

## Artículo

# Actualización de la presencia de bacterias indicadoras de contaminación antropogénica en las aguas de la Laguna de Punta de Piedras (Isla de Margarita, Venezuela).

María M. Iriarte

**Resumen.** La Laguna de Punta de Piedras está afectada por aguas residuales domésticas y desechos sólidos diversos. Este estudio actualiza información reportada en 2003 sobre bacterias indicadoras de contaminación y otros parámetros físico-químicos en 14 lugares de la laguna en dos periodos, uno de mareas altas (noviembre, 2016) y otro de bajas (febrero, 2017). Se midió la temperatura del agua *in situ* y en el laboratorio la salinidad y el pH. Se determinaron coliformes totales y coliformes fecales utilizando series de cinco tubos. La salinidad varió desde 37<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (entrada lagunar) hasta 41<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (zona central). El pH fluctuó de 7,34 a 7,75 (marea alta) y de 7,75 a 8,00 (marea baja), rangos normales para este tipo de laguna. La temperatura osciló de 26,0 a 30,0 °C (marea alta) y de 25,0 a 29,0 °C (marea baja). Ocho estaciones excedieron los niveles de coliformes totales para aguas destinadas a cría y explotación de moluscos consumidos en crudo en marea alta, y también cinco estaciones en marea baja. Los coliformes fecales de tres estaciones en marea alta y dos estaciones en marea baja, superaron la cifra permitida por la legislación venezolana para aguas de contacto humano total. Los resultados parecen influenciados por la proximidad de drenajes pluviales y no debido a precipitaciones. Se observaron relaciones significativas entre coliformes totales y coliformes fecales, (marea alta ( $r = 0,91$ ;  $p < 0,01$ ) y marea baja ( $r = 0,67$ ;  $p < 0,01$ ), evidenciando contaminación fecal. Los resultados ratifican que la Laguna de Punta de Piedras está afectada por la disposición inadecuada de aguas residuales domésticas.

**Palabras clave:** Laguna costera; parámetros microbiológicos; coliformes totales; coliformes fecales; parámetros físico-químicos.

Update of the presence of indicator bacteria of anthropogenic contamination in the water of lagoon of Punta de Piedras, Margarita Island, Venezuela.

**Abstract.** Coastal littoral lagoon of Punta de Piedras (Margarita Island, Venezuela) is affected by both domestic waste water and solid waste. In this study, information reported in 2003 referring to indicator bacteria and other physico-chemical parameters is updated. For sampling, 14 stations were established in two periods, one of high tides (November, 2016) and another of low tides (February, 2017). Temperature was measured *in situ* while salinity and pH on the laboratory. Total and fecal coliforms were determined using five test tubes. The temperature values fluctuated between 26.0 and 30.0 °C (high tide) and between 25.0 and 29.0 °C (low tide). The salinity oscillated between 37<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (near sea inlet) and 41<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (lagoon body). The pH varied from 7.34 to 7.75 (high tide) and from 7.75 to 8.00 (low tide), normal ranges for this type of lagoon. The analysis performed during high tide showed that eight of the stations exceeded the requirement of total coliforms allowed in waters destined for the culture and exploitation of shellfish for raw consumption and also in five stations during low tide. Besides fecal coliform figures in three samples (high tide) and in two samples (low tide) exceeded the values allowed for waters for total human contact. Results might be influenced by the proximity of stations with storm drains and not due to recent rainfall. Significant relationship was observed between total and fecal coliforms in both samples collected during high ( $r = 0.91$ ;  $p < 0.01$ ) and low tide seasons ( $r = 0.67$ ;  $p < 0.01$ ), showing fecal origin contamination. Data confirmed that this Lagoon is affected by the inadequate discharge of domestic waste water.

**Key words:** Coastal lagoon; microbiological parameters; total coliforms; fecal coliforms; physical-chemical parameters.

## Introducción

Las lagunas costeras y estuarios se encuentran entre los hábitats de mayor productividad y proporcionan lugares para la conservación de diversas especies de flora y fauna, tales como aves, peces e invertebrados, además de ser fuente y transformar los nutrientes que llegan de la superficie terrestre al mar (Jordan *et al.* 1991; Gutiérrez-Mendieta *et al.* 2006; Lara-Lara 2008), por lo que tienen gran influencia sobre ellas los eventos climáticos que se presentan y afectan periódicamente, al igual que las actividades humanas desarrolladas en los alrededores.

Los contaminantes que habitualmente se introducen a estos hábitats, entre ellos microorganismos, suelen provenir de excretas, descargas domésticas, drenajes urbanos y hasta aguas provenientes de sentinas de embarcaciones (Barrera-Escorcia y Wong-Chang 2005). Por tanto, se requieren establecer controles que constaten el impacto de las amenazas que las perjudican, no tanto para medir y registrar la contaminación existente en el lugar, sino más bien para obtener respuestas que ayuden a interpretar los niveles de contaminación registrados en relación a los efectos que pueden incidir sobre la comunidad relacionada. Para estas mediciones comúnmente se utilizan indicadores biológicos asociados a organismos patógenos presentes en las descargas y ajenos a ecosistemas acuáticos.

