

Memoria

de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales

ISSN: 0037-8518 Versión impresa
ISSN: 2443-4698 Versión electrónica

Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales 2019 77(185): 51-63

Artículo

Indicadores de calidad del agua residual doméstica descargada en la franja litoral de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela.

María M. Iriarte

Resumen. Los litorales costeros cercanos a asentamientos humanos soportan fuertes presiones ambientales cuando son afectados por descargas residuales domésticas y otros desechos sólidos. Existen estudios microbiológicos previos en la Laguna de Punta de Piedras. La presente investigación actualiza los parámetros microbiológicos y físico-químicos de las descargas residuales domésticas que arriban al litoral lagunar. Se fijaron 11 locaciones en el Paseo Esther Gil y terrenos adyacentes. A las muestras se les determinó coliformes totales y coliformes fecales, utilizando series de 5 tubos por grado de dilución, temperatura "in situ", salinidad y pH. Los resultados bacteriológicos de los 11 puntos excedieron el requisito pautado por la legislación venezolana (≤ 1000 NMP/100 mL) para descargas al medio marino costero en noviembre (mareas altas) y solo un lugar lo cumplió cuando el muestreo se realizó en enero (mareas bajas). Los análisis estadísticos indican que la salinidad ejerce un efecto inhibitorio sobre los coliformes totales ($r = -0,761$; $p < 0,01$) y los coliformes fecales ($r = -0,693$; $p < 0,05$). Los valores de pH oscilaron de 7,14 a 8,22 (mareas altas) y de 6,85 a 7,85 (mareas bajas), cumpliendo los referenciales fijados en la legislación venezolana. Las cifras de temperatura fluctuaron de 29,1 a 33 °C (mareas altas) y de 26 a 31 °C (mareas bajas). Se concluye que prosigue la problemática de contaminación antropogénica de la franja costera sur y oriental de la Laguna de Punta de Piedras.

Palabras clave: Contaminación microbiana; lagunas costeras; aguas servidas; parámetros físico-químicos; coliformes.

Water quality indicators of domestic sewage discharged in the littoral zone of Punta de Piedras's Lagoon (Margarita Island, Venezuela).

Abstract. Coastal littoral lagoons near to human settlements supports heavy environmental pressure when they are affected by domestic sewage and other solid waste. There are some previous microbiological studies in Punta de Piedras Lagoon. This research brings up to date microbiological and physical-chemical parameters of domestic sewage that is discharged untreated to the littoral section of the lagoon. Eleven sampling stations were located between Paseo Esther Gil and adjacent areas. The parameters determined were: total and fecal coliforms using five test tubes for dilution grade, temperature "in situ", salinity and pH. The bacteriological results of the 11 sites exceeded the water quality standards required by Venezuelan legislation (≤ 1000 MPN/100 mL) for sewage that is discharged into the marine-coastal zone in november (high tides), and only in one site water conditions standards were achieved in january (low tides). Statistical analysis shows that the salinity have an inhibitory effect on total coliforms ($r = -0.761$; $p < 0.01$) and fecal coliforms ($r = -0.693$; $p < 0.05$). The pH value oscillated between 7.14 and 8.22 (high tides) and between 6.85 and 7.85 (low tides) complying with the references established in the legislation. The temperature values fluctuated between 29.1 to 33 °C (high tides) and between 26 to 31 °C (low tides). It is concluded that the problem of anthropogenic contamination of the coastal margins of the Punta de Piedras Lagoon still continues.

Key words: Microbiological pollution; coastal lagoon; domestic sewage; physical-chemical parameters; coliforms.

Introducción

En las zonas costeras se llevan a cabo actividades humanas que ejercen fuertes presiones sobre ambientes frágiles y de gran diversidad biológica (Lara Lara 2008), por lo que debe prevenirse su contaminación de una manera articulada, a través de la investigación, educación y legislación (Nguta 1993).

