

Monitoreo de la Calidad del Agua del embalse San Roque. Efecto de contaminantes por descargas de efluentes

Natalia Crema, Andrea Fernandez, Fernanda Pacharoni, Luciana Rocha, Mariela Andreu, Sandra Gomez, Soledad Miralles, Yamila Chagra.

Centro de Excelencia en Productos y Procesos (CEPROCOR).

E-mail: naticrema@gmail.com

RESUMEN: El monitoreo periódico de los cuerpos de agua, principalmente aquellos que son fuente de agua potable, resulta una herramienta muy importante al momento de tomar decisiones.

El evidente deterioro de la calidad del embalse, sufrida por acciones antropogénicas, destacándose por su importancia: vertidos de efluentes, la disminución de caudales y calidad de los ríos afluentes y los incendios en la zona condujeron a su eutrofización, provocando eventos como floraciones algales o mortandad de peces; situación que nos induce a iniciar este estudio. Se planificaron monitoreos de algunos puntos estratégicos para obtener datos de los tipos de descargas, variación de las mismas en función del tiempo, las estaciones y la afluencia turística; con el fin de evaluar su incidencia en la contaminación del embalse. Los sitios de muestreo: Puente Las Mojarras, Desembocadura del río San Antonio, Centro de Carlos Paz, Frente a Camping A.C.A. (Automóvil Club Argentino) y Antiguo Paredón; 9 campañas (marzo 2013 - marzo 2014). Los parámetros analizados fueron: Temperatura, Amoníaco, Nitritos, Nitratos, Conductividad, Cloruros, pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sustancias Solubles en Éter etílico (SSEE), Fósforo Total, Oxígeno Disuelto, Detergentes Aniónicos, Compuestos Fenólicos, Cromo hexavalente, Bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli.

Los resultados arrojaron valores de Oxígeno Disuelto en algunos puntos muy bajos, de hasta 2 mg/L y valores fluctuantes de Amoníaco, con picos de 1,4 mg/L; ambos factores serían influyentes y/o desencadenantes de los eventos de mortandad de peces.

Los valores de DBO elevados (hasta 130 mg/L) reflejarían la alta carga orgánica del cuerpo de agua.

Los valores hallados de SSEE y bacteriológico son superiores a los permitidos por el decreto 415/99 de DIPAS para la descarga de efluentes a un embalse lo que reflejan vertidos al dique. Esto se incrementa finalizando la época turística y en períodos de menores precipitaciones.

INTRODUCCIÓN

El embalse San Roque se encuentra situado en una región de constante crecimiento turístico, en el mismo se desarrollan variadas actividades recreativas, por ejemplo de tipo náuticas, así como también otras en sus costas. La ocurrencia de “emergencias ambientales” tales como la mortandad de peces, incendios forestales, cambios drásticos en la coloración del agua, floraciones algales, entre otros, suelen ser desencadenantes para la realización de estudios puntuales que conducen eventualmente a la implementación de controles permanentes. El monitoreo de los cuerpos de agua, particularmente aquellos que son fuente de abastecimiento de agua para potabilización, debe ser considerado una actividad permanente en el proceso de

desarrollo y ejecución de la estrategia necesaria para resolver los problemas relacionados con la calidad de sus aguas.

Los asentamientos en la periferia del embalse San Roque cada vez son más, y con insuficiente infraestructura para tratar la problemática de los desechos cloacales, el aporte de estos efluentes al cuerpo de agua ocurre por filtración de los sistemas sépticos individuales (pozos absorbentes), existiendo la posibilidad que no todas las viviendas tengan pozos negros en cuyo caso estarían drenando de forma directa al embalse. La situación se repite para los ríos aportantes ya que en las ciudades ubicadas en las riberas de los mismos no hay sistema de cloacas

El cuerpo de agua presenta condiciones de marcada eutroficación que se manifiestan en “blooms” estacionales de diversos géneros de algas, entre las que se encuentran las algas verde-azules o cianobacterias, las cuales son capaces de producir una toxina causante de afecciones en la salud de las personas expuestas (Ruiz M., 2011). Las cianobacterias se ven favorecidas para crecer en ambientes con alta concentración de nitrógeno y el fósforo, estos nutrientes son aportados principalmente por descargas de efluentes cloacales.

