

ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE BIÓTICO BMWP-CUB Y PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO GASCÓN DE SANTIAGO DE CUBA

MSc. Norma E. Pérez-Pompa, Dra. Alina M. Marañón-Reyes, Dra. Alina González-Marañón, Yuniel Rodríguez-Mendoza, Dr. Carlos Naranjo-López

norma@cnt.uo.edu.cu, alinapga@cnt.uo.edu.cu, agm@cnt.uo.edu.cu

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba

● Resumen

En las últimas décadas, los estudios encaminados a la evaluación de la calidad de las aguas de ríos, presas y bahías, han cobrado gran interés. En este sentido, se recomienda la elección sistemática de macro-invertebrados bentónicos, para la elaboración de índices de detección de calidad biológica de las aguas. Este trabajo emplea el índice cubano (BMWP-Cub.) propuesto por *Naranjo C. et al.*, que tiene como base la tolerancia a la contaminación de las familias de macro-invertebrados en ríos cubanos. Se efectuaron cuatro cortes transversales, en época de seca, en 3 áreas de la cuenca del río Gascón y se analizaron 17 parámetros medioambientales. Se aplicó el índice BMWP-Cub, y se analizó la correlación del mismo con ocho parámetros físico-químicos. Se demostró que solo 5 parámetros correlacionan negativamente con este índice. Las estaciones más contaminadas fueron la 2 y la 3, no cumpliendo con las normas cubanas para abasto /1/ y uso pesquero /2/. Según el índice biótico, la calidad de las aguas es de regular (estación 1) a mala (estaciones 2 y 3).

Palabras clave: macro-invertebrados bentónicos, índice biótico de familias, calidad de agua, ecosistema fluvial, Cuba.

● Abstract

In the last decades it has stimulated a developing study driving towards quality evaluations in river waters, dams or ponds, bays, etc. Actually, it recommends a systematic election of the benthic macro-invertebrates, for elaborating the detection index for the biologic quality of waters. Taking into account the anterior stated, this work applies the Cuban Index (BMWP-Cub) proposed by *Naranjo C. et al.*, that has as its' base the contamination tolerance for the macro-invertebrate family in the Cuban rivers. While carrying out these investigations four transversal cuts were brought about, in the dry season. Three areas of the hydrographical basin were monitored and 17 environmental parameters were analyzed. To know the contamination tolerance level that the macro-invertebrates existing in that zone presents, the BMWP-Cub index was used, as well as, the correlation of this with 8 physical-chemical parameters. This demonstrated that only 5 parameters correlate negatively with the index. The second and third stations were the most contaminated, not complying with the Cuban norms for fishing /1/ and supplying /2/. Following the biotic index, the quality of water is regular (station 1) to bad (stations 2 and 3).

Key words: benthic macro-invertebrates, family biotic index, water quality, fluvial ecosystem, Cuba.

● Introducción

Nuestro país es uno de los protagonistas en la lucha mundial contra el deterioro de los ecosistemas, sin embargo no se cuenta con una metodología rápida y de fácil aplicación para un seguimiento continuo de la calidad de los cuerpos de agua dulce, teniendo que acudir de esta forma a los métodos físico-químicos y microbiológicos convencionales, que sólo proporcionan información puntual e indirecta /3/.

Los medios acuáticos son colonizados por poblaciones de animales y plantas, cuya estructura responde a cierto equilibrio, en condiciones normales, pero si sobreviene una perturbación en el medio, tiene lugar un profundo trastorno en la estructura de las poblaciones, que se manifiesta por un cambio en la dominancia relativa de las especies, acompañado de sustituciones de la fauna y flora /4/. En este sentido, numerosos grupos de poblaciones de animales y plantas se han utilizado en la elaboración de índices biológicos para determinar la calidad de las aguas, los cuales han sido validados en diferentes ríos del mundo; las comunidades de macro-invertebrados bentónicos en los ecosistemas acuáticos, con énfasis en insectos, proporcionan una excelente alternativa para cubrir este objetivo.

Muchos representantes de estos grupos de invertebrados pueden distribuirse en diferentes condiciones ambientales, así como ser muy susceptibles a la contaminación, presentando ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática /5, 6/. Entre estas ventajas, se destacan: (a) presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; (b) su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; (c) los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y (d) la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos /7, 8/, motivo por el cual son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de los ecosistemas hídricos.

A partir de 1982, se realizan numerosos estudios sobre la caracterización de la fauna en ríos cubanos, lo que ha permitido la elaboración de tablas de tolerancia a la contaminación de macro-invertebrados bentónicos por familias. Este resultado, constituye una herramienta importante para el cálculo de la

calidad de las aguas de estos ríos a partir del índice biótico de familia BMWP- Cub /9/, donde además de obtenerse una descripción ecológica del río, aporta datos valiosos sobre la calidad de sus aguas.

Por otro lado, la implantación de metodologías biológicas no significan la eliminación de los métodos analíticos convencionales, sino que mediante su utilización se reduce el costo de la vigilancia periódica, pues el control de rutina podría realizarse con un considerable ahorro, al poder concentrar un mayor número de análisis tradicionales en los tramos conflictivos de los cuerpos hídricos, distribuyéndose el gasto de forma más eficaz /10/.

Debido a los serios problemas de contaminación antropogénica que presenta la Cuenca del río Gascón, se estudió cómo responden a estas perturbaciones los grupos de macro-invertebrados presentes en el río. Es por ello que el objetivo de este trabajo es, determinar la riqueza de familias y calidad del agua empleando el índice biótico BMWP-Cub. para establecer la posible correlación existente entre los resultados del índice y parámetros físico-químicos.

