

# Fuentes de contaminación bacteriana en la laguna Setúbal (Santa Fe). Factores influyentes

Huerta, Teresa(\*\*); Lerman de Abramovich, Beatriz (\*); Carrera, Elena (\*)

(\*) Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (U.N.L.). (\*\*) Facultad de Formación Docente en Ciencias (U.N.L.). Ciudad Universitaria, C.C. 242. (3000) Santa Fe- Argentina.

Lerman de Abramovich, Beatriz: Dirección postal : Corrientes 2682 (3000) Santa Fe, Argentina . Tel.Fax: (0342)-459 2830

**RESUMEN:** Al este de la ciudad de Santa Fe se halla ubicada la laguna Setúbal, la cual, dada sus condiciones naturales, constituye un importante sitio de recreación. El objetivo de nuestro trabajo fue identificar y evaluar la contaminación bacteriana producida por conductos pluviales que vuelcan sus efluentes en la margen derecha de la misma. Se hallaron elevados niveles de concentración de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, tanto en las muestras de las bocas de conducto como en el agua de la costa adyacente a ellos. Los altos valores de este último indicador bacteriano de origen fecal, estarían documentando la presencia de conexiones cloacales clandestinas. Aún bajo condiciones de crecientes anormalmente elevadas, la diferencia de contaminación bacteriana entre la margen derecha y una estación de muestreo de la margen izquierda tomada como referencia, fue altamente significativa. Se concluye que las fuentes contaminantes producen un deterioro de la calidad de las aguas de la laguna, y perjudica su uso para los fines mencionados.

**SUMMARY: SOURCES OF BACTERIAL CONTAMINATION OF THE SETÚBAL LAGOON (SANTA FE, ARGENTINA). INFLUENTIAL FACTORS.** Huerta, Teresa(\*\*); Lerman de Abramovich, Beatriz (\*); Carrera, Elena (\*). The Setúbal Lagoon is located in the east of Santa Fe City. It is an important and popular recreational resort because of its natural conditions.

The goal of our work was to identify and evaluate the bacterial contamination produced by the fluvial ducts, which overturn their effluents on the right margin of the lagoon.

High concentration levels of total coliforms, thermotolerant coliforms and *E. coli* were found in the samples taken from both the outlets of the ducts and the coast water next to them. The high values of this last bacterial index of fecal origin might be showing the presence of illegal sewage connections.

Even under abnormally high flood conditions, the difference in bacterial contamination between the right margin and a reference sampling station on the left margin was highly significant.

We finally conclude that the contaminant sources produce a deterioration of the lagoon water quality damaging its use for recreational activities.

## Introducción

Dentro del agrupamiento hidrogeológico que integra el valle aluvial del río Paraná, se localiza un complejo de lagunas y cauces secundarios, siendo la laguna Setúbal o Guadalupe un importante elemento, sobre cuya margen derecha se asienta la ciudad de Santa Fe.

Este complejo, llamado Sistema Setúbal, está integrado por la citada laguna, continuando al norte con la Laguna Leyes o Santo Domingo y la de San Pedro o Capón (1). Las descargas del sistema por conducto de Canal de Derivación Norte se vuelcan a la zona del puerto de Santa Fe, y vuelven a conectarse con el Paraná por el riacho Santa Fe y el Canal de Acceso.

La laguna Setúbal es la más extensa de las tres, está orientada en dirección NE-SO abarcando una superficie de 92 Km<sup>2</sup> y limitando al oeste con la avenida costanera de la ciudad capital. Se encuentra delimitada por los paralelos 31° 20' y 31° 37'

de latitud Sur y los meridianos 60° 20' y 60° 40' de longitud Oeste (2).

La falta de límites precisos en su parte oriental extiende significativamente en crecientes su espejo de agua, prolongándose a zonas adyacentes y formando extensos bañados. El bajo porcentaje salino permite incluirla entre las lagunas hipohalinas y oligohalinas. Los depósitos de la cuenca en sus características granulométricas van de la arcilla-limosa a la arena (3).

Su privilegiada ubicación y sus condiciones naturales, posibilitan su uso como sitio de recreación para el importante ejido urbano que la circunda y para poblaciones adyacentes.

Además, se debe destacar, que aguas abajo, en la margen derecha del canal de Derivación Norte, sección de descarga de la laguna, se halla ubicada una de las dos tomas de agua potable para la ciudad de Santa Fe.