En la Isla de Margarita, Venezuela se encuentra la Laguna de Punta de Piedras (sistema lagunar El Atolladar) que forma parte del Monumento Natural Las Tetas de María Guevara (República de Venezuela 1974), y desde hace varios años soporta fuertes presiones por las actividades que desarrollan los pobladores que la circundan. El último reporte de investigación conocido corroboró que la laguna estaba contaminada por aguas de origen doméstico y determinó que esa contaminación no se distribuía homogéneamente en el cuerpo de agua (Iriarte 2007); también que la mayor parte de los lugares de entrada de los líquidos contaminantes eran tuberías de aguas servidas empotradas a drenajes de agua de lluvia (Lira 2001).

Desde hace unos quince años, en la orilla sur de la laguna, contigua al Paseo Esther Gil (Figura 1), además de haberse constatado el impacto de aguas residuales domésticas de forma directa a través de drenajes de aguas de lluvia (Iriarte 2019), con descargas al medio marino-costero que exceden el requisito ( $< 1000$  NMP/100 mL) pautado en el Decreto 883 (República de Venezuela 1995), también se observa la acumulación de conchas, principalmente de tripa perla (*Pinctada imbricata*), pepitona o pata de cabra (*Arca zebra*) y del caracol vaquita (*Strombus pugilis*), debido a que pescadores y familiares en esa zona las adecuan (sancochado, desbullado y lavado en la orilla de la laguna) para su posterior comercialización y para ello utilizan agua de la laguna en su preparación (Iriarte 2009).

El presente artículo tiene por objetivo actualizar la data de los principales indicadores de contaminación antropogénica (coliformes totales y coliformes fecales), además de valores de pH, salinidad y temperatura de las aguas del cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras (Isla de Margarita, Venezuela).

## Materiales y métodos

La Laguna de Punta de Piedras está situada entre los 10°54'19" - 10°54'45"N y 64°05'43" - 64°06'30"O, es un cuerpo somero de agua marina hipersalina, cuya formación es por la deriva litoral de sedimentos y consolidada por presencia de manglares (Llano 1987). Como primera actividad se verificaron si los lugares de las estaciones de muestreo asignadas en la laguna en el año 2003 (inicialmente fueron diez), podían seguir utilizándose para actualizar la información microbiológica. Se incluyeron cuatro nuevas estaciones y se geo-referenciaron por medio de un equipo GPSMAP 60CSX Garming.

**Fechas de muestreos:** Los muestreos del agua del cuerpo lagunar principal se hicieron en épocas de marea alta y baja. Para ello se consultaron las predicciones de mareas históricas de los archivos del Laboratorio de Meteorología de EDIMAR y finalmente se escogieron dos días: 19 de octubre de 2016 (época de mareas altas) y 14 de febrero de 2017 (época de mareas bajas). En la figura 2 se presentan las predicciones de las alturas horarias de marea para los días escogidos (4 pies sobre el nivel del mar en octubre y 0,5 pies en febrero). En los dos casos, los horarios de captación de muestras fueron aproximadamente de 8:00 a 11:30 a.m.

**Captación de las muestras:** Se obtuvieron muestras en 14 lugares (Figura 1, Tabla 1), cada una de ellas de aproximadamente 450 mL de agua en envases plásticos Nalgene® pre-esterilizados durante 30 minutos a 121°C y a la presión de 1 kg/cm<sup>2</sup>, que se mantuvieron en frío hasta su traslado al laboratorio en un período menor a las seis horas de su recolección, según las pautas establecidas por COVENIN 2709 (1990) y APHA (1999). Para la recolección se removía la tapa y se introducía cada botella a una profundidad de aproximadamente 20 cm debajo de la superficie del agua, asumiendo que la densidad del agua de aguas servidas es menor (valor promedio de 0,9995) que la de las aguas marinas (valor promedio de 1,0258) y que por ello flotan sobre ellas (Ludwing 1988). Cada botella se cogía por su base y se sumergía con la boca hacia abajo, para después girarla con la finalidad de que la abertura de la botella apuntara hacia arriba. Luego se alejaba horizontalmente en dirección opuesta tanto de la mano como de la corriente, para así minimizar su contaminación (APHA 1999). La botella se llenaba sin enjuagar hasta unas  $\frac{3}{4}$  partes de su capacidad y al sacarse del agua, se tapaba rápidamente y se colocaba en una cava con hielo para su traslado hasta el laboratorio.



Figura 1. Ubicación de las 14 estaciones escogidas para toma de muestras en el cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras. Fuente: Google Earth Maps (fecha de imagen: 18-09-2017). Recuperado el 26-10-2018.

Tabla 1. Ubicación en coordenadas U.T.M (Universal Transverse Mercator), de los lugares de captación de muestras dentro del cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras.

