

APLICACIÓN DE ÍNDICES BIÓTICOS Y VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS PARA ESTIMAR CALIDAD DE AGUA EN UN RÍO URBANIZADO DE SAN LUIS

ORTIZ, CYNTHIA G.^{1*}; JOFRÉ MARIANA B.¹ Y GONZÁLEZ SILVIA P.²

1: Área de Biología, Departamento de Bioquímica y Ciencias Biológicas
Facultad de Química Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis
Chacabuco 917, 5700, San Luis, Argentina
e-mail: cintia831@hotmail.com

2: Área de Química Analítica, Departamento de Química
Facultad de Química Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis
Chacabuco 917, 5700, San Luis, Argentina
e-mail: spgonzalez66@gmail.com

Resumen. *Los ambientes acuáticos urbanos son altamente afectados por la contaminación. El objetivo del presente estudio fue evaluar el grado de alteración de un río urbano mediante la estimación de variables físico-químicas y la aplicación de índices bióticos de calidad. Se realizaron muestreos de macroinvertebrados bentónicos en cinco sitios, en las ciudades de Juana Koslay y San Luis, en periodos de aguas bajas y altas. Los parámetros físico-químicos registrados fueron pH, temperatura, turbidez, conductividad, sólidos totales disueltos y en suspensión, oxígeno disuelto, alcalinidad, materia orgánica y concentración de nitratos y fósforo. Se calculó un índice físico-químico de calidad de agua (ISQA). Los macroinvertebrados fueron identificados hasta nivel de familia, para aplicar el Índice Biótico para las Sierras de San Luis (IBSSL) y el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP). Se estimaron la riqueza, abundancia, equitatividad y diversidad de Shannon y Wiener. Estos resultados preliminares evidencian un decrecimiento de la calidad físico-química que se correspondió con el gradiente de impacto urbano. Los índices bióticos mostraron un gradiente desde ambientes contaminados, a ambientes extremadamente contaminados. Tanto la riqueza como la abundancia de macroinvertebrados disminuyeron río abajo de los impactos, siguiendo un gradiente de contaminación creciente. La familia predominante en todos los puntos de muestreo fue Chironomidae, caracterizada por su tolerancia a diferentes grados de contaminación.*

Palabras clave: ríos urbanos, índices biológicos, macroinvertebrados, ISQA.

1. INTRODUCCIÓN

Los ambientes acuáticos se encuentran entre los sistemas más afectados por la contaminación ambiental. La deforestación de los bosques ribereños, la contaminación por efluentes y desechos urbanos no tratados, así como la derivación del agua para consumo humano se encuentran dentro de las perturbaciones que inciden en el estado de conservación de los ríos [1]. En particular, los ríos que atraviesan los centros urbanos y periurbanos se caracterizan por un aumento en la concentración de nutrientes y sustancias tóxicas, cambios en su morfología y una reducción en su diversidad biológica. Esta serie de impactos, en su conjunto de

denominan síndrome de ríos urbanos [2].

En la actualidad, es de uso generalizado la aplicación de indicadores físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad ambiental de las corrientes fluviales continentales. Dichos indicadores presentan como objetivos primordiales reflejar el estado de parámetros clave para proteger la salud humana, el aprovechamiento de los recursos naturales de forma sustentable y conservar la integridad de los ecosistemas [3]. Los análisis biológicos cuentan con la ventaja de la integración espacio-temporal, debido a los cambios generados en las comunidades biológicas en relación a su diversidad y riqueza. Los macroinvertebrados bentónicos son uno de los grupos más usados para determinar la salud ecológica de los diferentes cuerpos de agua. Los mismos, bajo condiciones naturales, se caracterizan por poseer una alta diversidad de especies con un bajo número de individuos [4]. Por su parte estos estudios se ven complementados por métodos físico-químicos de gran importancia para detectar fuentes puntuales de contaminación. El objetivo del presente estudio fue evaluar el grado de alteración de un río urbano mediante la estimación de variables físico-químicas y la aplicación de índices bióticos de calidad.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Área de estudio