Métodos experimentales

Área de estudio

El río Gascón forma parte de la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón. Este río, limita al norte con las estribaciones de la Sierra de Boniato, al sur con la Bahía de Santiago de Cuba, al este se extiende la cuenca del río Yarayó y al oeste con el río los Guaos. Presenta una extensión de 6,45 km, la cuenca se caracteriza por tener un clima tropical seco, caluroso con períodos de lluvia aislados. En esta red fluvial, se localizan focos contaminantes de diferentes orígenes, que de una forma u otra afectan la calidad de sus aguas. Los focos fundamentales son el Centro Urbano del Distrito José Martí, la Fábrica de Asbesto Cemento y la Fábrica de Yeso /11/. La localización de las estaciones de muestreo se llevó a cabo según la metodología establecida en las Normas Cubanas ISO /12-14/.

La toma de las muestras se realizó en tres estaciones (figura 1) y se efectuaron cuatro cortes transversales en época de seca, en los meses de enero a abril del 2010.

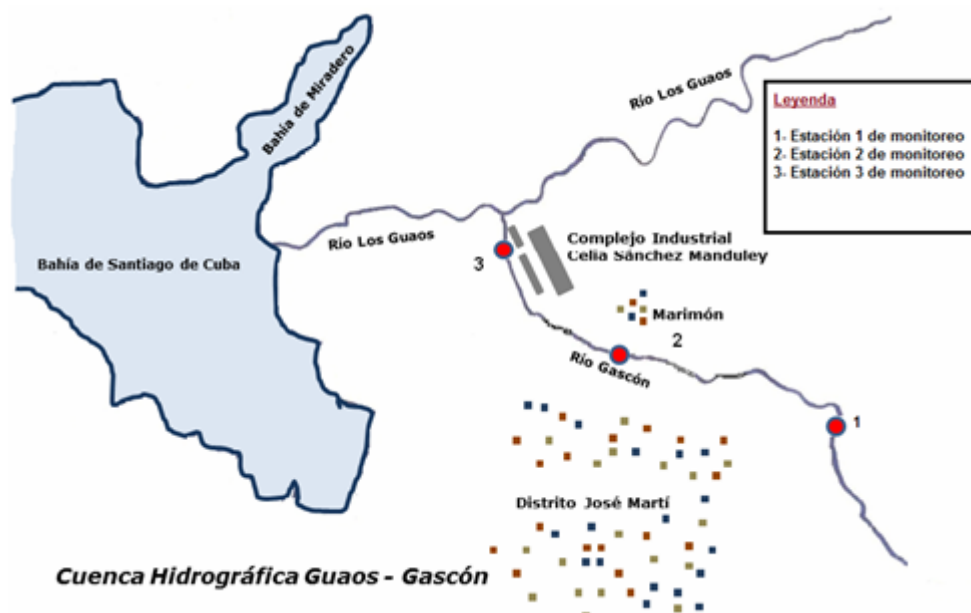


Fig. 1 Esquema de la zona objeto de estudio.

Estación 1, ubicada en las proximidades de la zona conocida como el Castillito, posee un área de superficie boscosa, con baja insolación sobre el cauce, poca vegetación de orilla, aguas cristalinas, fondo arenoso-pedregoso, no hay presencia de plantas acuáticas, ni algas filamentosas, fauna acuática pobre. No existe asentamiento poblacional pero sí áreas para la cría de ganado. En esta estación se evalúa la calidad de una zona aparentemente poco contaminada, debido a la cercanía del nacimiento del río.

Estación 2, ubicada a unos 150 m del puente del Centro Urbano José Martí (Micro 8), aproximadamente a 1½ km de la estación 1. Se observan desechos provenientes de diferentes orígenes con asentamiento poblacional cercano. Posee vegetación de cubierta, malezas en las orillas, fondo arenoso-pedregoso con vida acuática. En esta estación el agua es utilizada fundamentalmente para baño de animales y riego de hortalizas.

Estación 3, localizada a unos 500 m del Combinado Textil Celia Sánchez Manduley y a 2 km de la estación 2, se caracteriza por poseer asentamientos humanos en sus alrededores. A simple vista se observa una gran contaminación, posee fondo pedregoso-arenoso, presenta maleza, algas filamentosas en la orilla, lino, buena insolación y existen tejares a su alrededor.

En las estaciones 2 y 3 se evaluará la influencia antropogénica.

Toma y conservación de las muestras: Se tuvo en cuenta la metodología establecida en el Standard Methods /15/; la temperatura se determinó *in situ* y el oxígeno disuelto se fijó en el campo.

Para el análisis de los parámetros físico-químicos se tomaron muestras de agua por duplicado en cada estación y los análisis se realizaron por triplicado. La toma de muestra fue superficial empleándose envases de plástico de 1L de capacidad.

Parámetros analizados a las muestras de agua: Temperatura (T), pH, Conductividad Eléctrica (λ), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Alcalinidad Total (HCO_3^-), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Oxígeno Disuelto (OD), Nitrato (NO_3^-), Nitrito (NO_2^-), Amonio (NH_4^+), Cloruro (Cl^-), Dureza Total (DT), Dureza Cálctica (DCa^{2+}), Dureza Magnésica (DMg^{2+}), Sulfato (SO_4^{2-}) y Fosfato (PO_4^{3-}).