El objetivo del presente trabajo es mostrar los resultados obtenidos en el monitoreo de algunos puntos estratégicos del embalse, a través de los cuales se pueden identificar tipos de descargas, variación de las mismas en función del tiempo, las estaciones y la afluencia turística; con el fin de evaluar su incidencia en la contaminación del embalse.

AREA DE ESTUDIO

El Embalse San Roque (31° 22' S y 64° 27' O) se localiza en el Valle de Punilla a 608 m.s.n.m. en la Provincia de Córdoba. A sus orillas se encuentran Villa Carlos Paz, Bialet Massé, Villa Santa Cruz del Lago, San Roque y Villa Parque Siquiman en constante crecimiento poblacional y turístico. Los principales tributarios son los ríos San Antonio y Cosquín; secundarios los ríos Los Chorrillos y Las Mojaras y cómo derivación el río Suquía. El Embalse cumple principalmente la función de provisión de agua cruda a las plantas potabilizadoras para el abastecimiento de agua potable a gran parte de la Ciudad de Córdoba, de retención de las crecientes de los cauces de los ríos antes mencionados, también el recurso es utilizado para la generación de energía hidroeléctrica y para uso recreacional.

METODOLOGÍA

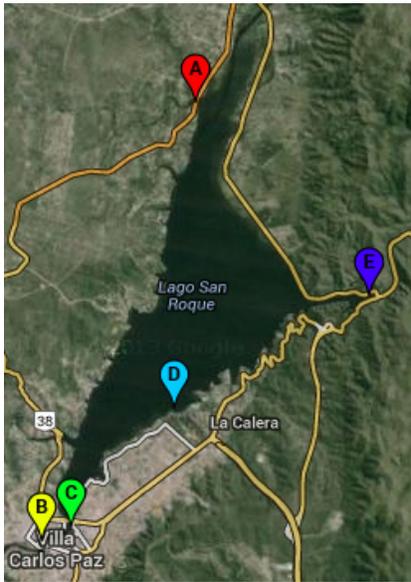
Los sitios de muestro fueron: 1- Puente Las Mojaras, 2- Desembocadura del río San Antonio, 3-Centro de Carlos Paz, 4-Frente a Camping A.C.A. (Automóvil Club Argentino), 5-Antiguo Paredón (Figura 1); 9

campañas en total (marzo 2013 - marzo 2014). Los parámetros analizados y sus métodos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: parámetros y métodos.

Parámetro	Método
Temperatura	Sonda de temperatura de Electrodo combinado de pH METTLER TOLEDO InLab. Medición "In-situ"
N-Amoniaco	Método de Nessler.
Nitritos	SMEWW 21st ed. 2005- part. 4500- NO ₂ ⁻ B.
Nitratos	SMEWW 21st ed. 2005-part. 4500-NO ₃ ⁻ C- Método Espectrofotométrico UV de la Segunda Derivada.
Conductividad	SMEWW 21st ed. 2005-part. 2510 B
Cloruros	SMEWW 21st ed. 2005-part. 4500 Cl- B. Método de Mohr.
pH	SMEWW 21st ed. 2005-part. 4500-H ⁺ B. Método electrométrico.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW 21st ed. 2005-part. 5220 A, D.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	SMEWW 21st ed. 2005-part. 5210 A, B- prueba DBO 5 días.
Sustancias Solubles en Éter etílico (SSEE)	SMEWW 21st ed. 2005 (modificado con decreto Provincial 415/99, solvente empleado Éter Etilico) -part. 5520 A y B Grasas y Aceites.
Fósforo Total	SMEWW 21st ed. 2005part.- 4500 P, E Método del Acido Ascórbico.
Oxígeno Disuelto	SMEWW 21st ed. 2005-part. 4500 O- Método Iodométrico (Winkler).
Detergentes Aniónicos	SMEWW 21st ed. 2005-part. 5540, C.
Compuestos Fenólicos	SMEWW 21st ed. 2005-part. 5530 A, B y D 4-aminoantipirina.
Cromo hexavalente	SMEWW 21st ed. 2005-part. 3500 A, B Cromo.
Bacterias Coliformes Totales Fecales y <i>Escherichia coli</i>	SMEWW 21st ed. 2005-part. 9221 D, E, F.

