



Editorial de la
Universidad Tecnológica Nacional

**La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. -
en el Nordeste Argentino – N.E.A.**
Investigación y Desarrollo en la Facultad Regional Resistencia

Compiladoras:

**Carola Sosa
Nidia Dalfaro**



MEDIO AMBIENTE

*Comparación de los Índices de Calidad de Agua de las Lagunas
Argüello y Los Lirios – Resistencia – Chaco*

Autores: Hervot, Prieto, Farías, Roshdestwensky, Utgés, Tenev
Vázquez, F. A



Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

© [Copyright] La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir el conocimiento generado por autores universitarios, pero que los mismos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

COMPARACIÓN DE LOS INDICES DE CALIDAD DE AGUA DE LAS LAGUNAS ARGÜELLO Y LOS LIRIOS – RESISTENCIA - CHACO

Hervot, E. I. (2), Prieto, L. C. (2), Farías, A. R. (2), Roshdestwensky, S.E. (2), Utgés, E. E. (2), Tenev, M. D. (2) y Vázquez, F. A.(1)*

1- Laboratorio de Química Ambiental. FACENA. UNNE. – Corrientes

2- Grupo de Investigación y Servicios a Terceros en el Área Química (GISTAQ).- FRRe – UTN – Resistencia - Chaco

e-mail: gistaq@frre.utn.edu.ar – 03722-432683 Int. 225

Resumen

Este trabajo estudia variables físico-químicas y bacteriológicas que indican el grado de contaminación de las lagunas Argüello y Los Lirios. Se seleccionaron cinco puntos en una y seis en la otra para un seguimiento sistematizado entre 2007-09, Argüello y entre 2010-11, Los Lirios.

La metodología de trabajo consistió en estudiar la geomorfología de las lagunas, establecer los puntos de muestreo más representativos y realizar tomas de muestras mensuales a la misma hora para mantener la uniformidad. Los estudios permitieron, además, realizar un diagnóstico bastante preciso de la situación que posibilitó delinear y elevar propuestas de saneamiento a las autoridades pertinentes.

Se utilizó como herramienta para expresar la calidad del agua de las lagunas, el ICG (Índice de Calidad General) que permite la comparación entre muestras, tomadas en distintos lugares o épocas. Para la determinación del mismo, se utilizaron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, pH, conductividad, DQO, DBO₅, materia en suspensión y el recuento de coliformes totales.

Los valores promedio obtenidos para los ICG fueron de 51,87 para Laguna Argüello y 57,33 para Los Lirios, demostrando que ambas tienen un grado importante de contaminación.

Los resultados analíticos confirman que la calidad del agua de los reservorios es mala.

Las concentraciones de indicadores de contaminación como DQO, DBO y la elevada concentración de coliformes, indican las zonas de mayores aportes de líquidos residuales.

Los resultados también establecen que existe cierto grado de depuración natural en las lagunas.

Si bien la contaminación está aun en niveles bajos deberían tomarse medidas de saneamiento para preservar los cuerpos de agua.

De acuerdo a los valores del ICG determinados, el agua podría utilizarse, en condiciones controladas, para riego.

Palabras claves: contaminación – aguas residuales – saneamiento – caracterización – ICG

INTRODUCCIÓN

Englobadas por las ciudades de Resistencia y Barranqueras existían, en 1935, 70 lagunas, originadas en antiguos meandros del Río Negro. Para el año 2003 sólo restaban 29 (Aguirre Madariaga, 2003), las cuales a la fecha siguen existiendo. Estos reservorios, caracterizados como humedales de agua dulce (Otaño y Vera, 2001), durante grandes lluvias, actuaban como receptores de los excesos de agua, dejándolos luego escurrir lentamente y reteniendo una parte. Los rellenos totales y parciales de estas lagunas, con el fin de ganar terrenos para la expansión urbana, han hecho que, ante una precipitación pluvial de cierta magnitud, amplios sectores de las citadas ciudades se inundan. En los últimos años, las autoridades están procurando detener y aún revertir el proceso de relleno. Algunas de las lagunas que todavía subsisten, han sufrido rellenos parciales y muchas de ellas, la agresión de intrusos que han “colonizado” sus márgenes con construcciones que descargan aguas servidas clandestinamente.

