

IV Congreso de Internacional Sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua, 14 al 16 de noviembre de 2012, Córdoba, Argentina

EVALUACIÓN Y VALORACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL EMBALSE SAN ROQUE (CORDOBA) PARA USO RECREATIVO

Nadal, Florencia^{1,2}; Brandalise, Verónica¹; Rodríguez, Ma. Inés¹; Larrosa, Nancy²; Ruiz, Marcia¹; Halac, Silvana¹; Olivera, Patricia¹.

¹ Centro de la Región Semiárida – Instituto Nacional del Agua. Av. Ambrosio Olmos N° 1142.

^{1er.} Piso (X5000JGT). Tel (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782. anadal@ina.gov.ar

² Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad del agua de las costas del embalse San Roque para uso recreativo y formular un índice de calidad de agua que resuma la información y contribuya a la gestión del recurso. Para esto, se monitoreó mensualmente en las temporadas de septiembre a marzo de 2010-2011 y de 2011-2012, tres playas del embalse San Roque: Club Instituto, Bahía Los Mimbres y Bahía El Gitano. Se analizó la concentración de *E. coli* y la abundancia de cianobacterias y se comparó con niveles guías de calidad para agua recreativa de la Comisión Nacional de Medio Ambiente de Brasil (CoNaMA) y de la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés). Finalmente, se formuló y aplicó un índice de calidad de agua (ICA) para uso recreacional que incluye además de estos dos parámetros, la temperatura y transparencia del agua. Los resultados muestran que, en líneas generales, la calidad de los balnearios ha sido afectada principalmente por eventos de floraciones de cianobacterias durante la temporada 2010 – 2011. Los niveles de *E. coli* se encontraron siempre dentro de un rango definido como “Aceptable”. Si bien en la temporada 2011 – 2012 los valores del ICA no indicaron riesgo para la salud, en el periodo estival 2010 – 2011 sí se presentaron valores bajos de dicho índice. Por este motivo, son recomendables los monitoreos continuos de los sitios de baño para evaluar su calidad de agua y prevenir efectos adversos en la salud de los bañistas.

Palabras Claves: Embalse San Roque; uso recreativo; índice de calidad de agua; *E.coli* cianobacterias

Abstract

The aim of this study was to evaluate the water quality for recreational use of San Roque dam considering the concentration of *E. coli* and cyanobacteria. The water quality index (WQI) proposed summarizes information and contributes to management water resource. The main beaches, Club Instituto, Los Mimbres and Los Gitanos were monitored monthly, during the periods of September to March 2010-2011 and 2011-2012: Concentration of *E. coli* and cyanobacterial abundance were analyzed and compared to water quality guidelines for recreational use (National Commission on the Environment of Brazil and World Health Organization). Finally, a water quality index (ICA) for recreational use was built and applied using concentration of *E. coli* and cyanobacteria, temperature and transparency. The quality of the recreational areas has been affected mainly by cyanobacteria blooms events during the season 2010-2011. By other hand, the levels of *E. coli* for that period were in the acceptable range. Although ICA values did not indicate any risk to health during the season 2011 – 2012, low values of this index were obtained during the summer period 2010 – 2011. For this reason, we suggest continuous monitoring to assess bathing water quality and prevent adverse effects on human health.

Keywords: San Roque Reservoir; recreational use; water quality index; *E.coli*; cyanobacterias

INTRODUCCIÓN

Las aguas superficiales y costeras son utilizadas para una gran variedad de actividades recreacionales y de esparcimiento, además de otros propósitos que incluyen abastecimiento de agua potable, riego, producción de energía hidroeléctrica y receptores de efluentes domésticos e industriales. Tales actividades no son siempre compatibles unas con otras y tienen distintos requerimientos de calidad. El agua para uso recreacional tiene en consideración principalmente aspectos relacionados a la salud y el bienestar de los usuarios (Rees, *et al.* 2000).

Con el fin de prevenir la transmisión de enfermedades de origen hídrico por el uso recreativo de las aguas, se aplican herramientas de gestión tales como los monitoreos de calidad de agua y el uso de indicadores y/o índices, que expresen de forma resumida las características del balneario estudiado. El monitoreo debe incluir parámetros de calidad que observen, como lo indica Saracho, *et al.* (2006), pautas microbiológicas y fisicoquímicas de importancia sanitaria y de características relativas a su calidad estética, vinculadas a variables de percepción organoléptica.

Para simplificar la interpretación de los datos del monitoreo, existen los Índices de Calidad de Agua (ICA), los cuales reducen una determinada cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general (Torres, *et al.* 2009). Lo importante es que la información que brinde el índice sea consistente y no de lugar a ambigüedades (Elbert y Welsch, 2003).