SMEWW 21st ed. 2005 (Standard Methods for the examination of water & wastewater. 21st Edition 2005)



- A** Muestra 1 Puente Las Mojarras
- B** Muestra 2 .Desembocadura del río San Antonio.
- C** Muestra 3: Centro de Carlos Paz.
- D** Muestra 4: Frente a Camping A.C.A.
- E** Muestra 5: Antiguo Paredón

Figura 1: Sitios de muestreos

ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Si bien no es el objetivo principal de este estudio el análisis de la toxicidad sufrida por los peces del embalse, un evento de mortandad masiva de peces a fines de febrero del 2013, fue el disparador para realizar el estudio. Los peces pueden soportar bajas dosis de amoníaco en forma permanente ya que los mismos se acostumbran a la toxicidad, por el contrario, la exposición repetida con breves intervalos de tiempo puede conducir a una toxicidad acumulativa, cuya eliminación del organismo es muy lenta (Jean Rodier et al., 2011). En la figura 2 puede observarse una marcada fluctuación en los valores de amoníaco, con picos de hasta 1,35 mg/l en el mes de marzo para el punto de muestreo desembocadura San Antonio; para este punto de monitoreo se detectaron los valores mas elevados para amoníaco salvo en los meses de noviembre y enero donde los valores mas altos fueron para el sitio Puente Las Mojarras.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para Oxígeno Disuelto, se resaltan en rojo aquellos valores que se encuentran bajos con respecto a los hallados para otras campañas; esta situación es marcada para los muestreos correspondientes al 5 de marzo del 2013 y 06 de enero del 2014, ambas campañas fueron días posteriores a eventos de mortandad de peces (el primero dentro de este estudio fue reportado el 27 de febrero del 2013 y el segundo el 22 de diciembre del mismo año).