A la margen derecha, llegan varios colectores pluviales de la zona norte de dicha ciudad, vertien-

do sus líquidos directamente a este cuerpo de agua.

En muestreos realizados en los balnearios de la laguna, la Dirección General de Saneamiento y Ecología del Ministerio de Salud y Medio Ambiente de la provincia de Santa Fe (D.G.S.yE), halló en varias ocasiones elevados niveles de contaminación bacteriana, que invalidaron su habilitación durante algunas temporadas estivales. En un trabajo anterior (4), se destacaron las altas concentraciones de bacterias halladas en estas playas que superaron los límites establecidos para ese uso por la Organización Panamericana de la Salud (5): Número Más Probable de Coliformes termotolerantes/100 ml de agua < 1000 (NMP/100 ml).

El objetivo de este estudio, fue evaluar los focos de potencial contaminación bacteriana de este espejo de agua que podrían perjudicar su uso para diversos fines y que son depreciadores de su calidad en general, tomando en cuenta la importancia que tiene para la zona. Para nuestra investigación, se consideró, además, la influencia de las distintas condiciones hidrológicas y climáticas a través de un lapso de tiempo prefijado.

Existen estudios relativos a brotes de

gastroenteritis asociados al agua utilizada para recreación (6). Además, numerosas investigaciones han relacionado la calidad microbiológica de la fuente proveedora de agua para su posterior potabilización, con la potencialidad de transmisión de enfermedades de origen hídrico (7-10).

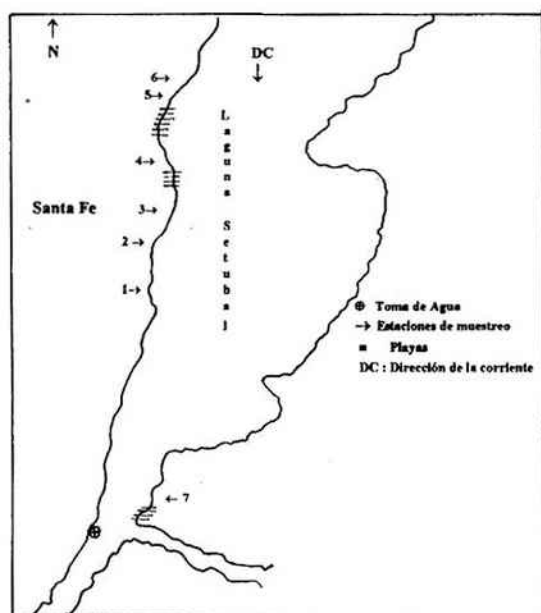
Asimismo se recomienda la identificación de los focos de contaminación a los efectos de tomar las medidas correctivas necesarias para la protección de los recursos hídricos (11, 12).

## Materiales y Métodos

La investigación *in situ*, demostró la presencia de colectores pluviales que tienen volcamiento directo en la margen derecha o costa oeste de la laguna. Se fijaron seis estaciones de muestreo, siguiendo una orientación Sur-Norte, teniendo en cuenta la ubicación de los conductos principales y las costas de la laguna correspondientes (Gráfico N° 1)

Estaciones de Muestreo: N° 1: a la altura de la calle Salvador del Carril; N° 2: a la altura de la calle

**Gráfico 1.** Laguna Setúbal. Ubicación de estaciones de muestreo, zonas de playas y toma de agua potable



Ricardo Aldao; N° 3: a la altura de la calle Juan Pablo López; N° 4: a la altura de la calle Boneo; N° 5: a la altura de la calle Padre Genesio; N° 6: a la altura de la calle Javier de la Rosa.

Además en la margen izquierda de la Laguna, aguas arriba de una playa habilitada como balneario, se seleccionó una estación de muestreo de referencia (N° 7). Los antecedentes de análisis y la investigación *in situ*, no demostraron la existencia de focos de contaminación.

Las seis primeras estaciones de muestreos se fijaron teniendo en cuenta la factibilidad de realizar: muestreos en boca de conducto; muestreos costeros ubicados aguas abajo (2-3 m) del conducto, y aproximadamente dos metros hacia el interior de la laguna y muestreos internos, realizados con embarcación, aproximadamente a una distancia del conducto de 40-50 metros hacia el interior de la misma.

La toma y conservación de muestras al igual que su análisis fueron realizados de acuerdo a las técnicas normalizadas del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (13).