El río Chorrillo es un arroyo de 3° orden que se origina por la unión de los arroyos Las Chacras y Cuchi Corral en la zona de San Roque y recibe aportes provenientes de las cuencas menores situadas en el flanco austral de la Sierra de los Venados y del arroyo sin nombre que colecta las aguas del sector oriental [5]. El río Chorrillos se encuentra formando parte de la Cuenca del Bebedero, cuyo nivel de base es la Salina del Bebedero donde se infiltra, luego de atravesar la localidad de Juana Koslay y la Ciudad de San Luis. Su caudal en períodos de aguas altas (mes de marzo, luego de las lluvias) puede alcanzar 9,52 m/seg y la temperatura para este mismo período es de alrededor de 23 °C [6]; disminuciones en estos dos parámetros ocurren durante los períodos de aguas bajas (previo a las lluvias de primavera-verano).

Se seleccionaron cinco sitios a lo largo del curso del río, siguiendo un gradiente de menor a mayor perturbación observada (Fig. 1):

- **JK** (33°17'07.1" N; 66°14'24" S): ubicado en la ciudad de Juana Koslay.
- **TP** (33°18'03.9" N; 66°17'56.5" S): previo al embalse Dique Chico, en cercanías de la Casa de Gobierno de la Provincia de San Luis.
- **RB** (33°18'28.8" N; 66°19'15.3" S): ubicado en el Parque Cuarto Centenario, sector más poblado. **PP** (33°20'27.5" N; 66°22'28.4" S): ubicado en la intersección de Ruta 146 y la Ruta Nacional 7.

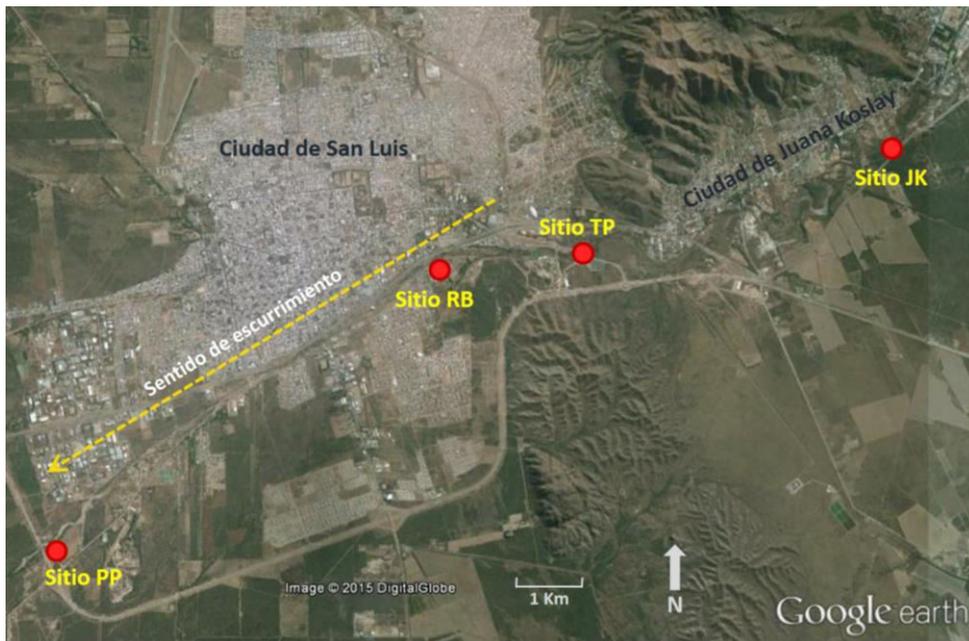


Figura 1: Ubicación de los sitios donde se muestrearon variable físico-químicas y comunidades de macroinvertebrados bentónicos, en el río Chorrillos en las ciudades de San Luis y Juana Koslay.