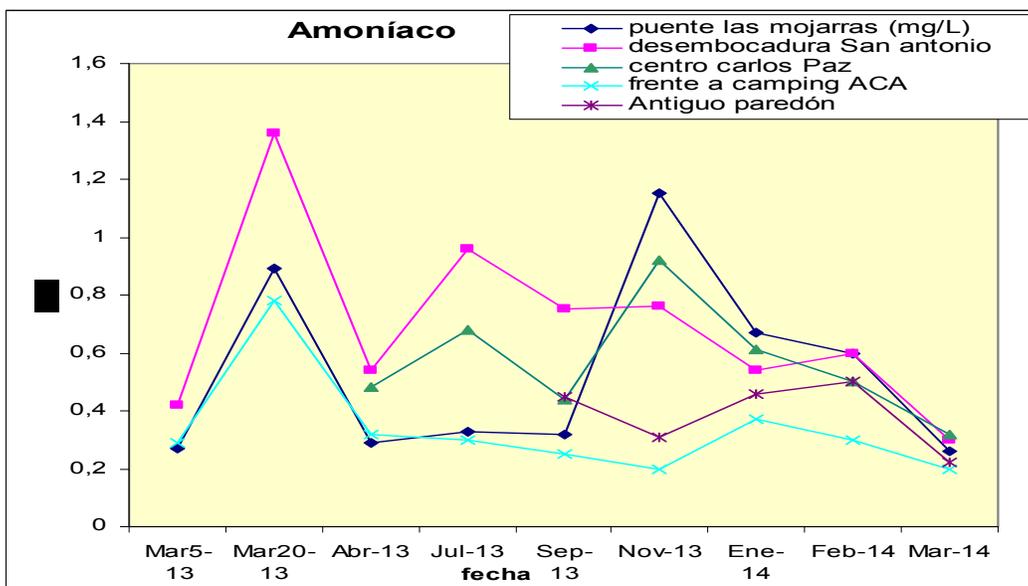


Figura 2 - Valores de NH₃ para los distintos puntos de muestreos

Tabla 2: Oxígeno Disuelto

OXIGENO DISUELTO (mg O ₂ /L)	MAR 2013	ABR 2013	JUL 2013	SEP 2013	NOV 2013	ENE 2014	FEB 2014	MAR 2014
Puente Las Mojarras	2,5 *	7,7	8,8	11,2	7,7	4,6	5,8	10,1
Desembocadura San Antonio	6,25 *	11,1	8,5	10	7,2	4,6	8,8	7,7
Centro Carlos Paz	s/d	10	s/d	10,5	7,2	5,8	7	8,2
Frente a Camping ACA	4,92 *	8,3	10,3	14,1	10	9,3	10,9	8,1
Viejo Paredón	s/d	s/d	s/d	11,1	8,3	5,2	8,9	6,8

s/d: sin determinar. * Valores medidos por método electroquímico, (zonda multiparamétrica Horiba).

En la Figura 3 se puede observar que en marzo del 2013, finalizando la época estival, los valores de DQO para desembocadura de San Antonio y Puente Las Mojarras son muy elevados en comparación con los meses siguientes; estos picos no se repiten en 2014 lo cual se asocia a los altos registros de lluvias en estos primeros meses del año lo cual provoca un efecto diluyente de los contaminantes del embalse. Desde el mes de abril hasta septiembre 2014 los valores en general se mantienen similares para cada punto de muestreo.

En la Tabla 3 pueden observarse valores (en rojo) de DBO₅ que en algunos casos superan al límite permitido para descarga de efluentes (< 30mg/L) a embalse según “Normas para la Protección de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos de la Provincia de Córdoba, Decreto 415/99”.

De lo antes expuesto respecto a DQO y DBO₅, se refleja la alta carga orgánica del cuerpo de agua, en su mayor proporción de tipo biodegradable lo cual se puede vincular directamente a la descarga de líquidos cloacales de tipo domiciliario sin tratamiento.

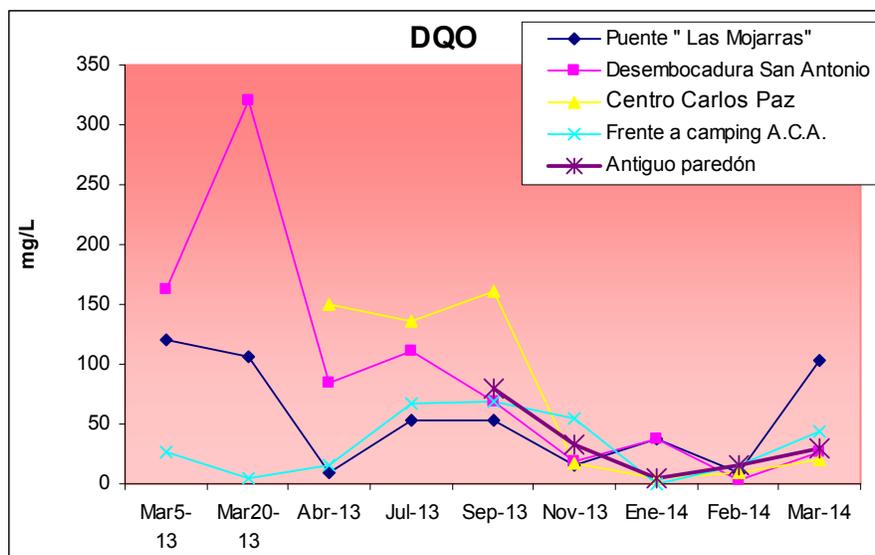


Figura 3: Valores de Demanda Química de Oxígeno (en mg O₂ /L) para los distintos puntos de muestreo en función del tiempo

