

# Evaluación de la calidad de las aguas de los arroyos Ca'í Puente y Satí de Coronel Bogado con macro invertebrados como bioindicadores

Autor: Jorge Alonso<sup>1</sup>

## RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad de las aguas de los arroyos Ca'í Puente y Satí con el uso de macro invertebrados como bioindicadores. Para ello, se utilizó el método BMWP (Biological Monitoring Working Party) adaptado al arroyo Aguapey, de igual manera se consideraron los parámetros fisicoquímicos utilizando el Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISQA) y la resolución N° 222/02 de la Secretaria de Ambiente del Paraguay (SEAM). Se realizaron los muestreos entre marzo a julio de 2014, en cuatro estaciones a lo largo de los cursos. Los resultados obtenidos indican que la abundancia y la diversidad específica fueron influenciadas por la contaminación orgánica, siendo las familias más abundantes los Chironomidae, Glossiphoniidae y Corixidae. Del análisis de los datos obtenidos se determinó que las aguas de los arroyos se encontraron contaminadas, siendo las estaciones dos y tres las más afectadas (muy contaminadas) debido a los efluentes de las actividades domésticas, de servicios e industriales de la ciudad de Coronel Bogado, con niveles muy elevados de fósforo total y coliformes fecales.

**Palabras claves:** Agua, calidad, macro invertebrados, Ca'í Puente, Satí.

## ABSTRACT

The study aimed to analyze the water quality of streams Ca'í Puente and Satí using macro invertebrates as bioindicators. For this, it was applied the BMWP (Biological Monitoring Working Party) method which was adapted to Aguapey, stream it was also considered phicochemical parameters using the Simplified Water Quality Index (ISQA) and Resolution N° 222/02 the Secretary of Environment of Paraguay. Saples were taken within March and July 2014 at four stations along the water courses. The results indicate that the abundance and species diversity were influenced by organic pollution, being the most abundant families the Chironomidae, Corixidae Glossiphoniidae. Analysis of the data determined that the waters of the streams were contaminated, with the stations number two and three were the most affected (highly polluted) due to effluents from domestic, services and industrial activities of Coronel Bogado city with very high levels of total phosphorus and fecal coliforms.

**Keywords:** Water quality, macro invertebrates, Ca'í Puente, Satí.

<sup>1</sup>*Biólogo, Profesor Investigador de la UNI  
e-mail: alonsod.jorge@gmail.com  
Recibido: 29/06/2015 Aceptado: 27/10/2015*



## Introducción

La supervivencia y el desarrollo de las sociedades humanas se deben al aprovechamiento de los recursos naturales; sin embargo la falta de planificación y el desconocimiento de las posibles consecuencias de una mala utilización causaron la contaminación del ambiente. El recurso hídrico ha sido fuertemente afectado por las acciones de las personas, como los desvíos de los cauces naturales, represas, filtración de coliformes fecales, desechos industriales y domésticos con sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar, que se traducen en cambios significativos en los cuerpos de agua y la diversidad biológica, presentes en el sitio. Por lo tanto, es muy importante evaluar el impacto antrópico sobre estos recursos a través del estudio de la naturaleza química, física y biológica del agua, siendo fundamentales para la interpretación de las ciencias ambientales.

En la actualidad se han desarrollado diversas técnicas para evaluar los efectos de las acciones humanas que presentan un impacto negativo en el ecosistema y posteriormente en la salud humana. Las metodologías más utilizadas se fundamentan en parámetros fisicoquímicos, que indican el estado de la calidad de la misma comparados con parámetros basados en límites admisibles. Otro instrumento de evaluación que complementa el estudio es el uso de indicadores biológicos, más económicos, en que se valora la respuesta de los organismos vivos que están expuestos a los contaminantes o bien, que pueden ser útiles para predecir el daño futuro e incluso, pueden por sí mismos presentar los efectos dañinos (Alonso, 2013).

Bustamante et al. (2002), mencionaron que el uso del índice simplificado del agua (ISQA) es de gran interés ya que permite obtener resultados fiables de una forma rápida y económica, muy adecuado para su aplicación, siendo una herramienta útil para conocer el estado de la calidad de las aguas e identificar fuentes de contaminación utilizando pocos parámetros fisicoquímicos. Entre los métodos biológicos el Biological Monitoring Working Party (BMWP) mide la calidad del agua, dado que este índice sólo necesita de una identificación de los organismos a nivel familia para el seguimiento de la contaminación de los ríos, que se perfila como un índice práctico, de fácil

aplicación y fiable. Por lo tanto, es una herramienta útil para el monitoreo y gestión de cuencas y micro cuencas por personal técnico, con un importante ahorro económico y de tiempo (Roldán, 2003; Alba-Tercedor, 1996; Alonso, 2013).