Las muestras se tomaron a una profundidad aproximada de 0,30 m por debajo de la superficie del agua.

El período de estudio abarcó 10 meses (desde abril de 1997 hasta febrero de 1998); analizándose un total de 81 muestras de agua. La frecuencia de las tomas fue semanal en el período estival y mensual en el resto del año. Se realizaron en forma manual, con envases plásticos estériles para el examen bacteriológico; y cuando la altura del río fue muy elevada, se hizo necesario el empleo de una varilla de 1,20 m de longitud que sostenía el recipiente, para poder acceder a la boca del conducto.

El nivel hidrométrico fue suministrado por la Prefectura Naval Argentina (Delegación Santa Fe).

El tiempo transcurrido desde la toma de las muestras hasta su procesamiento en el laboratorio no superó las 6 horas, realizándose por lo general inmediatamente después de su recolección.

### **Análisis fisicoquímicos del agua**

**Temperatura:** Se registraron en campo por medio de un termómetro Celcius de mercurio.

**pH:** Se empleó papel indicador para la medición en campo, corroborándose luego en laborato-

rio con el uso de pHmetro (método potenciométrico).

### **Análisis bacteriológicos del agua**

Se utilizó como indicadores de contaminación al grupo coliforme. Este comprende a los coliformes totales (CT), los coliformes termotolerantes (CTt) (anteriormente denominados fecales) y *Escherichia coli* (*Ec*). Aunque no existe ningún organismo que se ajuste a todos los criterios del indicador fecal ideal, este último responde a muchos de ellos, como también, en menor grado, los coliformes termotolerantes (14,15).

Se empleó la técnica de fermentación en tubos múltiples, expresándose los resultados en NMP/100 ml.

Se utilizaron medios líquidos (caldo lauril sulfato y confirmación en caldo lactosa bilis verde brillante) para los coliformes totales y caldo E.C. para coliformes termotolerantes. La detección de *Escherichia coli* se realizó mediante el empleo del caldo de lauril sulfato con agregado de MUG (4-metil umbeliferil- $\beta$ -D- glucurónido), manifestándose su presencia en los tubos con distintas diluciones, por medio de fluorescencia a la lámpara U.V.

### **Análisis estadístico**

Se realizó el análisis descriptivo correspondiente a cada variable. Dada la dispersión de los datos obtenidos en la medición de la concentración media de bacterias detectada en los análisis bacteriológicos, se utilizó como medida de tendencia central para describir la concentración de las mismas en cada punto de muestreo, la mediana, y se indicó el valor mínimo y máximo como una medida de dispersión (16).

La distribución de microorganismos en un medio cualquiera, el agua en este caso, responde a las características de un proceso del tipo Poisson; por ello se realizó el test de ajuste correspondiente (17). Para determinar la normalidad de las variables medidas se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov de bondad de ajuste, que compara los datos muestrales obtenidos con las frecuencias acumuladas de la distribución normal y se informa el valor p asociado al estadístico Z de la prueba (18, 19). Se aplicó en cada caso la transformación adecuada para lograr la normalización de la variable correspondiente.

La falta de ajuste a la distribución normal de los datos obtenidos en las diferentes mediciones, hizo que en el análisis estadístico se privilegie la utilización de métodos no paramétricos o de distribución libre, para estimar diferencias entre dos o más conjuntos de datos. Por ello para la comparación de dos muestras se utilizó el test de la U de Mann-Whitney, también llamado de la suma de los rangos de Wilcoxon. Para la comparación de más de dos muestras se empleó el test de Kruskal-Wallis (20).

A continuación se aplicó el test basado en las medianas (18, 21) y por último el test paramétrico correspondiente. El grado de asociación entre las distintas variables estudiadas fue estimado mediante el coeficiente de correlación de Spearman (18, 19). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software SPSS, versión 7.5 para Windows.

## Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos que se realizaron en los muestreos de costa de la laguna y bocas de conducto se indican en las Tablas 1 y 2.

Las concentraciones de bacterias indicadoras en los muestreos interiores, una vez recogidas ocho muestras de agua, demostraron bajos índices de contaminación aún con niveles hidrométricos variables, hallándose un máximo de 43/100 ml de *Escherichia coli* y 93/100ml de coliformes termotolerantes. Por ello, se decidió suspender el muestreo. Las crecientes inusuales de los años 1997-1998 del sistema hídrico estudiado, avalaron tal determinación.

