, sitio equidistante entre las estaciones de muestreo. Se realizaron 3 muestreos, en época de lluvia: octubre 2010, abril 2011 y octubre 2011. En cada estación se capturaron tres (3) muestras de agua, compuestas e integradas en la columna de agua, durante tres días consecutivos, para un total de 225 muestras, conjuntamente con el aforo del cauce del río.

La estimación del caudal se realizó utilizando el método sección velocidad, determinándose el área de

sección transversal del río, mediante la medición de profundidades a diferentes distancias de la sección y la velocidad del agua que pasa por la misma, utilizando un correntómetro digital Marca Flo-mater 2000.

Los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos se realizaron en el Laboratorio Ambiental del ICLAM (acreditado bajo la norma COVENIN 2534-ISO 17025), siguiendo las especificaciones del método estándar (APHA, 2005).

Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente, utilizando el

programa Stargrafic Centurion IV Manugistics, (1998) y los resultados fueron ordenados en tablas y gráficas, usando el programa Microsoft Excel.

Para la discusión de resultados, se dividió la microcuenca por muestreos, en tramos correspondientes a cuenca alta (estaciones: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13 y 14), cuenca media (estaciones: 15, 18 y 21) y cuenca baja (estaciones 23, 26, 30, 31, 32, 34, 35, 36, y 39), y en 9 sectores, a saber:

Sector 1: estación 6 (Río Venegara).  
Sector 2: estación 7 (Río Aguadías).  
Sector 3: estación 3 (Río Caricuena).  
Sector 4: estaciones 1 y 2, (Río Las Palmas y Páramo).  
Sector 5: estaciones 4 y 5 (Quebrada San José).  
Sector 6: estaciones 9, 12, 13, y 14 (Río El Valle).  
Sector 7: estación 23 (Río San Sebastián).  
Sector 8: estaciones 30, 31, 32, 34 y 36 (Río Lobaterita, Quebradas La Blanca y la Uraca).  
Sector 9: estaciones 8, 15, 18, 21, 26, 35 y 39 (Cauce del Río La Grita), to-

mando en cuenta las características propias del área a evaluar.

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1, se presenta la estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos correspondiente a los promedios globales obtenidos durante los tres muestreos, realizados.

El promedio global de gasto en los tres muestreos fue  $11,61 \pm 26,46$  m<sup>3</sup>/seg; se evidenciaron diferencias significativas entre muestreo, cuencas y sectores  $P < 0,05$  (Figura 2). Se

observa un mayor aporte en el segundo muestreo, esto es debido a las fuertes precipitaciones ocurridas en marzo-abril 2011 en comparación a las campañas de muestreo de 2010 y octubre 2011. Igualmente, se observa que la cuenca media aporta el mayor caudal, así como, en el sector 9, el cual está conformado por las estaciones ubicadas en el cauce principal del Río La Grita, que recibe los caudales de agua de los Ríos Caricuena, Lobaterita, El Valle, Venegará, Aguadías, El Páramo y Las Palmas, que drenan al Río La Grita.

Tabla 1. Resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados

Parámetros Fisicoquímicos							
Parámetros	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente Variación (%)	Limite inferior	Limite superior
Gasto (m <sup>3</sup> /seg)	11,61	26,46	0,02	234,28	227,93%	3,83	11,61
Sólidos Totales (mg/L)	374,48	441,21	20,00	3637,00	117,82%	313,27	435,69
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	174,44	89,10	4,00	763,00	51,08%	162,08	186,80
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	200,82	403,70	1,00	2874,00	201,03%	144,81	256,83
Turbidez (NTU)*	0,38	0,59	0,10	4,40	155,36%	0,30	0,46
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2,54	1,01	2,00	6,52	30,60%	2,40	2,68
DQO (mg/L)	25,71	17,56	0,38	91,01	68,33%	23,27	28,14
PT (mg/L)	0,48	0,38	0,02	2,25	78,56%	0,43	0,53
N-Total (mg/L)	2,37	1,27	0,19	7,48	53,59%	2,19	2,55
Aceites y Grasas (mg/L)	15,35	29,35	1,00	197,80	191,15%	11,28	19,42
Hidrocarburos (mg/L)	4,79	6,62	1,00	44,30	138,18%	3,87	5,71
Coliformes Totales (NMP/100mL)	83517	71028	1,80	160000	85,05%	73663,00	93371,70
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	65908	91658	1,11	920000	139,07%	53191,80	78624,70