Nº estación	GPS		Descripción
	Geo-referenciación Este	Norte	
1	378546	- 1205669	Canal de entrada a la laguna, frente a caseta de mareógrafo (muelle FLASA).
2	378797	- 1205705	Sector La Boca (curva), diagonal con edificio Servicios Generales.
3	378940	- 1205654	Unos 30 m antes de llegar a la antigua caseta de bomba de agua (Dpto. Cultivos).
4	379083	- 1205716	Al final del canal, antes de llegar al cuerpo principal de la Laguna.
5	379271	- 1205474	Detrás de edificio IUTEMAR-FLASA.
6	379435	- 1205469	Detrás de manglares, antes de primer caño frente a Paseo Esther Gil.
7	379682	- 1205500	Detrás de manglares, Paseo Esther Gil y restos de churuata.
8	379759	- 1205580	Al lado de restos de churuata, antes de entrar al canal.
9	379860	- 1205660	Detrás de manglares, al lado de islote de conchas.
10	380020	- 1205692	Detrás de manglares, entre estaciones tubería de embaulado e islote de conchas.
11	380128	- 1205799	Detrás de manglares (tubería embaulado).
12	379709	- 1205844	Centro del cuerpo principal lagunar.
13	379584	- 1206152	Frente a desbulladero, sector El Toporo.
14	379266	- 1206040	Lado Norte, frente a escuela básica.

La temperatura del agua se midió "*in situ*" con un termómetro de mercurio convencional (0,5 °C de apreciación) (COVENIN 2770 2002). En el Laboratorio de Oceanografía de EDIMAR, se determinó la salinidad indirectamente mediante un refractómetro de 0,5 ‰ de apreciación y el pH se hizo según las recomendaciones estipuladas por COVENIN 2462 (2002), utilizando un pH-metro Hanna, modelo HI-8424

**Análisis de laboratorio:** Las muestras se llevaron al Laboratorio de Microbiología de EDIMAR en un lapso inferior a las seis horas después de su captación, donde se realizaron los ensayos previstos. Se determinaron coliformes totales y coliformes fecales según lo indicado por APHA (1999), inoculándose series de cinco tubos con 10 mL, 1 mL y 0,1 mL. En las muestras de las estaciones N° 7, 8 y 9, por sospecharse alta contaminación debido a su cercanía con drenajes de aguas de lluvia, se incorporó la dilución 0,01 mL. El límite de detección fue < 2 NMP/100 mL (número más probable por 100 mL de muestra).

**Procesamiento de datos:** Después del período de incubación se observaron los tubos (etapas presuntivas y confirmativas) para comprobar si los mismos eran positivos. Al evidenciar su positividad, contabilizando aquellos que presentaran producción de gas y turbidez, se procedió a estimar su concentración a través de la tabla estadística correspondiente, determinando un código de tres cifras con la combinación de tubos positivos y negativos derivados en cada dilución. Con dicho código se leyó directamente la concentración del NMP/100 mL de coliformes totales y coliformes fecales utilizando la tabla recomendada por APHA (1990), con un límite de confianza de 95%.

**Discusión de resultados:** Se hizo comparando los requisitos pautados en el Decreto 883 (República de Venezuela) publicados en Gaceta Oficial N° 5.021 Extraordinario, de fecha 18-12-1995: Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Capítulo II, Artículo 3°, Tipo 3: Aguas marinas destinadas a la cría y explotación de moluscos consumidos en crudo, promedio mensual de coliformes totales menor a 70 NMP/100 mL y hasta el 10% de las muestras puede exceder de 200 NMP/100 mL y Capítulo II, Artículo 3°, Tipo 4: Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia, Sub-tipo 4A: Aguas para el contacto humano total, cuyos límites o rangos máximos son: organismos coliformes totales menores a 1.000 NMP/100 mL y los coliformes fecales menores a 200 NMP/100 mL. Por otra parte, 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 realizaron con el programa Microsoft Excel 97. Los cálculos de los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) y la verificación de la relación existente entre las variables investigadas se