### Muestreos del agua de la costa

La concentración media de bacterias en la margen derecha de la laguna presentó las siguientes variaciones: desde un mínimo de  $4,3 \cdot 10^3$  hasta un máximo de  $1,1 \cdot 10^6$  /100 ml para CT.

La concentración media de CTt varió desde un mínimo de  $1,5 \cdot 10^2$  hasta un máximo de  $1,1 \cdot 10^6$  /100ml. Mientras que en el caso de *Ec*, el mínimo se registró con un valor de 7 hasta un máximo de  $4,6 \cdot 10^5$  /100ml.

El test de Kolmogorov-Smirnov arrojó resultados negativos para el conjunto ( $n = 36$ ) de los va-

lores de las determinaciones de CT, CTt y *Ec* realizadas en la margen derecha de la laguna. Al aplicar la transformación logarítmica, se observa un fuerte ajuste log-normal. Por esta razón se emplea la media geométrica para estimar la concentración media de bacterias (Tabla 1).

Comparada la concentración media de todas las mediciones de la costa oeste con las de la estación seleccionada como control, se establece que las diferencias son significativas: en los CT ( $p = 0,0002$ ), en los CTt ( $p = 0,001$ ) y en *Ec* ( $p = 0,0036$ ).

Este resultado nos llevó a la necesidad de evaluar la contaminación bacteriana de los desagües pluviales que descargan sus efluentes en la laguna.

Para estos muestreos de la costa de la laguna, no se evidenció un buen ajuste a la normal de las variables nivel hidrométrico ( $p = 0,0168$ ), pH ( $p = 0,0000$ ) y temperatura ( $p = 0,0243$ ). Tampoco se evidenció este ajuste en las correspondientes variables transformadas mediante la raíz cuadrada de  $x$  o  $\log x$ . Se informa así el mínimo, máximo y mediana de sus valores (Tabla 3).

Las muestras se obtuvieron para niveles hidrométricos sumamente variables, registrándose un mínimo de 2,97 m hasta un máximo de 4,68 m, momento a partir del cual debieron suspenderse los muestreos costeros, debido a que el nivel de agua cubrió el perfil de la costa y se hallaba en contacto directo con la boca del conducto.

Las variaciones en las concentraciones de CT, CTt y *Ec* están significativamente asociadas entre sí. No así con las otras variables estudiadas, entre ellas el nivel hidrométrico (Tabla 5).

### Muestreos en bocas de conducto

En los resultados obtenidos para la concentración media de las bacterias en las bocas de los conductos de cada estación de muestreo, puede observarse una gran dispersión de los resultados. Desde un mínimo de  $4,3 \cdot 10^2$  de CT, 93 de CTt y 43 de *Ec*, hasta un máximo de  $1,1 \cdot 10^7$  /100ml para las dos primeras. El máximo valor de concentración media de *Ec* fue de  $2,4 \cdot 10^5$  /100 ml (Tabla 2).

Dado el ajuste log normal del NMP de coliformes y *E.coli*, se consideró la media geométrica una medida adecuada para informar las concentraciones de bacterias. Los valores de niveles hidrométricos, pH y temperatura se consignan

en la Tabla 4.

Las estaciones de muestreo evidenciaron niveles de contaminación casi similares, ya que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de CT ( $p = 0,6361$ ), CTt ( $p = 0,386$ ) y *Ec* ( $p = 0,2876$ ) entre las bocas de conducto de todas ellas.

Las variaciones de *Ec* estuvieron asociadas significativamente a CT y CTt. Los tres tipos de bacterias evidenciaron una fuerte correlación inversa de su concentración con respecto al nivel hidrométrico (Tabla 6). Para corroborar esta relación inversa se analizaron los resultados de concentración media de bacterias para alturas de las aguas superiores e inferiores a los 5 metros. Se observaron diferencias altamente significativas en la concentración de CTt y *Ec* ( $p = 0,001$  y  $p < 10^{-3}$  respectivamente).

La concentración de CTt y *Ec* fue notoriamente más baja en los períodos de aguas altas. El valor más bajo de *Ec* de 43/100 ml, se obtuvo con un nivel hidrométrico de 5,76 metros. Esto permitió inferir la existencia de un efecto de dilución que se debía al hecho de quedar los conductos completamente cubiertos por el agua de la laguna, de modo que sus efluentes permanecían integrados a la misma.

