

# DESARROLLO DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO. CASO ESTUDIO CUENCA MATANZA RIACHUELO

Mónica Salvioli, Verónica Guerrero Borges, Guillermo Larrivey y Marcos Cipponeri

UIDET Gestión Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

E-mail: msalvioli@ing.unlp.edu.ar; veronica.guerrero@ing.unlp.edu.ar; glarrivey@ing.unlp.edu.ar; mcipponeri@ing.unlp.edu.ar

## Introducción

El trabajo presenta el desarrollo metodológico de un Índice de Calidad del Agua (ICA) específico para las cuencas de la vertiente del Plata (CVdP), y los resultados de su aplicación. Como caso de estudio se ha utilizado la Cuenca del río Matanza-Riachuelo (CMR), localizada en la provincia de Buenos Aires y cuyo cauce principal desagua en el Río de la Plata.

El objetivo es diseñar una herramienta de gestión capaz de brindar, en forma rápida y simplificada, un análisis espacio temporal de la calidad físicoquímica y microbiológica del recurso hídrico superficial, de transmitir y comunicar resultados de fácil interpretación, y de evaluar la eficiencia de programas de gestión ambiental a escala de cuenca.

## Metodología

Se realizó un análisis de antecedentes sobre índices de calidad de agua a nivel internacional, regional y local, calidad de agua de CVdP y normativas de referencia, principalmente.

El diseño del ICA<sub>sup</sub> incluyó tres pasos: el primero fue la selección de los parámetros a ser integrados, el segundo consistió en la homogeneización de los parámetros seleccionados, y el tercero correspondió a su integración o agregación mediante una fórmula o expresión matemática probada, que permitiera calcular el índice.

Por último, se efectuó su validación mediante la correlación con otros ICA e índices de calidad biológica del recurso, aportados por otros autores.

## Desarrollo

Los parámetros fueron seleccionados en base a criterios tales como usos del suelo, fuentes y naturaleza de afectación de parámetros, estadísticas multiparamétricas, normativas de referencia, principalmente.

Se procuró seleccionar parámetros que ya estuvieran siendo relevados por la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) desde hace tiempo para poder calcular la evolución del índice en los últimos años.

Los parámetros seleccionados fueron: Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforo Total (P total), Nitrógeno Amoniacal (N-NH<sub>4</sub>), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Conductividad Eléctrica (CE), Escherichia coli, pH, Cromo Total (Cr total) Plomo Total (Pb total) e Hidrocarburos Totales (HCT).

Los mismos fueron normalizados mediante la elaboración *ad hoc* de funciones de calidad específicas para las CVdP, con el objeto de transformar los valores de cada parámetro a una escala adimensional de calidad de agua, entre 0 – 100, que se corresponde con el valor final del ICA<sub>sup</sub> (tabla 1).

Tabla 1.- Escala de Calidad del Agua.

Rango Índice (Q)	Clase	Clasificación
96-100	I	Muy Buena
76-95	II	Buena
51-75	III	Media
26-50	IV	Mala
0-25	V	Muy Mala

La integración de los parámetros se desarrolló a través de su agrupación en cinco dimensiones (tabla 2):

Tabla 2. Dimensiones y Parámetros.

DIMENSIÓN	PARÁMETROS
Carga Orgánica (QO)	OD, DBO <sub>5</sub> , DQO
Riesgo Sanitario (QS)	<i>Escherichia coli</i>
Compuestos Nitrogenados y Fosforados (QN)	P total, N-NH <sub>4</sub>
Características Físicas y Sustancias Disueltas (QF)	SST, CE, pH
Tóxicos (QT)	Cr total, Pb total, HCT

Seguidamente, dichas dimensiones fueron ponderadas mediante una metodología diseñada *ah hoc*, en el marco del método denominado Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 1980). Finalmente, se desarrolló la ecuación 1, donde en la ecuación 2 se muestran los valores de los pesos para cada dimensión. A los parámetros incluidos en cada dimensión se les otorgó el mismo peso.

$$ICA_{sup} = [\sum_i^n (Q_i * w_i)] * \lambda Q_t \quad [1]$$

$$ICA_{sup} = [QF*0.096 + QO*0.466 + QN*0.161 + QS*0.277] * \lambda Q_t \quad [2]$$

$$\text{Donde } \lambda Q_t = \begin{cases} 1 & \text{si } Q_t \geq 75 \\ 0.75 & \text{si } 50 < Q_t < 75 \\ 0.50 & \text{si } 25 < Q_t < 50 \\ 0.25 & \text{si } Q_t \leq 25 \end{cases}$$

Esta agregación es una sumatoria ponderada para cuatro dimensiones, con un ajuste de corrección final correspondiente a la dimensión toxicidad.