El arroyo Ca'i Puente se une al Sat'i para desembocar al arroyo Aguapey, ubicado en el departamento de Itapúa de la Región Oriental del Paraguay (Figura N°1), geológicamente tienen las características de un recurso hídrico de planicie, que en su trayecto atraviesa el casco urbano, recibiendo efluentes domésticos, comerciales, de estaciones de servicios, lavaderos de vehículos e industria aceitera de la ciudad de Coronel Bogado. Dicha comunidad anteriormente se denominaba Ca'i Puente, en honor al arroyo, en la actualidad la población está con graves problemas de abastecimiento de agua potable. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la calidad de las aguas de los arroyos Ca'i Puente y Sat'i teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos y los biológicos utilizando a los macro invertebrados como bioindicadores a través del método Biological Monitoring Working Party (BMWP) adaptado a la cuenca del arroyo Aguapey.

## Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en cuatro estaciones de muestreo de los arroyos Ca'i Puente y Sat'i (figura N° 1) en diferentes periodos del año (otoño e invierno) para una representación en el tiempo y espacio de la situación ambiental del arroyo. Los puntos de muestreos fueron establecidos en: Estación N°1 (S 27° 09'539" W 056°13'642" Altura: 122 m), a 300 metros de la naciente del arroyo Ca'i Puente; Estación N°2 (S 27° 09'410" W 056°14'621" Altura: 102 m), arroyo Ca'i Puente a 100 metros del puente de la ruta N°1 Mariscal Francisco Solano López, Barrio Santa Clara, después de la zona céntrica urbana de la ciudad de Coronel Bogado; Estación N°3 (S 27° 08'826" W 056°15'684" Altura: 83 m), arroyo Sat'i, a 100 metros del puente de la ruta N°1, después de la zona industrial; y Estación N°4 (S 27° 09'208" W 056°16'306" Altura: 82 m), arroyo Sat'i a 500 metros antes de la desembocadura del arroyo Aguapey.





**Figura N° 1.** Mapa de los arroyos Cañi Puente y Satí con las estaciones de muestreo. **Fuente:** Google map.

Los criterios de elección de puntos de muestreo han sido los siguientes: accesibilidad para la toma de muestra, considerando las vías de acceso; distancia entre una estación y otra, de modo a obtener mayor representatividad del trayecto total del arroyo; consideraciones ecológicas y económicas tales como: tipo de actividades en las zonas aledañas, cruce por zonas urbanas, posibles puntos de descargas, entre otras. Para la obtención de los resultados de los parámetros fisicoquímicos se utilizó la metodología de Bustamante et al. (2002) y Alonso (2013), a partir de una fórmula que combina 5 parámetros fisicoquímicos (Colman & Bellagomba, 2006):  $ISQA = E \cdot (A + B + C + D)$ , en donde E: temperatura del agua (T en °C), A: demanda química orgánica según la oxidabilidad al permanganato (DQO-Mn en mg/l), B: sólidos en suspensión totales (SST en mg/l), C: oxígeno disuelto (O<sub>2</sub> en mg/l) y D: conductividad (CE en  $\mu S/cm$  a 18 °C). Para realizar la clasificación de la calidad del agua según el valor numérico del ISQA se utilizó el propuesto por Queralt (1982), teniendo en cuenta las características que debe presentar el recurso hídrico de acuerdo al uso que se destine (Alonso 2013): Aguas muy claras (85 a 100); claras (75 a 85); turbias (60 a 75); sucias (45 a 60); deterioradas (30 a 45); residuales diluidas (15 a 30); y residuales (0 a 15). De igual manera, se tuvo en cuenta los límites de los parámetros fisicoquímicos de la SEAM, para el pH, turbiedad, plomo, nitrato, fósforo total y coliformes fecales.

### Macro invertebrados

El muestreo de macro invertebrados se realizó de acuerdo a las recomendaciones del Protocolo de muestreo y análisis de Invertebrados bentónicos (Ministerio de Medio Ambiente España, 2005; Alonso, 2013). La estandarización del método

consistía en introducir la red de mano (tipo D, de 500 micrómetros de luz de malla) al fondo del arroyo en sentido contrario a la corriente de agua, mientras el operador procedió a remover y golpear el sustrato dinámicamente con los pies, este procedimiento se realizó en un lapso de 10 segundos, en los diferentes hábitats presentes en el punto de muestreo. El material recogido se vació periódicamente en bandejas blancas (de 0,60 x 0,40 x 0,12 m) a las que se añadió agua previamente; luego, procedió a separar con ayuda de una pinza los macro invertebrados ubicándolos en frascos herméticos con alcohol al 70 % y rótulos correspondientes.