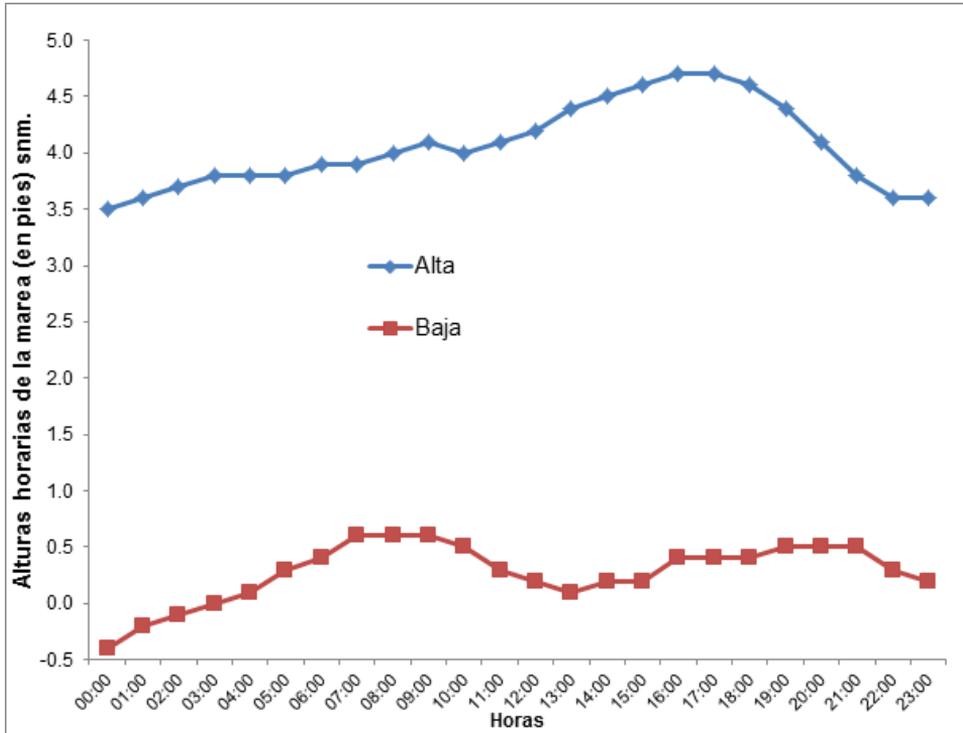


Figura 2. Predicciones de alturas horarias de la marea (en pies) sobre el nivel del mar previstas para la Laguna de Punta de Piedras, día 19-10-2016 y 14-02-2017 en época de mareas altas y mareas bajas respectivamente.

determinaron haciendo uso de Statgraphic™, de Statistical Graphics Systems Corporation, STSC Inc. Los niveles de significancia establecidos fueron de  $p < 0,05$  (\*) y  $p < 0,01$  (\*\*). Para los cálculos matemáticos, los valores inferiores o superiores al rango de sensibilidad de las pruebas de coliformes totales y coliformes fecales se disminuyeron de  $< 2$  a  $1,9$  (NMP/100 mL) y se aumentaron a  $1.700$  cuando el resultado fue de  $> 1.600$  (NMP/100 mL) (NSSP, 2009). Posteriormente se transformaron en logaritmos base 10.

## Resultados y discusión

Respecto a los factores físico-químicos, la tabla 2 presenta los promedios, desviación estándar y rangos de las aguas de la Laguna de Punta de Piedras para las fechas seleccionadas. La salinidad varió entre 37 y 41‰ y las cifras más bajas provinieron de las muestras captadas en el canal de entrada de agua de mar a la laguna al estar influenciadas por el agua marina que recibe. Los valores más altos de salinidad fueron los del cuerpo lagunar, asociados a las pérdidas por evaporación y a que en esos lugares el recambio con agua marina es escaso. En su oportunidad Achury (1995), reseñó valores similares que oscilaron entre 36 y 42‰.

Las cifras de pH tanto en las muestras captadas durante las épocas de mareas altas como en las de mareas bajas cumplieron lo establecido (de 6,0 a 9,0) en el Decreto 883 (República de Venezuela 1995), variando de 7,34 a 7,75 en las correspondientes a mareas altas y de 7,75 a 8,00 en las de mareas bajas. Las mismas se califican como no desfavorables para la vida acuática (Quintero-Rendón *et al.* 2010).

Por lo general, las cifras más bajas de temperatura se observaron en las muestras de agua captadas durante horas tempranas (de 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 26 a 30 °C en la época de mareas altas y de 25 a 29 °C en la época de mareas bajas. Habitualmente el comportamiento de la temperatura en ecosistemas someros responde a la hora y época en que se realiza su medición. También suele afectar la profundidad del lugar. El canal de comunicación de esta laguna con el mar tiene una profundidad máxima de 2,90 metros, mientras que la de su cuerpo principal es de 2,40 metros (Llano 1987). Este parámetro es influenciado tanto por la insolación como el enfriamiento por evaporación (Bamber 2010) y por ello la temperatura de los ambientes estuarinos-costeros presenta fluctuaciones diurnas.

En detalle las tablas 3 y 4 presentan los resultados analíticos, por estación, tanto de los análisis microbiológicos como de los físico-químicos. Los correspondientes a coliformes totales en las muestras de las estaciones N° 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 captadas en época de mareas altas (Tabla 3) excedieron el valor permitido fijado en el Capítulo II artículo 3 (República de Venezuela 1995), Tipo 3: aguas destinadas a la cría y explotación de moluscos consumidos en crudo menor de 70 NMP/100 mL, al igual que las de las estaciones N° 7, 8, 9, 10 y 11 de las muestras tomadas en época de mareas bajas (Tabla 4). Los lugares de captación de esas muestras están próximos a los drenajes de aguas de lluvia y canales por donde se accede a la orilla

Tabla 2. Valores promedios\*, desviación estándar y rango (en paréntesis) de los factores físico-químicos determinados en muestras de agua captadas en diferentes locaciones de la Laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela.

Captación de muestras	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
Época de mareas altas	40,21 ± 1,48 (37,0 - 41,0)	28,32 ± 1,17 (26,0 - 30,0)	7,56 ± 0,131 (7,34 - 7,75)
Época de mareas bajas	40,29 ± 1,14 (37,0 - 41,0)	27,57 ± 0,94 (25,0 - 29,0)	7,89 ± 0,074 (7,75 - 8,00)

\*Resultados de 14 muestras por época.

del Paseo Esther Gil. Varios investigadores han reportado que la contaminación en estas zonas, vinculada al grupo de bacterias coliformes, es superior a la encontrada en otros espacios y además, que según se adentra al centro de la laguna su número va disminuyendo (Bonaguro y Marcano 1984, Achury 1995, Guaregua 1996 e Iriarte 2001 y 2007). Estos drenajes de aguas pluviales continúan impactando adversamente la laguna, y esto se corroboró en el estudio realizado en las mismas épocas que el presente con el fin de actualizar la data existente de las descargas de aguas servidas de origen doméstico (Iriarte 2019), siendo evidente que las cifras elevadas de coliformes están relacionadas con dichas descargas y en ningún caso influidas por precipitación pluvial, ya que tres días previos y durante los mismos días de las tomas de las muestras no se reportó lluvia en la zona de Punta de Piedras y alrededores (Datos de 2016-2017 suministrados por la estación meteorológica en EDIMAR situada en las proximidades de la laguna).

