

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CEBALLOS (CÓRDOBA, ARGENTINA)

Marcia Ruiz, Ingrid Zito-Freyer, María Alejandra Bustamante, María Inés Rodríguez, Ana Laura Ruibal Conti, Marta Biagi, Ivana Amateis, Leticia Tarrab, Gustavo Soria, Germán Zapata, Guillermo Vilchez & Carlos Martín Angelaccio

Centro de la Región Semiárida (CIRSA) - Instituto Nacional del Agua (INA)
Ambrosio Olmos 1142- X5000JGT- Córdoba- Argentina-Te: 0351-4683015
E-mail: marciarui74@yahoo.com

RESUMEN

La cuenca del Río Ceballos ha registrado en los últimos años un marcado crecimiento demográfico concentrado principalmente en las localidades ubicadas en las márgenes del río, dichas localidades no cuentan con un sistema eficiente de captación y tratamiento de líquidos cloacales produciendo un deterioro de la capa freática y del recurso superficial. El suelo rocoso y el uso de sangrías produce escorrentías hacia el agua subterránea.

El conocimiento de las características de contaminación del curso de agua es necesario para caracterizar en un período adecuado sus aspectos físicos, químicos y biológicos. En función de los valores obtenidos y haciendo un análisis integral, se pueden identificar los usos para los cuales el cuerpo de agua sería apto.

En este sentido, la aplicación de herramientas sencillas como los índices de calidad de agua (ICA), permiten una interpretación rápida y simple de la calidad del agua del río. El valor del índice establece diferentes categorías, las cuales están en función del uso que se pretende destinar al recurso.

El objetivo del presente trabajo fue realizar un diagnóstico integral del Río Ceballos en el tramo comprendido desde su nacimiento hasta su confluencia con el Río Suquía, a través de la aplicación de un índice de calidad de agua.

A lo largo del río se obtuvieron valores similares de ICA que, desde el punto de vista recreativo, se pueden considerar aceptables a excepción de algunos registros en que se observó una contaminación leve, indicadora del aporte proveniente de las ciudades aledañas al río. Pudo detectarse además una relación directa entre el ICA y la situación hidrodinámica del río.

Palabras clave: índice de calidad de agua, contaminación.

INTRODUCCIÓN

Estudios de calidad de agua en el Arroyo Saldán (Hunziker y Guerrero Maldonado, 2003 y Comba, 2003), evidencian la necesidad de diagnosticar la situación de los cursos de agua que atraviesan estas ciudades a fin de aplicar pautas de manejo adecuadas para prevenir su deterioro.

Para conocer las condiciones de contaminación en un determinado cuerpo de agua es necesario caracterizarlo en un lapso de tiempo según aspectos físicos, químicos y biológicos. En función de los valores detectados y haciendo un análisis integral del conjunto de variables, se puede concluir acerca de los usos para los cuales el recurso sería apto.

Desde este punto de vista el uso de herramientas sencillas como los índices de calidad de agua (ICA) permiten una interpretación rápida y simple de la calidad del agua que posee un cuerpo de agua (Bratli, 2000).

El principal objetivo de la aplicación de un índice de calidad de agua es brindar a los diferentes ámbitos involucrados con la gestión del recurso, un indicador objetivo y uniforme para la evaluación espacio temporal de la calidad ambiental y las tendencias del mismo.

Existe una gran variedad de índices de calidad de agua, pero básicamente todos ellos consisten en una sumatoria de la ponderación de variables fijadas como relevantes (León Vizcaíno, 1992 y Vegara Medrano, 2002)

El valor del índice establece diferentes categorías que están en función del uso como por ejemplo fuente de agua potable, recreativo, riego, navegación, etc.

En el presente trabajo se elabora y propone un índice de calidad de agua (ICA) para realizar un diagnóstico y cuantificar el impacto de la urbanización en el río. El ICA aplicado contempla atributos físicos, químicos y microbiológicos del sistema.

