

**EFFECTOS DE LA VIÑAZA DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO Y EL DESARROLLO Y CULTIVO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*)**

**DISEÑO DE UN CONDENSADOR DE GERDIEN PARA CUANTIFICAR LA CONCENTRACION LOCAL DE IONES EN LA TROPOSFERA BAJA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TIRGÜA (ESTADO COJEDES - VENEZUELA), MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARAMETROS MEDIOAMBIENTALES**

**ESTATUS TRÓFICO DE *Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837) (PISCES:GOBIIDAE) EN UN LITORAL ROCOSO DE LA PENÍNSULA DE PARAGUANA, EDO. FALCÓN, VENEZUELA.**



Print ISSN 1698-7418

Online ISSN 2542-3061

Depósito Legal PP200402CA1617

## PUBLICACION SEMESTRAL

La revista FARAUTE de Ciencias y Tecnología es una publicación periódica y arbitrada de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo, cuyo objetivo es divulgar los resultados de las investigaciones científicas y tecnológicas de la comunidad científica. Se publica un volumen anual en dos números.

### Comité Editorial

#### Editor Jefe

Dr. José Gregorio Rodríguez-Quintal

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela

#### Junta Editorial

Dr. José Gregorio Marcano  
Decano Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dr. Luis Rodríguez  
Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dr. Henry Labrador  
Departamento de Química, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dra. Mariela Contreras  
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dr. Pedro Linares  
Departamento de Computación, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dr. Reimer Romero  
Departamento de Física, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

M.Sc. Elvira Sánchez  
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

#### Editor Fundador

Dr. Oscar Valbuena

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

#### Comité Asesor

Dr. José Rodríguez

Dra. Silvia Pérez

Dra. Sonia Ardito

Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

**ENVIO DE ARTICULOS Y CORRESPONDENCIA:** [farautecienciauc@gmail.com](mailto:farautecienciauc@gmail.com)

Acreditada en REVENCYT bajo el código RVF008 y en el Directorio Latindex con el número de folio 17789

**La revista no se hace responsable ni solidaria de los juicios emitidos por los autores de los artículos publicados en la misma.**

**Diagramación:** Dr. José Gregorio Marcano

**Diseño Gráfico:** Dr. José Gregorio Rodríguez-Quintal



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**

**FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**VOL. 11, N° 2, 2016**

**CONTENIDO**

---

Efectos de la vinaza de caña de azúcar sobre propiedades del suelo y el desarrollo y cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*)  
Effects of the sugarcane vinasse on the soil properties and the development and culture of coriander (*Coriandrum sativum*)  
Analissa Arcila, Luis Amaíz, Doménico Pavone, Rafaél López-Loyo, Rosmary Vargas, Oscar Valbuena  
.....03

Diseño de un condensador de Gerdien para cuantificar la concentración local de iones en la troposfera baja  
Design of a Gerdien condenser to quantify the local concentration of atmospheric in the lower troposphere  
José Jiménez, Orion Falcon, Nelson Falcon  
.....17

Evaluación de la calidad del agua del Río Tirgüa (Estado Cojedes - Venezuela), mediante macroinvertebrados bentónicos y parámetros medioambientales  
Water ecological quality assessment of the Tirgüa stream (Cojedes state - Venezuela), through benthic macroinvertebrates and environmental parameters  
Aura M. Jiménez Jiménez, Belkys Y. Pérez-García, Liliana Nieto-Caicedo  
.....25

Estatus trófico de *Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837) (pisces:gobiidae) en un litoral rocoso de la Península de Paraguana, Edo. Falcón, Venezuela.  
Trophic status of *Bathygobius Soporator* (Valenciennes, 1837) (Pisces:Gobiidae) on a rocky shore of the paraguana peninsula, Edo. Falcon, Venezuela  
Rodríguez-Quintal, José Gregorio  
.....39





## EFFECTOS DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO Y EL DESARROLLO Y CULTIVO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*)