Se recolectaron muestras de agua y de macroinvertebrados bentónicos durante los meses de octubre 2015 y marzo 2016 con un total de dos muestras en cada sitio ($n = 18$) en periodos de aguas bajas y altas respectivamente, excepto el sitio PO que fue muestreado solamente en octubre de 2016, debido a inconvenientes de accesibilidad.

2.2. Variables físico-químicas

Se registraron *in situ* pH, conductividad (COND, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) y temperatura del agua (T , $^{\circ}\text{C}$), mediante un sensor portátil. Se tomaron muestras de agua del río en envases apropiados a una profundidad equidistante entre el fondo y la superficie (entre 15 cm y 30 cm según el sitio), las que fueron transportadas al laboratorio y refrigeradas a 4°C hasta su análisis. Se determinaron en laboratorio siguiendo técnicas del *Standard Methods for the Water and Wastewater* [7], los siguientes parámetros: concentración de iones nitratos (NO_3) y fosfato (PO_4) ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), turbidez (TURB, NTU), sólidos totales disueltos (STD, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), oxígeno disuelto (OD, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), demanda química de oxígeno - DQO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y materia orgánica (MO).

2.3. Muestras Biológicas

Se recorrieron los tramos seleccionados en cada sitio de muestreo, anotando la abundancia de cada tipo de hábitat. Se aplicó una técnica cualitativa de muestreo con red D de tipo multihabitat (de $300\ \mu\text{m}$ de apertura de malla), lo que significa que se muestrearon todos los hábitat presentes en el tramo elegido, en función de su representatividad. Con el fin de

obtener la máxima representación de la comunidad bentónica, los hábitats muestreados fueron: rabiones, pozones, rocas, piedras, plantas acuáticas y residuos vegetales (Fig. 2). Se tomaron dos réplicas en cada sitio de muestreo, cada una con un tiempo fijo de recolección de tres minutos. Las muestras se conservaron en alcohol 70%, en envases herméticos y se las identificó mediante una etiqueta de papel vegetal colocada en el interior, consignando: nombre del proyecto, código de la estación de muestreo, nombre del río, localidad y fecha. Se analizó el total de cada muestra separando e identificando los organismos macroinvertebrados hasta nivel de familia, o grupo taxonómico requerido para la aplicación de los índices bióticos, utilizando un microscopio estereoscópico (Arcano ZTX) y claves taxonómicas específicas [8]. Se contabilizó el número de individuos en cada grupo taxonómico.

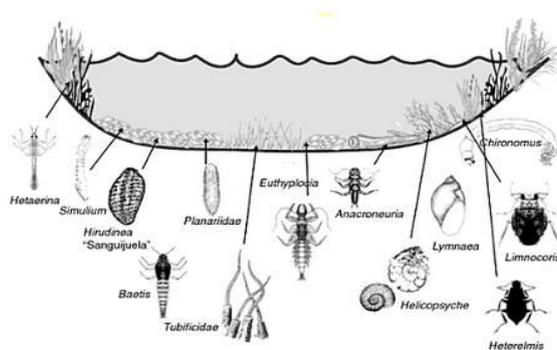


Figura 2: Corte transversal de un río, con los diferentes hábitats y los organismos representativos de la fauna bentónica, en Roldán Pérez y Ramírez Restrepo (2008) [9].

2.4. Análisis de datos

Se calculó el Índice Simplificado de Calidad de Aguas (ISQA), originalmente desarrollado por Queralt [10] en la década del 80, para cada sitio según la siguiente fórmula:

$$\text{ISQA} = T * (A+B+C+D) \quad (1)$$

Donde:

T= 1, si $T^{\circ} \text{ agua} \leq 20$; **T**= $1 - (T - 20) * 0,0125$, si $T^{\circ} \text{ agua} > 20$; **T**= 0,8, si $T^{\circ} \text{ agua} \geq 36$.