#### Comparación de la contaminación entre los conductos y las costas

No fue posible realizar un estudio pareado de costa con conducto, como había sido proyectado, dado que a causa del inusual aumento del nivel de la laguna resultaba imposible a partir de los 4,68 metros, obtener muestras del agua de la costa como ya se señaló; sólo pudieron realizarse muestreos de boca de conducto. Para subsanar este inconveniente se realizó una comparación de los niveles de contaminación de la totalidad de las muestras obtenidas de las bocas de cada conducto con las costas correspondientes, observándose en todos los casos que no existen diferencias significativas ( $p = 0,468$  para CT;  $p = 0,158$  para CTt y  $p = 0,468$  para *Ec*); no obstante que las medias geométricas de las concentraciones bacterianas en la costa resultaron en algunos casos superiores a la de los conductos correspondientes. Por lo tanto se pueden considerar a los conductos como fuentes puntuales de contaminación de la laguna aún con el

efecto de dilución señalado.

Otros factores que podrían contribuir a la elevada concentración de bacterias detectada en la costa, podrían ser: descarga de líquidos de efluentes cloacales de las casas particulares, restaurantes y otros asentamientos aledaños a la laguna, así como al escurrimiento de napas contaminadas por pozos negros.

#### Conclusiones

La margen derecha de la laguna Setúbal, donde se vierten líquidos provenientes de conductos pluviales, presenta elevados niveles de contaminación bacteriana.

Estos son significativamente más bajos en la margen opuesta libre de focos de polución.

La alta concentración de bacterias detectada en el agua de la boca de los conductos, no tiene diferencia estadísticamente significativa con las del agua del punto de muestreo de la costa correspondiente a cada uno de ellos, lo cual permitiría inferir que los desagües pluviales constituyen fuentes de contaminación puntuales de la laguna.

Las elevadas concentraciones de *Escherichia coli* no compatibles con las de un desagüe pluvial, estarían indicando la presencia de conexiones cloacales clandestinas en los mismos.

Si bien se detectan diferentes grados de concentración de bacterias en los distintos muestreos de agua de conducto analizados, todos ellos son elevados y estas diferencias no son estadísticamente significativas.

Los resultados de las muestras correspondientes a los conductos y a las costas de la laguna muestran una correlación positiva entre las concentraciones medias de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Este hallazgo podría ser un indicador más del origen fecal de la contaminación de los desagües.

Aún bajo las condiciones anormales de crecientes inusuales del sistema hídrico de la zona, que provocaron una dilución de los contaminantes bacterianos, se comprobaron niveles elevados en la margen derecha tomando como valor de referencia la estación de muestreo de la margen izquierda.

La elevada contaminación detectada en la margen derecha disminuye hacia el interior de la misma.

No fue posible detectar aumento o disminución correlacionadas entre pH, temperatura y niveles hidrométricos con las concentraciones de coliformes, en el agua de la costa. Cabe destacar, que a partir de cierta altura de la laguna (4,68 m), no fue posible obtener muestreos de costa.

Por encima de este nivel hidrométrico se ha comprobado en las bocas de conducto una disminución de la contaminación bacteriana. Esto es debido al efecto de dilución ya mencionado de las aguas de la laguna al penetrar en el conducto.

Coincidiendo con lo expresado por otros autores (22), la identificación y evaluación de las fuentes de contaminación de los recursos hídricos utilizado para diversos fines, que causan su deterioro, constituyen un avance para implementar las medidas correctivas indispensables.

## Agradecimientos

Se agradecen el apoyo técnico prestado por la Lic. Stella Vaira y la Ing. Liliána Contini para el procesamiento de los datos de esta publicación y a Lorena Alonso por el procesamiento en la computadora de la misma.