AREA DE ESTUDIO

El Río Ceballos y su cuenca se encuentran ubicados en la provincia de Córdoba (República Argentina), en el Oeste del Departamento Colón, al Noroeste de la ciudad de Córdoba. El río nace en el Dique La Quebrada y atraviesa las localidades de Río Ceballos, Unquillo - donde recibe el Arroyo Unquillo y forma el Saldán que continúa a través de Mendiolaza, Villa Allende y que finalmente desemboca en el Río Suquía.

METODOLOGÍA

Se muestrearon cuatro estaciones ubicadas sobre el curso principal del Río Ceballos. La frecuencia de monitoreo fue mensual en el período comprendido entre Abril del año 2003 hasta Marzo del 2004, lo cual abarca un total de 12 campañas. Se tomaron datos *in situ*, con sondas multiparámetros Horiba U-10 y Horiba U-23, y se recolectaron muestras de agua que fueron analizadas en laboratorio.

La Figura 1 muestra los sitios de monitoreo que fijados para el presente estudio. Su ubicación estuvo determinada por la presencia de una serie de localidades asentadas en las márgenes cuyo impacto se supone significativo.

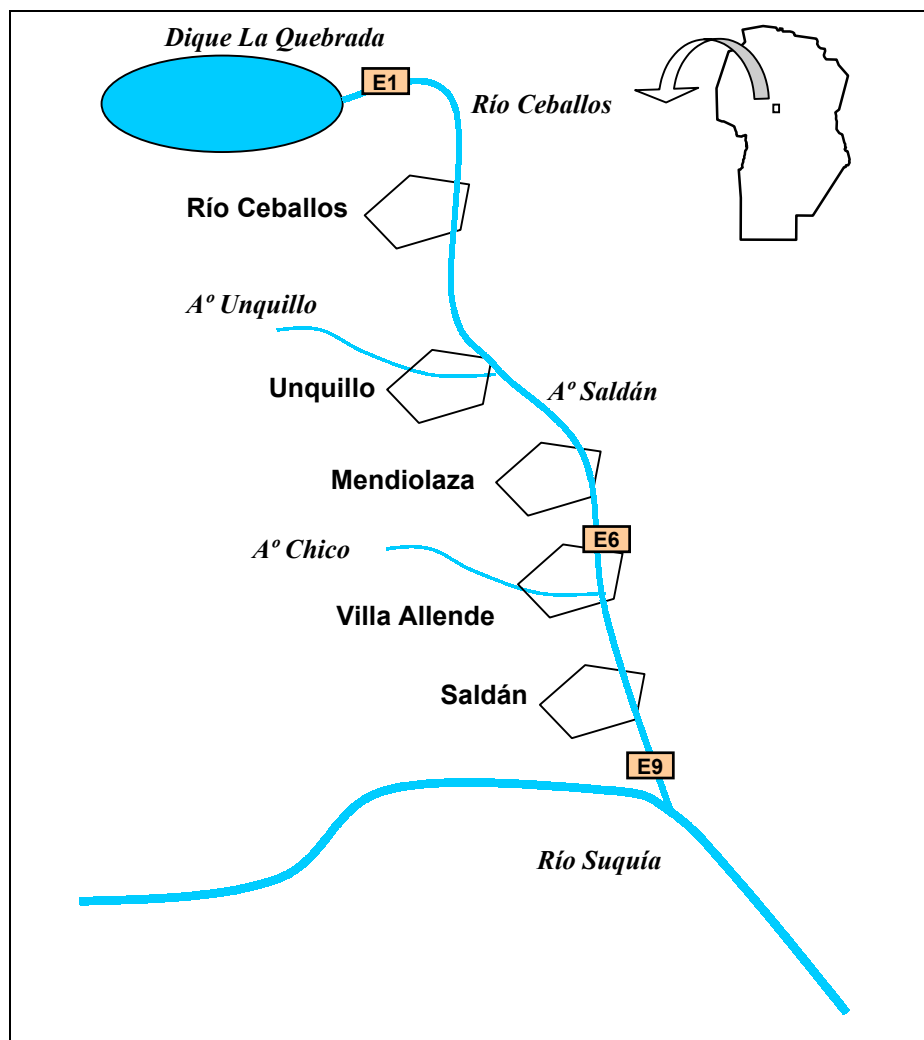


Figura 1: Esquema del área de estudio y ubicación de los sitios de monitoreo. E1: Naciente del Río Ceballos, 100 m aguas abajo de la presa; E6: A° Saldán en la Ciudad de Va Allende a 18 km del punto anterior y E9: A° Saldán previo a su unión con el Río Suquía.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros determinados y se detalla la metodología aplicada.