El aporte de fósforo a la contaminación de las aguas superficiales puede estar dado por vertidos industriales y domésticos o por el lavado de las tierras cultivadas que contienen abonos fosfatados o tratados con algunos pesticidas, no siendo el área de estudio zona de actividad agrícola se presupone que el origen del mismo es por vertidos cloacales. De todos modos el análisis de los valores de fósforo en superficie no puede realizarse aisladamente debido a que los mismos dependen de los coeficientes de liberación del fósforo del sedimento. En el proceso de resorción de P existe una clara influencia del pH, la T y el OD. Se produce mayor liberación cuando el OD tiende a valores nulos y cuando la temperatura es mayor (Granero M. 2002). Así mismo influirá la cantidad de fitoplancton en el cuerpo de agua consumiendo el fósforo disponible. Teniendo en cuenta lo antes dicho y analizando los resultados vemos un marcado aumento de los valores de fósforo para los puntos Desembocadura de San Antonio y Puente Las Mojarras en el mes de marzo 2013, lo cual coincide con los aumentos de DQO y DBO.

La presencia de Detergentes aniónicos como la de SSEE son fiel reflejo de la situación de volcamiento de líquidos sin el adecuado tratamiento, directos al embalse o bien a los ríos aportantes, en la Figura 5 se

observa la presencia de Detergentes en al menos una oportunidad para casi todas las estaciones de monitoreo, la única que queda exceptuada es Centro de Carlos Paz para la cual los valores siempre fueron menores al límite de cuantificación del método (<0,15 mg/L). Las SSEE arrojaron valores especialmente elevados si tenemos en cuenta el origen del cuerpo de agua; en la figura 6 pueden observarse los resultados, los cuales en algunos puntos superan hasta los permitidos para la descarga de efluentes líquidos a Embalse, según el Decreto 415/99”, este fija cómo valor permitido para descarga de efluentes a Embalse SSEE (<20 mg/L).

Tabla 3: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DBO (mg O2/L)	MAR 2013 (05)	MAR 2013 (20)	ABR 2013	JUL 2013	SEP 2013	NO V 2013	ENE 2014	FEB 2014	MAR 2014
Puente Las Mojarras	105	30	6	s/d	s/d	9	13	s/d	30
Desembocadura San Antonio	65	130	14	s/d	s/d	2	13	s/d	s/d
Centro Carlos Paz	s/d	s/d	25	s/d	s/d	5	8	s/d	s/d
Frente a Camping ACA	12	4	7	s/d	s/d	38	14	30	28
Viejo Paredón	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	6	7	s/d	s/d

s/d: sin determinar

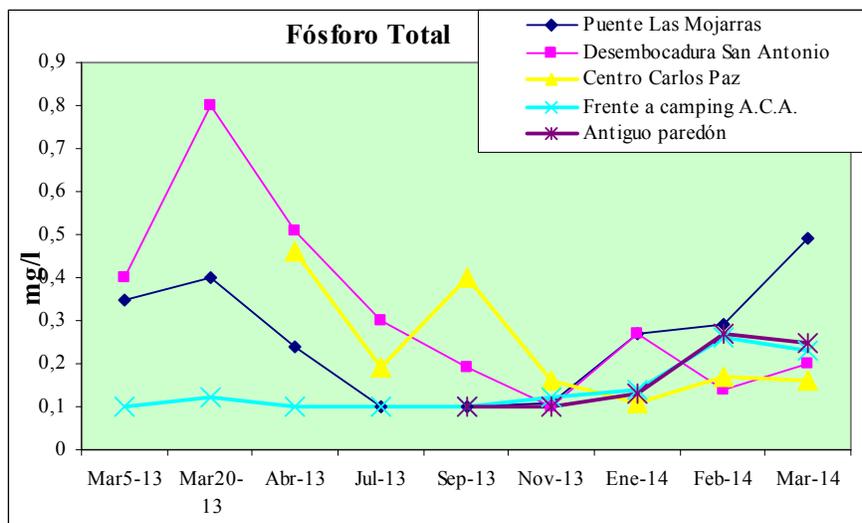


Figura 4: Fósforo Total (en mg/l) para los distintos puntos de muestreo en función del tiempo