La Laguna Argüello, una de las más próximas al centro de la ciudad de Resistencia, ha sido objeto recientemente, por parte de la Municipalidad de Resistencia, en conjunto con la Administración Provincial del Agua (APA), de trabajos de limpieza, ampliación, profundización

y parquización con el fin de recuperarla como espacio recreativo. Este es un paso importante para revertir la situación apuntada, aunque, pese a los trabajos, la superficie original de aproximadamente 35 ha, se ha visto reducida a unas 9 ha.

La Laguna Argüello desagua, a través de un canal, en la Laguna Los Lirios, que posee un espejo de agua del orden de 60 ha (Bianucci y col., 2005). Esta a su vez, por medio de un sistema de bombeo, descarga en la Laguna Prosperidad, la que luego de varios kilómetros termina desembocando en el Río Negro (Figura 1).

El número de variables que pueden ser consideradas para evaluar la calidad o el grado de contaminación de las aguas es demasiado grande para que sea posible en la práctica, adquirir una idea clara de su comportamiento, sea en el ámbito geográfico o temporal.

El Índice de Calidad de Agua ó Índice de Calidad General (ICG) ha sido estudiado en diversas publicaciones (Álvarez y col, 2006; ShioyMey y col, 2004; Khan y col, 2004; Tomazoni y col, 2003; Hakanson y col, 2000) y es considerado una herramienta práctica para mostrar de manera integral los resultados de los parámetros.

La finalidad que se pretende con el ICG, es deducir un número adimensional, como combinación o función de los datos analíticos de una muestra de agua, que refleje su calidad en orden a su utilización posterior, y que permita su comparación con los que se obtengan, por el mismo algoritmo, de otras muestras, tomadas en distintos lugares o épocas.

La calidad de un agua no es un concepto absoluto. Ha de estar en relación con un uso concreto predeterminado. No son iguales las exigencias para el abastecimiento humano, la industria farmacéutica o los usos recreativos, y, por lo tanto, los índices de calidad, deben tener en cuenta esta condición previa.

METODOLOGIA

Los muestreos de las lagunas se realizaron desde septiembre de 2007 hasta diciembre de 2009 (Argüello) y de septiembre de 2010 a agosto de 2011 (Los Lirios). Los puntos de muestreo de ambas lagunas se visualizan en la Figura 1. En Laguna Argüello los puntos se fijaron en las desembocaduras de los principales desagües pluviales. El primero es el más cercano al centro de Resistencia y el último está en la salida hacia la Laguna Los Lirios.



Figura 1: Fotografía aérea donde se indican los puntos de muestreos

En Los Lirios, el primer punto coincide con el ingreso del agua proveniente de la Laguna Argüello, cercano a su vez, a la estación de bombeo hacia la Laguna Prosperidad. En ambas lagunas se realizaron muestreos mensuales en el mismo horario, para mantener condiciones de uniformidad y homogeneidad en los mismos.

En Argüello, las tomas se hicieron en baldes de 10 litros, desde los puentes o las márgenes. Luego se transvasaron a los recipientes adecuados. En Los Lirios, las tomas se realizaron, con muestreador Bailer, desde una piragua, facilitada por la Municipalidad de Resistencia. Se colocaron en recipientes de 2 litros y después se transvasaron a los recipientes adecuados para su conservación. En ambas lagunas, se determinaron in situ la temperatura y el oxígeno disuelto en cada uno de los puntos muestreados.

En las dos lagunas, la técnica de muestreo, la conservación de las muestras y la cuantificación de los distintos parámetros fisicoquímicos se realizaron con métodos normalizados (APHA, AWWA, WPCF, 1992). Parámetros y métodos se indican en la tabla 1.