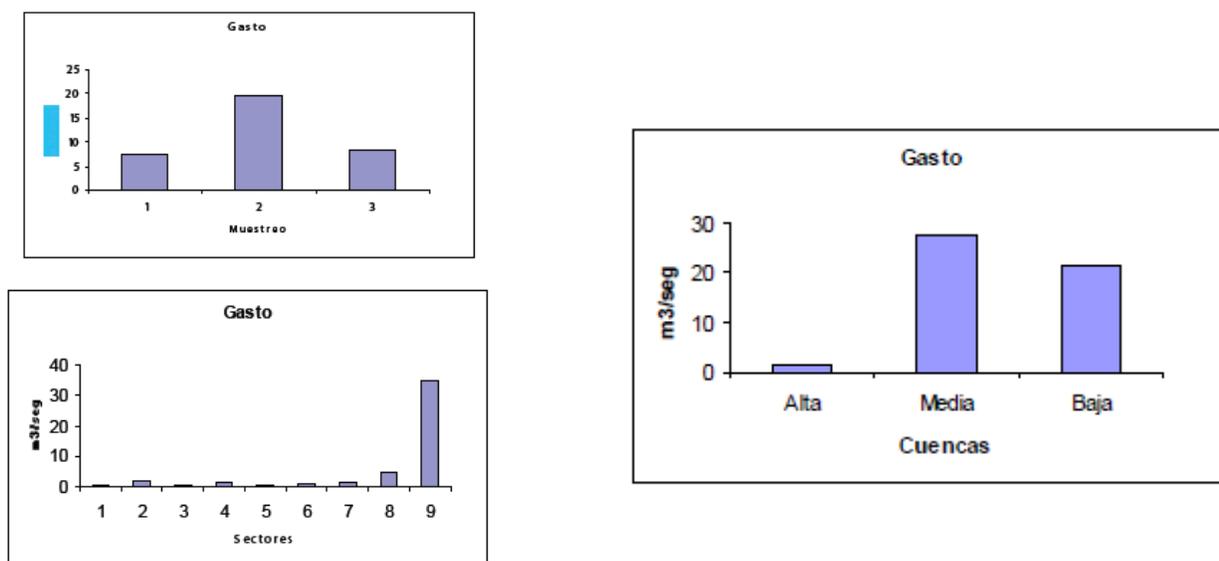
El valor promedio de sólidos totales (ST) se estimó con 95% de confianza entre 313,27 y 435,69 mg/L (Figura 3). Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre muestreo, entre cuencas y entre sectores ( $F=7,94$ ;  $p<0,05$ ).

Los sólidos suspendidos totales (SST) es la forma predominante en

casi todas las estaciones de muestreo y es debido al movimiento y arrastre de los sedimentos en los ríos. Al igual que los ST se encontraron diferencias significativas entre muestreos, cuencas y sectores ( $F=9,16$ ;  $p<0,05$ ). La deforestación de la cuenca incrementa el transporte de SST. En todas las estaciones de muestreo se observa que los valores de SST son bajos

(<1000 mg/L) y son producto de la erosión de la tierra. Valores mayores a 1000 mg/L pueden afectar el uso y limitar la vida en el cuerpo de agua (Fraser 1995).