## Bibliografía

1. Cabral, S.A., 1970. "El Sistema de la Setúbal". Librería y Editorial Colmegna S.A. (Santa Fe. Argentina).
2. D'Angelo, M.L., 1992. "Geografía". Nueva Enciclopedia de la Provincia de Santa Fe. Tomo I. Renna, AD. Editores. (Santa Fe).
3. Manzi, R., Gallardo, M., 1970. "Geografía de Santa Fe". Editorial Spadon S.A. (Mendoza).
4. Acuña, N.B., Abramovich, B., Meyer, R., Haye, M.A., Gilli, M.I., 1998. Evaluación de los niveles de contaminación bacteriana en aguas recreacionales. Factores Intervinientes. Revista FABICIB 2: 61-67.
5. OPS-CEPIS, 1996. Reunión Regional sobre Calidad de Agua. Control de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Lima (Perú) Mayo 1996.
6. Moore, A.C.; Herwaldt, B.L.; Craun, G.F.; Calderon, R.L.; Juraneck, D., 1994. Waterborne disease in the United States, 1991 and 1992. J.AWWA 86: 87-99.
7. Rose, J.B., 1988. Occurrence and significance of *Cryptosporidium* in water. J. AWWA 80: 53-58.
8. Le Chevallier, M.W.; Norton, W.D.; Lee, R.G., 1991. *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in surface water supplies. Appl. Environ. Microbiol. 57: 2617-2621.
9. LeChevallier, M.W.; Norton, W.D., 1995. *Giardia* and *Cryptosporidium* in raw and finished water. J.AWWA 87: 54-68.
10. States, S.; Stadterman, K.; Ammon, L.; Vogel, P.; Baldizar, J.; Sykora, J., 1997. Protozoa in river water: source, occurrence, and treatment. J. AWWA 89: 74-83.
11. Crockett, Ch.S.; Haas, Ch.N., 1997. Understanding protozoa in your watershed. J. AWWA 89: 62- 73.
12. Gibson, C.J.; Stadterman, K.; States, S.; Sykora, J., 1998. Combined sewer overflows: A source of *Cryptosporidium* and *Giardia*? Water Science and Technology 38 : 67-72.
13. APHA, AWWA, WPCF., 1996. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19<sup>th</sup> Ed. (Washington).
14. O.M.S., 1995. "Guía para la calidad del agua potable". 2da. Edición. (Ginebra) 2.
15. Emiliani, F., González de Paira, S.M., 1998. Calidad bacteriológica de la laguna Bedetti (Santo Tomé, provincia de Santa Fe, Argentina) y variables ambientales asociadas. Revista Argentina de Microbiología 30: 30-38.
16. Walpole, R.M., Myers, R., 1992. "Probabilidad y estadística" 4<sup>a</sup> Ed. Mc Graw-Hill. (México).
17. Feller, W., 1966. "Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones". 9<sup>a</sup> Ed. Limusa Editorial. (México).
18. Conover, W.J., 1980. "Practical nonparametric statistics". 2<sup>a</sup> Ed. John Wiley & Sons. (New York).
19. Siegel, 1983. "Estadística no paramétrica. Aplicadas a la ciencias de la conducta". Editorial Trillas (México).
20. Altman, D., 1997. "Practical statistics for medical research". 7<sup>th</sup> Ed. Chapman & Hall. (London).
21. Mood, A.M., Graybill, F.A., Boes, D.C., 1974. "Introduction to the Theory of Statistics". Mc. Graw Hill Series in Probability and Statistics. 3rd Ed. (New York) .
22. Emiliani, F., González de Paira, S., 1994. Fuentes puntuales y dispersas de coliformes fecales en dos balnearios urbanos". IX Congreso y XIV Jornadas Interdisciplinarias de Toxicología: Contaminación de Recursos Naturales y Alimentos. (Santa Fe).