Parámetro	Método	Parámetro	Método
pH	Potenciometría	Temperatura °C	Termometría
Oxígeno disuelto (mg/L)	Oximetría	Alcalinidad (mg/L)	Valoración ácido base
Cloruros (mg/L)	Argentometría	Dureza (mg/L)	Complexometría
Calcio (mg/L)	Complexometría	Magnesio (mg/L)	Complexometría
Sodio (mg/L)	Fotometría de llama	Potasio (mg/L)	Fotometría de llama
Nitrógeno de nitritos (mg/L)	Espectrofotometría	Nitrógeno de nitratos (mg/L)	Espectrofotometría
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	Espectrofotometría	Sulfatos (mg/L)	Gravimetría
Fósforo de ortofosfatos (mg/L)	Espectrofotometría	Sólidos en suspensión (mg/L)	Gravimetría
Sólidos disueltos (mg/L)	Gravimetría	Sólidos totales 105°C (mg/L)	Secado en estufa
Conductividad (µs)	Conductimetría	Residuo conductimétrico (mg/L)	Por cálculo
DBO ₅ muestra bruta (mg/L)	Incubación 5 días (20°C)	DQO en muestra bruta (mg/L)	Dicromatometría (ebullición)

Tabla 1: Listado de parámetros fisicoquímicos y métodos utilizados según APHA, AWWA, WPCF, Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Diaz de Santos, S.A. 1992

Para asegurar la calidad de los resultados se evaluó la repetibilidad de los ensayos. Además se participó del ensayo interlaboratorio “Aguas parámetros básicos” organizado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) que incluye pH, conductividad, cloruro, nitrato, sulfato, potasio, sodio, calcio, magnesio, sólidos totales, alcalinidad total y dureza.

La caracterización microbiológica comprende recuentos de bacterias coliformes totales y coliformes fecales a partir del método Número Más Probable (NMP), utilizando como medio de cultivo Caldo Mac Conkey Britania y realizando distintos esquemas de diluciones decimales, según las necesidades.

Se seleccionaron los parámetros indispensables para el seguimiento en el tiempo y en base a ellos se determinó un índice de calidad de agua denominado INDICE DE CALIDAD GENERAL (ICG). Éste indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura. El ICG puede variar entre 0 y 100 y define una serie de niveles de calidad que se establecen según los siguientes valores, 100: excelente; 99-85: muy buena; 84-75: buena; 74-60: utilizable; 59-50: mala; menor a 50: pésima. (Orozco Barrenetxea y col, 2008).

Cálculo del Índice de Calidad General (ICG)

El sistema que se ha elegido para definir el índice de calidad, se basa en el método desarrollado por Provencher y Lamontagne, 1977, del Servicio de Calidad de las Aguas del Ministerio de Riquezas naturales del Estado de Quebec (Canadá). Permite su tratamiento informático y enfoca el problema en su máxima generalidad, de forma que es posible definir un índice de calidad para cualquier uso posterior, simplemente determinando las especificaciones requeridas al efecto. Su expresión matemática más general es (Orozco Barrenetxea y col., 2008):

$$ICG = \sum [F_1 \cdot (K_i) \cdot F_2 \cdot (K_i)] : \sum (Q_i \cdot P_i) \quad (1)$$

La función F_1 pretende transformar el valor analítico de cada parámetro en un valor adimensional o nivel de calidad Q_i , mediante una ecuación matemática, o su correspondiente representación gráfica. La función F_2 trata de ponderar el grado de importancia del parámetro en el valor total del índice, lo que podría denominarse como el “peso” (P_i) de cada uno.

$$P_i = [(1 / a_i) / \sum (1 / a_i)] \quad (2)$$

Los valores de los coeficientes a , varían de 1 (muy importante) a 4 (poco significativo), según la importancia que se le asigne a cada uno de los que intervengan en el índice.

Se consideran parámetros básicos a aquellos cuya concentración es siempre significativa cualquiera sea su valor. Complementarios son los que afectan solo a partir de una determinada concentración; solamente intervienen en el cálculo cuando su Q_i es inferior a 60.