Área de estudio

El Embalse San Roque (31° 22' S y 64° 27' O) se localiza en el Valle de Punilla, en la provincia de Córdoba. Dicho embalse representa la principal fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad capital y un importante ámbito para el desarrollo de variadas actividades recreacionales. Es un cuerpo de agua que recibe descargas cloacales difusas del 46% de la ciudad de Carlos Paz, mientras que los efluentes generados del restante porcentaje son tratados en la planta de tratamiento de líquidos residuales de dicha localidad (Coopi, 2012), y que tiene un estado eutrófico donde se han reportado presencia de toxinas producidas por cianobacterias (Amé 2003; Ruibal Conti, 2003; Rodríguez, *et al.* 2010). Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron: Caracterizar las zonas balnearias en lo que respecta a la presencia de *E. coli* y cianobacterias de en balnearios del embalse; verificar si dichos parámetros cumplen con valores guías dados por CoNaMA y WHO; formular y aplicar un índice de calidad de agua recreativa de fácil manejo que ayude a la gestión del recurso y, finalmente, asociar el valor del ICA con acciones que contribuyan con los tomadores de decisiones al desarrollo de una planificación integrada del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Monitoreo

Se monitoreó mensualmente de septiembre a marzo de 2010- 2011 y de 2011 - 2012 tres playas del embalse San Roque: Club Instituto, Bahía Los Mimbres y Bahía El Gitano (Figura 1). Las mismas fueron elegidas debido a que reciben un importante número de bañistas en época estival.

El acceso a las playas se realizó en lancha. Las muestras de agua se tomaron a una profundidad sub-superficial entre 0,30 m y 0,50 m y a una distancia aproximada de 1 a 5 m de la costa. *In situ* se midieron temperatura del agua (°C) y transparencia mediante el disco de Secchi (m). En laboratorio se analizaron *E. coli* (NMP/100 mL, SM 9221 F) y abundancia de cianobacterias (cél/mL, SM 10200 C, F con cámara de Fuchs Rosenthal), de acuerdo al Standards Methods (APHA, AWWA, WEF, 2005).

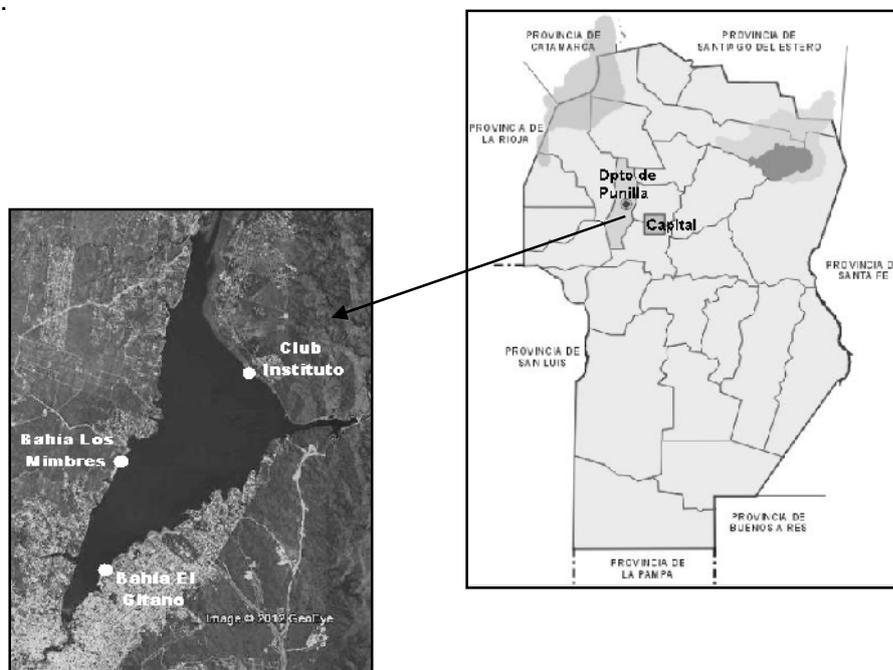


Figura 1: Ubicación de las playas monitoreadas del Embalse San Roque.

Comparación de los resultados con los niveles guías de calidad de agua recreativa

Los resultados bacteriológicos de las muestras se compararon con los valores guías establecidos por CoNaMA (2000), ya que en nuestro país aún no se ha establecido una normativa que regule la calidad de aguas recreativas. Cabe aclarar que en el Decreto Reglamentario N° 831/1993 de la Ley Nacional sobre Residuos Peligrosos N° 24.051, se consideró como referencia, entre otros, los valores de calidad de agua para la protección de la vida acuática fijados por CoNaMA (1986) siendo este un antecedente válido hasta tanto Argentina formule normativas propias. Debido a que CoNaMA expresa sus límites en colonias/100 mL (técnica de filtro membrana) y la técnica utilizada en este trabajo (fermentación en tubos múltiple) en NMP/100 mL, se consideró como equivalente una colonia como una unidad de NMP.