La Laguna de Punta de Piedras (sistema El Atolladar) (Figura 1) forma parte del Monumento Natural Las Tetas de María Guevara en la isla de Margarita (República de Venezuela 1974). Este ecosistema está sujeto a impactos antropogénicos desde hace varias décadas. Ya para el año 1976 se reportaba que una fracción de las aguas negras de la población de Punta de Piedras desembocaban directamente en la laguna y que tomando en cuenta el volumen limitado de las aguas lagunares, se podría considerar una fuente de contaminación no despreciable (Voltolina y Voltolina 1976). Posteriormente fue confirmado por Bonaguro y Marcano (1984), Achury (1995), MARNR (2000) e Iriarte (2007) en muestras captadas durante el 2003. En este último reporte se indicó que el agua vertida en la laguna a través de los drenajes de agua de lluvia ubicados en el Paseo Esther Gil, contenía un nivel de coliformes superior al permitido para las descargas a medios marino costeros por la legislación venezolana (Decreto 883, artículo 12, República de Venezuela 1995) que especifica no debe exceder los 1.600 NMP/100 mL. Una década después, lejos de mejorar, las orillas de la laguna se han degradado visible y dramáticamente, pues además del aumento de la población que habita alrededor de la laguna, no se eliminaron las tuberías de aguas servidas que desde las viviendas aledañas se empujaron a los drenajes de agua de lluvia (Lira 2001). Igualmente existen descargas de aguas residuales domésticas consideradas indirectas, pues su arribo a la laguna no es de forma inmediata ni puntual, sino que la impactan eventualmente en lugares difíciles de señalar.

En el presente artículo se actualiza la información sobre algunos parámetros indicadores de calidad de las descargas de aguas residuales de origen doméstico (coliformes totales, coliformes fecales, pH, salinidad y temperatura) que vulneran en la actualidad la zona litoral de la Laguna de Punta de Piedras, Venezuela.

Materiales y métodos

Las muestras de aguas residuales domésticas se recolectaron en once lugares (Tabla 1, Figura 1), cada una con aproximadamente unos 450 mL. Los sectores escogidos se geo-referenciaron con un equipo GPSMAP 60CSX Garming. En seis de ellos se comprobaron descargas de aguas residuales domésticas, que contactan puntual y directamente con la laguna, resultando



Figura 1. Ubicación de las 11 estaciones correspondientes a las descargas de aguas residuales domésticas. Fuente: Google Earth Maps (fecha de imagen: 19-08-2017). Recuperado el 08-10-2018

Tabla 1. Ubicación (Coordenadas *Universal Transverse Mercator*, U.T.M.) de los lugares de captación de muestras de las descargas de aguas residuales domésticas que impactan en las orillas del cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras.

Nº estación	GPS		Descripción
	Geo-referenciación Este	Norte	
1	379362	1205350	Drenaje pluvial N° 1 (tomando como partida FLASA), frente a escuela y cancha, cercano a tapia.
2	379431	1205397	Drenaje pluvial N° 2 (compuerta metálica oxidada).
3	379551	1205358	Drenaje pluvial N° 3.
4	379702	1205427	Drenaje pluvial N° 4
5	380033	1205473	Drenaje pluvial N° 5.
6	380109	1205506	Tubería de concreto (embaulado), Paseo Esther Gil.
7	380237	1205018	Tubería de concreto (embaulado), Paseo María Guevara, cerca de Alcaldía Tubores.
8	380851	1205594	Desagüe a Laguna de Punta de Piedras, frente a Urb. Perlas de Cubagua, Avda. Juan Btta. Arismendi.
9	380888	1205744	Desagüe, cerca de vivienda de familia Aguado.
10	381094	1206088	Canal desagüe de vivienda, Monte Oscuro, detrás de Navibus, Poste Eléctrico 13083.
11	381242	1205617	Desagüe tubería rota, diagonal Hospital de Punta de Piedras (agua que viene de La Blanquilla hacia Planta de Tratamiento).

por lo tanto fácil de identificar y señalar aquellos sectores del litoral lagunar por donde arriba la contaminación. En la orilla del Paseo Esther Gil se añadió un drenaje de lluvia que no fue evaluado en el estudio del 2003 (Estación 1). En total se constataron cinco drenajes de aguas de lluvia y una boca de la tubería (embaulado) en dicho Paseo (Estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6). También se tomaron muestras en el extremo opuesto de la tubería de embaulado (Estación 7). Este conducto se colocó en el año 1978 para facilitar la entrada y salida (flujo y reflujo) del agua del mar Caribe hacia la ribera de la laguna (Lira 2001) y está protegido por un pequeño espigón al frente de la sede de la alcaldía del municipio Tubores. Igualmente se capturaron muestras en cuatro lugares donde actualmente circulan descargas de aguas residuales domésticas y que no existían cuando se hizo el estudio de 2003 (Estaciones N° 8, 9, 10 y 11).