A= $30 - \text{DQO}$, si $\text{DQO} \leq 10$; **A**= $21 - (0,35 * \text{DQO})$, si $60 > \text{DQO} > 10$; **A**= 0, si $\text{DQO} > 60$.

B= $25 - 0,15 * \text{SST}$, si $\text{SST} \leq 100$; **B**= $17 - (0,07 * \text{SST})$, si $250 > \text{SST} > 100$; **B**= 0, si $\text{SST} > 250$.

C= $2,5 * \text{OD}$, si $\text{OD} < 10$; **C**= 25, si $\text{OD} \geq 10$.

D= $(3,6 - \log \text{Cond}) * 15,4$, si $\text{Cond} \leq 4000$; **D**= 0, si $\text{Cond} > 4000$.

Este índice puede variar en un intervalo entre 0 y 100, considerándose 60 como valor mínimo aceptable para la calidad de agua de un río. Ver [11] para una descripción detallada.

Los datos físico-químicos fueron además incluidos en un Análisis de Componentes Principales (ACP) entre ambos periodos estudiados, mediante el programa PAST 3.0, para evaluar la relación de las variables ambientales y los indicadores biológicos entre los diferentes sitios de muestreo y así determinar el grado de alteración del área de estudio. El análisis de los datos biológicos se realizó utilizando dos índices bióticos adaptados a la

región: Índice Biótico para las Sierras de San Luis [12] y el BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) adaptado para ríos serranos de la provincia de Córdoba [3], determinándose los juicios de calidad establecidos para cada uno de ellos. Se calculó el índice de diversidad Shannon-Wiener H' , riqueza (S), abundancia y equitatividad de taxas utilizando el programa estadístico PAST 3.0.

3. RESULTADOS

Los valores de los parámetros físicos-químicos se muestran en la Tabla 1. El pH fue levemente básico en todos los sitios. La temperatura osciló entre 13,8 C° y 22,8 C°. La turbidez tuvo un aumento significativo en el punto TP y el valor más bajo se detectó en JK (aguas bajas). El oxígeno disuelto tuvo su valor más elevado en el punto TP y el más bajo en PP en aguas altas. El nitrato no tuvo grandes variaciones.

PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS												
Sitio	Periodo	pH	T (C°)	TURB (NTU)	COND ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	OD (mg/L)	STD (mg/L)	STS (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)
JK	AB	7,69	13,9	9,98	640	8,2	429	36,3	2,34	1,9	0,9	0,035
	AA	7,59	17,9	19,1	423	7,77	283	49,6	3,6	2	1,1	0,005
TP	AB	7,54	13,8	215	645	8,8	423	26,3	7,2	2,6	1,4	0,027
	AA	7,54	20,4	54,1	505	7,68	338	140,5	2,4	3	0,5	0,008
RB	AB	7,79	13,6	28,1	636	8,9	421	31,0	1,2	3,1	1,1	0,030
	AA	7,64	19,8	65,2	498	8,26	332	168,5	2,52	3,5	0,8	0,008
PP	AB	7,72	14,5	36,7	641	8,2	431	47,7	1,2	3,5	1,1	0,018
	AA	7,61	22,8	78,6	511	8,06	341	204,3	2,4	1,9	0,7	0,014

Tabla 1: Parámetros físicos y químicos en las estaciones de muestreo (JK, TP; RB; PP), durante los periodos de aguas bajas (AB) y aguas altas (AA). T: temperatura; TURB: turbidez (NTU: Unidad Nefelométrica de Turbidez); COND: conductividad; OD: oxígeno disuelto; STD: sólidos totales disueltos; STS: sólidos totales en suspensión; DQO: demanda química de oxígeno; DBO: demanda bioquímica de oxígeno; NO₃: nitratos; PO₄: fosfatos.