Analissa Arcila<sup>1</sup>, Luis Amaíz<sup>2</sup>, Domenico Pavone<sup>1,3</sup>, Rafaél López-Loyo<sup>2</sup>, Rosmary Vargas<sup>2</sup>, Oscar Valbuena<sup>1,3</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT); <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA), Facultad de Ciencias de la Salud (FCS); <sup>3</sup>Centro de Biotecnología Aplicada (CBA), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT); Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

### Resumen

Los elevados volúmenes de vinaza generados por las empresas fabricantes de bebidas alcohólicas y bioetanol han propiciado la búsqueda de usos de la vinaza que minimicen la contaminación ambiental y que generen algún producto de mayor valor agregado. En este estudio se determinaron, al adicionar vinaza de caña de azúcar, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del suelo y su efecto sobre el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L). El tratamiento con cantidades de vinaza 20 %v/v (17- 36 mL equivalentes a 51-109 m<sup>3</sup> /ha), disminuyó el pH del suelo, aumentó moderadamente la conductividad eléctrica y contenido de materia orgánica y redujo (90%) la biomasa microbiana. El pretratamiento de semillas con vinaza a diferentes concentraciones disminuyó la germinación y a concentraciones de 75-100% de vinaza, la inhibió totalmente. La longitud de los tallos, número de hojas/planta y biomasa de las plantas y masa aérea/planta aumentaron a niveles del 36-55%. Estos resultados sugieren un posible uso de la vinaza como enmienda orgánica en suelos para cultivar de cilantro.

**Palabras clave:** cilantro. *Coriandrum sativum*, germinación, microbiota, biomasa, vinaza.

### Effects of the sugarcane vinasse on the soil properties and the development and culture of coriander (*Coriandrum sativum*)

#### Abstract

The high volumes of vinasse generated by the alcoholic beverages and bioethanol industries have driven the search for vinasses uses that reduce the environmental pollution and yield some high aggregated value product. In this study physical chemical and microbiological parameters in soils and its effects on the coriander (*Coriandrum sativum* L) cultivation after addition of 20% v/v sugarcane vinasse were assessed. The treatment with vinasse (17-36 mL equivalent to 51-109 m<sup>3</sup> /ha) decreased the pH and increased the electric conductivity and organic matter content, the microbial biomass was (90%) reduced. The treatment of seeds with different vinasse concentrations decreased the germination and at 75-100% it was totally inhibited. The length of stems, number of leaves/plant and plant and aerial biomasses increased to 36-55% levels. These results suggest a possible use of vinasse as organic amend in soils to grow coriander.

**Key words:** coriander, *Coriandrum sativum*, germination, microbiota, biomass, vinasse.

## Introducción.

El principal subproducto de las empresas fabricantes de bebidas alcohólicas destiladas y bioetanol es la vinaza, líquido proveniente de la fermentación de mostos agrícolas de variado origen presentando altas demandas química y biológica de oxígeno (DQO y DBO respectivamente), altas concentraciones de carbohidratos, fenoles, nitrógeno, fósforo, potasio y hierro, pH bajo y coloración oscura (Rodrigues & Hu, 2017; Djukic-Vukovic *et al.*, 2013). El volumen de vinaza generado supera por más de un orden de magnitud al de etanol fabricado, únicamente en los Estados Unidos, Brasil, México y Argentina se producen más de  $1,4 \times 10^{12}$  L/año (España-Gamboa *et al.*, 2017; Rodrigues & Hu, 2017; Farias-Silva & Souza-Abud, 2016) y en Venezuela en solo dos empresas productoras de ron se generaron  $1,7 \times 10^6$  L/año (Gómez & Rodriguez, 2000). Estos elevados volúmenes causan, antes de su descarga al medio ambiente, problemas de almacenamiento y altos costos para su procesamiento (Moraes *et al.*, 2015; Djukic-Vukovic *et al.*, 2012) reportándose efectos negativos sobre el medio ambiente (Christofoletti *et al.*, 2013) y ecosistemas, particularmente en suelos y aguas (Rodrigues & Hu, 2017; Jiang *et al.*, 2012). Debido a su alto valor de DQO se ha indicado su posible uso como fuente de carbono y minerales para el cultivo de una amplia variedad de especies vegetales, señalándose la necesidad de efectuar pretratamientos adecuados de las vinazas antes de su uso en riego o procesos industriales (Farias-Silva & Souza-Abud, 2016; Amir *et al.*, 2005; Marques *et al.*, 2013). El uso apropiado de vinazas en procesos oxidativos, fermentativos y químicos constituyen actividades que pueden contribuir a disminuir su contenido orgánico y mineral, a transformar la materia orgánica y mineral en biomasa nutritiva y ahorro en el gasto de agua de riego en labores agrícolas (Rodrigues & Hu, 2017).