Colecta de las especies de macro-invertebrados dulceacuícolas: Se efectuó utilizando los métodos de levantamiento de piedras y jameo en orilla, según las metodologías propuestas por Meerhoff M. et al. /16/. El material obtenido fue depositado en frascos con alcohol al 75 % y transportado al Laboratorio de

Entomología del Departamento de Biología de la Universidad de Oriente donde se realiza la determinación.

Para evaluar la calidad del agua, además de los parámetros físicos-químicos se emplea, el índice biótico *BMWP- Cub.* propuesto por Naranjo C. *et al.* /9/. En el mismo se tiene en cuenta la tolerancia a la contaminación de 68 familias de macroinvertebrados acuáticos en ríos cubanos, agrupadas según la categoría taxonómica superior (tabla 1), tomando como base el índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party) (1981) empleado en Gran Bretaña, al amparo del "Nacional

Water Council" (Armitage, 1983). Este índice se calcula sumando los valores Tolerancia (T) que oscilan entre 1y 10.

$$BMWP-Cub= T1 + T2 + T3 + \dots + T_N$$

En dependencia del valor que toma este índice se establecen cuatro clases de calidad de agua (tabla 2).

El procesamiento de los datos para la correlación de los parámetros físico-químicos con el índice BMWP- Cub., se realizó, determinando la correlación por rangos de Spearman (programa Statistica versión 7.0) /17/.

TABLA 1. VALORES DE TOLERANCIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS UTILIZADOS EN LA DETERMINACIÓN DE ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIAS (BMWP-CUB.) (NARANJO C. ET AL. 2005)

Orden/Familia	V.T	Orden/Familia	V.T	Orden/Familia	V.T
EPHEMEROPTERA		HEMIPTERA		ODONATA	
Baetidae	7	Corixidae	2	Aeshnidae	8
Leptophlebiidae	9	Pleidae	2	Coenagrionidae	5
Leptohyphidae	6	Gerridae	3	Gomphidae	8
Caenidae	4	Hydrometridae	3	Lestidae	3
Euthyphlebiidae	9	Mesovelidae	3	Libellulidae	3
		Belostomatidae	4	Protoneuridae	4
LEPIDOPTERA		Velidae	6	Megapodagrionidae	9
Pyralidae	5	Notonectidae	7		
		Nepidae	6	DIPTERA	
TRICHOPTERA				Elephariceridae	10
Calamoceratidae	8	ACARINA		Ceratopogonidae	5
Glossosomatidae	9	Hydracarinae	3	Chironomidae	4
Helicopsychidae	8	Hydrochidae	6	Dolichopodidae	7
Hydropsychidae	5	Hydraenidae	5	Empididae	5
Hydroptilidae	7			Psychodidae	4
Leptooceridae	8	AMPHIPODA		Sirnulidae	5
Odontoceridae	10	Gammaridae	1	Tabanidae	6
Philopotamidae	8			Tipulidae	6
Polycentropodidae	8	DECAPODA		Dixidae	7
Xiphocentronidae	9	Palaemonidae	6	Stratiomyidae	7
Ecnomidae	10	Pseudotelephusidae	6	Culicidae	2
		Atyidae	5		
TURBELLARIA				COLEOPTERA	
Dugesidae	7	MOLLUSCA		Dryopidae	5
		Thiaridae	7	Gyrinidae	3
HIRUDINEA		Neritidae	7	Hydrophilidae	5
Gnathobdellidae	1	Ampullaridae	4	Elmidae	6
		Ancylidae	6	Psephenidae	7
				Carabidae	8
				Noteridae	4
				Halplidae	4
				Dytiscidae	4
				Scirtidae	7

Leyenda: V.T: Valor de Tolerancia

TABLA 2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE CALIDAD DE AGUA BASADO EN LOS VALORES DEL ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIAS (BMWP-CUB.) (NARANJO C. ET AL. 2005)

CLASES	CALIDAD	RANGOS DEL BMWP- Cub.	SIGNIFICADO
I	EXCELENTE	>137	Aguas muy limpias, no contaminadas
II	BUENA	97-136	Son evidentes algunos efectos de contaminación
III	REGULAR	62-96	Aguas contaminadas
IV	MALA	<61	Aguas muy contaminadas

● **Resultados y discusión**

Análisis de los parámetros físico-químicos

Según los resultados obtenidos, en cada una de las estaciones de muestreo, se evidencia que los

parámetros pH, temperatura, iones sulfato, nitrato, cloruro, calcio y magnesio, pueden considerarse como no contaminantes, por encontrarse por debajo de los valores máximos permisibles según las NC de abasto /1/ y uso pesquero /2/.

TABLA 3. DATOS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO

PARÁMETROS	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3
	VALOR MEDIO	VALOR MEDIO	VALOR MEDIO
pH (U)	7,7	7,7	7,9
T (°C)	23	25	26
Ca ²⁺	82	86	86
Cl ⁻	104	242	143
Mg ²⁺	22	34	27
NO ₃ ⁻	0,89	3,19	3,20
NH ₄ ⁺	1,04	8,30	8,39
PO ₄ ³⁻	0,44	0,26	0,45

Nota: Los valores de concentración (mg/L) obtenidos son el promedio de 24 determinaciones.

La conductividad es una medida del grado de mineralización de las aguas, como también de la carga iónica presente. Las aguas de esta zona presentan una conductividad que oscila entre (526 – 761 µS/cm), esto indica que existe gran cantidad de

materia total ionizable en las mismas, que puede deberse a la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos. Como se observa en la figura 2, existe una relación directa entre la conductividad del agua y los sólidos disueltos/18/.