Los valores medios del ISQA desarrollado según la metodología descrita mostraron en ambos periodos, ambientes poco contaminados a medianamente contaminados (Tabla 2). En el análisis ACP, el eje 1 fue el de mayor peso y explicó un 72,5% de la varianza, obtenida a partir de una matriz de covarianza (Fig. 3). Se distinguieron dos grupos, separados en función de sus diferencias en las características físico-químicas en los periodos de aguas bajas y altas. El sitio PP ubicado en el primer cuadrante se separa del resto relacionado con un aumento de la conductividad y los sólidos totales disueltos. En los sitios JK y TP, en periodos de aguas bajas se observó un aumento del oxígeno disuelto (OD) y de la demanda química de oxígeno (DQO). Todos los puntos correspondientes al periodo de aguas altas se caracterizaron por un aumento la temperatura, el DQO y turbidez (TURB).

SITIO	PERIODO	ISQA	PONDERACIÓN
JK	AGUAS BAJAS	88	POCO CONTAMINADA
	AGUAS ALTAS	80	POCO CONTAMINADA
TP	AGUAS BAJAS	81	POCO CONTAMINADA
	AGAS ALTAS	70,5	MEDIANAMENTE CONTAMINADA
RB	AGUAS BAJAS	83	POCO CONTAMINADA
	AGUAS ALTAS	69	MEDIANAMENTE CONTAMINADA
PP	AGUAS ALTAS	61	MEDIANAMENTE CONTAMINADA
	AGUAS BAJAS	62,5	MEDIANAMENTE CONTAMINADA

Tabla 2: Valores del Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISQA) para los sitios de muestreo (JK; TP; RB; PP) durante los periodos de aguas bajas y altas.

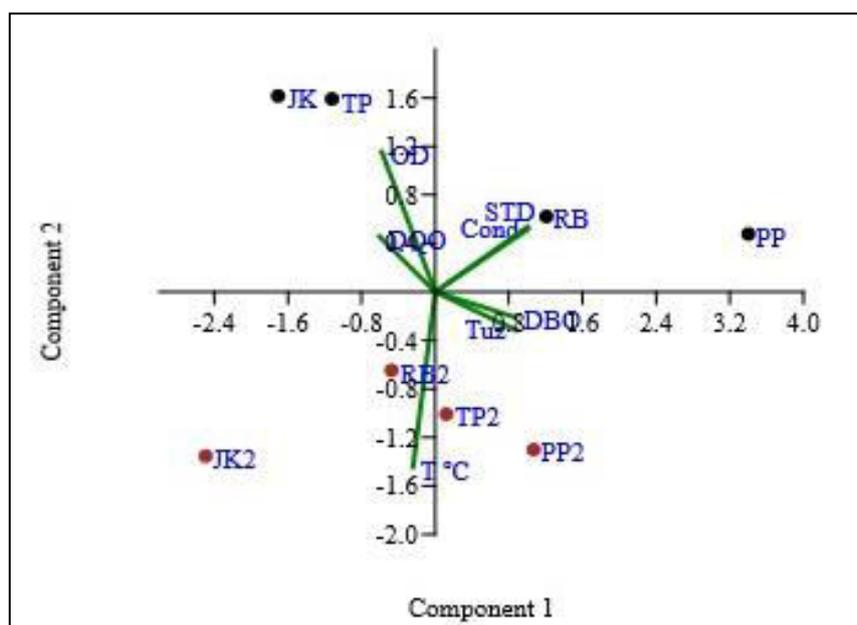


Figura 3: Análisis de componentes principales (ACP) de variables ambientales. Porcentaje de varianza del eje 1: 72,5%, del eje 2: 20,4%, a partir de matriz de covarianza, $n = 8$. T °C: temperatura; DBO: demanda bioquímica de oxígeno; Tuz: turbidez; STD: sólidos totales disueltos; Cond: conductividad; DQO: demanda química de oxígeno; OD: oxígeno disuelto. Sitios de muestreo durante los periodos de aguas bajas (JK; TP; RB; PP) y durante los periodos de altas (JK2; TP2; RB2; PP2).