En lo que respecta a las cianobacterias se tomó en cuenta el límite que establece la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2003) asociado a una baja probabilidad de efectos adversos a la salud. Este valor está fijado en 20.000 cél/mL, ya que se considera que por debajo de este límite no hay riesgos de irritación o alergia en piel producida por los lipopolisacáridos de las cianobacterias (Chorus, 1998).

Formulación y Aplicación de un ICA para uso recreativo

El ICA propuesto en este trabajo es una modificación del índice desarrollado por Brandalise, *et al.* (2012), y se siguió la misma metodología de dichos autores para su formulación. Este ICA modificado incluye *E. coli* y cianobacterias como parámetros de importancia sanitaria, transparencia como indicador de la estética del recurso y temperatura del agua como parámetro de agradabilidad. Para este índice se aplicó el método del promedio geométrico ponderado (Ecuación 1).

$$ICA = \prod_{i=1}^n Q_i^{p_i}$$

(Ecuación 1)

Donde:

Qi: Calidad ambiental del parámetro i

Pi: Peso específico para el parámetro i que varía entre 0 y 1

Finalmente, se sugieren una serie de acciones de prevención y gestión en función del valor arrojado por el ICA.

Análisis Estadístico

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro – Wilks para evaluar el comportamiento de la variable ICA en las diferentes playas y temporadas. Para evaluar diferencias significativas entre las playas (variación espacial) y entre temporadas (variación temporal) se realizaron pruebas de significancia no paramétricas: Prueba de Kruskal – Wallis y la prueba U de Mann – Whitney, con un límite de confianza del 95% (Zar, 1984). Para estos análisis se utilizó el software SPSS Statistics v 17.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de *Escherichia coli*

La Figura 2 muestra las concentraciones de *E. coli* encontradas en las playas como así también los valores de *E. coli* establecidos por CoNaMA (2000) para la calidad de aguas recreativas: Satisfactoria (≥ 800 colonias/100 mL); Muy Buena (entre 400 colonias /100 mL y 200 colonias/100 mL) y Excelente (≤ 200 colonias/100 mL).

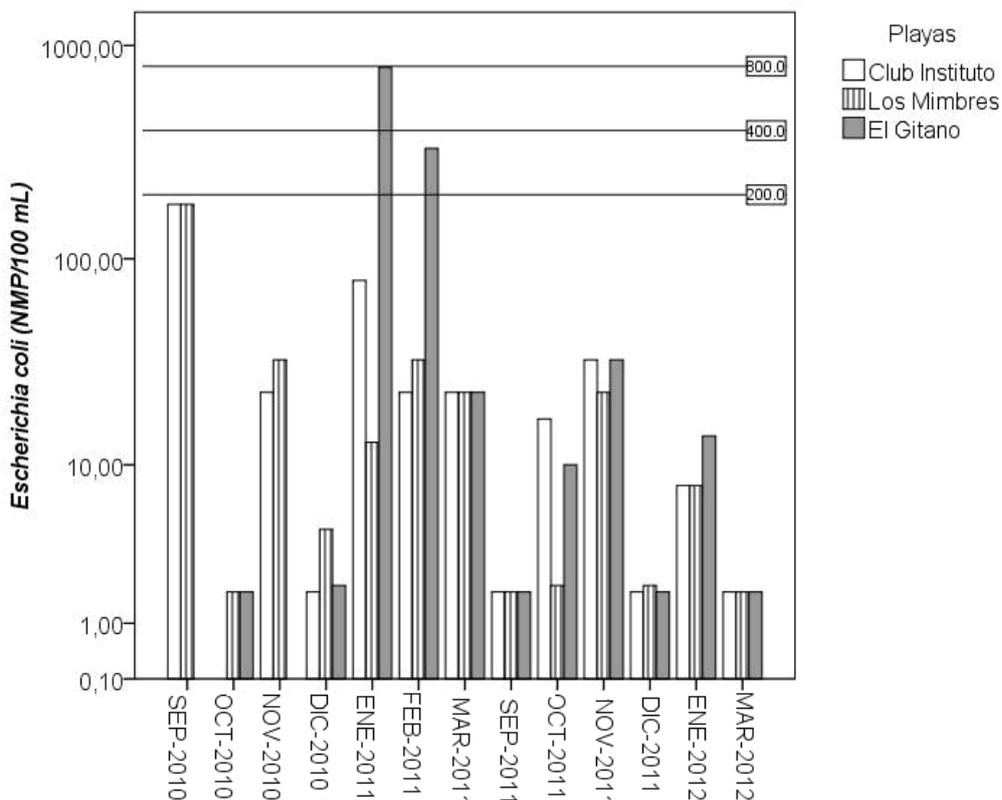


Figura 2: Concentración de *E. coli* en las playas del embalse San Roque en los periodos de Septiembre 2010-Marzo 2011 y Septiembre 2011-Marzo 2012.