**Figura 2. Variación espacial y temporal del gasto, en el área de estudio**



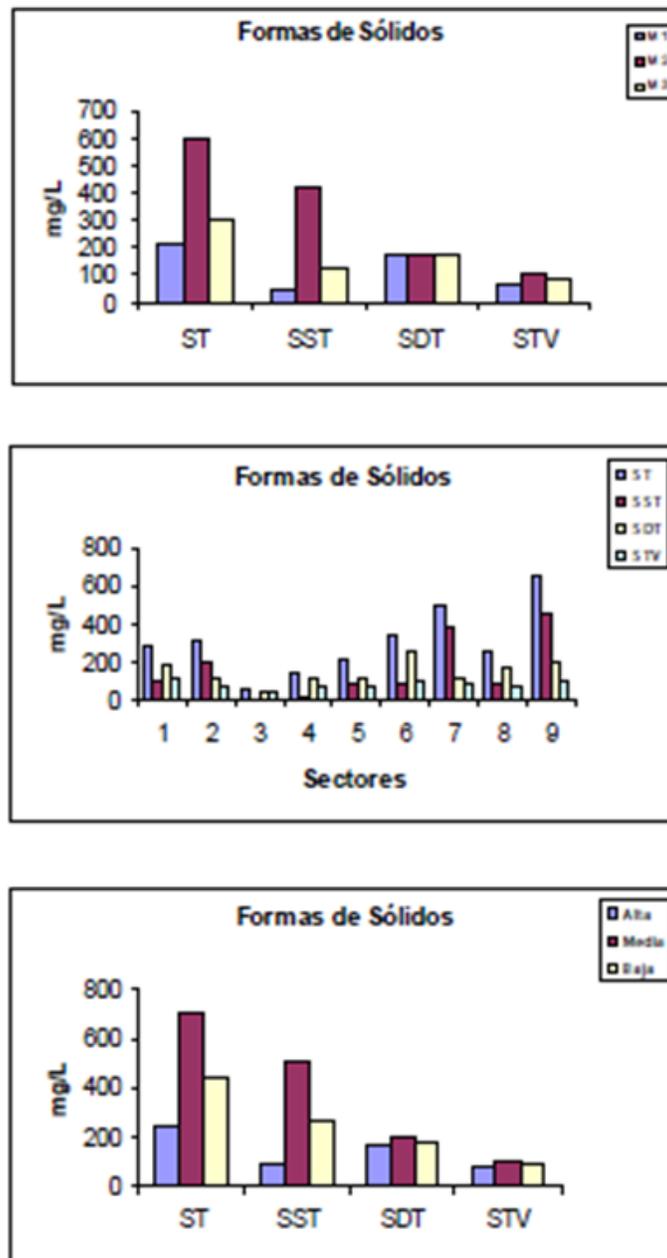
La presencia de Sólidos Suspendidos Totales en el agua está ligada a la Turbiedad, en aguas naturales los Sólidos pueden ser de naturaleza inorgánica (arcillas, óxidos de hierro y manganeso), como orgánica (material húmico y taninos), el origen de estas partículas es diverso y se asocia a la erosión y re suspensión de material de los sedimentos, como también al vertido de aguas residuales. (Ecopetrol, 2011)

El promedio de SDT, fue de 200,82 mg/L. Se encontraron diferencias significativas entre sectores ( $F=8,24$ ;  $p<0,05$ ). El promedio de sólidos disueltos totales para los ríos de todo el mundo ha sido estimado en alrededor de 120 ppm (Livingston, 1963). Los SDT, son un indicador de las características del agua y de la presencia de contaminantes químicos, es decir, de la composición química y concentración en sa-

les y otras del agua. Estos resultados son producto de la escorrentía de los suelos, los cuales trae arrastra fertilizantes y plaguicidas presentes en el área, aumentando los SDT.

La turbidez en la cuenca del río La Grita se estimó (95%) entre 0,30 y 0,46 NTU. En el segundo muestreo y en la cuenca media se determinó mayor turbidez, así como, los sectores 7 y 9. (Figura 4).

Figura 3. Variación espacial y temporal de las Formas de Sólidos, en el área de estudio.