Esta consideración de parámetros básicos y complementarios permite la adaptación del índice para usos determinados, según el cual cambiará la naturaleza y número de cada uno de los tipos. Para el cálculo se usaron los nueve parámetros básicos de aguas superficiales que son los siguientes:

Coliformes totales ($a=1$)

pH ($a=1$)

Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días ($a=1$)

Nitratos ($a=3$)

Fosfatos ($a=3$)

Conductividad ($a=1$)

Materia en suspensión ($a=1$)

Oxígeno disuelto ($a=1$)

Demanda química de Oxígeno ($a=3$)

Se calcularon los P_i con la fórmula correspondiente. Los Q_i se determinaron por representación gráfica con el uso de los promedios de cada parámetro en los distintos puntos de muestreo (www.marm.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/indice_de_calidad_general_tcm7-16049.pdf) La evaluación estadística de los datos se realizó para cada parámetro evaluado un ANOVA simple determinando así la existencia de diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se pueden observar las diferencias obtenidas en los valores de los distintos parámetros para cada laguna.

Se puede notar que, en promedio, los valores de pH y conductividad de la Laguna Los Lirios son más elevados, con un rango entre 7,16 a 7,61 y 695 a 731 μ S respectivamente, mientras que para Laguna Arguello el rango va de 6,52 a 7,04 para pH y 188 a 541 μ S para conductividad, demostrándose una diferencia estadísticamente significativa en estos 2 parámetros ($p < 0,05$).