En lo que respecta a las concentraciones de *E. coli*, en la Figura 2 se observa que en ninguna ocasión de las dos temporadas analizadas las playas superaron el valor de 800/100 mL. Solamente hubo dos casos en donde la calidad fue menor a Excelente: en enero de 2011 en donde la concentración de *E. coli* en playa El Gitano estuvo justo en el límite de lo Satisfactorio y en febrero de 2011 donde esta misma playa se ajustó a una calidad Muy Buena.

Es importante tener en cuenta que los indicadores internacionales de calidad y sus límites de concentración pueden no ajustarse a la realidad de nuestro país, lo cual remarca la necesidad de estudios locales en esta materia. Uno de los principales inconvenientes en la interpretación de los valores de indicadores de contaminación fecal y el riesgo que implican para la salud humana, es la falta de información sobre la persistencia y supervivencia de estos organismos en los ambientes acuáticos (Ferguson y Signoreto, 2011). Por lo tanto, la adopción de los criterios de niveles guía bacteriológicos de instituciones internacionales debería ser aplicada prudentemente.

Concentración de cianobacterias

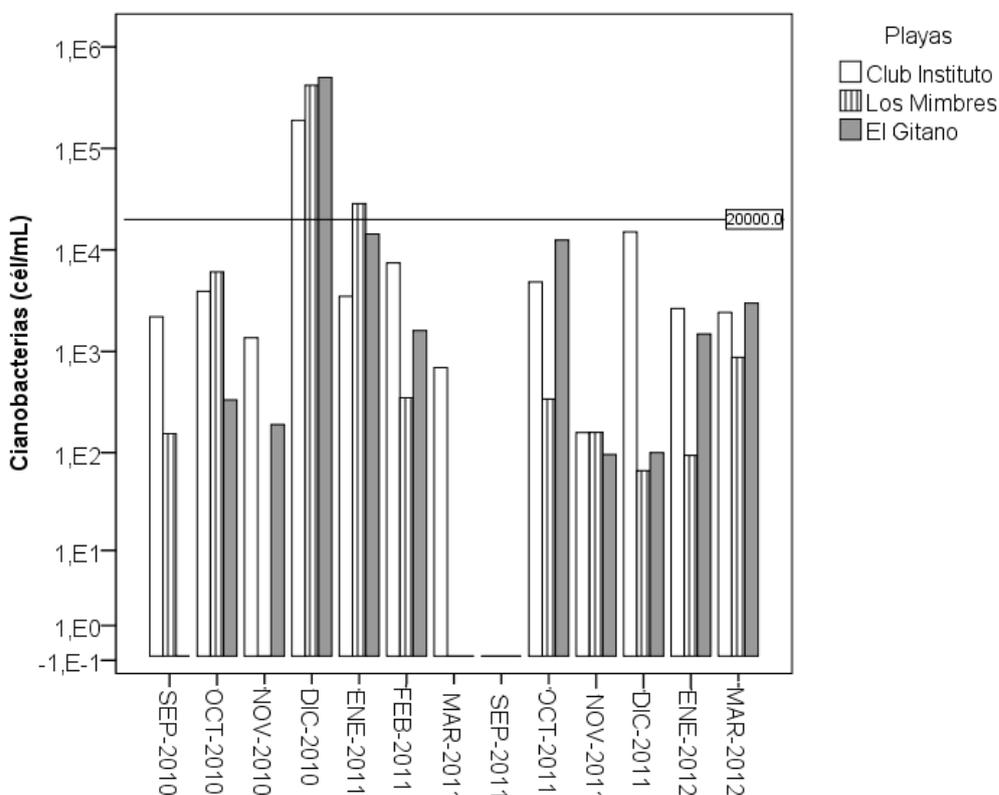


Figura 3: Concentración de cianobacterias en tres playas del embalse San Roque en los períodos de Septiembre 2010-Marzo 2011 y Septiembre 2011-Marzo 2012.

La Figura 3 muestra que el límite guía de 20.000 cél/mL sugerido por WHO (2003) fue sobrepasado en las tres playas en el mes de diciembre de 2010 y una sola vez, en playa Los Mimbres, en enero de 2011. Se observa que el nivel de cianobacterias fue mayor en la época estival (diciembre y enero) de la temporada 2010 – 2011 respecto a la de 2011 – 2012, en donde la abundancia de dichas algas se mantuvo por debajo del nivel guía. A pesar de que el Embalse San Roque ha presentado valores bajos de cianobacterias en la última temporada, el potencial de desarrollo de las mismas es elevado. Esto se debe al clima semiárido de la región, donde predominan las temperaturas elevadas en verano, y como consecuencia episodios de estratificación térmica, y a la alta disponibilidad de nutrientes

(principalmente fósforo). La combinación de estos factores favorecen el crecimiento de las cianobacterias (Newcombe, *et al.*, 2010).