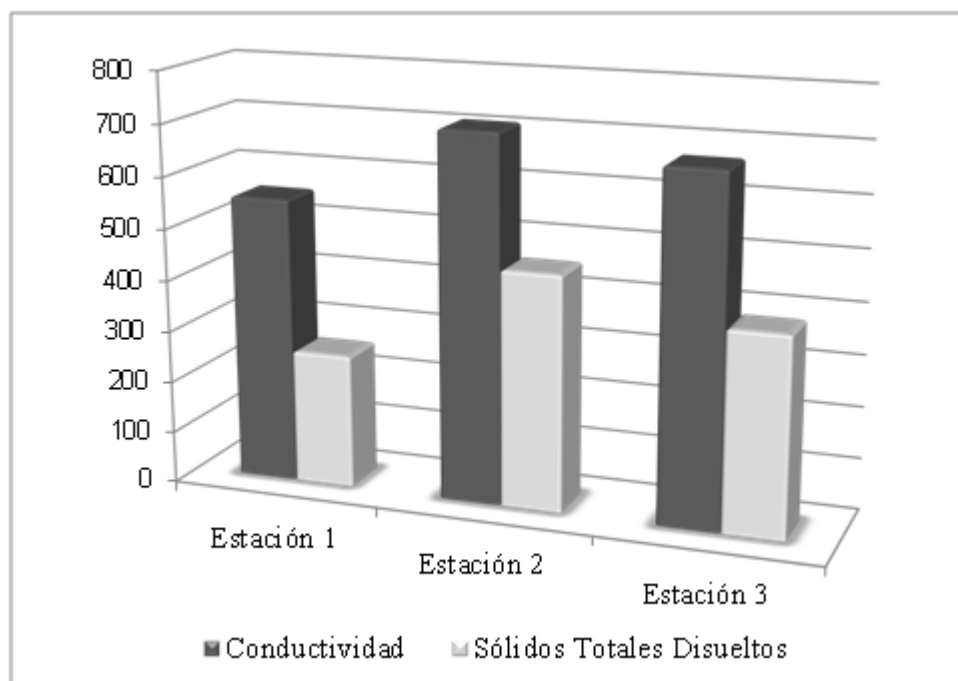


Fig. 2 Variación de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y de los sólidos totales disueltos (mg/L) en las diferentes estaciones de muestreo durante el período de estudio. Los valores obtenidos son el promedio de 24 determinaciones.

Otro parámetro muy importante, por estar relacionado con la estabilidad del pH, es la alcalinidad. Su presencia depende de la concentración en las aguas de carbonato y bicarbonato /19/, lo que se conoce como reserva alcalina o sistema tampón. En todas las muestras analizadas prevalece la especie HCO_3^- , las concentraciones obtenidas oscilan entre 363 y 394 mg/L , confiriéndole un carácter agresivo a estas aguas.

Los valores de dureza total a lo largo del río se encuentran entre 306 y 369 mg/L , situándose dentro

de la concentración máxima admisible (CMA) establecida por la Norma Cubana de agua potable/ 20/ (400 mg/L). Según Calvo D. M. *et al.* /21/ las aguas superficiales en Cuba se caracterizan por ser aguas muy duras. Si analizamos los valores obtenidos (figura 3) estos se corresponden con lo planteado anteriormente (tabla 4). Teniendo en cuenta los elevados valores de alcalinidad (expresados como HCO_3^-) se puede inferir que la dureza total en todas las estaciones es carbonatada y no sulfatada como se observa en la figura 3.

TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS ATENDIENDO A LA DUREZA

CLASIFICACIÓN	mg/L
Blandas	Menos de 60
Moderadamente duras	61-120
Duras	121-180
Muy duras	más de 180

Fuente: Sánchez., 1993

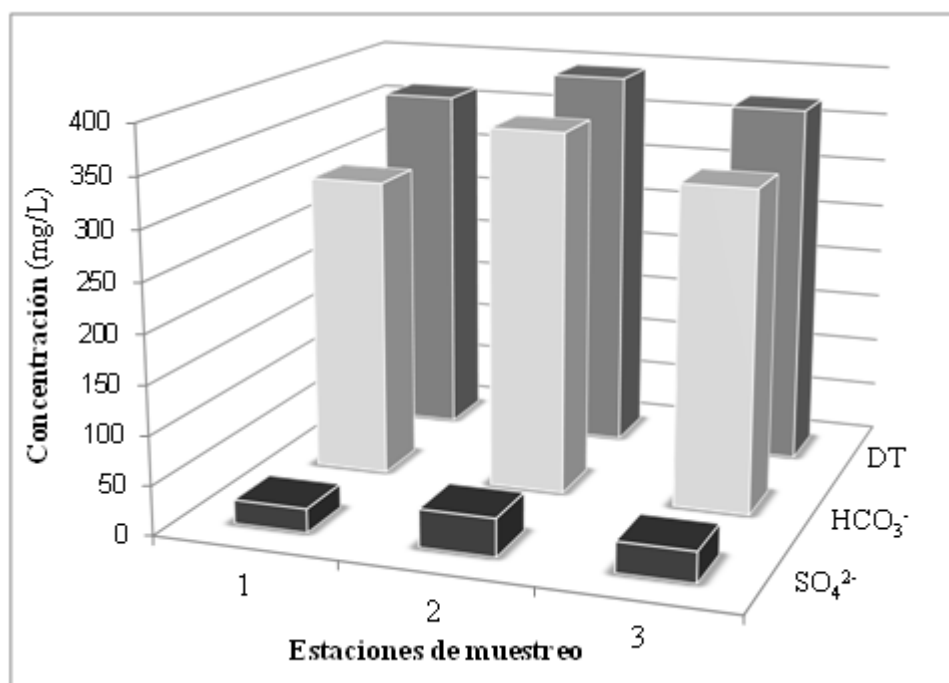


Fig. 3 Variación a lo largo del río de la concentración de la dureza total (DT), sulfatos (SO_4^{2-}) y hidrógenocarbonato (HCO_3^-). Los valores de concentración (mg/L) obtenidos son el promedio de 24 determinaciones.