Ilo

Los

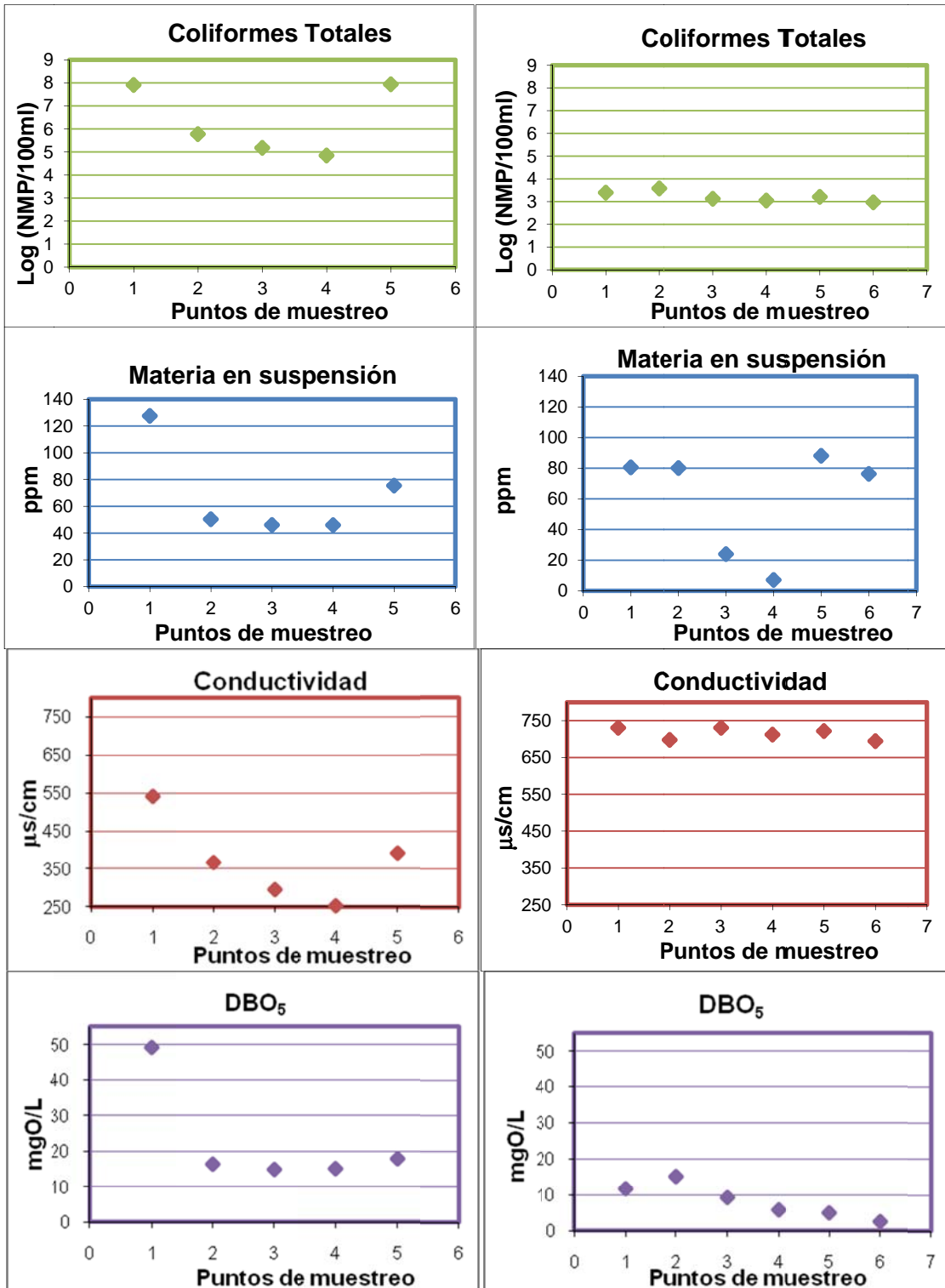
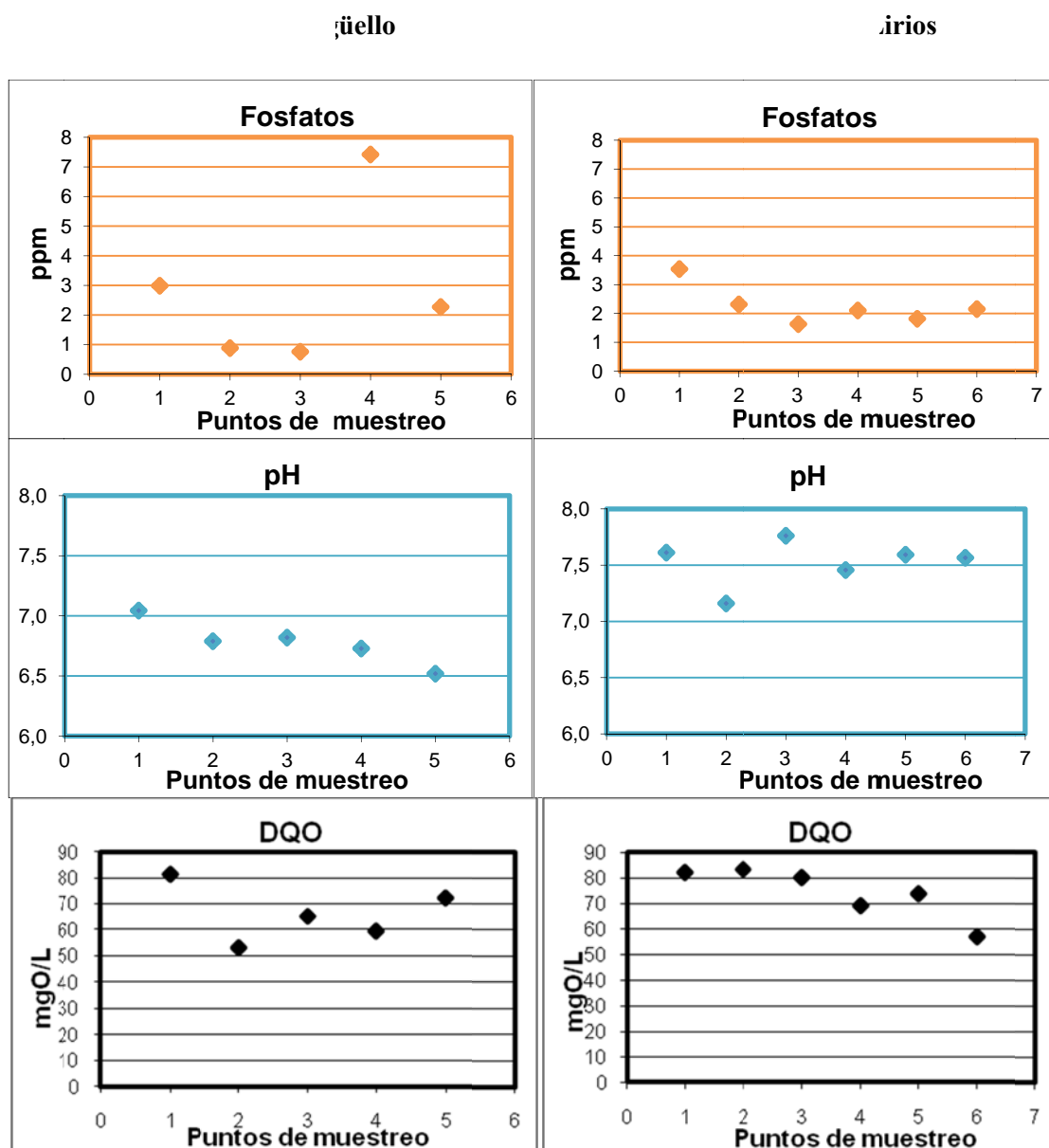