Existe una amplia evidencia de que las cianobacterias potencialmente tóxicas representan un serio riesgo para la salud humana en aguas recreacionales. Sin embargo, la cuantificación de dicho riesgo es aún dificultoso por la falta de conocimiento sobre los impactos crónicos a la salud y su frecuencia, como así también la duración de desarrollo de floraciones altamente tóxicas (Chorus, 1997).

Cabe mencionar que recientemente en Argentina se ha consolidado el Grupo de Trabajo sobre Aspectos Sanitarios de la Presencia de Cianobacterias en Agua, impulsado por el Ministerio de Salud de la Nación (Disposición N° 2/2011), cuyos objetivos son, entre otros, sentar las bases para lograr un estudio epidemiológico de los efectos adversos de las cianobacterias sobre la salud.

Formulación y Aplicación del ICA para uso recreativo

El ICA desarrollado se calculó mediante un promedio geométrico ponderado, lo que permite que responda adecuadamente cuando se tienen fuertes variaciones en la calidad del agua y evita el fenómeno de eclipsamiento que se presenta cuando el ICA arroja un valor satisfactorio, aunque el parámetro de mayor peso no lo sea (Fernández, *et al.*, 2003).

Si bien existen algunos índices que contemplan el uso recreativo, los mismos toman en cuenta un número relativamente grande de variables, como por ejemplo, los desarrollados por Nemerow y Sumitomo (1970), RIP (2002) y Almeida, *et al.* (2009), o simplemente toman en cuenta el nivel de bacterias indicadoras de contaminación fecal, como el ICA desarrollado por INVERMAR (2002). El aquí presentado tiene la ventaja de incluir un número práctico de variables, de cálculo relativamente sencillo y está desarrollado para ser aplicado en lagos y embalses eutróficos o con tendencia a la eutrofización, donde el riesgo no sólo se debe a niveles altos de bacterias sino también a cianobacterias potencialmente tóxicas.

El ICA propuesto (Ecuación 2) considera a *E. coli* y a las cianobacterias (Ciano) como parámetro de mayor peso debido a su importancia a nivel sanitario, siguiendo la transparencia del agua (T_r) y finalmente la temperatura (T) (para un análisis detallado de la construcción del índice, consultar Brandalise, *et al.* 2012).

$$ICA_R = Q_T^{0.045} \times Q_{T_r}^{0.205} \times Q_{Comb}^{0.75} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Siendo:

$$Q_T = 0.416T^2 - 2.5T - 16.6 \quad (\text{para } T < 20 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_T = 0.222T^2 + 7.612T + 48.26 \quad (\text{para } T > 40 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_T = 100 \quad (\text{para } 20 \leq T \leq 25)$$

$$Q_{T_r} = 50 \times \text{Transparencia} \quad (\text{para Transparencia} < 2m)$$

$$Q_{T_r} = 100 \quad (\text{para Transparencia} \geq 2m)$$

$$Q_{Comb} = 0.002(Q_{E.coli} + Q_{Ciano})^2 + 0.019(Q_{E.coli} + Q_{Ciano}) + 0.718$$

$$Q_{E.coli} = -24.893 \ln(E.coli) + 22.33 \text{ (para } 126 < E.coli < 2000 \text{ NMP/100mL)}$$

$$Q_{E.coli} = 30 \text{ (para } E.coli \geq 2000 \text{ NMP/100mL)}$$

$$Q_{E.coli} = 100 \text{ (para } E.coli \leq 126 \text{ NMP/100mL)}$$

$$Q_{Ciano} = -26.5 \ln(Cianobacterias) + 325 \text{ (para } 5000 < Cianobacterias < 200000 \text{ cél / mL)}$$

$$Q_{Ciano} = 0 \text{ (para } Cianobacterias \geq 200000 \text{ cél / mL)}$$

$$Q_{Ciano} = 100 \text{ (para } Cianobacterias \leq 5000 \text{ cél / mL)}$$

El ICA se divide en cinco categorías dependiendo de su valor, como lo muestra la Tabla 1.