En el laboratorio se realizó la observación e identificación de los macro invertebrados con lupa estereoscópica, revisando todas las muestras para contabilizar los grupos representados, utilizándose las claves de clasificación de: Domínguez & Fernández (2009), Needham, J. (1978), Lehmkuhi, D. (1979), Rocabado, G. & Goitia, E. (2011), hasta el nivel de familias. Posteriormente se procedió a calcular la calidad del agua teniendo en cuenta los resultados fisicoquímicos con el Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISQA) y los biológicos con el método de BMWP- Aguapey, descrito en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Índice de BMWP- Aguapey**

FAMILIAS	Puntuación
Oligoneuridae, Odontoceridae, Blephariceridae, Perlidae	10
Leptophlebiidae, Euthyplociidae	9
Hebridae, Gomphyidae, Leptoceridae, Philopotamidae	8
Veliidae, Coenagrionidae, Aeshnidae, Lestidae, Calopterygidae, Scirtidae, Policentropodidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae,	7
Notonectidae, Libellulidae, Megapodagrionidae, Agrionidae, Leptohiphidae, Ancyliidae, Dixidae, Hyalellidae	6
Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Gerridae, Nepidae, Dytiscidae, Elmidae, Dryopidae, Baetidae, Polymitarcyidae, Hydropsychidae, Hydrobiidae, Simuliidae, Tipulidae, Pyralidae, Dugessidae	5
Pleidae, Mesoveliidae, Gelastocoridae, Haliplidae, Gyrinidae, Caenidae, Planariidae, Ampullariidae, Limnaeidae, Tabanidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Dolichopodidae, Empididae, Hidroacaridos	4



Hydrometridae, Glossiphoniidae, Corbiculidae, Planorbidae, Physidae, Sphaeriidae, Mytilidae, Thiaridae, Psychodidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephyridae	2
Oligochaeta (Tubificidae y Naididae)	1

Fuente: Alonso (2013)

Siguiendo las recomendaciones de Roldan (2003), la interpretación de los resultados de la calidad del agua se hizo por comparación con el cuadro 2, donde se representan las clases de aguas de los ríos y la calidad correspondiente, de acuerdo con los resultados obtenidos de la suma total de puntos. La calificación va desde "buena (mayor de 150) a muy crítica (menor de 15), fijándole colores diferentes para cada calidad del agua, lo que permite representar en un mapa los tramos de la red fluvial de una zona e identificar la calidad en cada uno de ellos por estos colores (Alonso, 2013).

### Cuadro 2

Interpretación de calidad de agua según el IBMWP/Col.

CLASE				
I	Buena	Mayor de 150 Entre 101-150	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	Azul
II	Aceptable	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	Menor de 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldan (2003)

## 3. Resultados y Discusión

En el cuadro N° 3 se presentan los resultados de los estudios fisicoquímicos del agua, en los diferentes periodos y estaciones de muestreos de acuerdo a los informes de los Laboratorios de Agua.

**Cuadro N° 3.** Resultados de los análisis fisicoquímicos en las diferentes estaciones y periodos del estudio.

Determinación fisicoquímicos	Unidad	Otoño				Invierno			
		E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
Temperatura	°C	26	24	28	24	22	25	25	24
Conductividad	uS/cm	49.9	326	289	289	58.3	284	182	181
Sólidos suspendidos	mg/L	3.4	8.4	12.7	10.8	4.9	8.3	7.7	9.5
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> /L	4.9	6.6	6.6	5.9	3.9	5.1	5.9	7.1
D.Q.O	mgO <sub>2</sub> /L	13.45	29.82	29.97	29.2	5	24.3	21.5	20.8
Turbiedad	UTN	2.7	9.03	17.8	14.4	1.7	6.8	10.3	13.7
pH	UpH	5.69	7.72	7.49	7.89	5.29	7.16	7.12	6.78
Plomo	mgPb/g	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nitrato	mgN-NO <sub>3</sub> /L	1.31	2.18	0.289	0.314	*	*	*	*