Los índices biológicos aplicados permitieron caracterizar ambientes poco contaminados a extremadamente contaminados (Tabla 3).

SITIO	PERIODO	Nº de TAXA	IBMWP		IBSSL	
			Valor	Ponderación	Valor	Ponderación
JK	Aguas Bajas	10	8	Contaminado	48	Poco contaminado
	Aguas Altas	12	8	Contaminado	55	Poco contaminado
TP	Aguas Bajas	8	7	Contaminado	36	Contaminado
	Aguas Altas	3	6	Muy Contaminado	17	Contaminado
RB	Aguas Bajas	14	9	Contaminado	57	Poco Contaminado
	Aguas Altas	4	7	Muy Contaminado	23	Contaminado
PP	Aguas Bajas	5	6	Muy Contaminado	26	Contaminado
	Aguas Altas	2	6	Extremadamente contaminado	11	Contaminado

Tabla 3: Números de taxa de macroinvertebrados, valores de los índices bióticos aplicados (IBMWP; IBSSL) y ponderación de calidad resultante en sitios de río Chorrillo en periodos de aguas bajas y aguas altas.

La riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos presentaron valores mayores en el sitio RB en periodos de aguas bajas. En ambos periodos el sitio con menos riqueza y abundancia fue PP, observándose un gradiente de decrecimiento de dichos parámetros aguas abajo (Figura 3). El índice de diversidad reflejo ambientes moderadamente contaminados a severamente contaminados según Wilhm y Dorris (1968) [13] con valores que van de 1,9 a 0,58.

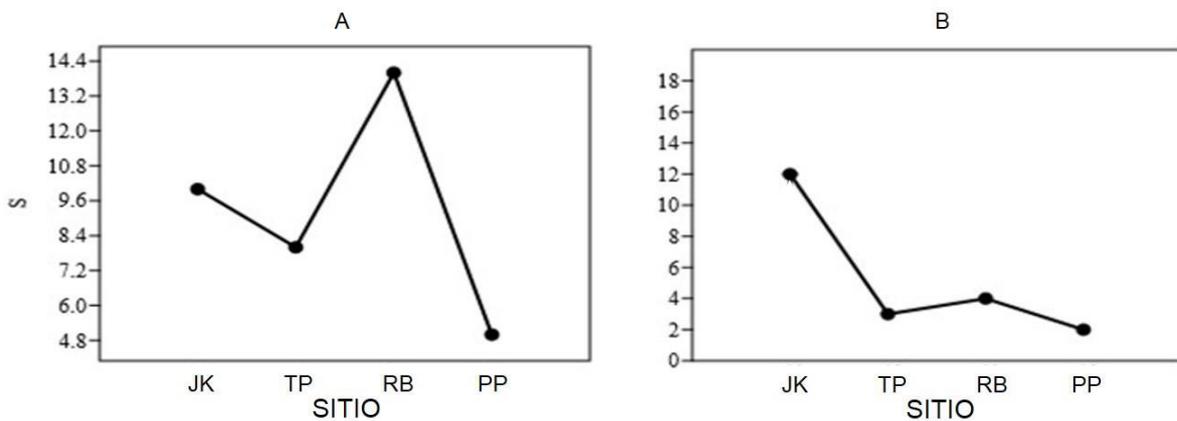


Figura 3: Riqueza (s) de macroinvertebrados estimada en sitios del río chorrillos en periodos de aguas bajas (a) y aguas altas (b)

La composición de taxa estuvo mayormente representada por el orden Díptera, presente en todos los sitios de muestreo seguidos por el orden Ephemeroptera. (Tabla 4)