Tabla 1: Escala de clasificación del ICA recreativo

ICA	Categoría
90-100	Excelente
90-75	Muy bueno
75-60	Aceptable
60-30	Malo
30-0	Muy malo

Conforme a la prueba de Shapiro – Wilks, las variables ICA no se distribuyeron normalmente en todos los casos. La Tabla 2 muestra un resumen con los análisis descriptivos de los ICA de las playas analizadas. Para los casos donde la variable no es paramétrica, se utiliza los Estimadores M- en reemplazo de la media, tal como lo indica Goodall (1983).

Tabla 2: Estadísticos descriptivos de los ICA en las playas del embalse San Roque: CI, Club Instituto; LM, Los Mimbres y EG, El Gitano

	Temporada 2010-2011			Temporada 2011 - 2012		
	CI	LM	EG	CI	LM	EG
Media	-	-	56,1	79,0	81,6	-
Estimador – M	75,7	80,0	-	-	-	85,1
Mínimo	0	27,8	24,9	72,6	67,5	62,0
Máximo	88,5	85,1	86,0	83,1	93,1	86,7

De acuerdo a las pruebas no paramétricas, no se encontraron diferencias significativas a nivel espacial (Prueba Kruskal – Wallis; $p=0.695$) ni a nivel temporal (Prueba U de Mann – Whitney; $p=0.074$). No obstante, en la Tabla 2 se puede observar que la playa El Gitano, en lo que respecta a la tendencia central, obtuvo el ICA más bajo, incluso por debajo de Aceptable, mientras que en la segunda temporada obtuvo el ICA más alto. En dicha temporada, en general, las tres playas estuvieron en una calidad Muy Buena. Otra diferencia entre las temporadas fue que en la primera hubo fechas con ICA bajos, donde la calidad estuvo en la categoría Muy malo. En la segunda temporada los ICA de las tres playas no se encontraron en ningún momento por debajo de la calidad Aceptable (Figura 4).

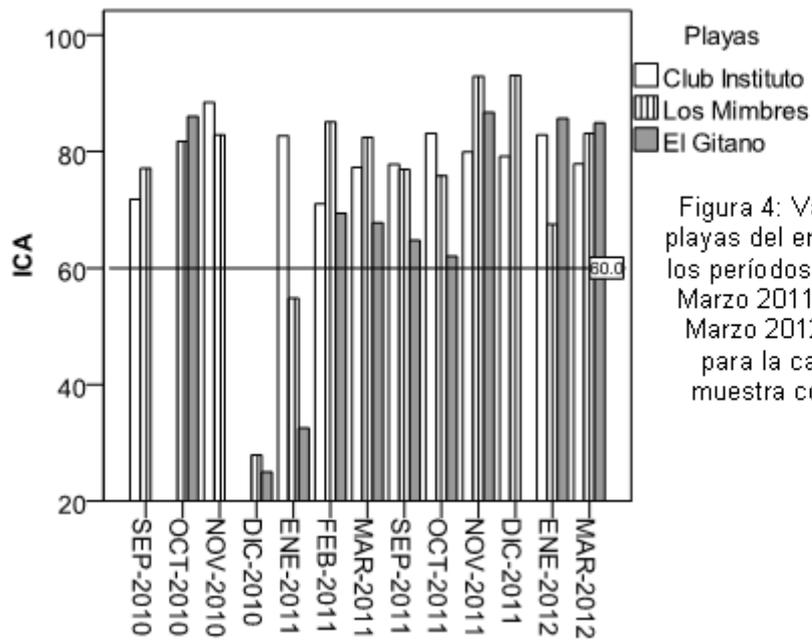


Figura 4: Valores del ICA en las playas del embalse San Roque en los períodos de Septiembre 2010-Marzo 2011 y Septiembre 2011-Marzo 2012. El valor ICA límite para la calidad Aceptable se muestra con la línea continua.

Tabla 3: Acciones sugeridas asociadas al valor de ICA. Fuente: Modificado de Falconer, *et al.* 1999; Graham, 2008.