Debido a su contenido de minerales y alta DQO, su abundancia, bajo valor económico y causante de problemas ambientales y ecológicos es deseable se investigue sobre su posible utilización en actividades productivas industriales/agropecuarias que generen insumos de alto valor agregado, tal es el caso de cultivos de especies vegetales de periodo vegetativo corto. El cilantro (*Coriandrum sativum* L) es una planta anual de la familia de las Apiáceas de 40-60 cm de altura, de ciclo vegetativo corto, crecimiento a los 40-45 días y floración a los 75. Es ampliamente distribuido en los cinco continentes y utilizado como condimento y material medicinal (Shashidhart *et al.*, 2017) debido a su contenido de sustancias bioactivas (Laribi *et al.*, 2015), aceites esenciales (Nadeem *et al.*, 2013; Orav *et al.*, 2011) y vitaminas (Bajpai *et al.*, 2005). Su producción es superior a las 600.000 t/año, siendo su principal productor India, Venezuela importa cilantro en más de 100 t/año (Arizo & Curioni, 2011). En este trabajo se determinan algunos parámetros fisicoquímicos del suelo utilizado para crecer cilantro antes y después de su tratamiento con diferentes cantidades de vinaza de caña de azúcar 20%v/v y luego de 90 días de germinación de sus semillas. Adicionalmente se determinan parámetros biométricos y fisiológicos de las plantas antes y después del tratamiento con vinaza.

## Métodos y Materiales

**1-Vinaza:** la muestra fue tomada de la laguna de disposición final de una empresa destiladora de etanol, en recipientes de 20 L y trasladada al Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA UC); se filtró con un colador de algodón, se diluyó con agua destilada a una concentración de 20 %v/v y se almacenó a 10 °C hasta su uso.

**2-Suelo:** las muestras se colectaron en el sector agrícola de Aguirre, Municipio Montalban, Estado Carabobo, Venezuela; 10°12'50. 44" N de latitud y 68°16'38.36"

O de longitud (Google Maps, 2015). Las muestras se tomaron a una separación de 10 m, mediante un muestreo de tipo zig-zag, colectando material hasta 30 cm de profundidad y un área total aproximada de 40 m<sup>2</sup>. Se colectaron 10 muestras, las cuales se mezclaron para constituir una muestra única empleada en todos los experimentos.

**3-Semillas de cilantro** (*Coriandrum sativum* L): semillas certificadas fueron adquiridas de Agrovitas C.A., Valencia, Venezuela.

**4-Determinación de parámetros fisicoquímicos:** porciones de suelo se secaron al aire por 72 h, se tamizaron en una malla de 2 mm y se almacenaron en recipientes herméticamente sellados. El contenido de materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE) y pH se determinaron de acuerdo a Nelson & Sommers, 1996; Jackson, 1970, respectivamente y el contenido de sólidos

**6-Germinación de semillas de cilantro:** 10 semillas se sumergieron en 10 mL de diferentes diluciones de vinaza (5, 10, 20, 50, 70 y 100% v/v) durante 12 h y a temperatura ambiente. Luego las semillas se sembraron a 2 cm de profundidad y 3 cm de separación en una bandeja con suelo agregándose 20 mL de agua por aspersión. Por cada concentración de vinaza se implementaron 3 réplicas. El tiempo de emergencia de la plántula fue hasta de 20 días después de la siembra.