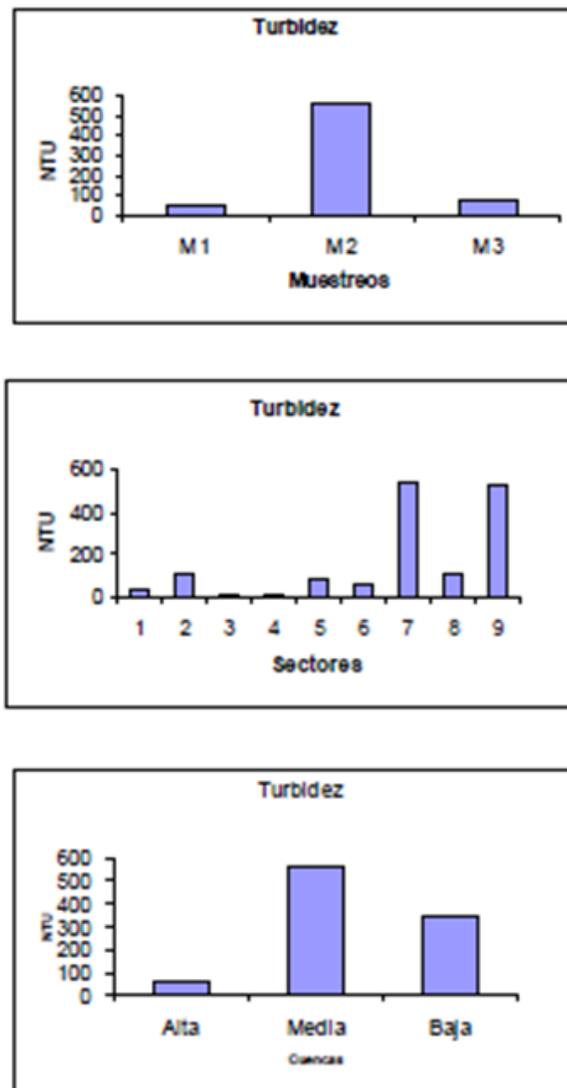


La variación de los resultados es originada por las lluvias ocurridas, especialmente durante el segundo muestreo, aumentando la velocidad

de la corriente lo que ocasiona un mayor arrastre de materia orgánica y en el tamaño de las partículas. Se presentaron diferencias significativas

entre muestreos y cuencas ( $F=18,66$ ;  $p < 0,05$ ); sin embargo, no entre sectores.

Figura 4. Variación espacial y temporal de Turbidez, en el área de estudio.



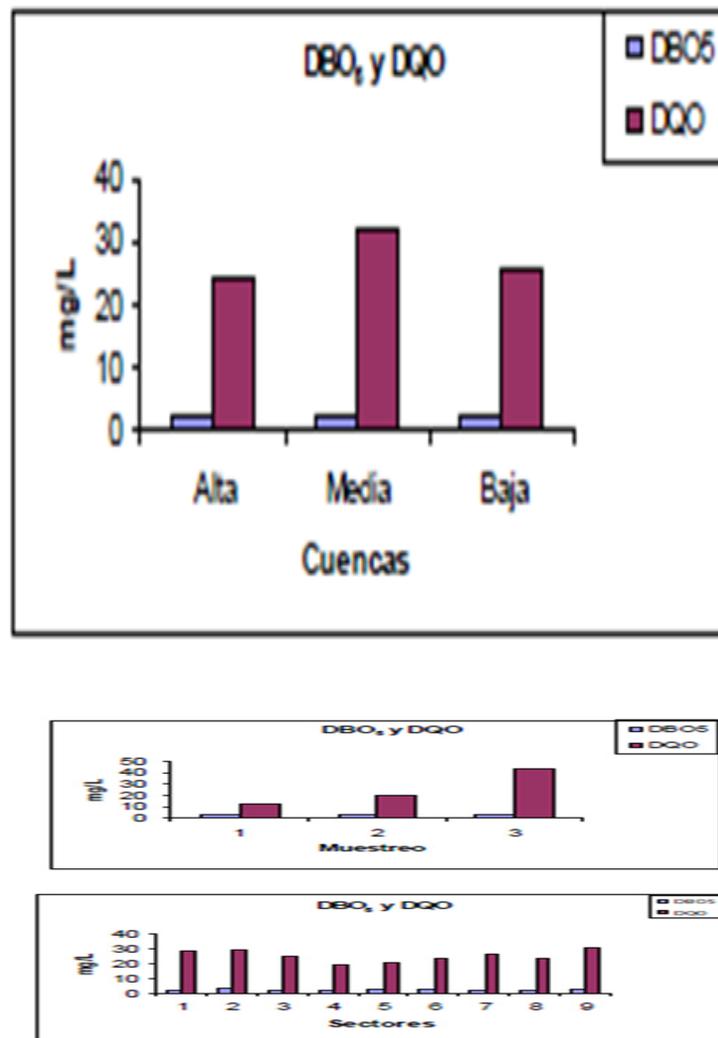
Los niveles normales de la DBO5 para aguas naturales varían entre 1 - 2 mg/L, un valor de 2 mg/L indica un grado límite de la contaminación orgánica. El promedio global de la DBO5 es de  $2,54 \pm 1,01$  mg/L, indicando contaminación por materia orgánica (Wetzel, 1981).