Categoría	Condición de la Playa	Acciones Inmediatas	Acciones Gubernamentales
Excelente	Altamente favorable para actividades recreativas.	Colocar carteles de habilitación de baño indicando que son aguas con historial de cianobacterias.	Continuar con los monitoreos quincenales e inspecciones visuales del cuerpo de agua.
Muy Buena	Favorable para actividades recreativas. La transparencia se ve disminuida.	Colocar carteles de habilitación de baño indicando que son aguas con historial de cianobacterias.	Investigar las causas a fin de que la apariencia del cuerpo de agua no afecte el turismo local.
Aceptable	Las condiciones se encuentran en el límite de lo favorable para la recreación.	Analizar si el valor del ICA está dado por motivos estéticos o por motivos sanitarios. Colocar carteles que indiquen el motivo de las características estéticas de la playa.	Ampliar la frecuencia de muestreo a semanal.
Malo	Los valores de los parámetros sanitarios están por encima del límite establecido.	Colocar carteles de advertencia y desaliento al contacto directo con el agua.	Monitoreo diario hasta que se observen valores límites aceptables. Evaluar el origen de la contaminación: carga de los ríos afluentes del embalse, condición de descarga de efluentes cloacales y estratificación térmica. Si la contaminación es por cianobacterias, determinar cianotoxinas correspondientes.
Muy Malo	Florecimiento altamente denso de cianobacterias, alta probabilidad de liberación de cianotoxinas	Delimitar el área afectada y prohibir el baño. Colocar carteles de advertencia y prohibición de actividades de contacto directo e indirecto.	Monitoreo diario hasta que la acumulación de cianobacterias se disipe. Delimitar el área afectada y prohibir el baño. Colocar carteles de advertencia y prohibición de actividades de contacto directo e indirecto. Analizar los factores ambientales que favorecen el <i>bloom</i> de cianobacterias. Determinar concentración de cianotoxinas correspondientes. Seguimiento de la salud pública.

En todos los casos se debe evaluar la calidad del agua luego de una esorrentía importante. También se debe evaluar si el valor del ICA se encuentra próximo al valor límite de la categoría, ya sea inferior o superior.

Comparado las Figuras 2, 3 y 4, se observa que los bajos valores del ICA de Los Mimbres en los meses de diciembre 2010 y enero 2011 se debieron a las altas concentraciones de cianobacterias. Respecto a El Gitano, en diciembre de 2010 el valor bajo del ICA estuvo asociado a una alta abundancia de dichas algas, mientras que en enero de 2011 se debió a que tanto las cianobacterias como *E. coli* se encontraron al límite del valor permitido y también al valor de aproximadamente cero de la transparencia (dato no mostrado).

Para situaciones que se encuentran en la etapa de la identificación del problema, los indicadores de estado del medio natural, como lo son los ICA, juegan un papel más importante; luego, en la siguiente etapa, se deben formular respuestas políticas e implementación de medidas (Cifrián, *et al.*, 2006). Es por ello, que se asocia acciones al ICA para contribuir de manera importante a la gestión del recurso. La Tabla 3 muestra las acciones que pueden ser tomadas de acuerdo al valor del índice calculado. Sin dudas estas acciones cuyos objetivos finales son salvaguardar la salud de la población expuesta, involucran una fuerte intervención de los organismos reguladores y de administración locales del agua.

CONCLUSIONES

El monitoreo y evaluación de la calidad de aguas para preservar la salud de las personas son necesarios en sitios destinados a actividades recreativas en cuerpos de aguas que reciben perturbaciones como descargas cloacales o tienen una condición eutrófica, como es el caso del embalse San Roque.

La información de la calidad de agua recreativa puede resumirse dentro de un ICA elaborado para este uso, el cual se ajusta a la realidad de los balnearios en términos de calidad de agua.

En lo que respecta a las playas del Embalse San Roque, se ha detectado una variabilidad en sus condiciones que van desde Aceptable (considerándose estas playas sin peligro para la salud de los bañistas) a situaciones en que el valor de ICA sugiere no realizar actividades de baño. Esto es indicativo de la necesidad de un seguimiento continuo de las mismas en épocas estivales.

En este trabajo se muestra un valor mensual por playa. A nivel de gestión es importante un monitoreo más frecuente, sobre todo en época estival, donde la concurrencia de bañistas es elevada y las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de bacterias patógenas y de cianobacterias potencialmente tóxicas.

REFERENCIAS

- Almeida, C.; Oliva González, S.; Quintar, S.; Chirino, E.; González, P.; Mallea, M.** (2009). Elaboración de un índice de calidad de aguas continentales para uso recreacional. I Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables. Villa María, Córdoba, Argentina.
- Amé V., (2003).** Microcistinas en el Embalse San Roque (Córdoba). Presencia, Ecotoxicidad, Regulación y Biodegradación. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- APHA (American Public Health Association) AWWA (American Water Works Association), WEF (Water Environment Federation)** (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, Washington, D.C
- Brandalise, V.; Nadal, F.; Rodríguez, M. I.; Larrosa, N.; Ruiz, M.; Halac, S.; Olivera, P.; Licera, C.** (2012). Índice de calidad de agua para uso recreativo en ambientes con cianobacterias. I Encuentro de Investigadores en Recursos Hídricos. Buenos Aires, Argentina.