**7-Dosis de vinaza aplicadas al suelo:** la vinaza fue aplicada en una sola dosis, por vertido directo (chorreo) y luego de 72 h se sembraron las semillas. Los volúmenes de vinaza 20 %v/v adicionados por bolsa de cultivo fueron 17, 26, 30, 33 y 36 mL (tratamientos T1-T5 respectivamente) con una superficie libre promedio de 33cm<sup>2</sup>. Por cada dosis de vinaza y el control T0 (suelo con vinaza y sin semillas), se implementaron 8 réplicas. En algunos experimentos se implementaron dos controles, In (suelo de Aguirre sin ninguna

totales (peso seco) por gravimetría (Norma COVENIN 2461-2005). Las determinaciones se efectuaron por triplicado.

**5-Characterización microbiológica:** porciones de suelo fresco se transfirieron a recipientes esterilizados y se conservaron a 4 °C hasta su uso. Porciones de 10 g de suelo se resuspendieron en 90 mL de agua peptonada 0,1 % estéril, preparándose diluciones (10<sup>-1</sup>, 10<sup>-3</sup> y 10<sup>-5</sup>) y sembrándose, mediante el método de vertido en placas (Madigan *et al.*, 2004), en agares nutritivo, Mac Conkey, cetrimida y Sabouraud (suplementado con amoxicilina) para la cuantificación de aerobios mesofilos (AM), coliformes totales (CT), *Pseudomonas* sp (P) y mohos y levadura (ML), respectivamente. Las placas se incubaron por 48 h a 37 °C.

adición) y T0 (suelo de Aguirre con vinaza y sin semillas).

**8-Determinación de parámetros biométricos:** las mediciones se efectuaron antes de la floración de las plantas determinándose longitud del tallo (desde la base a la rama distal más larga), número de hojas por planta, peso fresco y peso seco (PF y PS respectivamente) de la planta incluida la raíz y de la masa aérea (hojas, tallo y ramas).

**9-Análisis estadísticos:** se aplicaron pruebas de ANOVA, Turkey, Kruskal-Wallis y Mann Whitney. Todas se ejecutaron con el programa estadístico Past, versión 2.

## Resultados.

**1-Characterización fisicoquímica del suelo tratado con vinaza 20% y usado para cultivar cilantro.** Algunos parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después de adicionar vinaza 20% y su posterior uso en cultivar cilantro se presentan en la tabla 1A.

El pH en T1-T5 permaneció a niveles ligeramente ácidos, ubicándose entre 5,70 (T4) y 5,95 (T5), mientras que en los controles sin vinaza In (suelo de Aguirre sin ningún tratamiento) y T0 fueron de 6,05 y 5,97 respectivamente. Las pruebas estadísticas ANOVA y Turkey indicaron diferencias significativas en T1 y T4-T5 respecto a los controles In y T0 ( $p=1 \times 10^{-6}$ ). La conductividad eléctrica CE incrementó, comparada a In, en todos los tratamientos incluido T0, sin mostrar una relación respecto a la dosis de vinaza aplicada. El control In presentó el valor más bajo, 60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que en los otros tratamientos T0-T5 los valores fueron muy superiores variando entre 765  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 2047

$\mu\text{S}/\text{cm}$  (T2). Las variaciones en la CE (valor promedio de 1526  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) indican que los suelos tratados son ligeramente salinos, al asumir que valores inferiores a 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  constituyen suelos no salinos (Boulding, 1994). La materia orgánica en los tratamientos T1-T4, variando, con altibajos, entre 8,27 (T1) y 11,01% (T2), para disminuir a 7,12% en T5, valor más bajo que el detectado en los controles In y T0 (7,94 % en ambos casos); sin embargo, el valor promedio (T1-T5) fue de 8,91% superando el valor de los controles, y el incremento en los tratamientos T1-T4 fue estadísticamente significativo ( $p=0,001$ ) en relación a los controles.

**Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de suelo utilizado para cultivar cilantro en presencia de vinaza 20% v/v**

**A: Valores de pH, conductividad eléctrica (CE) y materia orgánica (%MO).**

Tratamiento	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{c}$ )	%MO (g/g)
In	6,05 $\pm$ 0,07	60 $\pm$ 5	7,94 $\pm$ 0,46
T0	6,97 $\pm$ 0,08	1.128 $\pm$ 31	7,94 $\pm$ 0,46
T1	5,73 $\pm$ 0,08	1.560 $\pm$ 104	8,27 $\pm$ 1,91
T2	5,89 $\pm$ 0,08	2.047 $\pm$ 202	11,00 $\pm$ 0,57
T3	5,81 $\pm$ 0,09	765 $\pm$ 140	9,05 $\pm$ 0,11
T4	5,70 $\pm$ 0,11	1.299 $\pm$ 116	9,13 $\pm$ 0,38
T5	5,95 $\pm$ 0,17	1.959 $\pm$ 124	7,12 $\pm$ 0,98
Promedios T1-T5	5,82 $\pm$ 0,11	1526 $\pm$ 522	8,91 $\pm$ 1,42

**B: Carga microbiana.**

Tratamiento	AM	CT	P	ML
	UFC/g	UFC/g	UFC/g	UFC/g
In	1,5 x 10 <sup>6</sup> $\pm$ 2178	1,4 x 10 <sup>3</sup> $\pm$ 124	< 1	4,17 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 364
T0	2,0 x 10 <sup>6</sup> $\pm$ 26,29	1,8 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 29	< 1	5,30 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 95
T1	6,00 x 10 <sup>5</sup> $\pm$ 4700	1,23 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 1485	< 1	5,30 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 143
T2	6,04 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 3007	3,00 x 10 <sup>3</sup> $\pm$ 400	< 1	5,25 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 70
T3	4,55 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 1414	1,53 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 1626	< 1	5,10 x 10 <sup>3</sup> $\pm$ 565
T4	2,71 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 2610	4,00 x 10 <sup>2</sup> $\pm$ 82	< 1	1,60 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 197
T5	4,00 x 10 <sup>5</sup> $\pm$ 7071	3,15 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 615	< 1	2,24 x 10 <sup>4</sup> $\pm$ 1414
Promedios T1-T5	2,20 x 10 <sup>5</sup>	1,25 x 10 <sup>4</sup>	< 1	8,91 x 10 <sup>3</sup>

In: suelo de Aguirre sin ningún tratamiento. T0: cultivo control sin vinaza. T1-T5: cultivos con vinaza (17, 26, 30, 33 y 36 mL por bolsa respectivamente). AM: aerobios mesófilos; CT: coliformes totales; P: *Pseudomonas* sp; ML: mohos y levaduras

**2- Caracterización microbiológica de suelo tratado con vinaza 20%.** Las cargas de aerobios mesófilos AM después de adicionar cantidades diferentes de vinaza 20% a muestras de suelo se detalla en la

tabla 2. A las 24 h de tratamiento la carga bacteriana, comparada con el control In, descendió desde  $1,5 \times 10^6$  UFC/g a valores cercanos a  $2,3 \times 10^5$  UFC/g equivalente

**Tabla 2. Efecto de la vinaza 20% sobre la carga microbiana del suelo (UFC/gss).**

Tratamiento	<u>Aerobios mesófilos (AM) x 10<sup>-5</sup></u>		<u>Coliformes totales (CT)x10<sup>-3</sup></u>	
	<u>24h</u>	<u>48h</u>	<u>24h</u>	<u>48h</u>
<b>In</b>	15,0	-	1,8	-
<b>T1</b>	2,3	1,8	4,9	6,0
<b>T3</b>	1,7	1,6	9,0	5,9
<b>T5</b>	2,3	2,0	3,0	22,0