**Tabla 1.** Parámetros bacteriológicos de contaminación Muestras de agua de la costa de la laguna

Estación de muestreo	n	Coliformes totales (NMP/100 ml)			Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)			Escherichia coli (NMP/100 ml)		
		Mediana	Media Geométrica	Mínimo-Máximo	Mediana	Media Geométrica	Mínimo-Máximo	Mediana	Media Geométrica	Mínimo-Máximo
1	6	1.1 10 <sup>6</sup>	8.2 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup> - 1.1 10 <sup>6</sup>	8.4 10 <sup>4</sup>	7.5 10 <sup>4</sup>	2.3 10 <sup>4</sup> - 2.4 10 <sup>5</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	1.9 10 <sup>4</sup>	9.3 10 <sup>3</sup> - 4.3 10 <sup>4</sup>
2	6	1.1 10 <sup>6</sup>	1.1 10 <sup>6</sup>	1.1 10 <sup>6</sup> - 1.1 10 <sup>6</sup>	2.0 10 <sup>5</sup>	2.8 10 <sup>5</sup>	9.3 10 <sup>4</sup> - 1.1 10 <sup>6</sup>	1.3 10 <sup>5</sup>	9.9 10 <sup>5</sup>	2.0 10 <sup>4</sup> - 4.6 10 <sup>5</sup>
3	6	7.8 0 <sup>5</sup>	3.3 10 <sup>5</sup>	9.3 10 <sup>3</sup> - 1.1 10 <sup>6</sup>	2.0 10 <sup>4</sup>	3.0 10 <sup>4</sup>	2.1 10 <sup>3</sup> - 4.6 10 <sup>5</sup>	1.4 10 <sup>4</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>2</sup> - 4.6 10 <sup>5</sup>
4	5	9.3 10 <sup>3</sup>	1.7 10 <sup>4</sup>	4.3 10 <sup>3</sup> - 9.3 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	5.2 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>2</sup> - 2.4 10 <sup>3</sup>	6.6 10 <sup>2</sup>	5.5 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>2</sup> - 2.4 10 <sup>2</sup>
5	7	1.5 10 <sup>5</sup>	6.8 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>3</sup> - 1.1 10 <sup>6</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.8 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>2</sup> - 4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.2 10 <sup>3</sup>	4.3 - 4.6 10 <sup>4</sup>
6	6	5.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	1.4 10 <sup>4</sup> - 1.1 10 <sup>7</sup>	8.2 10 <sup>3</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup> - 2.4 10 <sup>5</sup>	7.5 10 <sup>2</sup>	7.4 10 <sup>2</sup>	9.3 10 <sup>2</sup> - 2.4 10 <sup>5</sup>
7	4	4.3 10 <sup>2</sup>	-	2.3 10 <sup>2</sup> - 2.4 10 <sup>3</sup>	19	-	7 - 43	7	-	4 - 4.3

**Tabla 2.** Parámetros bacteriológicos de contaminación Muestras de agua de boca de conducto

Estación de muestreo	n	Coliformes totales (NMP/100 ml)			Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)			Escherichia coli (NMP/100 ml)		
		Mediana	Media Geométrica	Mínimo-Máximo	Mediana	Media Geométrica	Mínimo-Máximo	Mediana	Media Geométrica	Mínimo-Máximo
1	6	$1.4 \cdot 10^5$	$1.7 \cdot 10^5$	$2.1 \cdot 10^4 - 4.6 \cdot 10^6$	$1.7 \cdot 10^4$	$1.6 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^2 - 2.4 \cdot 10^5$	$5.1 \cdot 10^3$	$6.6 \cdot 10^3$	$3.9 \cdot 10^2 - 2.4 \cdot 10^5$
2	6	$6.7 \cdot 10^5$	$3.8 \cdot 10^5$	$9.3 \cdot 10^3 - 4.6 \cdot 10^6$	$1.7 \cdot 10^5$	$6.5 \cdot 10^4$	$2.3 \cdot 10^2 - 4.6 \cdot 10^5$	$7.7 \cdot 10^4$	$1.5 \cdot 10^5$	$4.3 \cdot 10^2 - 2.4 \cdot 10^5$
3	5	$1.1 \cdot 10^6$	$1.9 \cdot 10^5$	$4.3 \cdot 10^3 - 1.1 \cdot 10^7$	$9.3 \cdot 10^3$	$5.0 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^2 - 1.1 \cdot 10^7$	$4.3 \cdot 10^3$	$8.1 \cdot 10^3$	$4.3 \cdot 10^2 - 4.6 \cdot 10^5$
4	5	$9.3 \cdot 10^4$	$9.9 \cdot 10^4$	$4.3 \cdot 10^2 - 1.1 \cdot 10^7$	$2.3 \cdot 10^3$	$8.4 \cdot 10^3$	93	93	$1.0 \cdot 10^3$	43
5	7	$9.3 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^4$	$2.1 \cdot 10^3 - 4.6 \cdot 10^6$	$9.3 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^4$	$2.3 \cdot 10^2 - 4.6 \cdot 10^5$	$4.3 \cdot 10^2$	$3.8 \cdot 10^3$	$2.3 \cdot 10^2 - 1.5 \cdot 10^5$
6	4	$3.3 \cdot 10^4$	$2.8 \cdot 10^4$	$1.5 \cdot 10^4 - 4.3 \cdot 10^4$	$2.5 \cdot 10^3$	$1.6 \cdot 10^3$	$4.3 \cdot 10^2 - 4.3 \cdot 10^3$	$3.3 \cdot 10^2$	$3.1 \cdot 10^2$	43