Se destaca que este índice es flexible para la dimensión tóxica, ya que los mismos hacen referencia a las actividades contaminantes dominantes en la cuenca a analizar. Asimismo, la ausencia de tóxicos en una cuenca admite la eliminación de esta dimensión en la fórmula final.

Con este ICA se pueden realizar representaciones gráficas para

análisis espaciales y temporales, como el ejemplo presentado en la figura 1. Asimismo, el modo de cálculo del  $ICA_{sup}$  permite visualizar la contribución de cada dimensión a su valor final, posibilitando el análisis en detalle de las dimensiones y brindando mayor definición para el establecimiento de prioridades en la gestión de cuencas (figura 4).

## Validación

Para la validación en primer lugar se calcularon los valores del  $ICA_{sup}$  a partir de los parámetros registrados en la base de datos de ACUMAR. Se seleccionaron 38 estaciones con registros trimestrales de los parámetros requeridos, para el período 2008–2016, distribuidos en toda la cuenca. La distribución de estaciones, con resultados de aplicación, se aprecia en figura 1.

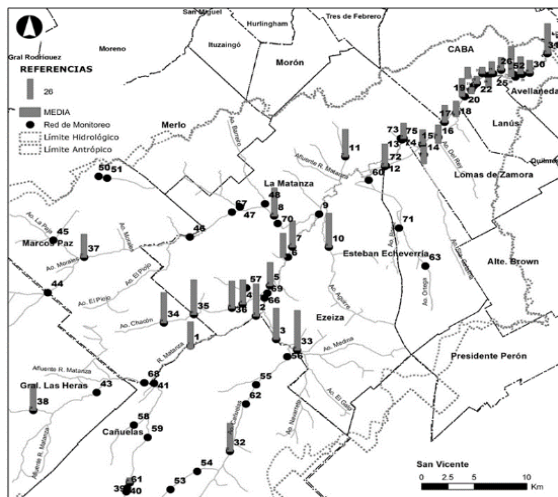


Figura 1.- Estaciones de muestreo y valores  $ICA_{sup}$ . Cuenca de estudio.

Posteriormente, el ICA fue correlacionado con dos tipos de índices: uno de calidad fisicoquímica y microbiológica y otro biológico. Para el primer tipo se utilizó el Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF) (Brown et al., 1970), internacional y de amplia utilización. Su correlación con el ICA fue significativa con un  $R=0,7654$  ( $F=485,301$ ),  $R^2=0,585$  ( $df=1,343$ ), No. de casos: 345,  $p=0,000000$ . Error estándar de la estimación: 10,294 (figura 2).

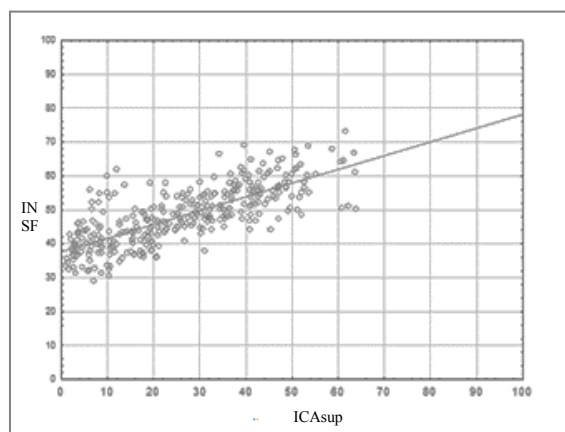


Figura 2.- Correlación entre  $ICA_{sup}$  e INSF. Cuenca de estudio.