Periodos		Aguas bajas				Aguas altas			
Sitios		JK	TP	RB	PP	JK	TP	RB	PP
Orden	Familia								
Coleoptera	<i>Elmidae</i>	x		x		x			
	<i>Staphylinidae</i>					x			
Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	x	x						
	<i>Chironomidae</i>	x	x	x	x	x	x		X
	<i>Empididae</i>	x		x					
	<i>Culicidae</i>					x			
	<i>Simuliidae</i>	x	x	x	x	x			
	<i>Muscidae</i>				x				
	<i>Stratiomidae</i>							x	
	<i>Tabanidae</i>		x						
	<i>Tipulidae</i>		x						
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	x		x		x		x	
	<i>Leptohyphidae</i>	x		x	x	x	x	x	X
Odonata	<i>Coenagrionidae</i>	x		x					
	<i>Aeshnidae</i>			x					
Trichoptera	<i>Hydroptilidae</i>	x		x	x	x			
	<i>Hydropsychidae</i>	x	x	x		x	x		
	<i>Leptoceridae</i>		x	x		x		x	

Tabla 4: Composición taxonómica (presencia –ausencia) del bentos, en los sitios de muestreo (JK, TP, RB, PP) del río Chorrillos, en los periodos de aguas bajas y aguas altas.

4. DISCUSIÓN

El río Chorrillos (actualmente llamado río San Luis) está sujeto en su recorrido a diferentes presiones antrópicas: canalizaciones, estructuras de defensa transversales al río, presencia de residuos domésticos, vertidos industriales, entre otras. Estos impactos generan procesos de contaminación tanto puntuales como difusos [14].

Los índices de calidad de agua surgen como una herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico y expresan, mediante una combinación de diferentes parámetros, la calidad de un curso de agua [15]. En particular, el Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISQA) proporciona una idea rápida e intuitiva utilizando parámetros como la temperatura, oxígeno disuelto y el DQO entre otros. La aplicación de este índice en el curso de agua estudiado, permitió establecer ambientes no contaminados como el sitio JK y otros medianamente contaminados, como el sitio PP. Este gradiente en calidad de agua es concordante con lo observado *in situ* y guarda relación con los índices biológicos aplicados. El análisis de componentes principales mostró dos grupos de sitios bien diferenciados y relacionados con ambas épocas estudiadas. Los sitios JK y TP, durante el periodo de aguas bajas se ven influidos por el OD y por la DQO en menor medida. Es importante destacar que el sitio TP es el que presenta mayor turbulencia, lo que condicionaría la tendencia observada. En particular, el oxígeno disuelto se ve afectado por los valores de temperatura y turbulencia lo que determinaría la riqueza y distribución de las familias de macroinvertebrados [16]. Si bien los métodos químicos han sido ampliamente usados con una tradición más larga que los índices

biológicos [3] tiene las desventajas de una poca integración espacio temporal de los procesos contaminantes, por lo que es necesario complementarlos con otros índices para obtener una visión real de la situación [17]. En general las comunidades naturales se caracterizan por ser diversas y heterogéneas, características que pueden ser alteradas, en función del grado de perturbación al que estén sometidas, pudiendo llegar, en casos extremos, a situaciones de comunidades de pocas especies representadas por muchos individuos [4]. Prat [18] considera a los macroinvertebrados entre las especies indicadoras de calidad de agua en casos de contaminación con materia orgánica. La ponderación de los dos índices aplicados mostró un deterioro del río aguas abajo, siendo el sitio JK el más conservado y el sitio PP el más afectado. Así mismo, el análisis de los valores de riqueza y abundancia de taxa, mostraron una marcada diferencia entre ambos periodos, siendo ambos valores mayores en aguas bajas. Este comportamiento de las comunidades bentónicas puede estar asociado a que durante las épocas de estiaje se desarrollan procesos de arrastre, donde los insectos acuáticos pueden ser llevados por la corriente, mientras que en épocas secas las aguas mantienen un cauce normal y las poblaciones no sufren ninguna alteración [19]. El índice de diversidad de Shannon - Wiener relaciona los valores de riqueza y de equitatividad mediante un único valor que permite determinar cambios en patrones de riqueza y abundancia, a fin de evaluar los impactos de diferentes tipos de perturbaciones [12]. Los datos obtenidos fueron cotejados con tablas de referencias [12,10] mediante las cuales se puede determinar que en ambos periodos las condiciones del agua son moderada a severamente contaminadas. Si bien los resultados obtenidos pueden considerarse preliminares, en este primer diagnóstico todos los índices aplicados muestran un gradiente de contaminación profunda, asociados a las diferentes actividades humanas que deterioran el ambiente acuático y ribereño.