Aún cuando entre las estaciones de muestreo de aguas lagunares y los drenajes pluviales se encuentran zonas de manglares, los efluentes residuales, además de ser fuente de nutrientes que desde la superficie terrestre llegan a la costa (Jordan *et al.* 1991), se dispersan a través de raíces y canales por las corrientes que actúan en la laguna y afectan negativamente el cuerpo principal lagunar. Por tanto, en estos sectores no se aconseja cosechar moluscos bivalvos para consumo humano, ya que representarían un peligro para la salud pública (González *et al.* 2009; Almeida y Soares 2012). Tampoco lo sería utilizar sus aguas en los procesos seguidos para su comercialización, aunque alguna de las etapas conlleve un tratamiento térmico (Huss 1997).

En cuanto a los resultados de coliformes fecales, los de las estaciones N° 7, 8 y 11 en las muestras tomadas durante la época de mareas altas y los de las estaciones N° 8 y 9 durante la época de mareas bajas, superan la cifra permitida para este grupo de bacterias en aguas destinadas a contacto humano total según lo especifica el Decreto 883 (menor de 200 NMP/100 mL), en la clasificación de aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia (República de Venezuela 1995), por que la presencia de coliformes fecales evidencia la incursión de aguas servidas y materia fecal en el ecosistema lagunar. Estudios epidemiológicos han demostrado que las aguas marinas ocasionan a los nadadores cierto riesgo de contraer enfermedades, aún cuando acaten las normativas legislativas (Barrel *et al.* 2000), por ello se considera que es contraproducente utilizar la Laguna de Punta de Piedras como zona recreativa, pues existe la probabilidad de que microorganismos tales como virus, bacterias y protozoarios estén deteriorando su calidad y por tanto, quedando inhabilitadas hasta para paseos en lancha que pudieran involucrar contacto directo con el agua aunque solo fuera ocasionalmente (Barrera-Escorcía *et al.* 2013). Un estudio realizado en cuatro playas de Santander (norte de España) concluyó que un 7,5% de los nadadores asiduos a esos lugares presen-

Tabla 3. Número más probable de coliformes totales, coliformes fecales (NMP/100 mL), salinidad (‰), temperatura (°C) y pH (a 25,0 °C) en muestras de agua captadas el 19 de octubre de 2016 (en época de mareas altas) en el cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela.

Número estación	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
1	23	2	37	28,0	7,66
2	23	2	37	27,0	7,61
3	17	8	40	27,0	7,58
4	130	50	41	26,0	7,66
5	130	80	41	29,0	7,71
6	70	14	41	29,0	7,75
7	900	300	41	27,0	7,71
8	2.500	760	39	29,0	7,44
9	1.200	80	41	29,0	7,54
10	170	6	41	30,0	7,56
11	300	240	41	29,5	7,34
12	130	17	41	28,0	7,47
13	2	< 2	41	29,0	7,40
14	27	9	41	29,0	7,41

Tabla 4 Número más probable de coliformes totales, coliformes fecales (NMP/100 mL), salinidad (‰), temperatura (°C) y pH (a 25,0 °C) en muestras de agua captadas el 14 de febrero de 2017 (época de mareas bajas) en el cuerpo principal de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela.

Número estación	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
1	2	2	37	27,0	7,90
2	8	< 2	40	28,0	7,97
3	4	4	39	27,0	7,83
4	4	2	40	27,0	7,79
5	4	4	41	27,0	7,92
6	11	11	41	28,0	7,90
7	1.700	110	40	28,0	7,98
8	5.000	900	40	28,0	7,81
9	> 1.600	1.600	41	28,0	7,92
10	240	80	41	28,0	7,85
11	110	70	41	28,0	7,75
12	7	2	41	28,0	8,00
13	< 2	< 2	41	29,0	7,93
14	4	< 2	41	25,0	7,89

taron síntomas gastrointestinales, cutáneos y en el tracto superior respiratorio (Prieto *et al.* 2001) y que la totalidad de los síntomas se relacionaron con el número de coliformes totales y coliformes fecales presentes en las aguas de playa.