Se realizaron también aforos en las estaciones con el fin de determinar los caudales. En la Tabla 2 se detallan los caudales calculados.

Tabla 1: Parámetros evaluados en cada punto y método aplicado.

	Método
Parámetros In Situ	Sonda multiparamétrica, Horiba U-10 y Horiba U-23)
pH	
Temperatura (°C)	
Oxígeno disuelto (mg/l)	
Conductividad (mS/m)	
Turbidez (NTU)	
Velocidades (m/s)	Correntímetro marca A-OTT Kempton
Parámetros medidos en laboratorio	
Nitrógeno de amonio N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	Método de la sal de fenol
Nitrógeno de nitrito N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	Método de diazotación
Nitrógeno de nitrato N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	Columna de cadmio y diazotación
Fósforo reactivo soluble PRS, fósforo soluble total PST, fósforo total PT (mg/l)	Digestión con persulfato y reducción con ácido ascórbico
Alcalinidad (mg/l)	Titulación ácido-base con H ₂ SO ₄ 0,02 N
Dureza (mg/l)	Titulación con EDTA 0,02 M
Oxígeno disuelto. (mg/l)	Método de Winkler modificado por la azida sódica
Coliformes Totales y Fecales (NMP/100 ml)	Tubos múltiples
Fitoplancton (Cél/l)	Recuento en cámara de Fuchs-Rosenthal identificación de géneros

Tabla 2: Caudales de las estaciones de estudio.

Fecha	Caudal (m³/s)		
	E1	E6	E9
24/04/03	0.30	0.85	1.07
22/05/03	0.08	0.66	0.94
18/06/03	0.05	0.44	0.66
14/07/03	0.01	0.27	0.50
13/08/03	0.01	0.17	0.22
17/09/03	0.01	0.12	0.27
20/10/03	0.01	0.06	0.17
12/11/03	0.01	0.05	0.08
15/12/03	0.01	0.27	0.44
26/01/04	0.05	0.10	0.17
16/02/04	0.01	0.03	0.13
15/03/04	0.01	0.15	0.23

El Río Ceballos se utiliza principalmente para fines recreativos y agrícolas, por lo cual se calculó un índice de calidad de agua para tales fines.

El ICA aplicado se calculó de la siguiente forma:

$$ICA = \frac{\sum_i C_i P_i}{\sum_i P_i} \quad (1)$$

donde:

C_i: Valor asignado a cada parámetro después de la normalización (Tabla 3).

P_i: Peso relativo asignado a cada parámetro (Tabla 3)

C_i se obtuvo traduciendo los datos analíticos de los 10 parámetros a valores adimensionales entre 0 y 100 mediante la correspondiente función de transformación. Estas funciones relacionan la magnitud de un factor ambiental y la calidad ambiental que varía entre 0 y 100% (Conesa Fdez- Vitora, 1997; Amé y Wunderlin, 1999). Se sitúan los niveles del indicador contaminante iguales al 50 % de calidad de agua para lo que se tienen en cuenta los máximos tolerados por la legislación referente (Normas de Cuenca del Plata, Brasileras, Canadá y Australia para uso recreativo con contacto directo e irrigación).

RESULTADOS

Con los datos obtenidos se procedió a normalizar los datos, de acuerdo a la (Tabla 3).

Tabla 3: Pesos relativos y Factores de Normalización de los parámetros usados en la determinación del ICA. Valores en mg/l - pH en unidades de pH. Temperatura en grados centígrados. Bacterias expresadas como NMP /100 ml. Conductividad mS/m.