La presencia y concentración de oxígeno disuelto en las aguas es esencial para sustentar las formas superiores de vida, así como para evaluar los posibles efectos potenciales de algunos agentes contaminantes. En la estación 1, los valores correspondientes al OD se encuentran por encima del valor mínimo (5 mg/L), que se recomienda para que la vida acuática aerobia se desarrolle normalmente /22/. Los valores medios de DQO y DBO_5 están por debajo de lo establecido en las NC de abasto /1/ y uso pesquero /2/ (15 mg/L y <1 mg/L, respectivamente). Teniendo en cuenta estos criterios las aguas de esta estación se clasifican de calidad buena.

Por otro lado, en las estaciones 2 y 3, los valores de OD son menores de 5 mg/L y las concentraciones medias de DQO y DBO_5 no cumplen con lo establecido en las NC mencionadas anteriormente, indicando un alto contenido de materia orgánica susceptible a oxidarse, en la mayoría de los casos hasta CO_2 y H_2O /23/. Según plantean Orozco C. *et al* (2002), si la DBO_5 es mayor de 8 mg/L el agua se considera contaminada debido a la presencia de materia orgánica biodegradable. Según los resultados obtenidos para

estos parámetros en estas estaciones las aguas se clasifican de calidad mala (figura 4).

La concentración de iones fosfato oscila entre 0,1-3 mg/L, intervalo establecido por la NC de uso pesquero /2/, clasificándose las aguas como de calidad dudosa (tabla 3).

En la estación 1 se presentan las concentraciones más bajas de iones nitrato (inferior a 0,1 mg/L) (fig. 5), por lo que se clasifican según las NC de abasto /1/ y uso pesquero /2/ como de calidad buena. Por otro lado, las aguas de las estaciones 2 y 3 se clasifican entre dudosa (0,1 - 3 mg/L) y mala (mayor de 3 mg/L).

Teniendo en cuenta la presencia de iones amonio las aguas en la estación 1 se clasifican de calidad entre buena (menor de 1 mg/L) y dudosa (1-3 mg/L). Las estaciones 2 y 3 presentan concentraciones superiores a 3 mg/L, clasificándose de calidad mala (tabla 3 y figura 5), dichos valores indican contaminación reciente de aguas residuales de tipo albañal. Estos iones se producen por la descomposición de compuestos orgánicos de nitrógeno, fundamentalmente como materia proteica, ocurriendo la amonificación /24, 25/.

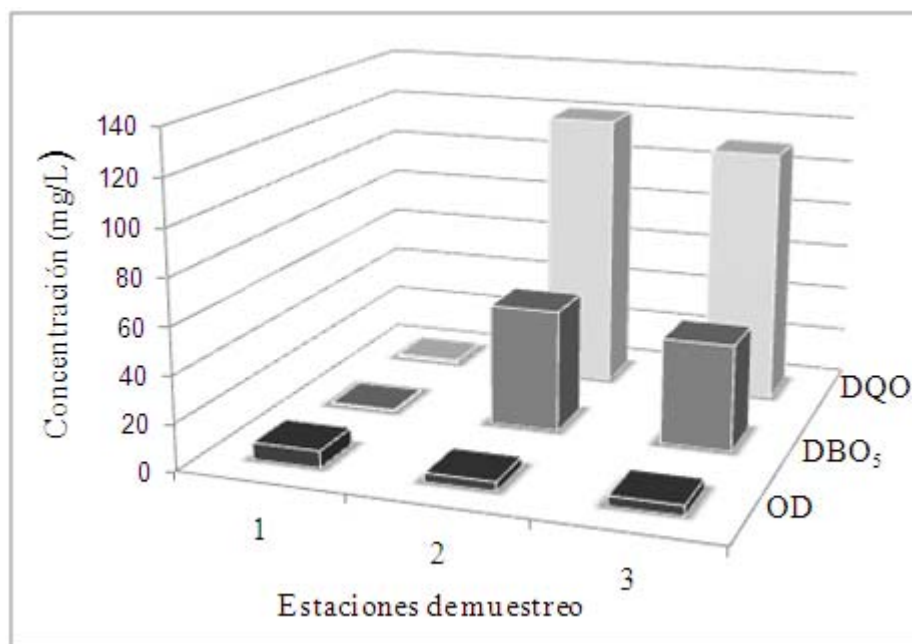


Fig. 4 Comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y el oxígeno disuelto (OD) en las diferentes estaciones de muestreo. Los valores de concentración (mg/L) obtenidos son el promedio de 24 determinaciones.

En todas las estaciones los valores de la concentración de iones nitrato están por debajo de la CMA 45 mg/L según la NC de abasto/1/ y 10 mg/L teniendo en cuenta la NC de uso

pesquero /2/. En la figura 5 se observa claramente que solo las aguas de la estación 1 poseen calidad buena, según los valores obtenidos para el ciclo del nitrógeno.