Figura 2: Gráficas de valores obtenidas a partir de los promedios de resultados por punto de muestreo para cada laguna estudiada.



Continuación Figura 2: Gráficas de valores obtenidas a partir de los promedios de resultados por punto de muestreo para cada laguna estudiada.

Los valores de DBO_5 fueron menores de 20 mg/L para todos los puntos en ambas lagunas, salvo para el **punto 1** de la Laguna Argüello, que tuvo valores promedio de 49 mg/L. Tanto en este parámetro como en los valores de DQO y materia en suspensión no se detectaron diferencias significativas entre las lagunas en estudio.

Los valores de fosfatos hallados variaron entre 0,76 y 3,53 ppm para todos los puntos en ambas lagunas, salvo el **punto 4** de Laguna Argüello que presenta valores promedio de 7,42 ppm.

En lo que respecta a las coliformes totales se observa una gran diferencia en los recuentos realizados ($p < 0,05$) para las lagunas estudiadas, encontrándose recuentos mucho más elevados en la Laguna Argüello con valores promedio de $3,42 \times 10^7$, mientras que el máximo valor obtenido para Los Lirios fue de $7,6 \times 10^3$.

Se ha adoptado el ICG como indicador del estado de salud de los cuerpos hídricos estudiados, por ser generalmente aceptado, como demuestran las numerosas publicaciones que lo incluyen a nivel internacional (Álvarez y col 2006; Hakanson y col, 2000; Khan y col, 2004; ShiohMey y col, 2004; Tomazoni y col, 2003).

Como se puede observar en las tablas 2 y 3, los parámetros que más influyen en el resultado del ICG son los recuentos de coliformes totales y la DQO.

En todos los puntos el ICG varía entre 50 y 60 y en algunos es menor de 50.

La presencia de coliformes totales indica contaminación con aguas residuales domésticas, especialmente en los puntos 1 y 5 de la Laguna Argüello y en el punto 2 de la Laguna Los Lirios.

Es conveniente tener en cuenta al trabajar con los índices de calidad, que si algún valor Q_i resultase *nulo* para un determinado parámetro, el agua es rechazable por ese solo concepto, aunque la media ponderada resultante pudiera tener un valor alto. En todos los puntos de muestreo el ICG indican calidad de agua mala o pésima.