Para los Nitritos se encontraron valores por los general $< 0,08$ mg/L límite de cuantificación, el mayor fue en el mes de septiembre para el punto Frente a camping A.C.A. de $0,47$ mg/L. Los Nitratos presentaron valores que no superan los 14 mg/L.

En cuanto a la conductividad se obtuvieron valores mayores en los meses de bajos registros de lluvias (abril a noviembre) descendiendo en enero, febrero y marzo; esto es esperado por el efecto diluyente al ser superior el nivel del embalse. Los Cloruros en ningún caso superaron los 20 mg/L. El Cromo hexavalente siempre fue menor al límite de cuantificación ($< 0,054$ mg/L).

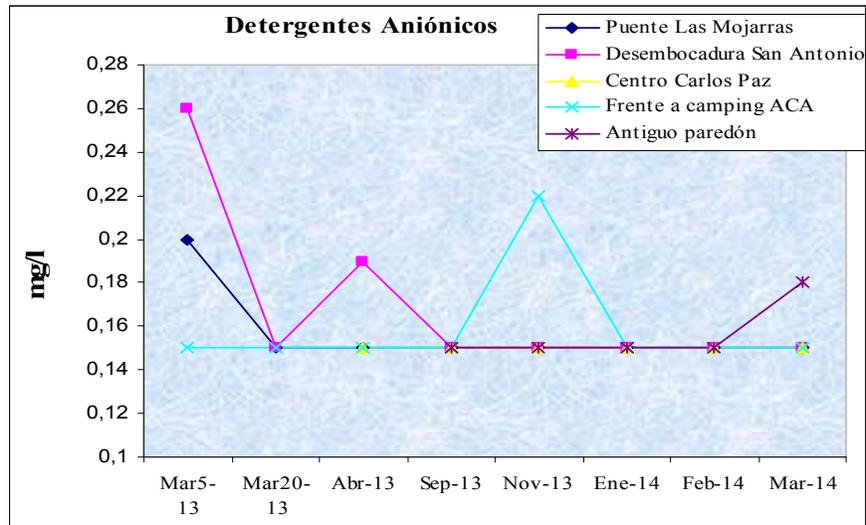


Figura 5: Detergentes Aniónicos

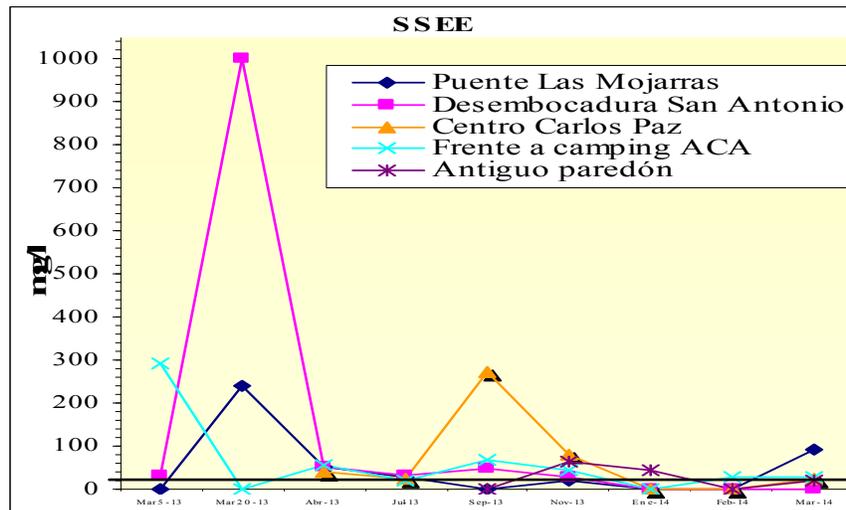


Figura 6: Sustancias Solubles en Éter Etlíco

El valor de pH compatible con la vida de los peces se encuentra entre 5 y 9. Para la mayoría de las especies acuáticas, el rango de pH favorable se sitúa entre 6 y 7,2. (Jean Rodier et al., 2011). Los valores de pH