- Chorus, I.; Falconer, I.; Salas, H.; Bartram, J.** (1998). Riesgos a la salud causados por cianobacterias y algas de agua dulce en aguas recreacionales. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Lima, Perú.
- Chorus, I.; Salas, H.** (1997). Health impacts of freshwater algae: Draft for Guidelines for Recreational Water and Bathing Beach Quality. III Regional AIDIS Congress for North America and the Caribbean San Juan, Puerto Rico.
- Cifrián E.; Muñoz Y.; Coz A.; Viguri J.; Andrés A.** (2006) Indicadores Ambientales y Sistemas de Indicadores. Cuaderno 1, Medio Ambiente Cantabria, España.
- Coopi (Cooperativa Integral de Provisión de Servicios Públicos, Vivienda y Consumo de Villa Carlos Paz) (2012).** Link permanente http://www.coopi.com.ar/cloacas/cloaca_intro.html. Visto el 27/09/2012.
- CoNaMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente)** (1986). Resolução CONAMA N° 20
- CoNaMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente)** (2000). Resolução CONAMA N° 274.
- Ebert, U. and Welsch, H.** (2004). Meaningful environmental indices: A social choice approach. *Environmental Economics and Management*, 47, 270–283.
- Falconer, I.; Bartram, J.; Chorus, I.; Kuiper-Goodman, T.; Utkilen, H.; Burch, M. Codd, A. G.** (1999). Chapter 5: Safe levels and safe practices, pág. 161 – 182. En *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. Chorus, I. and Bartram, J. Eds. London, 400 pág.
- Ferguson, D. and Signoretto, C.** (2011). Chapter 17: Environmental Persistence and Naturalization of Fecal Indicator Organisms, pág. 379 - 397. En *Microbial Source Tracking: Methods, Applications, and Case Studies*. Hagedorn, C.; Blanch, A.R.; Harwood, V.J. Eds. 642 pág.
- Fernández, N.; Ramírez, A.; Solano, F.** (2003). Índices fisicoquímicos de calidad del agua. Un estudio comparativo. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua Para la Vida y el Desarrollo Sostenible, Cinara, Colombia.
- Folabella, A.; Escalante, A.; Deza, A.; Pérez Guzzi, J.; Zamora, S.** (2006). Indicadores bacterianos de calidad de agua recreacional en la laguna de los padres (Buenos Aires, Argentina). I Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua, Córdoba Argentina.
- Goodall, C.** (1983). Chapter 11: M- estimators of location: An outline of the theory, pág. 339 – 403. En *Understanding Robust and Exploratory Data Analysis*. Hoaglin, D.; Mosteller, F.; Tukey, J. Eds. Nwe York, 447 pág.
- Graham, J.L.; Loftin, K.A.; Ziegler, A.C.; Meyer, M.T.** (2008). Guidelines for design and sampling for cyanobacterial toxin and taste-and-odor studies in lakes and reservoirs: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008–5038, 39 pág.
- INVEMAR** (2002). Indicador de la Calidad de las Aguas Marinas de Colombia Programa Calidad Ambiental Marina.
- Nemerow, N. L. and Sumitomo, H.** (1970). Benefits of Water Quality Enhancement. Report No. 16110 DAJ, prepared for the U.S. Environmental Protection Agency. December 1970. Syracuse University, Syracuse, New York.
- Newcombe, G.; House, J.; Ho, L.; Baker, P.; Burch, M.** (2010). Management Strategies for Cyanobacteria (Blue-Green Algae): A Guide for Water Utilities Research Report N° 74. Australia, 112 pág.
- Rees, G.; Bartram, J.; Pond, K.; Goyet, S.** (2000). Chapter 1: Introduction, pág. 10 – 20. En *Monitoring Bathing Waters A Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programmes*. Jamie Bartram and Gareth Rees Eds. London, 311 pág.
- RIP (River Index Project)** (2002). Miami Valley Index. <http://www.riverindex.org>
- Rodríguez, M.I.; Ruiz, M.; Ruibal, A. L.; Bustamante, A.; González, I.; Olivera, P.; Halac, S.; Sada, C.** (2010). Calidad del agua recreativa afectada por floraciones de cianobacterias en el embalse San Roque (Córdoba, Argentina). III Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua, Córdoba, Argentina.
- Ruibal Conti, A.L** (2003). Seasonal variation of microcystins in Argentinean Inland Waters. Tesis de Maestría. Universidad de Kyoto. Japón.
- Saracho, M.; Segura, L.; Moyano, P.; Rodríguez, N.; Carignano, E.** (2006). Evaluación preliminar de la aptitud del agua del río Del Valle para uso recreacional. *Ciencia*, Vol. 2 (2), 13 – 23.
- Torres, P.; Cruz, C. H.; Patiño, P.J.** (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Ingenierías Universidad de Medellín*, Vol. 8 (15), 79-94.
- Zar, J.H.** (1984). *Biostatistical analysis*, 2^{da}. Ed. Prentice Hall, New Jersey, 718 pág.

WHO (World Health Organization) (2003). Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Volume 1, Coastal and Fresh Waters. 253 pág.