In: suelo control sin agregado de vinaza; T1, T3 y T5: suelos complementados con 17, 30 y 36 mL de vinaza 20% respectivamente; gss: gramos de suelo seco.

a una reducción del 85 % (), observándose en la carga bacteriana un ligero incremento a las 48 h de tratamiento. En la tabla 2 se muestra la carga correspondiente a los coliformes totales CT en los sistemas descritos anteriormente. La carga de CT incrementó desde  $1,8 \times 10^3$  UFC/g en el control In a valores máximos de  $2,2 \times 10^4$  UFC/g (tratamiento TA5, 48h); a las 24 h todos los tratamientos superaron al control In. Aunque los CT incrementaron y los AM disminuyeron, nunca los CT superaron a los AM.

Luego se procedió a determinar las cargas microbianas de AM, CT, *Pseudomonas* sp (P) y mohos/levaduras (ML) en muestras de suelo tratadas con vinaza 20% y utilizadas para cultivar cilantro después de 90 días de la germinación. En este ensayo se incluyeron dos controles, suelo de Aguirre (In) y suelo utilizado para cultivar cilantro (T0), ambos sin adicionar vinaza 20%. En la tabla 1B se muestran los resultados. En ninguno de los ensayos (controles In y T0 y sistemas tratados con vinaza 20% T1-T5) se detectó P. Las cargas de AM ( $2,0 \times 10^6$  UFC/g) y ML ( $5,3 \times 10^2$  UFC/g) en T0 fueron ligeramente superiores a los

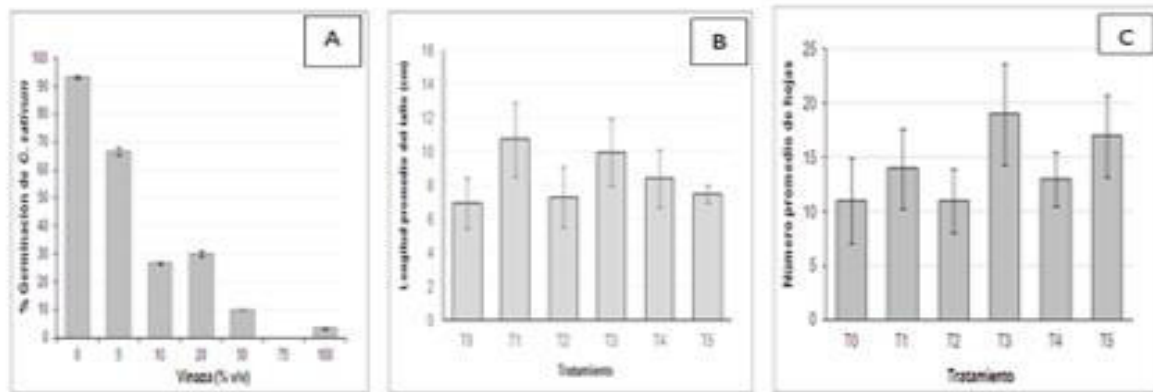
correspondiente valores en In ( $1,5 \times 10^6$  y  $4,17 \times 10^2$  UFC/g). Al comparar T0 con T1-T5 se detectó un descenso en los AM (desde  $2,0 \times 10^6$  a valores del orden de  $10^4$  UFC/g); la población fúngica ML permaneció constante en T1 y T2 (en el orden de  $10^2$  UFC/g) para crecer progresivamente hasta valores de  $2,2 \times 10^4$  UFC/g en T5. La carga en CT mostró variabilidad, mostrando altibajos, sin relación a la dosis de vinaza aplicada; en general todos los tratamientos T1-T5 presentaron mayor contenido de CT ( $4,0 \times 10^2$  a  $3,15 \times 10^4$  UFC/g) respecto al control T0 ( $1,8 \times 10^2$  UFC/g). Es de hacer notar que los AM en los tratamientos T1-T5, con un promedio de  $2,2 \times 10^5$  UFC/g predominaron sobre los CT y ML con valores promedios de  $1,25 \times 10^4$  y  $8,91 \times 10^3$  UFC/g respectivamente.