Fecha de los muestreos. Los muestreos se hicieron en épocas de mareas altas y bajas. La información respectiva sobre las predicciones de las mareas históricas fue suministrada por el personal del Laboratorio de Meteorología de EDIMAR. Se escogieron 2 días: 1 de noviembre de 2016 (época de mareas altas) y 17 de enero de 2017 (época de mareas bajas). En la figura 2 se presentan las predicciones de las alturas horarias de marea (3,5 pies sobre el nivel del mar en noviembre y 0,5 pies en enero), captándose las muestras en los horarios comprendidos entre las 8:00 y 11:30 a.m.

Captación de las muestras. Se hizo según las recomendaciones dadas por COVENIN 2709 (1990) y APHA (1999). Para los análisis microbiológicos se utilizaron botellas plásticas Nalgene previamente esterilizadas durante 30 minutos a 121 °C. En los lugares escogidos, se removió la tapa y se sumergió la botella tomándola desde su base, con la boca hacia abajo, para después girarla de tal forma que la abertura apuntara hacia arriba, empujándola horizontalmente en dirección opuesta a la mano para así minimizar su contaminación (APHA 1999). Cada botella se llenó sin enjuagar hasta unas $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad, tapándola rápidamente y colocándola en una cava con hielo para su traslado hasta el laboratorio. En algunas de las estaciones, y debido al escaso caudal que exhibían los días en que se realizaron los muestreos, se recogieron las muestras casi a nivel superficial; en otras fue necesario utilizar un soporte para que la botella pudiera acceder al lugar donde se deseaba tomar la muestra. La temperatura del agua se midió "*in situ*" con un termómetro de mercurio convencional (0,5 °C de apreciación) (COVENIN 2770 2002).

Trabajo de laboratorio. Las botellas con las muestras para los análisis bacteriológicos se trasladaron al Laboratorio de Microbiología de EDIMAR y se analizaron en un lapso inferior a las seis horas después de su captación. Se determinaron coliformes totales y coliformes fecales según lo indicado