La DQO es uno de los parámetros más efectivos en el control de la ca-

lidad del agua; constituye la cantidad de oxidante químico que se necesita para poder oxidar los materiales contenidos en el agua y se expresa en mg de O<sub>2</sub> /l. Cuantifica la cantidad de materia orgánica total susceptible de oxidación química (biodegradable y no biodegradable) que hay en una muestra líquida y se utiliza para establecer un nivel de contaminación [(Banach *et al.*, (2009)].

EL promedio global de la DQO fue de  $25,71 \pm 17,56$  mg/L. En la Figura 5, se observa que la DQO fue más alta en el tercer muestreo, cuenca media y sector 9; tanto para la DBO5 como para DQO, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las campañas de muestreo ( $F=8,75$ ;  $p<0,05$ ).

Figura 5. Variación espacial y temporal de la DBO5 y DQO, en el área de estudio.



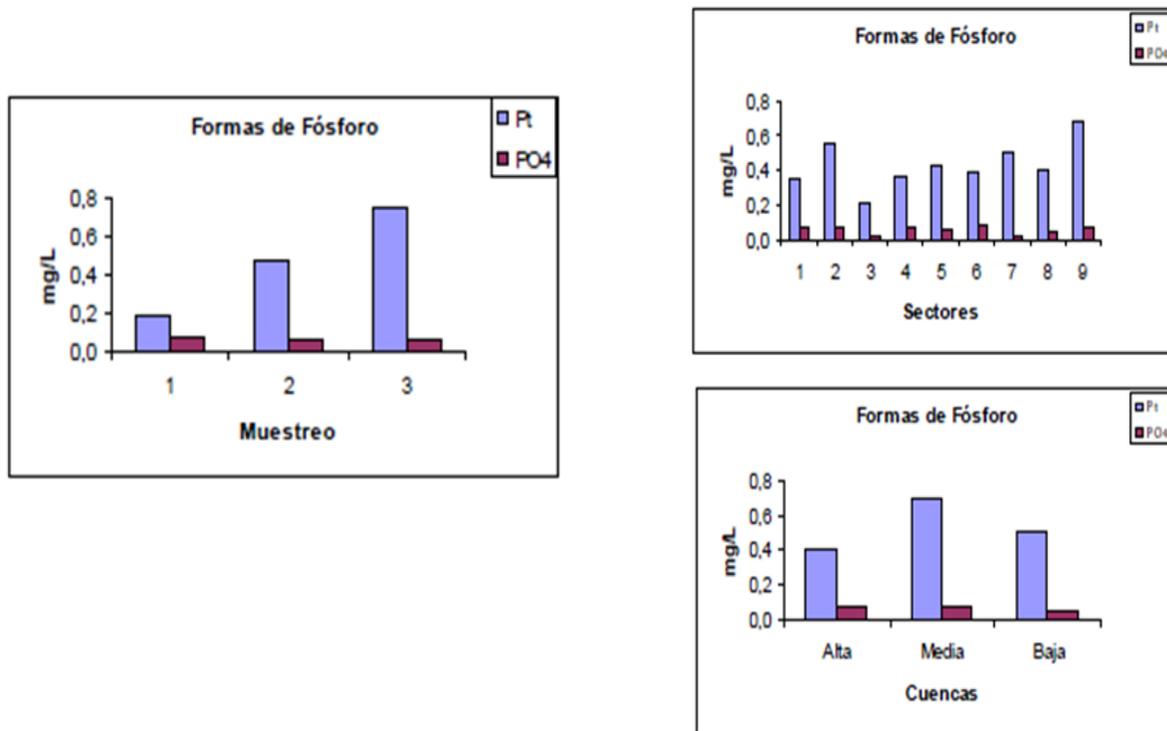
que se encuentran en el agua no son biodegradables, lo cual se evidencia por lo bajo de esta relación. Hidalgo et al., (2003) indican que el sistema lótico evaluado presenta un estado de alteración caracterizado por un contenido importante de materia orgánica difícil de biodegradar (Romero Rojas, 1999). Las fuentes