**3-Efectos de la vinaza 20% sobre el desarrollo de cilantro.** Efecto sobre la germinación de semillas: el porcentaje de semillas germinadas de cilantro tratadas con vinaza pura a diferentes concentraciones se muestra en la figura 1A. Se detectó inhibición en todas las concentraciones ensayadas, la germinación disminuyó a 66,6% (20 plantas de 30 posibles) en el

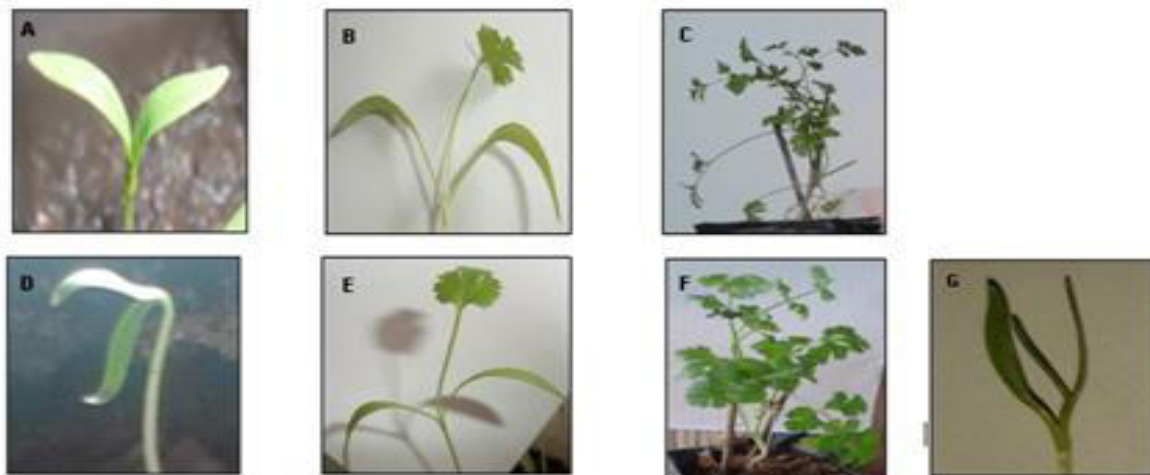


tratamiento al 5%, decreciendo progresivamente hasta valores de 0 y 3,3% (1 planta de posible 30); al 50% se obtuvieron 3 plantas (10% de germinación) y a concentraciones de 50 y 100%, las

plántulas obtenidas presentaron alteraciones morfológicas en las hojas primarias, con hojas fusionadas y una tercera hoja aparentemente independiente (figura 2G). Adicionalmente la apariencia de las plantas fue endeble.



**Figura 1. Efectos de la concentración de vinaza sobre el desarrollo de cilantro.** A: % de germinación de semillas. B: longitud promedio del tallo. C: número promedio de hojas.



**Figura 2. Desarrollo vegetativo de *C. sativum* con y sin vinaza.** A: hojas primarias de T0 a los 8 días de siembra. B: primera hoja diferenciada de T0. C: planta completa T0 a los 90 días de cultivo. D: germinación de cilantro tratado con vinaza al 20% v/v, 8 días después de la siembra. E: primera hoja diferenciada de T1. F: planta completa de T1 a los 90 días de cultivo. G: alteración morfológica de las hojas de cilantro tratada con vinaza al 50% v/v.

Efecto sobre el tallo: la longitud del tallo en plantas de cilantro se muestra en la figura 1B, observándose incrementos en todos los

tratamientos, la longitud de 7 cm en T0 incrementó a 11 cm en T1, estadísticamente significativo ( $p=0,018$ ), para luego

disminuir progresivamente hasta 8 cm en T5.