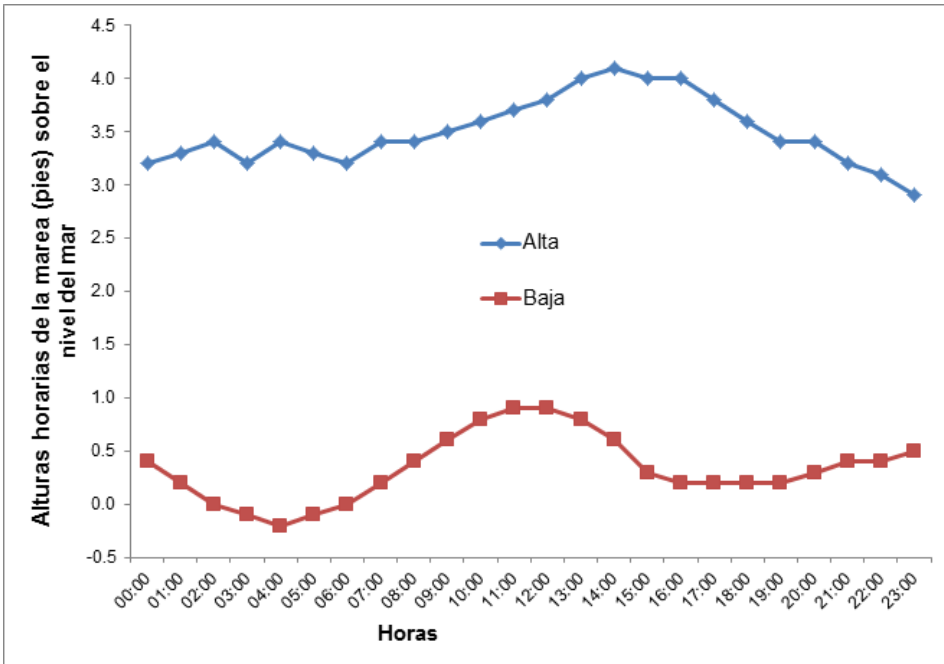


Figura 2. Predicciones de alturas horarias de la marea (en pies) sobre el nivel del mar previstas para la Laguna de Punta de Piedras, día 01-11-2016 (época de mareas altas) y 17-01-2017 (época de mareas bajas).

por APHA (1999), inoculándose series de cinco tubos con 10 mL, 1 mL, 0,1 mL y como en todas ellas se presumió una alta contaminación se añadió la dilución 0,01 mL. El límite de detección fue < 2 NMP/100 mL (número más probable por 100 mL de muestra). Las muestras para los análisis físico-químicos se llevaron al Laboratorio de Oceanografía de EDIMAR y se les determinó la salinidad indirectamente mediante un refractómetro (0,5 ‰ de apreciación) y el pH (COVENIN 2462 2002).

Procesamiento de datos. Para la discusión de los resultados analíticos de estas muestras se utilizó el requisito establecido en el artículo 12 del Decreto 883, Capítulo III, del control de los vertidos líquidos y Sección IV: de las descargas al medio marino-costero (Presidencia de la República 1995), donde se señala que el número más probable de organismos coliformes totales no debe ser mayor de 1.000 por cada 100 mL en el 90% de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso debe superar los 5.000 por cada 100 mL. En cuanto a los valores de pH deben hallarse entre 6,0 y 9,0.

Valoración estadística. Los ensayos estadísticos (promedios, desviación estándar, valores mínimos y máximos) se apoyaron en el Programa Microsoft Excel 97 (sección análisis de datos). Para calcular los coeficientes de correlación de Pearson (r) y verificar la relación que existía entre las

variables investigadas se utilizó Statgraphic™, de Statistical Graphics Systems Corporation, STSC Inc, siendo los niveles de significancia de $p < 0,05$ (*) y $p < 0,01$ (**) según el caso. Para los cálculos matemáticos, se fijó el valor superior al rango de sensibilidad de las pruebas bacterianas como 17.000 cuando el resultado fue > 16.000 NMP/100 mL.

Resultados y discusión

Los resultados de los análisis bacteriológicos y físico-químicos de las muestras captadas tanto en época de mareas altas como en la de mareas bajas se presentan en las tablas 2 y 3. En su totalidad, los correspondientes a la época de mareas altas (noviembre, 2016) excedieron el requisito establecido para las descargas al medio marino costero (no mayor de 1.000 por cada 100 mL y en ningún caso superior a 5.000 por cada 100 mL) y sólo cumplió dicho requisito el correspondiente a la Estación 7 (final tubería de embaulado, en el Paseo María Guevara), cuando la muestra se captó en época de mareas bajas (enero, 2017), corroborando que son de origen residual doméstico los efluentes de los drenajes pluviales ubicados a lo largo del Paseo Esther Gil y los de otras descargas cercanas a las riberas de la laguna.

Las descargas de las estaciones 8, 9, 10 y 11 es primera vez que se evalúan. En el estudio anterior (Iriarte 2007), se examinaron cuatro charcas que no existen en la actualidad, pues se canalizaron las aguas residuales domésticas provenientes de la urbanización La Blanquilla a través de una tubería hasta una planta de tratamiento ubicada en el sector Punta La Garza. Sin embargo, la comunidad residente en la zona manifiesta que esta planta de tratamiento nunca ha funcionado adecuadamente. Por otra parte, esta tubería desde hace unos tres años presenta una fuga (Estación 11) a una distancia menor a 1 Km antes de llegar a la planta de tratamiento, lo que agrava la situación ambiental, pues genera un riachuelo que corre superficialmente por la parte posterior del hospital de Punta de Piedras, llega a una pequeña laguna que atraviesa una canalización bajo la avenida Juan Bautista Arismendi, a la altura del terminal de Conferry y edificio SENIAT, y finalmente desemboca en un extremo del cuerpo principal lagunar (Estación 8). A esta pequeña laguna llegan también las aguas residuales del sistema de alcantarillado correspondiente a la Calle Nueva, sector Barrio de Las Mercedes, zona norte de la Urbanización Perlas de Cubagua.