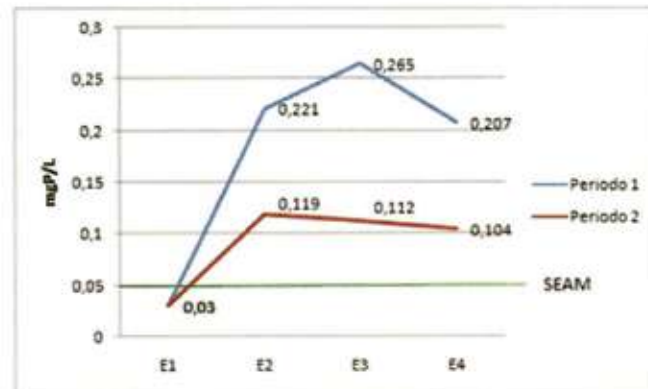
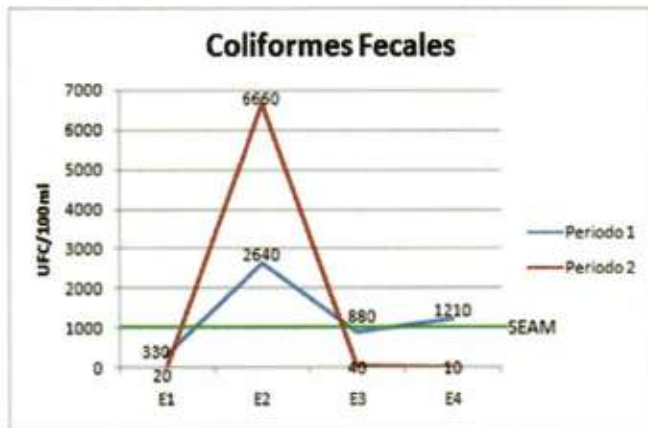
Fuente: Propia. (\*) Sin datos

Las estaciones 2 y 3, presentaron los valores más elevados de la conductividad eléctrica, que ofrecen una información general de la concentración de sales e iones (sales disociadas) presentes en el agua, debiéndose a los vertidos urbanos e industriales de la ciudad (Generalitat de Valencia, 2007). De igual manera, se encontraron valores elevados del DQO, este parámetro permite medir la cantidad de compuestos orgánicos o sales minerales oxidables presente en el agua (Generalitat de Valencia, 2007).

Los valores del Turbidez, pH, Nitrato y plomo se encontraron dentro del rango de clase 2 de calidad de agua según la Resolución N° 222/02 de la Secretaria de Ambiente (SEAM); al igual que la Estación 1 teniendo en cuenta la concentración del fósforo total (Gráfico N°2.a), las demás estaciones exceden los 0,05 mg/L, siendo las estaciones 2 y 3 las que presentaron mayores valores, están situadas después del casco urbano e industrias; la Generalitat de Valencia (2007), afirma que uno de los orígenes del fósforo son las "aguas residuales de usos domésticos" vertidas a las aguas naturales, se le considera como una fuente a los detergentes utilizados en limpieza doméstica. Otro resultado interesante se obtuvo analizando los coliformes fecales, como se puede observar en el gráfico N° 2.b, la Estación 2 presentaba la mayor concentración,



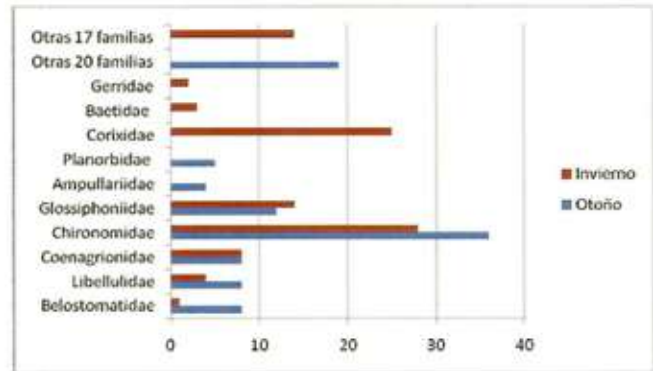
superando ampliamente el límite superior de 1000 Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/100 ml de la SEAM, para la clase II, llegando a 6660 UFC en el segundo periodo. Con estos datos se puede comprobar que existen filtraciones o efluentes fecales de la zona urbana en la ciudad de Coronel Bogado que llegan al cauce del arroyo Cañi Puente, representando un peligro para la salud humana en general.



**Figura N°2.** Concentración de a) coliformes fecales y b) fósforo total.

**Fuente:** Propia

En el presente estudio se colectaron 728 muestras de macro invertebrados, identificados en 32 familias, las cuales fueron variando en cantidad en relación a los periodos de muestreos; en la figura N° 3 se observa los porcentajes de las familias más representativas, siendo las de Chiromonidae, Glossiphoniidae, Corixidae y Coenagrionidae las más abundantes. Las dos primeras son indicadores de baja calidad de agua debido a sus características ecológicas.