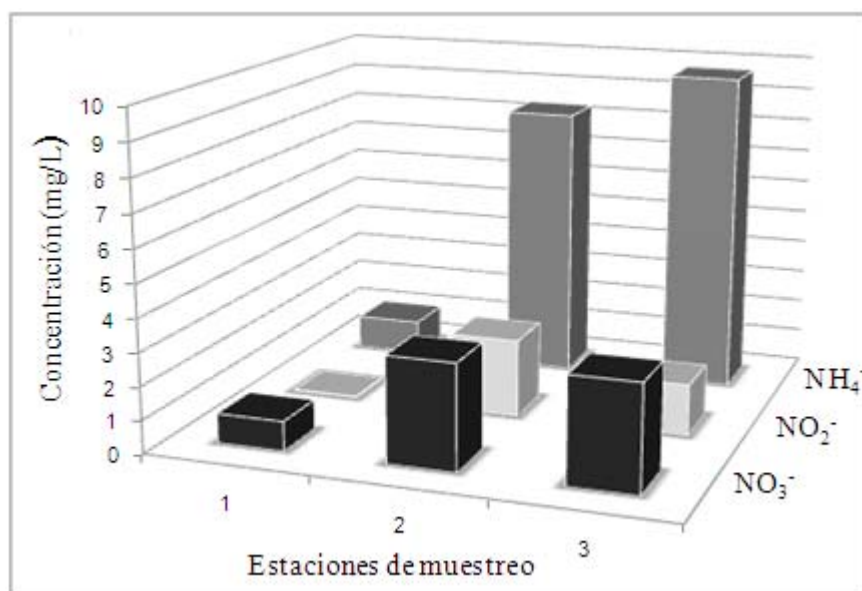


Fig. 5. Comportamiento del Ciclo del Nitrógeno (nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻) y amonio (NH₄⁺) en las diferentes estaciones de muestreo. Los valores de concentración (mg/L) obtenidos son el promedio de 24 determinaciones.

Nivel de eutrofia y resultados de la aplicación del índice BMWP- Cub

El equilibrio biológico entre la fauna y flora, puede afectarse por la presencia de contaminantes, dando lugar a que algunas especies desaparezcan, mientras que otras se desarrollen excesivamente. Un ejemplo es lo que ocurre en el proceso conocido como eutrofización /26, 27/. En tal caso, todas las estaciones de muestreo se consideran afectadas por este fenómeno, siendo las estaciones 2 y 3 las más contaminadas y según las concentraciones de fósforo total, son aguas hipereutróficas /8/.

Por otro lado, se conoce el estrecho vínculo que existe entre el grado de contaminación de las aguas y la diversidad biológica de las especies existentes. Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, en la estación 1 (menos contaminada) hay un mayor número

de familias (23), favoreciéndose la diversidad (196 individuos). Sin embargo en las estaciones 2 y 3 (las más contaminadas) solo se colectaron 12 y 16 familias respectivamente, siendo mayor el número de individuos presentes 825 (estación 2) y 556 (estación 3), estando en correspondencia con el 2º Principio de Thieneman, que plantea "que en aguas muy contaminadas el número de especies se reduce grandemente, pero las pocas que quedan poseen grandes poblaciones por tener a su disposición abundante alimento y poca competencia interespecífica" /28/. En las tres estaciones de monitoreo se colectaron un total de 1 577 individuos pertenecientes a 30 familias, coincidiendo siete familias: *Coenagrionidae*, *Ancylidae*, *Thiaridae*, *Pyralidae*, *Libellulidae*, *Chironomidae*, *Hydropsychidae*. La tabla 5 muestra el por ciento de familias más abundante por estación y la figura 6 la variación del número de familias e individuos.

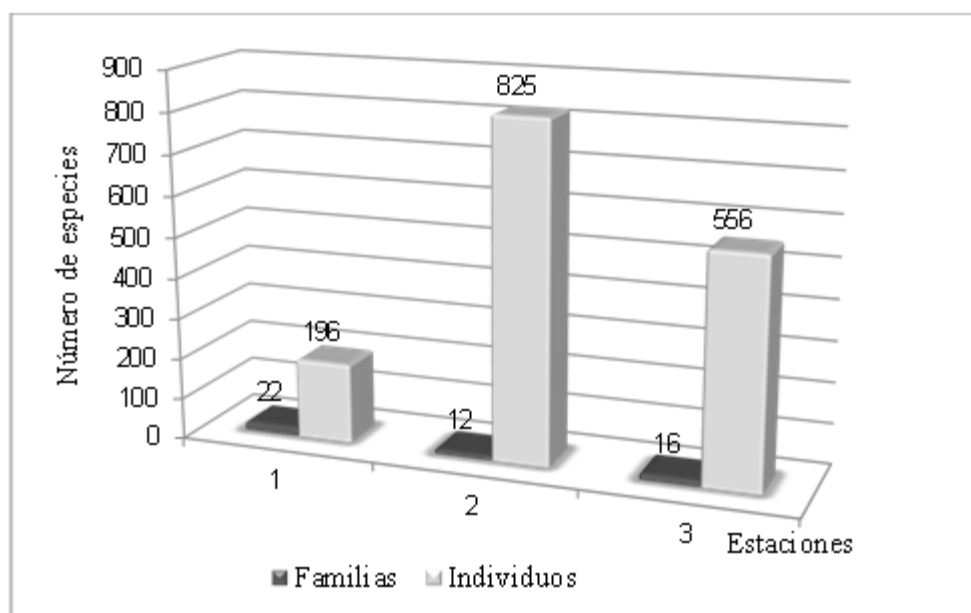


Fig. 6 Variación del número de familias e individuos en cada estación de muestreo.