Esta situación alerta sobre las posibles consecuencias que pueden darse en la Laguna de Punta de Piedras pues descargas contaminantes en espacios ambientales similares han generado efectos deletéreos en el ambiente, en la ecología, al igual que en la salud pública, bien sea por el contacto directo o por contaminar especies de uso doméstico. Igualmente degradan el valor escénico del lugar y constituyen un riesgo para actividades recreativas.

Tabla 2. Número más probable (NMP) sobre 100 mL de coliformes totales, coliformes fecales, salinidad (‰), temperatura (°C) y pH (a 25,0 °C), en muestras de agua captadas en época de mareas altas en las descargas de aguas residuales domésticas que alcanzan la orilla del cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela (Noviembre, 2016).

Número estación	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
1	1.700	1.700	44	29,7	7,45
2	16.000	16.000	40	30,0	7,20
3	> 16.000	> 16.000	40	29,1	7,34
4	> 16.000	> 16.000	42	30,0	7,22
5	> 16.000	> 16.000	42	30,0	7,49
6	> 16.000	16.000	39	30,0	7,14
7	1.600	500	38	30,0	7,20
8	1.700	1.700	47	32,5	8,04
9	> 16.000	> 16.000	2	30,3	7,35
10	> 16.000	> 16.000	2	31,5	8,22
11	> 16.000	> 16.000	1	33,0	7,54

Tabla 3. Número más probable (NMP) sobre 100 mL de coliformes totales, coliformes fecales, salinidad (‰), temperatura (°C) y pH (a 25,0 °C) en muestras de agua captadas en época de mareas bajas en las descargas de aguas residuales domésticas que alcanzan la orilla del cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela (Enero, 2017).

Número estación	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
1	2.400	2.400	31,0	26,0	6,85
2	> 16.000	> 16.000	10,0	26,0	7,40
3	> 16.000	> 16.000	24,0	26,0	7,30
4	> 16.000	> 16.000	28,0	26,0	7,32
5	> 16.000	> 16.000	8,0	27,0	7,65
6	2.400	2.400	37,0	27,0	7,54
7	300	300	37,0	28,0	7,57
8	> 16.000	9.000	15,0	30,0	7,75
9	> 16.000	> 16.000	3,0	31,0	7,64
10	5.000	500	20,0	31,0	7,85
11	> 16.000	> 16.000	4,0	31,0	7,75

Por otra parte, la materia orgánica al descomponerse aeróbicamente ocasiona la reducción de los niveles de oxígeno provocando en estas áreas la muerte de especies dependientes del oxígeno (Vargas-Porras *et al.* 2013), además de quedar inhabilitadas para utilizarlas como zonas de crecimiento y cosecha de moluscos bivalvos.

Los resultados bacteriológicos obtenidos en este estudio no parecen estar influenciados por otras causas, como por ejemplo la lluvia, pues no se reportó lluvia en el lugar en los tres días previos al muestreo correspondiente a noviembre 2016 (época de mareas altas) y solo se produjo un total de 0,2 mm dos días previos al muestreo en la época de mareas bajas (enero, 2017). Registros de la estación meteorológica próxima situada en el campus de Fundación La Salle en Punta de Piedras.

Como información referencial se presentan los resultados de los análisis físico-químicos (Tabla 4). Los mismos están influenciados por el volumen de agua residual que emergía al momento de la captación de las muestras, y también, por la hora de la toma de las mismas. Las cifras más bajas de temperatura en el agua se registraron en las muestras tomadas entre 8:00 a 10:00 a.m. y las más elevadas en las tomadas después de las 10:00 a.m. Los valores fluctuaron de 29,1 a 33 °C en la época de mareas altas y de 26-31 °C en la época de mareas bajas. Por otra parte, los valores de pH cumplieron los referenciales (de 6,0 a 9,0) establecidos en la legislación venezolana, Decreto 883, y que se consideran como no perjudiciales para la vida acuática (Quintero-Rendon *et al.* 2010). Además, los resultados de los análisis físico-químicos también fueron influenciados por la disponibilidad de agua en las viviendas en las cercanías de la laguna. Es un hecho público y notorio que la población neoespartana padece una severa crisis en el suministro del agua potable, bien sea por fallas en el sistema de

Tabla 4. Valores promedios*, desviación estándar y rango (en paréntesis) de los factores físico-químicos determinados en muestras de agua captadas en diferentes descargas de aguas residuales domésticas que arriban a la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela.