Parámetros	Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 4		Punto 5	
	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$
Coliformes totales (NMP/100 ml)	$6,14 \cdot 10^7$	0,00	$5,53 \cdot 10^5$	0,00	$1,9 \cdot 10^5$	0,00	$5,3 \cdot 10^4$	0,00	$4,9 \cdot 10^7$	0,00
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	513,01	11,43	366,82	12,43	291,29	12,43	246,85	14,29	383,75	12,86
DBO ₅ 20°C (mg/L)	41,29	0,00	13,62	3,71	12,69	3,86	12,25	3,86	15,86	3,57
DQO (mg/L)	85,01	0,00	58,57	0,14	60,88	0,10	59,66	0,10	95,31	0,00
Fosfatos totales (mg/L)	2,20	1,81	0,72	3,81	0,66	3,95	0,77	3,81	1,81	2,38
Materia en suspensión (mg/L)	99,32	9,57	44,11	13,29	42,84	13,29	49,99	13,29	69,59	11,14
Nitratos (mg/L)	12,77	4,76	5,33	4,76	4,05	4,76	3,41	4,76	6,48	4,76
Oxígeno disuelto (mg/L)	2,31	3,86	4,25	7,14	4,12	7,57	3,38	5,71	1,14	1,43
pH	7,03	11,43	7,00	11,43	6,92	10,71	6,83	10,71	6,71	10,43
ICG = $\sum Q_i \cdot P_i$	ICG 1	42,86	ICG 2	56,71	ICG 3	56,67	ICG 4	56,52	ICG 5	46,57

Tabla 2: Valores promedio de los parámetro, $Q_i \cdot P_i$ y cálculo de ICG en los cinco puntos de la Laguna Argüello.

Parámetros	Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 4		Punto 5		Punto 6	
	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$	\bar{x}	$Q_i \cdot P_i$
Coliformes totales (NMP/100 ml)	2426,2	0,53	3863,1	0,00	948,22	2,88	1282,66	2,12	1169,38	2,35	808,85	3,28
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	691,42	9,24	699,00	9,15	692,92	9,22	667,08	9,52	685,92	9,30	681,92	9,35
DBO ₅ 20°C (mg/L)	12,37	3,46	20,73	1,67	12,05	3,56	7,72	5,34	6,90	5,81	6,58	6,01
DQO (mg/L)	83,80	0,00	84,20	0,00	79,00	0,00	74,60	0,00	84,00	0,00	63,80	0,03
Fosfatos totales (mg/L)	2,07	2,00	2,01	2,09	1,62	2,61	2,23	1,79	1,88	2,26	2,39	1,58
Materia en suspensión (mg/L)	113,50	8,98	144,83	7,93	63,50	12,16	60,00	12,38	71,17	11,67	139,33	8,07
Nitratos (mg/L)	19,23	4,40	20,75	4,37	26,43	4,26	23,88	4,31	20,56	4,37	22,56	4,33
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,45	9,43	2,25	3,33	5,30	9,15	3,26	5,25	4,42	7,47	3,92	6,52
pH	7,37	13,56	7,09	11,95	7,50	14,28	7,22	12,70	7,33	13,31	7,31	13,18
ICG = $\sum Q_i \cdot P_i$	ICG 1	51,60	ICG 2	40,49	ICG 3	58,11	ICG 4	53,41	ICG 5	56,55	ICG 6	52,35

Tabla 3: Valores promedio de los parámetro, $Q_i \cdot P_i$ y cálculo de ICG en los seis puntos de la Laguna Los Lirios.

Se compararon los ICG obtenidos para cada punto y se calcularon los promedios observándose un índice similar en ambas lagunas, que denota la mala calidad de las mismas.

ÍNDICE DE CALIDAD GENERAL		
PUNTOS	ARGUELLO	LOS LIRIOS
1	42,86	54,39
2	56,71	44,05
3	56,67	63,61
4	56,52	61,48
5	46,57	59,23
6	-	61,19
PROMEDIO	51,87	57,33

Tabla 4: Comparación de los Índices de Calidad General de ambas lagunas.

CONCLUSIONES

Según los indicadores de calidad hídrica, los resultados analíticos confirman la contaminación de las lagunas con líquidos residuales.