Cuando se comparan los resultados hallados entre las diferentes estaciones, es patente que los mayores valores de coliformes totales se encuentran en las estaciones más cercanas a los focos de contaminación. Las cifras bajan en aquellas estaciones lejanas, por ejemplo las estaciones N° 1, 2, 3 (próximas a la entrada de agua de mar a la laguna) y las N° 13 y 14 ubicadas en zonas opuestas a los focos contaminantes. Lo mismo sucede con los resultados de coliformes fecales, siendo los valores de éstos inferiores a los de coliformes totales en todas las estaciones. Esta peculiaridad no solo se ha reportado para esta laguna, también en otras zonas estuarias se producen circunstancias similares (Barrera-Escorcía *et al.* 2013). Sin embargo, el hecho de que en algunos sectores las cifras de indicadores eran bajas o incluso negativas, no supondría que estuviesen exentas de contaminación. La presencia de bacterias coliformes en el agua suele interpretarse como una contaminación reciente (Obiri-Danzo y Jones 2000) y en el caso contrario pudiera darse el caso de dispersión de la contaminación, o bien estar acaeciando una inactivación de los coliformes debido a factores de dilución física y a procesos de inactivación biológicos, asociados con factores tales como: bacteriófagos específicos, luz y radiación solar (Noble *et al.* 2004, Deller *et al.* 2006), temperatura (Craig *et al.* 2004), absorción y sedimentación (Montiel *et al.* 1994, Rozen y Belkin 2001), salinidad (Fuentes *et al.* 2009) entre otros. No obstante de que las bacterias entéricas solo subsisten desde unas pocas horas hasta unos cinco días en el agua de mar, los virus entéricos si lo hacen, inclusive hasta por más de 130 días (FDA 1990). Además, coliformes de origen fecal tales como la *Escherichia coli* y otros microorganismos patógenos, tienen una sobrevivencia superior en los sedimentos marinos que en el agua y esto incrementa los riesgos debido a que es posible que se re-suspendan durante las turbulencias naturales o por actividades humanas en esos ambientes (Craig *et al.* 2004).

Además, aguas con cifras relativamente bajas de microbios dañinos pueden generar mariscos con concentraciones capaces de transmitir enfermedades (Salas 2000). Lo que sí se evidencia visualmente es el impacto humano en la orilla del Paseo Esther Gil y otros sectores de la laguna, con reproducción de gran cantidad de algas que ocasionan eutrofización antropogénica y cambios perjudiciales en la calidad del agua y el valor escénico del lugar, situaciones que también se han reportado en otros ambientes similares (Gikas *et al.* 2006).

Otro aspecto que se constató es que los valores de coliformes totales y los de coliformes fecales fueron más altos en las muestras captadas durante

la época de mareas bajas que en la correspondientes a mareas altas. Según Mignani *et al.* (2013), la variación de la marea influye concretamente en la contaminación de las aguas de estuarios, debido a que durante las mareas altas el agua de mar actúa como una barrera para los cursos de agua contaminados, mientras que en épocas de mareas bajas las aguas superficiales drenan hacia el mar o zonas costeras.

La relación estadística ( $r$  de Pearson) entre las variables estudiadas en el agua de la Laguna de Punta de Piedras se presenta en las matrices de correlación (Tablas 5 y 6). Entre las muestras de agua de la laguna, captadas tanto en época de mareas altas (octubre, 2016) como en las provenientes de la época de mareas bajas (febrero, 2017), se encontró que existía una relación significativa ( $n = 14$ ;  $p < 0,01$ ) entre el número de coliformes totales y los coliformes fecales. En el primer caso ( $r = 0,91$ ) (correlación positiva muy alta) y ( $r = 0,67$ ) en el segundo caso (correlación positiva moderada), probando con ello la contaminación de origen fecal que está recibiendo el cuerpo lagunar.

Por otra parte, aún cuando está establecido que la salinidad inhibe a los microorganismos entéricos (Gómez-Velásquez *et al.* 2008, García *et al.* 2012) con los datos de las muestras evaluadas en el presente estudio sólo se determinó una correlación negativa muy baja ( $n = 14$ ;  $p < 0,01$ ) entre la salinidad y los coliformes totales, siendo  $r = - 0,06$  en época de mareas altas y de  $r = - 0,02$  en época de mareas bajas. De igual forma se presenta entre las variables coliformes fecales y salinidad ( $n = 14$ ;  $p < 0,01$ ), hallándose para la época de mareas altas un valor  $r = - 0,08$  y para la de mareas bajas  $r = 0,14$ ; manifestando en este último caso una correlación positiva muy baja.

Por último, entre las cantidades de los indicadores bacterianos bajo estudio y las cifras correspondientes al pH se dio una relación negativa muy baja y con las de temperatura una relación positiva igualmente baja (Tablas 5 y 6).

### Conclusiones.

Los resultados analíticos, en particular los bacteriológicos, señalan que la Laguna de Punta de Piedras no debe utilizarse como zona de crecimiento y cosecha de moluscos bivalvos y tampoco emplear sus aguas en las etapas de preparación que conllevan la comercialización de estos productos marinos. De igual forma, y debido a que existe la probabilidad de que en ella se encuentren microorganismos tales como virus, bacterias y protozoarios, no es recomendable disfrutarla como zona recreativa, ni tan siquiera para paseos en lancha que involucren esporádicamente un contacto directo con el agua.

Tabla 5. Coeficientes de correlación ( $r$ ) entre los parámetros evaluados en muestras de agua de la Laguna de Punta de Piedras, captadas en época de mareas altas (Octubre, 2016) ( $n = 14$ ).