obtenidos, cómo se puede ver en la figura 8, se encuentran entre 6,5 y 9,5, siendo superior a lo citado anteriormente en dos oportunidades para desembocadura de San Antonio, y frente al camping A.C.A.

Los recuentos de Bacterias Coliformes Totales y Fecales arrojaron valores (ver Tabla 4), en algunos puntos próximos (en azul) e incluso superiores (en rojo) a los límite máximos permitidos para BCT 5000 NMP/100mL y BCF 1000 NMP/100mL si se compara con el decreto 415/99 para descarga de efluentes líquidos cloacales. Si se comparan los resultados en función de las estaciones se nota un aumento en época estival siendo los puntos Desembocadura de San Antonio y Centro de Carlos Paz los mas afectados por contaminación de origen fecal, cabe recordar que CT pueden tener origen medioambiental, y su aumento es coincidente con períodos de intensas lluvias (desde enero a marzo 2014).

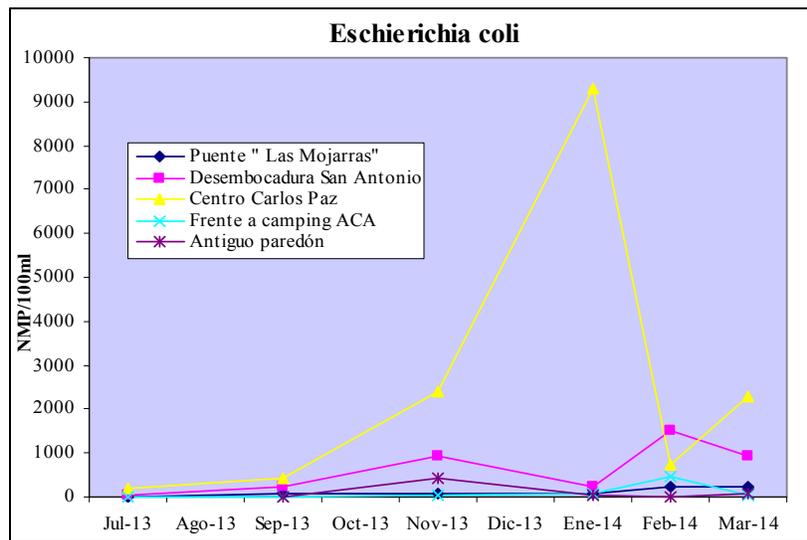


Figura 7 - *Escherichia coli* (NMP/100 mL) para los distintos puntos de muestreo en función del tiempo.