de materia orgánica son diversas y entre ellas se encuentran las actividades agrícolas, industriales y las aguas residuales generadas en las zonas urbanas y rurales.

El promedio global del Nitrógeno Total (NT) fue de  $2,37 \pm 1,27$  mg/L y el Fósforo Total (PT) fue

de  $0,48 \pm 0,38$  mg/L, encontrándose diferencias significativas para el PT entre muestreos ( $F=31,25$ ;  $p<0,05$ ) y entre sectores para el NT ( $F=10,02$ ;  $p<0,05$ ), (Figuras 6 y 7).

Figura 6. Variación espacial y temporal de las formas de Fósforo, en el área de estudio.



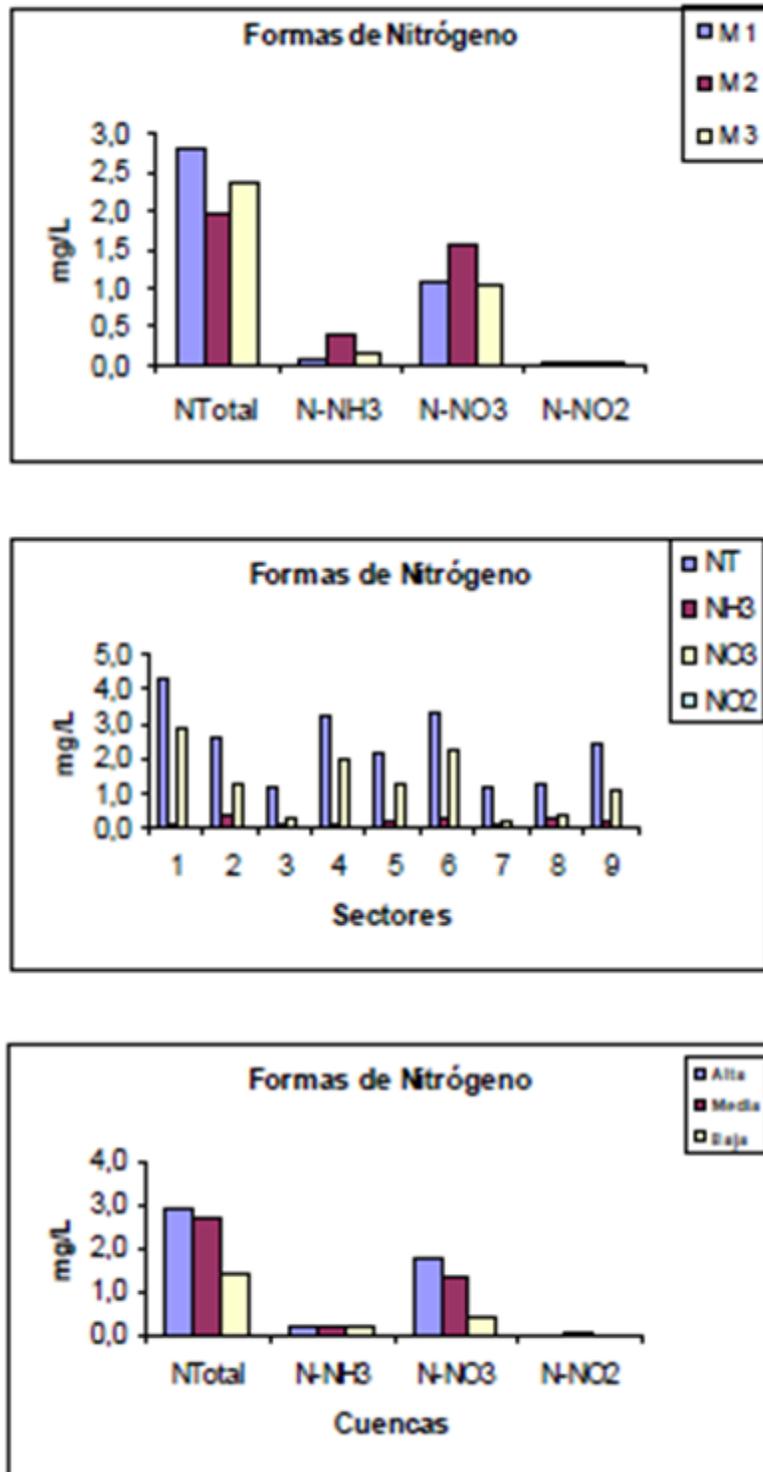
Estos valores indican una importante contribución del Río La Grita a la eutrofización del Lago de Maracaibo. Se observa una contribución mayor de NT en el primer muestreo, en la cuenca alta y en el sector 1, en cuanto al PT, la mayor contribución se observa en el tercer muestreo, cuenca media y sector 9.