Tomando como base los resultados anteriores se procedió al cálculo del índice biótico BMWP-Cub. El mismo muestra un patrón similar a la abundancia de familias presentes en cada estación de muestreo (figura 6, tabla 6). En la estación 1 donde el número de familia fue mayor, los valores

del índice oscilaron entre 64 y 74, lo cual corresponde a la clase III (regular) mientras que en las estaciones 2 y 3 donde se colectaron un menor número de familias los valores fluctuaron entre 27 y 56, correspondiendo a la clase IV (aguas muy contaminadas).

TABLA 5. FAMILIAS MÁS ABUNDANTES POR ESTACIÓN DE MUESTREO

FAMILIAS	Estación 1	Estación 2	Estación 3
COENAGRIONIDAE	16,83	22,06	21,58
CHIRONOMIDAE	16,83	29,93	35,75
THIARIDAE	15,30		
BAETIDAE	6,12		
HYDROPSYCHIDAE	5,61	11,75	
GNATHOBDELLIDAE		16,27	20,68
LIBELLULIDAE			10,61

Leyenda: los valores presentados están expresados en por ciento.

TABLA 6. RESULTADO DEL ÍNDICE BIÓTICO BMWP-CUB. EN LAS AGUAS DEL RÍO GASCÓN

ESTACIÓN	BMWP- CUB.(VALOR)	CLASE	CALIDAD DEL AGUA
1	69	III	Regular
2	39	IV	Mala
3	35	IV	Mala

Análisis de correlación entre los resultados de los parámetros físicos químicos y el índice BMWP-Cub

El estudio de los macro-invertebrados bentónicos como organismos indicadores de la calidad del agua, permite estimar si estos han sido o no afectados por cambios físicos o químicos en su hábitat /4/. Según lo planteado, se hace necesario realizar un análisis de correlación por rangos de Spearman, entre los parámetros físico-químicos y el índice biótico. Se seleccionaron ocho parámetros de los 17 evaluados en la caracterización de las muestras, estos son: DQO, DBO₅, OD, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻ y λ. La selección de estos parámetros se basa en la influencia que pueden tener estas variables en la biota, según lo planteado por Naranjo *et al.* (2005).

Como se observa en la tabla 7 de las ocho variables estudiadas, sólo cinco correlacionan con el índice BMWP-Cub. El mismo correlacionó negativamente (n = 8; P < 0,05) con las variables: conductividad eléctrica (r² = -0,671), amonio (r² = -0,615), nitrito (r² = -0,761), nitrato (r² = -0,713) y

fosfato (r² = -0,748), es decir, a medida que el índice disminuye (lo que indica un aumento de la contaminación) estas cinco variables aumentan. Vale destacar la importancia de este resultado, ya que permite tener una medida indirecta de estos parámetros con solo medir el índice, esto constituye un ahorro de tiempo y reactivos. Por otra parte, no se evidenció una correlación significativa con las variables oxígeno disuelto y la demanda de oxígeno.

La conductividad eléctrica presenta correlación positiva con las demandas de oxígeno (r² = 0,741), y con los iones amonio (r² = 0,720). Este resultado indica que la elevada conductividad que presentan estas aguas es causada fundamentalmente por sales de origen orgánico. Existe además una fuerte correlación negativa entre el oxígeno disuelto y la demanda química y bioquímica de oxígeno (r² = -0,996), esto se traduce en que a medida que disminuye la concentración de O₂ disuelto las demandas de oxígeno aumentan en la misma proporción e indica que solo con medir una de las tres variables es suficiente para emitir un criterio de la contaminación existente en el ecosistema acuático.

TABLA 7. CORRELACIÓN POR RANGOS DE SPEARMAN ENTRE EL ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIAS (BMWP-CUB.) Y LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS. P-VALOR < 0,05

	OD	DQO	λ	DBO ₅	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	BMWP -Cub,
OD	1								
DQO	-0,996	1							
λ	-0,743	0,741	1						
DBO ₅	-0,996	1	0,741	1					
NH ₄ ⁺	-0,849	0,825	0,720	0,825	1				
NO ₂ ⁻	-0,551	0,543	0,557	0,543	0,449	1			
NO ₃ ⁻	-0,722	0,706	0,524	0,706	0,664	0,817	1		
PO ₄ ³⁻	-0,392	0,398	0,489	0,398	0,587	0,564	0,468	1	
BMWP -Cub	0,526	-0,524	-0,671	-0,524	-0,615	-0,761	-0,713	-0,748	1



Conclusiones

• Las aguas del río Gascón no son aptas para uso pesquero ni pueden ser utilizadas como agua potable. Para ser destinadas como abasto a la población es necesario realizar un tratamiento de tipo convencional. Las estaciones 2 y 3 se clasifican como altamente contaminada.

• Considerando las concentraciones de fósforo total, las aguas en todas las estaciones de muestreo están afectadas por el fenómeno de eutrofización, siendo las estaciones 2 y 3 las más afectadas (aguas hipereutróficas).

• El valor del índice biótico BMWP-Cub. concuerda con los resultados obtenidos en la caracterización físico-química de las aguas. Según este índice, las aguas se clasifican de regular a muy contaminadas.