PARÁMETRO	PESO RELATIVO	FACTOR DE NORMALIZACIÓN (C _i)										
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
		VALOR ANALÍTICO ^a										
NIT	3	≤ 0,5	< 2	< 4	< 6	< 8	< 10	< 15	< 20	< 50	< 100	> 100
OD	4	≤ 7,5	> 7,0	> 6,5	> 6,0	> 5,0	> 4,0	> 3,5	> 3,0	> 2,0	≥ 1,0	< 1,0
DUREZA	1	< 25	< 100	< 200	< 300	< 400	< 500	< 600	< 800	< 1000	≤ 1500	> 1500
PH	1	7	7,0-8,0	7,0-8,5	7,0-9,0	6,5-7,0	6,0-9,5	5,0-10,0	4,0-11,0	3,0-12,0	2,0-13,0	1,0-14,0
FOSFORO TOTAL	1	< 0,16	< 1,60	< 3,20	< 6,40	< 9,60	< 16,0	< 32,0	< 64,0	< 96,0	≤ 160,0	> 160,0
SOLIDOS DISUELTOS	2	< 100	< 500	< 750	< 1000	< 1500	< 2000	< 3000	< 5000	< 10000	< 20000	> 20000
TEMPERATURA	1	21/16	22/15	24/14	26/12	28/10	30/5	32/0	36/-2	40/-4	45/-6	> 45/ < -6
Coli TOTALES	3	< 50	< 500	< 1000	< 2000	< 3000	< 4000	< 5000	< 7000	< 10000	< 14000	> 14000
Coli. FECALES	3	< 1	< 50	< 150	< 500	< 800	< 1000	< 1200	< 1500	< 1800	< 15000	< 1000000
CONDUCTIVIDAD	4	< 75	100	125	150	200	250	300	500	8000	1200	< 1600

El índice de calidad para uso recreativo y riego varía en 0 y 100 %. Un ICA de 50 a 60, requiere de precauciones en la ingesta de agua, debido a las bacterias presentes que pueden ser riesgosas para la salud. Entre 30 y 40, el recurso sólo es recomendable para el uso de lanchas, mientras que para valores entre 0 y 20, aproximadamente, se considera INACEPTABLE, tanto para uso recreativo como riego. Los descriptores para el ICA se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: Descriptores del ICA

Valor de ICA	Uso Recreativo y Riego
100	Excelente calidad
90	
80	Calidad aceptable
70	
60	Contaminación leve
50	
40	Contaminado
30	
20	
10	Contaminada fuerte
0	

En el punto E1 (Naciente), el valor de ICA obtenido fue de 88.3 %, para el punto E6 (Colegio) el valor de ICA de 71.7 % y para el punto E9 (Desembocadura) se obtuvo un valor de 73 %. Analizando estos valores, se deduce que el recurso tiene una calidad aceptable tanto para uso recreativo como para uso agrícola; demostrándose que desde la naciente del río hasta su llegada a la desembocadura con el Río Suquía, sufre un deterioro de un 15% en la calidad del mismo. Si bien el río posee un buen nivel de oxigenación y un pH ligeramente alcalino la calidad del mismo va disminuyendo por efectos antrópicos, en su paso por las zonas más densamente pobladas.