Para el segundo tipo se utilizó un índice desarrollado por el Instituto de Limnología "Dr. Raúl Ringuelet" de la UNLP (ILPLA) y aplicado en la cuenca estudio: el Índice Biótico para Ríos Pampeanos (IBPamp - Rodríguez Capitulo et al., 2001). Su correlación con el  $ICA_{sup}$  fue significativa, con un  $R=0,58$  ( $F=89,19$ ) n° casos 181,  $P=0,000000$ . Error estándar de la estimación 1,68 (figura 3).

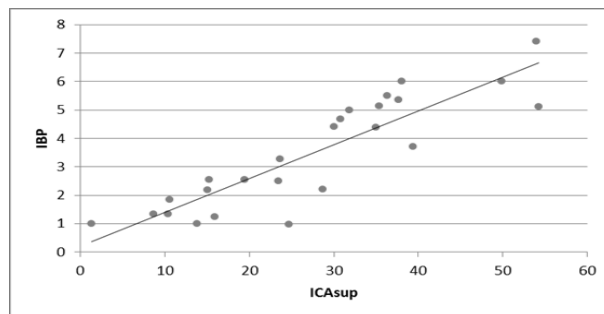


Figura 3.- Correlación entre  $ICA_{sup}$  e IBPamp. Cuenca de estudio.

## Resultados

Como resultado de la aplicación en la CMR, se obtuvieron valores del  $ICA_{sup}$  entre los rangos de calidad muy malo y malo. Pocas estaciones reflejaron valores medios. No se presentaron valores buenos y muy buenos. Ver figura 1. Asimismo tiene mayor sensibilidad (observar figuras 2 y 3) que los índices con el que fue validado, lo cual es un justificativo más para su desarrollo.

La figura 4 presenta resultados del  $ICA_{sup}$  en un sector de la cuenca, para una fecha determinada, con la discriminación de valores de cada dimensión, de modo de visualizar el aporte de cada una en el valor final del  $ICA_{sup}$ .

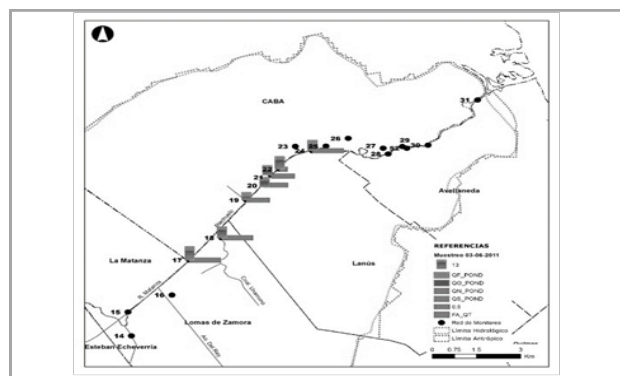


Figura 4.- Contribución de dimensiones al  $ICA_{sup}$

Se observa una estación donde los valores de concentración de tóxicos determinan un ajuste del valor correspondiente a la sumatoria ponderada de dimensiones restantes.

Las correlaciones efectuadas permitieron validar nuestro índice, ya que los resultados fueron coherentes y consistentes.

## Conclusiones

El  $ICA_{sup}$  desarrollado *ad hoc* se considera una herramienta diagnóstica, de seguimiento, planificación y comunicación válida y de fácil aplicación en cuencas urbanas de la vertiente del Plata, que integra parámetros representativos de usos del suelo dominantes en dichas cuencas.

## Referencias

- Brown, R., R. M. Brown, N. I. McClelland, R. A. Deininger and R. G. Tozer (1970). "A Water Quality Index- Do We Dare?". *Water and Sewage Works*, Vol. 117, No. 10, 1995, pp. 339-343.
- Rodríguez Capitulo, A., Tangorra, M. and C. Ocón (2001). "Use of benthic macroinvertebrates to assess the biological status of Pampean streams in Argentina". *Aquatic Ecology*. 35: 109-119 pp.
- Fernández Parada, N.J. y F. Solano Ortega (2005). *Índices de calidad y de contaminación del Agua*. ISBN 958-33-7810-0. 142 pp.