**Figura N° 3.** Porcentaje de familias de macro invertebrados identificados

La calidad de las aguas según el ISQA fueron cambiando en el transcurso del tiempo (cuadro 3), en otoño la E1 con "aguas turbias"(tienen un contenido orgánico y mineral significativo, sirven para pesca, navegación y otros usos, pero no para la natación) y las demás estaciones de muestreos presentaron calidad "sucias" (con problemas de olores y sabores desagradables, siendo probable la muerte de peces en periodos de estiajes según Colman & Bellagomba, 2006); en cambio en invierno la E1 se encontró con "aguas claras", la E2 igual que el periodo anterior, y las últimas dos estaciones se encontraron con "aguas turbias".

El método BMWP-Aguapey; la calidad biológica del agua para la E1, fue "Aceptable" con algunos indicios de contaminación; y las E2 y E4, "Dudosa" con aguas contaminadas, presentan más desequilibrios ambientales; pero la E3 estaba con aguas "muy contaminadas"; en invierno, las E2 y E3, presentaron aguas "muy contaminadas". Es importante mencionar que los resultados fisicoquímicos pueden variar rápidamente, dependiendo de las precipitaciones, las actividades urbanas e industriales de los humanos y otros factores; en cambio los biológicos, son más lentos y representativos.

ESTACIONES	OTONO		INVIERNO	
	ISQA	IBMWP-AGUAPEY	ISQA	IBMWP-AGUAPEY
E1	AGUAS TURBIAS	ACEPTABLE	AGUAS CLARAS	ACEPTABLE
E2	AGUAS SUCIAS	DUDOSA	AGUAS SUCIAS	CRITICA
E3	AGUAS SUCIAS	CRITICA	AGUAS TURBIAS	CRITICA
E4	AGUAS SUCIAS	DUDOSA	AGUAS TURBIAS	DUDOSA

**Fuente:** Propia

## CONCLUSIONES

Al analizar los indicadores físicoquímicos y biológicos según el ISQA, la Resolución N° 222/02 de la SEAM y BMWP- Aguapey, determinan que se encontraron con efectos de contaminación en las cuatro estaciones, siendo las E2 y E3 muy contaminadas, debido a las actividades industriales y urbanas de la ciudad de Coronel Bogado, observándose una leve tendencia a mejorar las condiciones ambientales, aguas abajo.

## Bibliografía

1- Agencia Catalana del Agua. (2009). Calidad de agua. Recuperado el 20 de marzo de 2012, de Agencia Catalana del Agua España: [http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca.jsessionid=21z6MQjRG1Ch2Nb7kivRQz0s2vL5GpxbQvdZCJT9vQ3K8nGbn8D1i669101509f1222618062?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P12000416241229447266706](http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca.jsessionid=21z6MQjRG1Ch2Nb7kivRQz0s2vL5GpxbQvdZCJT9vQ3K8nGbn8D1i669101509f1222618062?_nfpb=true&_pageLabel=P12000416241229447266706)

2- Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., & Pujante, A. (2005). Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Zaragoza, España: Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro.

3- Alonso, J. (2013). Evaluación de la calidad de agua del arroyo Aguapey (Paraguay) mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores. Encarnación, Paraguay: Tesis para la Maestría en Gestión Ambiental Universidad Nacional de Itapúa.

4- Bustamante, L. d., Sanz, J., González - Hernández, F., Encabo, J., & Mateos, J. (2002). Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila. Aplicaciones del índice ISQA. Geogaceta, 103-106.

4-Dominguez, E., & Fernández, H. (Edits.), (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología. Tucuman, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

5- Generalitat de Valencia. (2007). Características del agua. Recuperado el 13 de marzo de 2013, de Generalitat de Valencia: <http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educaci>

[on\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_1/main.html](on_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/main.html)

6- Needham, J., & Needham, P. (1978). Guía para el estudio de Seres vivos de las aguas dulces. Barcelona España: Reverté.

7- Rocabado, G., & Goitia, E. (2011). Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP/Bol. La Paz: Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia.

8- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad de las aguas de Colombia. Uso del método BMWP/Col. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

9- SEAM. (2002). Resolución N° 222. Por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional. Asunción, Paraguay. SEAM.

10- Zamora, H. (2007). El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 4, 73-81.