	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1,00				
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	<u>0,91</u> **	1,00			
Salinidad (‰)	-0,06	-0,08	1,00		
Temperatura (°C)	0,16	0,13	0,29	1,00	
pH (a 25 °C)	-0,19	-0,24	-0,15	-0,43	1,00

Significancia de los valores  $r$ : \*\* ( $P < 0,01$ ).Tabla 6. Coeficientes de correlación ( $r$ ) entre los parámetros evaluados en muestras de agua de la Laguna de Punta de Piedras, captadas en época de mareas bajas (Febrero, 2017) ( $n = 14$ ).

	Coliformes totales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH (a 25 °C)
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1,00				
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	<u>0,67</u> **	1,00			
Salinidad (‰)	-0,02	0,14	1,00		
Temperatura (°C)	0,22	0,21	0,20	1,00	
pH (a 25 °C)	-0,15	-0,05	0,07	0,17	1,00

Significancia de los valores  $r$ : \*\* ( $P < 0,01$ ).

**Agradecimiento:** Especial reconocimiento a: Ninoskar Figueroa encargada de la logística, captación de muestras y de los análisis microbiológicos y a Jesús Manuel Segura por la ejecución de los análisis físico-químicos. También a: Andy Vargas, Giovanni Salazar, José J. Narváez, Juan Capelo, Khenia Frontado y José Guaiquirián por su acompañamiento y colaboración durante la captación de muestras. A Maite Loperena-Barber por la revisión del *Abstract*.

**Nota:** Esta es la Contribución N° 487 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 Programa de Pequeñas Donaciones (PPD), Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), implementado por el Programa 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.
- ALMEIDA, C. Y F. SOARES. 2012. Microbiological monitoring of bivalves from the Ria Formosa Lagoon (south coast of Portugal): a 20 years of sanitary survey. *Marine Pollution Bulletin*. 64(2): 252–62.
- 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. 20<sup>th</sup> ed. Greenberg, A. E.; Clescerl L.S. y Eaton A.D. (Eds), New York, U.S.A.
- BAMBER, R. N. 2010. Coastal saline lagoons and the water framework directive. Natural England Commissioned Reports, number 039.  
Disponible en: [www.publications.naturalengland.org.uk/publication/44008.pdf](http://www.publications.naturalengland.org.uk/publication/44008.pdf).  
Consulta: 19-01-2017
- BARREL, R. A. E.; P.R. HUNTER Y G. NICHOLS. 2000. Microbiological standard for water and their relationship to health risk. *Communicable Disease and Public Health*. 3(1):8-13.
- BARRERA-ESCORCIA G. E I. WONG-CHANG. 2005. Contaminación por microorganismos en zonas costeras. 475-486 p. En: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (eds). Golfo de México Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias, 2da ed. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- BARRERA-ESCORCIA, G.; C. L. FERNÁNDEZ-RENDÓN; I. WONG-CHANG Y P. RAMÍREZ-ROMERO. 2013. La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México. *Hidrobiológica*. 23(1):87-96.
- 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). 2002. NORMA VENEZOLANA COVENIN 2462:2002. Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de pH (1<sup>a</sup>. Revisión). Publicación de FONDONORMA. Caracas, Venezuela. 3 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.
- CRAIG, D. L., H. J. FALLOWFIELD Y N. J. CROMAR. 2004. Use of microcosms to determine persistence of *Escherichia coli* in recreational coastal water and sediment and validation with *in situ* measurements. *Journal of Applied Microbiology*. 96(5): 922-930.
- DELLER, S., F. MASCHER, S. PLATZER, F.F. REINTHALER Y E. MARTH. 2006. Effect of solar radiation on survival of indicator bacteria in bathing waters. *Central European Journal of Public Health*. 14(3): 133-137.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). 1990. Sanitation of Shellfish Growing Areas. National Shellfish Sanitation Program. Manual of Operations. Part I. U.S. Dept. of Health and Human Services. Public Health Service. Food and Drug Administration, Washington, D.C. U.S.A.
- 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.
- GIKAS, G.D., T. YIANNAKOPOULOU Y V. A. TSIHRINTZIS. 2006. Water quality trends in a coastal lagoon impacted by non-point source pollution after implementation of protective measures. *Hydrobiologia*. 563(1): 385-406.
- GÓMEZ-VELÁSQUEZ, F. A., N. J. AGUIRRE-RAMÍREZ, J. BETANCUR-URHÁN Y M. TOROBOTERO. 2008. Distribución de dos indicadores bacterianos de calidad de agua en el golfo de Urabá (Caribe Colombiano). *Gestión y Ambiente*. 11(3): 87-96.
- GONZÁLEZ, M., C. GRAU, L. B. VILLALOBOS, H. GIL Y A. VÁSQUEZ-SUÁREZ. 2009. Calidad microbiológica de la ostra *Crassostrea rhizophore* y aguas de extracción, Edo. Sucre, Venezuela. *Revista Científica FCU-LUZ*. 19(6): 659-666.
- GUAREGUA, R.C. 1996. Comparación de dos métodos (NMP tradicional y A-1) en la determinación de coliformes fecales en agua de la Laguna de Punta de Piedras. Tesis de grado, Instituto Universitario de Tecnología del Mar. Fundación La Salle, Campus de Margarita. 24 pp.
- GUTIÉRREZ-MENDIETA, F. J., F. VARONA-CORDERO Y F. CONTRERAS-ESPINOZA. 2006. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. *Hidrobiológica*. 16(2): 137-146.
- HUSS, H.H. 1997. Aseguramiento de la calidad de los productos pesqueros. Documento Técnico de Pesca 334. Roma, FAO.
- IRIARTE, M. M. 2001. Indicadores microbiológicos de calidad sanitaria en el litoral de la Isla de Margarita (período 1990-2000). Informe Técnico EDIMAR. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Margarita. 135 pp.
- IRIARTE, M. 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.
- IRIARTE, M. M. 2009. La higiene en la comercialización de moluscos desbullados en el estado Nueva Esparta, Venezuela, período 1992 - 2007. *Revista del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel"*. 40(2): 21-35.
- IRIARTE, M. M. 2019. Indicadores de calidad del agua residual doméstica descargada en la franja litoral de la laguna de Punta de Piedras (Isla de Margarita, Venezuela). *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*. 77(185): 51-63.