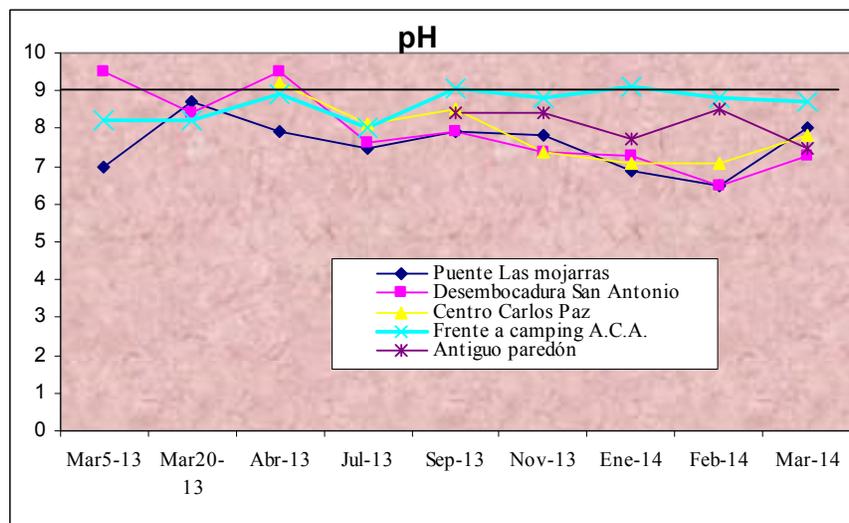


Figura 8: pH para los distintos puntos de muestreo en función del tiempo.

Escherichia coli es una bacteria que se utiliza como indicador de contaminación originada por heces de mamíferos de sangre caliente y humanas. En la Figura 7, donde se graficó los valores de esta bacteria en los distintos puntos de muestreo, se observa un incremento en su concentración en época estival siendo también los puntos Desembocadura de San Antonio y Centro de Carlos Paz los más afectados.

Tabla 4: Coliformes Totales y Fecales para los distintos puntos del monitoreo (NMP/100 mL).

	Puente Las Mojarras		Desembocadura San Antonio		Centro Carlos Paz		Frente a camping A.C.A.		Antiguo paredón	
	BCT	BCF	BCT	BCF	BCT	BCF	BCT	BCF	BCT	BCF
JUL 2013	75	9	930	930	2300	210	230	<3	s/d	s/d
SEP 2013	93	93	2100	230	2300	430	43	<3	43	7
NOV 2013	230	93	930	930	4600	2400	2400	2400	>110000	930
ENERO2014	210	93	430	230	9300	9300	230	93	2300	43
FEB 2014	9300	240	4600	4600	1500	750	24000	460	>110000	460
MAR.014	1500	750	4300	930	24000	2300	4300	43	24000	230

s/d sin determinar.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio reflejan el impacto de efluentes producto de filtración o volcamiento directo de líquidos cloacales sobre los puntos de la costa del Lago San Roque muestreados. Este efecto se magnifica en época estival y puede atribuirse al incremento poblacional de turismo recreativo en esa época.

Los valores de oxígeno disuelto detectados para dos puntos particulares de muestreo en fechas próximas a eventos de mortandad de peces fueron muy bajos por lo que podrían asociarse, y un seguimiento cercano de éste parámetro crítico para la vida piscícola en ciertos puntos estratégicos podría actuar como alarma para prevenir futuras mortandades de peces.

Los efectos de estos contaminantes aportados por los desechos de origen cloacal explican el carácter eutroficado del embalse y cómo consecuencia de esto los eventos repentinos de floraciones algales y mortandad de peces.

Las lluvias producen un efecto de dilución de contaminantes, pero al mismo tiempo cómo efecto negativo estarían aportando materia orgánica y bacterias coliformes Totales por el lixiviado de las orillas de ríos aportantes y del propio embalse.

BIBLIOGRAFÍA

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2005. Standard methods for the examination of water & wastewater. 21 St Edition.
- Granero, M., Bustamante, M.A., Rodríguez, M.I., Morillo, S., Ruiz, M., López, F., Busso, F. y Bonfanti, E. 2002. Evaluación de la carga interna de fósforo en el embalse san roque (córdoba) relacionada a su problemática de eutroficación. XIX Congreso Nacional del Agua. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. y colaboradores, 2011. Análisis del agua. 9na Edición.
- Normas para la protección de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Decreto 415/99, Anexo 1. Poder Ejecutivo Córdoba, Ministerio de Obras, Servicios Públicos y Vivienda.
- Ruiz, M., Rodríguez, M.I., Ruibal Conti, A.L., Bustamante, M. A., Busso, F., Lerda. D., Halac, S., Nadal, F., Olivera, P. y Sada, C., 2011. Aspectos de gestión ambiental y salud en el embalse san roque (córdoba). Congreso Nacional del Agua. Resistencia, Chaco, Argentina.