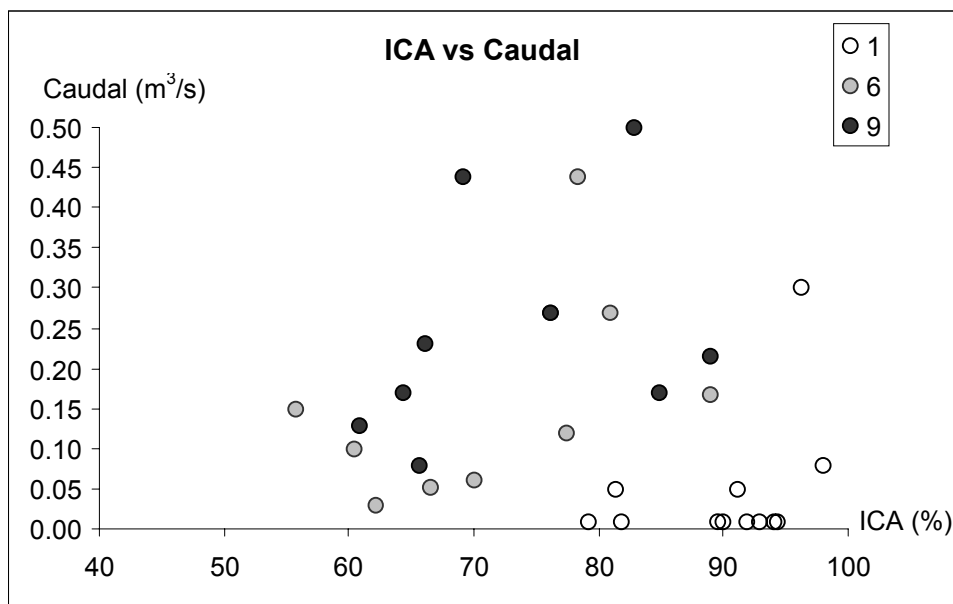


Figura 2: Variación del ICA en función del caudal.

En la Figura 2, se observa que el punto E1, posee un índice de calidad de muy bueno a excelente, escasamente dependiente de las variaciones del caudal. En tanto que para los otros sitios E6 y E9 se observa que la calidad ambiental se deteriora cuando el caudal disminuye, lo que refleja un efecto de dilución de los contaminantes a mayores caudales.

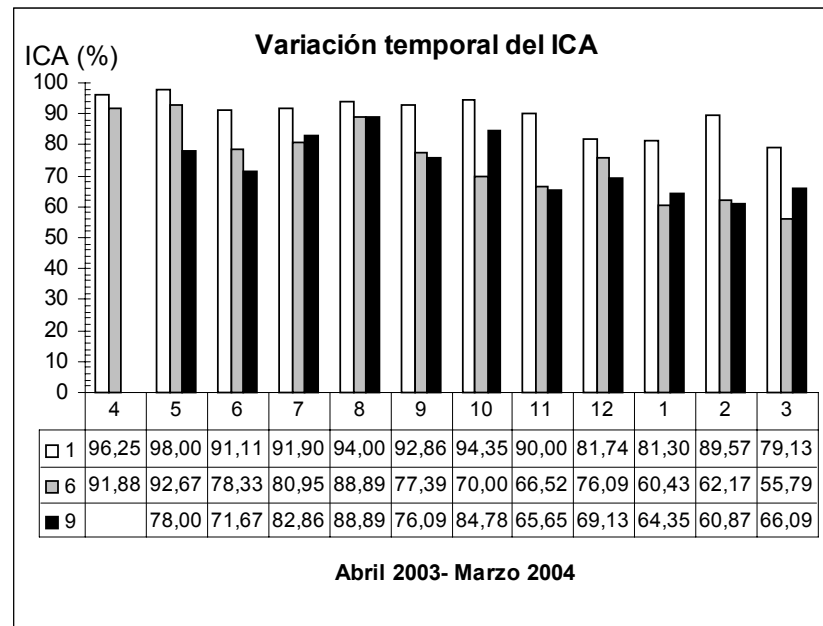


Figura 3: Valor del ICA por sitio y por fecha.

En la Figura 3, se representan los 3 puntos analizados anteriormente, pero calculando el ICA para cada mes del año. Se observa que en los primeros meses del estudio (otoño), los 3 sitios obtuvieron un buen valor de ICA, que fue disminuyendo a lo largo del invierno. Esto se debe a que fue un año de lluvias escasas, lo que afectó considerablemente el caudal, haciendo más notorio el impacto antrópico. En el punto 6 fue observado el mayor deterioro de calidad ambiental a finales del verano. En todos los puntos se visualiza una disminución de la calidad del agua – que oscila entre un 12-35% - a lo largo del año de estudio.

En la Tabla 5 se muestran los rangos de variación para los parámetros que integran el ICA. Se observan incrementos significativos en nutrientes, conductividad y niveles bacteriológicos a medida que el río atraviesa las localidades.