- JORDAN T. E., D. L. CORRELL, J. MIKLAS Y D. E. WELLER. 1991. Nutrients and chlorophyll at the interface of a watershed and a estuary. *Limnology and Oceanography*. 36(2): 251-267.
- LARA-LARA, JR. Y NATIONAL SHELLFISH SANITATION PROGRAM (NSSP). 2009. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en "Capital natural de México", vol I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio. México. 2008; pp. 109-134. [www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%201/104\\_Losecosistemascos.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%201/104_Losecosistemascos.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.
- LLANO, M. 1987. Dinámica sedimentaria de la Laguna de Punta de Piedras. I: Época de mareas mínimas. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. 47(127-128):37-75.
- LUDWIG, R. 1988. Evaluación del impacto ambiental, ubicación y diseño de emisarios submarinos: informe N<sup>o</sup>. 43 de MARC. Traducido por H. Salas. CEPIS, Lima, Perú.
- MIGNANI, L., E. BARBIERI, H.L. DE ALMEIDA-MARQUES Y A. J. FERNANDEZ-CARDOSO DE OLIVEIRA. 2013. Coliform density in oyster culture waters and its relationship with environmental factors. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 48(8): 833-840.
- MONTIEL, M., O. CASTEJÓN Y J.L. ZAMBRANO. 1994. Comparación de indicadores de contaminación microbiológica en muestras de agua y sedimentos. Presentado en las XXII Jornadas Venezolanas de Microbiología. Mérida, Venezuela, noviembre 3-6.
- NOBLE, R.T., I. M. LEE Y K. C. SCHIFF. 2004. Inactivation of indicator micro-organisms from various sources of faecal contamination in seawater and freshwater. *Journal of Applied Microbiology*. 96(3): 464-472.
- NSSP (NATIONAL SHELLFISH SANITATION PROGRAM). 2009 REVISION. CHAPTER 2. GROWING AREAS. 07. Systematic random sampling monitoring strategy. En: Guide for the control of molluscan shellfish. Washington, D.C., U.S.A.: Food and Drug Administration. [http://www.issc.org/Data/Sites/1/media/2009\\_nssp\\_guide/2009](http://www.issc.org/Data/Sites/1/media/2009_nssp_guide/2009). (Consulta 10-04-2017).
- OBIRI-DANZO, K. Y K. JONES. 2000. Intertidal sediments as reservoirs for hippurate negative *Campylobacters*, *Salmonellae* and faecal indicators in three EU recognized bathing waters in North West England. *Water Research*. 34: 519-527.
- PRIETO, M. D., B. LÓPEZ, J. A. JUANES; J. A. REVILLA; J. LLORCA Y M. DELGADO-RODRÍGUEZ. 2001. Recreation in coastal waters: health risks associated with bathing in sea water. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 55: 442-447.
- QUINTERO-RENDÓN, L. Z., E. A. AGUDELO, Y. A. QUINTANA-HERNÁNDEZ, S. A. CARDONAGALLO Y A. F. 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. 1974. Decreto de la Presidencia de la República 1.634. Declaración de Las Tetras de María Guevara y áreas adyacentes como Monumento Natural. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N<sup>o</sup> 30.342, del 2-03-1974. Caracas, Venezuela.
- 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<sup>o</sup> 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.
- SALAS, H. J. 2000. Historia y aplicación de normas microbiológicas de calidad de agua en el medio marino. Hojas de Divulgación Técnica del CEPIS. 29. 1985. Versión actualizada 2000. División de Salud y Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. 25

- pp. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaca/e/fulltext/historia/historia.pdf>. Consulta: 10-04-2017.
- STATISTICAL GRAPHICS SYSTEMS CORPORATION. User's guide Statgraphics. Version 6.0 U.S.A.: STSC Inc., 1992.
- WONG-CHANG I. Y G. BARRERA-ESCORCIA. 2005. Contaminación en la zona costero-marina: implicaciones ecológicas. 505-514 p. En: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias, 2da ed. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.

Recibido: 28 julio 2019

Aceptado: 24 octubre 2019

Publicado en línea: 25 noviembre 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](mailto:maria.iriarte@fundacionlasalle.org.ve)