El aumento de las concentraciones es debido al uso excesivo de gallinaza, fertilizantes y plaguicidas en la zona que aumenta la concentración de los nutrientes.

Se observa que hay una contribución importante de nitrato (N-NO<sub>3</sub>) durante todos los muestreos, proba-

blemente por escorrentía o lixiviación de los suelos que son altamente fertilizados en esta cuenca (Figuras 6 y 7). El nitrógeno al igual que el fósforo, son los principales macronutrientes de los fertilizantes y de las descargas de aguas domésticas, los cuales contribuyen con el proceso de eutrofización de los cuerpos de agua.

Figura 7. Variación espacial y temporal de las formas de Nitrógeno, en el área de estudio

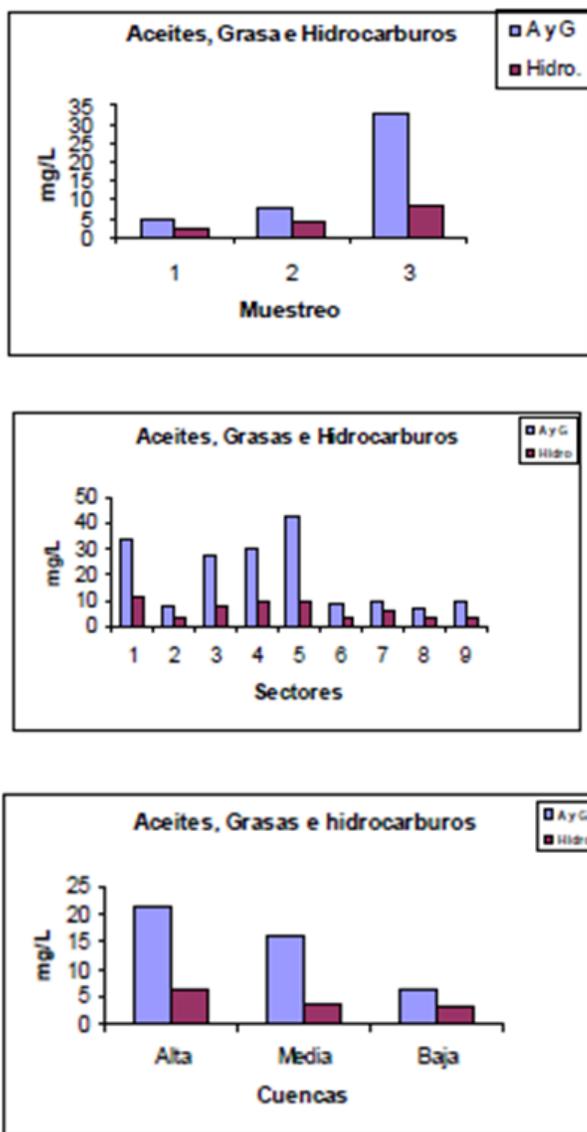


El nitrógeno en las aguas dulces, procede de la atmósfera, por cuanto es arrastrado por la lluvia, de la precipitación de la materia total y de la fijación de N<sub>2</sub> [Fraser *et al.*, (1995); (Wetzel, 1981)].