Tabla 5: Valores promedios, máximos y mínimos obtenidos en cada sitio de muestreo durante el periodo Abril 2003- Marzo 2004.

PARAMETRO	SITIO		
	E1	E6	E9
Promedio de pH	7.27	7.95	8.03
Máx de pH	7.94	10.14	9.62
Mín de pH	6.20	6.38	6.81
Promedio de OD mg/l	8.66	11.48	9.01
Máx de OD mg/l	16.40	19.90	11.70
Mín de OD mg/l	5.50	6.60	5.90
Promedio de Temperatura (° C)	15.30	18.84	20.59
Máx de Temperatura (° C)	18.58	25.49	28.40
Mín de Temperatura (° C)	10.90	10.90	12.40
Promedio de TDS (mg/l)	0.17	0.42	0.45
Máx de TDS (mg/l)	0.20	0.51	0.53
Mín de TDS (mg/l)	0.14	0.32	0.31
Promedio de PT (mg/l)	129.92	281.00	319.73
Máx de PT (mg/l)	307.00	797.00	845.00
Mín de PT (mg/l)	58.00	131.00	215.00
Promedio de NIT (mg/l)	0.40	5.98	6.16
Máx de NIT (mg/l)	1.00	9.04	8.52
Mín de NIT (mg/l)	0.09	0.64	4.27
Promedio de Dureza (mg/l)	183.91	304.18	301.73
Máx de Dureza (mg/l)	297.00	476.00	495.00
Mín de Dureza (mg/l)	98.00	148.00	177.00
Promedio de Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	295	9949	3539
Máx de Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	900	50000	11000
Mín de Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	9	90	9
Promedio de Coliformes Totales (NMP/100 ml)	894	14430	7220
Máx de Coliformes Totales (NMP/100 ml)	2400	50000	20000
Mín de Coliformes Totales (NMP/100 ml)	93	400	900
Promedio de Conductividad (mS/m)	26.45	64.29	70.28
Máx de Conductividad (mS/m)	31.40	79.00	86.80
Mín de Conductividad (mS/m)	22.00	48.50	47.80

CONCLUSIONES

El ICA propuesto es sensible a aumentos en los niveles de contaminación por lo que constituye un indicador de la condición de calidad del agua del Río Ceballos.

El deterioro evidenciado por el ICA fue adjudicado principalmente a la contaminación orgánica y microbiológica.

Siendo el Río Ceballos un curso menor, la calidad de sus aguas muestra una alta dependencia del año hidrológico – seco o lluvioso.

Sería aconsejable hacer un seguimiento del recurso y valorar la aplicación del índice de calidad propuesto durante un período mayor al estudiado para que pueda ser utilizado como una herramienta más de gestión.

BIBLIOGRAFÍA

- Amé, V. & Wunderlin, D.** (1999) “*Evaluación de la Calidad de Agua Destinada al Consumo de la Ciudad de Córdoba*”, Cuenca del Lago San Roque, VIII Congreso Argentino de C y T de Alimentos, Rafaela.
- Bratli, J.L.** (2000) *Classification of the environmental quality of freshwater in Norway*, Chapter 4 en *Hidrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring*, John Wiley & Sons, LTD, USA, 331-343.
- Conesa Fdez-Vitora, V.** (1997) *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Ed. Mundi Prensa, 412 pp.
- Hunziker, M.L. & Guerrero Maldonado, P.** (2003) *Estudios preliminares para el saneamiento de la Cuenca del Arroyo Saldán, Río Ceballos*, Tesis de grado, FCEFyN, UNC.
- Comba, P.A.** (2003) *Evaluación de los aspectos hidrológicos y ambientales en tres subcuencas desarrolladas aguas abajo del Embalse San Roque*, Tesis de grado, FCEFyN, UNC.
- León Vizcaíno, L.F.**, (1992) *Indicadores de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala*, Informe técnico IMTA, 8 pp
- Vegara Medrano, S.E.** (2002) *Estudio de contaminación del Río Rocha*, Informe técnico, Municipalidad de Cochabamba, 59 pp.