REFERENCIAS

- [1] Rodríguez Olarte D. y Barrios Gómez M, Ríos en riesgo de Venezuela, Vol. I (2017).
- [2] Meyer J. y Paul J., “Stream ecosystem function in urbanizing land scapes”, *Journal of the North American Benthological Society*. 24: 602–612, (2005).
- [3] Corigliano M. “Índices para evaluar la calidad ambiental en ríos serranos urbanos mediante indicadores”, *Revista Universidad Nacional de Río Cuarto*. 28(1-2): 33-54, (2008).
- [4] Pérez Roldan G. “Los Macroinvertebrados y su valor como indicador de la calidad del agua”, *Revista Academia Colombiana de Ciencias*. 23 (88), (1999).
- [5] Ojeda G. y Lacreu H. “Atlas de Recursos Geoambientales. Municipio de Juana Koslay”. Proyecto FORGEO. Universidad Nacional de San Luis. Disponible: http://lae.unsl.edu.ar/Ediciones/Libro_Recurso_Geoambientales.htm. (2011).
- [6] Calderón M. R.; González P.; Moglia M.; Oliva-González S.; Jofré; M. B. 2014. Use of multiple indicators to assess the environmental quality of urbanized aquatic environments in San Luis, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 186: 4411- 4422.
- [7] APHA *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association. 21st Edición, Washington DC. (2005)
- [8] Fernández H. y Domínguez E. “La calidad del agua y la bioindicación en los ríos de

- montaña del Noroeste Argentino”, Serie Conservación de la Naturaleza 16, Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 31 pp. (2006.)
- [9] Roldán Pérez G; Ramírez Restrepo J. Fundamentos de limnología neotropical. 2a ed. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquía, (2008)
- [10] Colman Broggi G.; Bellagamba J.. Calidad de agua de cursos en el Uruguay y análisis de normativa vigente. XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta del Este, Uruguay. (2006)
- [11] López Fernández G. y González Huecas C. “La calidad de las aguas de un río de la Cuenca del Duero: el Aguijejo”, *Ingeniería del Agua*. 5(3): 33-40. (1998).
- [12] Vallanía E. y Galeris P. “Un índice biótico para las sierras de San Luis (Argentina)”, *Revista Universidad Nacional de Río Cuarto*. 16(2): 129-136, (1996).
- [13] Almeida C.; Quintar S.; Gonzalez P.; Mallea M.. Influence of urbanization and tourist activities on the water quality of the Potrero de los Funes River (San Luis – Argentina). *Environmental Monitoring and Assessment* 133: 459–465. (2007)
- [14] Segnini S. “El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de las condiciones ecológicas de los cuerpos de agua corriente”, *Ecotropicos*. 16(2): 45-63, (2003).
- [15] Pavé P. y Marchese M. “Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina)”, *Ecología Austral*. 15: 183-197, (2005).
- [16] Torres P. y Cruz C., “Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizada en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica”. *Revista Ingenierías*. Universidad de Medellín. 8: 79-94, (2009).
- [17] Villanueva M. y Zapata Chanamé F., “Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú”. *Scientia Agropecuaria Facultad de Ciencias Agropecuarias Trujillo*. 7: 33-44 (2014).
- [18] Prat N. y Ríos B. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*, Editores E. Domínguez y H.R. Fernández, pp. 631-654. Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo, San Miguel de Tucumán, Argentina. (2009).
- [19] González S. y Ramírez Y., “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de la quebrada abastecedora del municipio de Manizales”. *Boletín Científico Museo Historia Natural*. 16: 13-148, (2012).