Captación de muestras	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (25 °C)
Época de mareas altas	30,66 ± 18,77 (1,0 - 47,0)	30,55 ± 1,23 (29,1 - 33,0)	7,47 ± 0,35 (7,14 - 8,22)
Época de mareas bajas	19,73 ± 12,62 (3,0 - 37,0)	28,09 ± 2,21 (26,0 - 31,0)	7,51 ± 0,28 (6,85 - 7,85)

* Resultados de 11 muestras por cada época.

tuberías que la conducen desde el continente o por las etapas prolongadas de sequía en las zonas donde están localizados los embalses (Estado Sucre). Por este motivo el vital líquido se distribuye una vez cada dos semanas a las poblaciones de la isla y por tanto, las descargas de aguas domésticas hacia la laguna suelen mostrar variaciones temporales.

Las pruebas estadísticas aplicadas a los datos comprendieron matrices de correlación (r de Pearson) entre las diferentes variables evaluadas en las muestras de las descargas residuales domésticas. Cuando el muestreo se realizó en época de mareas altas (Noviembre 2016; Tabla 5), los resultados de coliformes totales y coliformes fecales indicaron una relación positiva altamente significativa ($n = 11$; $r = 0,998$; $p < 0,01$), al igual que los valores de pH con los de la temperatura ($n = 11$; $r = 0,655$; $p < 0,05$). Por otra parte, también se relacionaron las cifras de coliformes totales y coliformes fecales en las muestras de las descargas captadas durante la época de mareas bajas (Enero 2017; Tabla 6) ($n = 11$; $r = 0,939$; $p < 0,01$), además de hallar una relación inversa significativa con la salinidad, siendo la correspondiente a coliformes totales ($n = 11$; $r = - 0,761$; $p < 0,01$) y la de coliformes fecales ($n = 11$; $r = - 0,693$; $p < 0,05$). Con esto se corroboró la influencia de las aguas salinas sobre las bacterias de origen intestinal (Fuentes *et al.* 2009; García *et al.* 2012), debido a que la salinidad produce un efecto inhibitorio sobre la viabilidad de las bacterias coliformes (Rozen y Belkin 2001). Por último, los valores de pH se vincularon significativamente ($n = 11$; $r = 0,764$; $p < 0,01$) con los de la temperatura.

Los resultados analíticos expuestos reafirman que la contaminación reportada a comienzos de siglo 21 continúa en la actualidad y solamente las observaciones visuales suministran múltiples muestras sobre esta situación y hasta pareciera agravarse con el paso del tiempo sumándose a ella otro tipo de contaminantes. Como ejemplo se reportan los siguientes escenarios observados durante la captación de la toma de muestras: Entre noviembre 2016 y enero 2017 montaron una pequeña cochinería muy cerca de la orilla de la laguna, sector Paseo Esther Gil, al igual que se observaron deposiciones humanas en la orilla de ese Paseo; durante el muestreo del mes de enero 2017, se detectaron numerosos desechos de material clínico, en áreas cercanas a la estación N^o 11, procedentes, probablemente, del hospital de Punta de Piedras o de alguno de los laboratorios clínicos que operan en lugares cercanos. Igualmente se detectó que detrás de la urbanización del sector Monte Oscuro, cerca del litoral lagunar, arrojaron escombros con asfalto y que se siguen construyendo rancherías, evidenciando con ello la falta de conciencia que la población manifiesta para preservar el ambiente que la rodea.