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los

hidrocarburos del petróleo. El promedio global de aceites y grasas (A y G) e hidrocarburos totales petrogénicos (HTP) fue de 15,35±29,35 y 4,79±6,62mg/L, respectivamente (Figura 8). Para ambos parámetros se encontraron diferencias significativas entre muestreos, (F= 16,12; p < 0,05; sin embargo, no entre cuencas y sectores. Se observa que los valores son superiores a 0,3 mg/L, valor

límite permisible por las Normas Venezolanas (Decreto 883, 1995), por lo que se presume que hay una fuente de contaminación permanente en la zona, las cuales pueden ser de origen doméstico y talleres automotrices, aunado a esto está la situación, que en la cuenca del río Lobaterita hay presencia de un mine y minas de carbón.



El 88 % de las muestras captadas en el área de estudio presentaron contaminación fecal y el 83,3 % de coliformes totales >10.000 NMP/100 mL. Estos valores pueden ser originados por las aguas de escorrentía, domésticas e industriales, las cuales contienen gran cantidad de bacterias. De acuerdo a la Norma 5.021, estas aguas no pueden ser utilizadas para uso agropecuario, contacto humano total o parcial y para consumo humano (Decreto 883, 1995), Durante el segundo muestreo se encontraron las mayores concentraciones de estas variables bacteriológicas, debido al periodo de lluvias atípico ocurrido en la zona. De ser consistente esta situación para el resto de las campañas de muestreo programadas, los períodos de lluvia serían los escenarios más desfavorables para el consumo de dichas aguas por la población asentada en la microcuenca del Río La Grita.

## Conclusiones

Se concluye que la cuenca del Río La Grita presenta contaminación inorgánica y bacteriológica, estas aguas no pueden ser utilizadas para uso agropecuario, contacto humano total o parcial y para consumo humano. Igualmente, se concluye que la información obtenida en esta investigación es útil para establecer la condición ambiental básica de la cuenca del Río La Grita y permitirá disponer de una base de datos fisicoquímicos y bacteriológicos confiables para el desarrollo de una gestión ambiental adecuada.

## Referencias Bibliográficas

- APHA. (2005). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. Washington, USA.
- Banach Esteve, G.; Cordón Casero, S.; Torrents Gimeno, A. (2009). Estudio de la calidad ambiental de la Bahía de Cárdenas para un futuro Manejo Integrado de Zonas Costeras. Universitat de Girona. Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. Gestverid Serveis Ambientals.
- Decreto 883. (1995). Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y vertidos o Efluentes Líquidos. En Gaceta Oficial N° 5.021. Poder Legislativo de Venezuela.
- Ecopetrol. (2011). Estudio de Impacto Ambiental. Área de perforación exploratoria CPO9.
- Fraser, A.; Meybeck, M.; Ongley, E. (1995). Water Quality of world river basins. Global Environmental monitoring system (gems) Unep Environment Library. N° 14. 40 pp.
- Hidalgo, M.; Meoni, G.; Barrionuevo, M. (2003). Variabilidad de la relación DBO/ DQO en los ríos de Tucuman Argentina. 13 Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente.
- Livingston, D. A. (1963) Chemical composition of rivers and lakes: U.S. Geological Survey Professional Paper.
- Manugistics and Statistical Graphics Corporation. (1998). Statgraphics plus for windows 4.1 (user manual). Statistical Graphics Corporation, Manugistics, Inc., Rockville, USA.
- Ministerio de la Defensa. (1994). Estudio Geográfico de la cuenca del río Catatumbo (Área Venezolana). 222 pp.
- Romero Rojas, J. A. (1999). Calidad de Agua 2da edición. Alfaomega, México
- Wetzel, R. (1981). Limnología. Ediciones Omega. S.A., Casanova, Barcelona, España.