**Tabla 3.** Niveles hidrométricos, pH y temperatura  
Muestras de agua de la costa de la laguna

Estación de muestreo	Niveles Hidrométricos (metros)		pH		Temperatura (°C)	
	Mediana	Mínimo - Máximo	Mediana	Mínimo - Máximo	Mediana	Mínimo - Máximo
1	3,625	2,97-4,68	6,2	6,0-7,0	18,2	14,2-26,7
2	3,62	2,97-4,68	6,5	6,0-7,0	18,2	14,2-26,7
3	3,625	2,97-4,68	6,2	6,0-7,0	18,2	14,2-26,7
4	3,75	3,44-4,68	6,0	6,0-7,0	17,6	14,5-24,3
5	3,50	2,97-4,68	6,0	6,0-6,5	17,6	14,2-26,7
6	4,11	3,44-4,68	4,6	5,5-7,0	18,4	14,5-29,6

Medidas descriptivas de los parámetros fisicoquímicos correspondientes a la costa de los puntos de muestreo indicados

**Tabla 4.** Niveles hidrométricos, pH y temperatura  
Muestra de agua de boca de conducto

Estación de muestreo	Niveles Hidrométricos (metros)		pH		Temperatura (°C)	
	Mediana	Mínimo - Máximo	Mediana	Mínimo - Máximo	Mediana	Mínimo - Máximo
1	5,63	3,75-2,94	6,0	5,0-6,0	30,2	14,5-37,2
2	5,51	2,94-5,98	5,0	5,0-6,5	29,6	14,5-37,2
3	5,51	2,94-5,98	5,8	5,0-6,8	29,6	15,0-37,2
4	5,76	4,52-5,98	6,0	5,0-6,2	30,9	29,1-37,2
5	5,51	2,94-5,98	5,0	5,0-6,0	29,6	14,2-37,2
6	5,76	4,52-5,98	5,5	5,0-6,5	32,0	29,6-37,2

Medidas descriptivas de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua correspondientes a la boca de conductos de los puntos de muestreo indicados

**Tabla 6:** Matriz de correlación de Spearman  
Muestra de agua de la boca de los conductos

	pH	Ec	CT	CTt	Nh
CTt					-,5470 <sup>1</sup> (33) <sup>2</sup> 0,001 <sup>3</sup>
CT				,8206 (33) 0,000	-,4846 (33) 0,004
Ec			,6905 (33) 0,000	,8560  0,000	-,6375 (33) 0,000
pH		,0595 (29) 0,759	,2106 (29) 0,273	,2046 (29) 0,287	-,3019 (29) 0,111
Temp.	-,1889 (29) 0,326	-,3824 (29) 0,028	-,1723 (29) 0,338	-,3156 (33) 0,074	,4761 (36) 0,003

<sup>1</sup> Coeficiente. <sup>2</sup> Tamaño de la muestra. <sup>3</sup> Nivel de significancia. Nh = Nivel hidrométrico. CT = Coliformes totales. CTt = Coliformes termotolerantes. Ec = *Escherichia coli*. Temp.= Temperatura

**Tabla 5:** Matriz de correlación de Spearman  
Muestras de agua de la costa

	pH	Ec	CT	CTt	Nh
CTt					,0095 <sup>1</sup> (33) <sup>2</sup> 0,958 <sup>3</sup>
CT				,9202 (33) 0,000	,0670 (33) 0,711
Ec			,8764 (31) 0,000	,9432 (31) 0,000	-,0264 (31) 0,888
pH		,2444 (31) 0,185	,1615 (33) 0,369	,2773 (33) 0,118	-,4750 (33) 0,005
Temp.	-,1583 (33) 0,743	-,1383 (31) 0,458	-,2785 (33) 0,116	-,1413 (33) 0,433	-,1016 (33) 0,574

<sup>1</sup> Coeficiente. <sup>2</sup> Tamaño de la muestra. <sup>3</sup> Nivel de significancia. Nh = Nivel hidrométrico. CT = Coliformes totales. CTt = Coliformes termotolerantes. Ec = *Escherichia coli*. Temp. = Temperatura