Los impactos antropogénicos derivados de las descargas de aguas residuales domésticas y de los asentamientos humanos han derivado en una

Tabla 5. Coeficientes de correlación (r) entre los parámetros evaluados en muestras de aguas residuales domésticas descargadas en la Laguna de Punta de Piedras, captadas en época de mareas altas (Noviembre, 2016; $n = 11$).

	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1,000				
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	<u>0,998*</u>	1,000			
Salinidad (‰)	-0,433	-0,438	1,000		
Temperatura (°C)	-0,087	-0,072	-0,485	1,000	
pH (a 25 °C)	-0,156	-0,128	-0,335	<u>0,655*</u>	1,000

Significancia de los valores r : * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

Tabla 6. Coeficientes de correlación (r) entre los parámetros evaluados en muestras de aguas residuales domésticas descargadas en la Laguna de Punta de Piedras, captadas en época de mareas bajas (Enero, 2017; $n = 11$).

	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1,000				
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	<u>0,939**</u>	1,000			
Salinidad (‰)	<u>-0,761**</u>	<u>-0,693*</u>	1,000		
Temperatura (°C)	0,080	-0,090	-0,501	1,000	
pH (a 25 °C)	0,200	0,034	-0,446	<u>0,764**</u>	1,000

Significancia de los valores r : * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

obvia perturbación al ecosistema, tal como se observa en la zona bajo estudio, por ejemplo, excesiva producción de algas en las orillas, altas concentraciones de materias suspendidas, tanto bióticas como abióticas, al igual que malos olores y presencia de desechos sólidos, reflejando todo ello una degradación ambiental, similar a la reportada en otros lugares por estas mismas causas (El Sayed *et al.* 2011).

Conclusiones.

Los resultados de las pruebas analíticas efectuadas a las descargas de aguas residuales domésticas reafirman que prosigue la contaminación del cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras señalada por Iriarte (2007), ya que la mayoría excedieron el requisito de coliformes totales que la legislación venezolana, Decreto 883, artículo 12, establece para descargas al medio marino costero.

Para revertir esta situación, entre otros aspectos, se debería evaluar a través de un estudio con tintes cada una de las viviendas cercanas al Paseo Esther Gil, con el fin de detectar cuál de ellas tiene conectadas las tuberías de sus aguas residuales a los drenajes de agua de lluvia y una vez determinadas esas viviendas, eliminar dichas conexiones y derivarlas hacia el sistema de cloacas que atraviesa la zona.

Agradecimiento: Especial agradecimiento a: Miguel Salazar, Juan Capelo, Khenia Frontado y José Guaiquirián por su acompañamiento en la captación de muestras. A Jenirée Velásquez y José Monente por sus sugerencias en la discusión del análisis físico-químico y a Yrene Astor por la revisión del *Abstract*. También y especialmente a Ninoskar Figueroa encargada de la logística, captación de muestras y de los análisis microbiológicos y a Jesús Segura por la ejecución de los análisis físico-químicos.

Nota: Esta es la Contribución N° 485 de la Estación de Investigaciones Marinas de Margarita de Fundación La Salle de Ciencias Naturales y pertenece al Proyecto "Propuestas comunitarias para el aprovechamiento sustentable y conservación de los recursos de la Laguna de Punta de Piedras, Estado Nueva Esparta, Venezuela", desarrollado por Fundación La Salle de Ciencias Naturales en alianza con el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMAM), Programa de Pequeñas Donaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Bibliografía

- ACHURY, A. 1995. Calidad sanitaria de las aguas de la laguna de Punta de Piedras durante el período noviembre 1994 – marzo 1995. Tesis de grado, Instituto Universitario de Tecnología del Mar. Fundación La Salle, Campus de Margarita. 36 pp.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) AND WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF). 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Greenberg, A. E.; Clescerl, L.S. y Eaton, A.D. (Eds), New York, U.S.A.