• El análisis de correlación de Spearman reveló, que cinco de los ocho parámetros físico-químicos, presentan correlación negativa con el índice BMWP- Cub., esto permite tener una medida indirecta del grado de contaminación de las aguas.



Bibliografía

1. NORMA CUBANA. "Fuentes de abastecimiento de agua". NC # 93-11 vigente a partir de 1986.
2. _____. "Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones". NC # 25 vigente a partir de 1999.
3. RICCIARDI, F. *et al.* "Is chemical Contamination Linked to the Diversity of Biological Communities in Rivers". Trends in Analytical Chemistry. 2009, 28/5, 592-602.
4. BATTLE, J.; S. W. GOLLADAY. "Water Quality and Macroinvertebrate Assemblages in three Types of Seasonally Inundated Limesink Wetlands in Southwest Georgia". *Journal of Freshwater Ecology*. 2001, 16, 189-207.
5. MUÑOZ-RIVEAUX, S. *et al.* "Evaluación de la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores". Revista *Chapingo*. Serie ciencias forestales y del ambiente. 2003, 9/2, 147-153.
6. DAMÁSIO, J. "Combined use of *Daphnia magna* in situ Bioassays, Biomarkers and Biological indices to Diagnose and Identify Environmental Pressures on Invertebrate Communities in two Mediterranean Urbanized and Industrialized Rivers (NE Spain)". *Aquatic Toxicology*. 2008, 87, 4, 310-320.
7. FIGUEROA, R.; C. VALDOVINOS; E. ARAYA; O. PARRA. "Macro-invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile". Revista Chilena de Historia Natural. 2003, 76, 275-285.
8. OSPINA, A. N.; J. E. PEÑA. "Alternativas de Monitoreo de Calidad de Aguas utilizando Bioindicadores". 2001. Universidad del Valle, Cali, Colombia, pp. 20.

9. NARANJO, C.; D. GONZÁLEZ; G. GARCÉS; S. MUÑOZ; Y. MUSLE. "Una metodología rápida y de fácil aplicación para la evaluación de la calidad del agua, utilizando el índice BMWP- Cub. y FBI-Cu para ríos cubanos". *Revista Técnica*. 2005, 17.
10. ALBA-TERCEDOR, J. "Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellawell". *Limnética*. 1996, 4, 51-56.
11. GUERRA, A. M.; G. Prieto. "Descripción geológica de redes fluviales". Material presente en la empresa de recursos hidráulicos de Santiago de Cuba. 1989.
12. NORMA CUBANA. "Calidad del agua muestreo". *Guía para el diseño de programas de muestreo Parte 1*. Pp 22. NC-ISO # 5667-1 vigente a partir de 1994.
13. _____. "Calidad del agua muestreo". *Guía para la preservación y manipulación de muestras*". Parte 3. Pp. 17. NC-ISO # 5667- 3 vigente a partir de 1994.
14. _____. "Calidad del agua muestreo". Parte 10. pp. 10. NC-ISO # 5667-10 vigente a partir de 1994.
15. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition. American Public Health Association. USA. 1999, pp. 1193.
16. MEERHOFF, M.; N. MAZZEO; B. MOSS; L. RODRÍGUEZ- GALLEGO. "The structuring role of Free-Floating Versus Submerged Plants in a Shallow Subtropical Lake". *Aquatic Ecology*. 2003, 37, 377-391.
17. PAULSON, D. S. *APPLIED STATISTICAL DESIGNS FOR THE RESEARCH*. 2003, Cap. 12. Editorial Marcel Dekker inc. USA.
18. SKOOG, D. A.; F. G. HOLLER; N. NICMAN. *Principios del Análisis Instrumental*. 2005, 5ta Edición. Ed. Mc Graw Hill. USA. 1028.
19. RIVERA, N. R.; F. ENCINA; A. MUÑOZ-PEDREROS; P. MEJÍAS. "La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile". *Información Tecnológica*. 2004, 15, 5, 89-101.
20. NORMA CUBANA. "Agua Potable. Requisitos sanitarios y muestreo". NC #93-02 vigente a partir de 1986.
21. CALVO, D. M; O. P. SARDIÑAS; P. R. CAÑAS. "Evaluación de las concentraciones de oligoelementos y dureza total del agua de consumo y su posible relación con la mortalidad por infarto del miocardio". *Revista agua y Salud. Serie de salud Ambiental*. 1992, 3, 115-127.
22. TERRADO, M.; D. BARCELÓ; R. R. TAULER. "Identification and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modelling coupled to geographical information systems". *Talanta*. 2006, 70, 691-704.
23. MANAHAN, S. *Fundamentals of Enviromental Chemistry*. 2001. CRC Press 2nd Edition, USA.
24. OROZCO, C. *et al. Contaminación Ambiental. Una visión desde la química*. 2002, Pearson Educación. Madrid. España.
25. VITOUSEK, P. M. *et al.* "Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences". *Ecological Applications*. 1997, 7, 737-750.
26. QUIRÓS, R. "The relationship between nitrate and ammonia concentrations in the pelagic zones of lakes". *Limnetica* 2003, 22, 37-50.
27. ARCE, O. "Eutrofización de cuerpos de agua. Química del agua" 2011 <http://www.fcyt.umss.edu.bo/Eutrofizacion.pdf>. Consulta: 22 de noviembre
28. MARTÍNEZ-LÓPEZ, F.; P. R. PUJANTE; V. RIBARROCHA. "Macroinvertebrados, comunidades vegetales y calidad de las aguas de la cuenca del río Palancia". *Ecología*. 1996, 10, 113-135.