Las concentraciones de indicadores de contaminación como DQO, DBO y los bajos niveles de oxígeno disuelto, además de la elevada concentración de coliformes, revelan las zonas de mayores aportes de líquidos residuales.

Si bien la contaminación está aun en niveles bajos deberían tomarse medidas de saneamiento para preservar los cuerpos de agua.

Los asentamientos en las márgenes de las lagunas generan un incremento del grado de contaminación (punto 5 de Laguna Argüello), por ello sería deseable reubicar esas familias en zonas más adecuadas donde tengan acceso a agua potable y servicios.

La presencia de altos recuentos de bacterias coliformes provoca un alto impacto en los niveles de contaminación de las lagunas.

Según los valores del ICG determinados, el agua podría utilizarse, en condiciones controladas, para riego.

Los resultados también establecen que existe cierto grado de depuración natural en las lagunas.

Pese a que el ICG es ampliamente aceptado a nivel internacional como un indicador del estado de salud de los cuerpos hídricos, no existe uniformidad, entre los distintos autores, sobre los parámetros a utilizar y sus pesos relativos. Sería deseable estandarizar los criterios de cálculo para hacer que los resultados sean comparables.

REFERENCIAS

- Álvarez, A.; Rubiños Panta, J.; Gavi Reyes, J.; Alarcón Cabañero, J.; Hernández Acosta, E.; Ramírez Ayala, C.; Mejías Saenz, E.; Pedrero Salcedo, F.; Nicolás, E. y Salazar Sosa, E.. Índice de calidad del Agua en la Cuenca del Río Amajac, Hidalgo, México: diagnóstico y predicción”. Revista Internacional de Botánica Experimental, 75:71-83. 2006.
- APHA, AWWA, WPCF, Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Diaz de Santos, S.A. 1992.
- Bianucci, S. Paola, Ruberto, Alejandro R., Depettris, Carlos A., Clemente María T. “Aplicaciones de indicadores de impacto ambiental al estudio de calidad de aguas continentales: casos de la laguna Los Lirios, Resistencia, Argentina”. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005. Universidad Nacional del Nordeste.

- Hakanson, L.; Parparov, A.; Ostapenia, A.; Boulion, V.; Hambright, K.. Development of a system of water quality as a tool for management. Final Report to INTAS, Uppsala University, Department of Earth Science. 19. 2000.
- Khan, A.; Paterson, H.; Khan, H.. Modification and Application of the Canadian Council of Minister of the Environment Water Quality Index. (CCMW WQI) for the communication of drinking water quality data in Newfoundland. Water Quality Research Journal of Canada. 39, 258. 2004.
- Lamontagne, M. P.; Provencher, M.. Méthode de la détermination d'un indice d'appréciation de la qualité des aux selon différentes utilisations. Service de la qualité des aux. Ministère des Richesses naturelles. 1977. Quebec. W.E. 34.
- Orozco Barrenetxea C., Pérez Serrano, A., González Delgado, A., Rodríguez Vidal, F. J. y Alfayate Blanco, J. M. "Contaminación ambiental" Cáp.7, Pág.281. Edición 2008.
- Otaño S. y Vera, D.. Plan de Monitoreo Ambiental de las Lagunas de A.M.G.R.. Secretaría de Obras Públicas de la Nación. PPI, SUCCE, SUPSE. 2001.
- ShioWmey L, L ShangLien, W ShanHsien, A generalised water quality index for Taiwan. Environmental Monitoring and Assessment 96, 35. 2004
- Tomazoni JC, VL Bittencourt-A, R Filho, EF da Mantovani-L, Water quality of the basin of the rivers Anta Gorda, Brinco and Jirau- Southeast of the State of Paraná Brazil. Sanare 20, 28. 2003.

Páginas Web

- Aguirre Madariaga, E.. Lagunas vs Asentamientos. Ecoportal-Net; <http://www.ecoportal.net/content/view/full/21321.htm> (consulta: 19/08/2011).
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. Estado y calidad de las aguas; http://www.marm.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/indice_de_calidad_general_tcm7-16049.pdf (consulta: 05/04/2011).