- BONAGURO, A. Y J. M. MARCANO. 1984. Determinación del grado de contaminación de la Laguna de Punta de Piedras (Margarita). Tesis de grado, Instituto Universitario de Tecnología del Mar. Fundación La Salle, Campus de Margarita, Venezuela. 61 pp.
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). Norma Venezolana COVENIN 2709-90. Aguas naturales, industriales y residuales. Procedimientos para el muestreo. Ministerio de Fomento. Publicación de FONDONORMA. Caracas, Venezuela. 18 pp.
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). Norma Venezolana COVENIN 2770-2002. Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de la temperatura (1ª. Revisión). Publicación de FONDONORMA. Caracas, Venezuela. 3 pp.
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). 2002. Norma Venezolana COVENIN 2462:2002. Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de pH (1ª. Revisión). Publicación de FONDONORMA. Caracas, Venezuela. 3 pp.
- EL SAYED, M., A. MARADNY, R. FARAWATI Y Y. SHABAN. 2011. Evaluation of the adequacy of a rehabilitation programme, implemented in two Red Sea coastal lagoons, using the hydrological characteristics of surface water. *Journal of King Abdulaziz University*. 22(2): 69-108.
- FUENTES J. L., R. PATIÑO, P. LÓPEZ Y J. LÓPEZ. 2009. Densidad de bacterias coliformes y su relación con algunas variables físico-químicas en aguas de la Laguna Los Mártires, Isla de Margarita, Venezuela. *Saber*, Universidad de Oriente, Venezuela. 21(2): 126-132.
- GARCIA F, C. PALACIO Y U. GARCÍA. 2012. Calidad del agua en el área costera de Santa Marta (Colombia). *Revista DYNA*, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. 79(173): 85-94.
- IRIARTE, M. 2007. Niveles de bacterias coliformes en las descargas de aguas servidas que desembocan en la laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*. 66 "2006" (166): 81-93.
- LARA-LARA, J. R. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en Capital Natural de México, vol I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio. México. pp. 109-134. www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%201/104_Losecosistemas.pdf. Consulta: 19-01-2017.
- LIRA, C. 2001. Saneamiento y recuperación integral de la Laguna de Punta de Piedras, Municipio José Celedonio Tubores, Estado Nueva Esparta. Diagnóstico realizado con la finalidad de implementar medidas para la conservación de la Laguna. (Informe técnico no publicado, Alcaldía de Tubores), Isla de Margarita, Venezuela.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (M.A.R.N.R.) 2000. Resultados bacteriológicos de las playas y lagunas del Estado Nueva Esparta. Vacaciones Escolares 2000. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección General de Calidad Ambiental. Dirección de Calidad de Aguas. 14 pp.
- NGUTA, M. 1993. Marine pollution and research in the coastal lagoons of Kenya. Disponible en: www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/7152/ktf0148.pdf?sequence=1. Consulta: 20-01-2017.
- QUINTERO-RENDÓN, L., E. AGUDELO, Y. QUINTANA-HERNÁNDEZ, S. CARDONA-GALLO Y A. OSORIO-ARIAS. 2010. Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos. *Gestión y Ambiente*. 13 (3): 51-64.
- REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1995. Decreto de la Presidencia de la República 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021, Extraordinario, del 18-12-1995. Caracas, Venezuela.

- ROZEN, Y. Y S. BELKIN. 2001. Survival of enteric bacteria in seawater. *FEMS Microbiology Reviews*. 25(5): 513-529
- STATISTICAL GRAPHICS SYSTEMS CORPORATION. 1992. User's guide Statgraphics. Version 6.0 U.S.A.: STSC Inc.
- VARGAS-PORRAS, L. (COORDINADORA), Y. SALAS-TOVAR Y Y. MURILLO-HINESTROZA. 2013. Evaluación físico-química y ecológica de aguas costeras en la Bahía de Turbo, como instrumento de análisis de los aportes contaminantes del Caño Waffe, Municipio de Turbo-Antioquía. Colombia. 35 pp.
<http://siatpc.iiap.org.co/docs/avances/>. Consulta: 08-03-2017.
- VOLTOLINA, A. L. Y D. VOLTOLINA. 1976. Observaciones hidrológicas en la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita. I. Septiembre 1965 – Noviembre 1966. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. 36 (104): 117-126.

Recibido: 14 enero 2019

Aceptado: 2 junio 2019

Publicado en línea: 2 agosto 2019

María M. Iriarte

Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita EDIMAR, Punta de Piedras, Isla de Margarita (Venezuela).

maria.iriarte@fundacionlasalle.org.ve