Efecto sobre el número de hojas: en la figura 1C se evidencia que en T3 las plantas presentaron el mayor número de hojas (19). En general todos los tratamientos con vinaza presentaron un mayor número de hojas que el control T0 (11 hojas), diferencias estadísticamente significativas

( $p=0,00081$ ), mostrando una variación entre 11 (T2) y 17 (T5) hojas con valores intermedios de 13 y 14 hojas en los otros tratamientos.

Efecto sobre la biomasa: los pesos frescos (PF) y pesos secos (PS) de las plantas de cilantro después de 90 días de la germinación se muestran en la tabla 3A

**Tabla 3. Biomasa de cilantro en presencia y ausencia de vinaza 20 % v/v.**

<b>A: masa de planta completa.</b>			
Tratamiento	Peso fresco (PF) (mg/planta)	Peso seco (PS) (mg/planta)	PS/PF
<b>T0</b>	388,31±60,51	90,75±17,47	0,234
<b>T1</b>	706,09±110,30	123,21±29,79	0,174
<b>T2</b>	500,30±40,22	155,25±12,40	0,310
<b>T3</b>	518,83±90,04	133,96 ±18,90	0,258
<b>T4</b>	588,68±44,49	116,31±14,01	0,198
<b>T5</b>	693,25±47,81	108,67 ±16,02	0,157
Promedios T1-T5	601,43±95,65	127,48±18,1	0,219±0,06
<b>B: masa aérea.</b>			
<b>T0</b>	346,83	38,84	0,112
<b>T1</b>	611,51±166,75	56,56±18,21	0,092
<b>T2</b>	384,20±83,72	42,32±9,88	0,110
<b>T3</b>	422,32±82,87	59,01±18,95	0,140
<b>T4</b>	523,93±113,81	52,87±12,98	0,101
<b>T5</b>	636,95±55,65	53,90±3,500	0,085
Promedios T1-T5	515,78±111,75	52,93±6,40	0,105±0,03

**T0:** sin vinaza. **T1-T5:** con vinaza (17, 26, 30, 33 y 37 mL por bolsa respectivamente)

En todos los tratamientos con vinaza 20% los PF y PS superaron al del control T0 (388,31 y 90,75 mg/planta, respectivamente). En los tratamientos T1-T5 el mayor y menor valores de PF se evidenciaron en T1 (706,09 mg) y T2 (500,3 mg); el mayor valor de PS correspondió a T2 (155,25 mg) y el menor a T5 (108,67 mg). Los valores promedios de PF y PS en T1-T5 fueron 601,43 y 127,48 mg respectivamente, valores muy superiores a los respectivos valores en T0. Al calcular el cociente PS/PF se observa, en los tratamientos T1-T5, valores superiores e inferiores al correspondiente a T0 (0,234).

El mayor índice PS/PF fue de 0,310 en T2 y el menor fue de 0,157 en T5. En promedio el cociente PS/PF en T1-T5 fue de 0,219 valor muy similar al de T0. Referente a la biomasa aérea (tabla 3B), los tratamientos T1-T5 presentaron valores de PF y PS superiores a T0 (346,83 y 38,84 mg, respectivamente). En los tratamientos T1-T5 los valores de PF oscilaron entre 384,2 (T2) y 636,95 (T5) y los PS se ubicaron entre 42,32 (T2) y 59,01 mg(T3). Los valores promedios para los tratamientos T1-T5 fueron de 515,78 y 52,93 mg para los PF y PS respectivamente, valores muy superiores a los correspondientes del

control. De nuevo el cociente PS/PF promedio de los tratamientos T1-T5 fue de 0,105 valor muy similar al del T0 con 0,112.

### Discusión

En la caracterización fisicoquímica del suelo (tabla 1A), se constató una leve acidificación del pH en los tratamientos con vinaza; el valor promedio de los controles In y T0 de 6,01 bajó a un valor promedio de 5,82 en los tratamientos T1-T5, siendo la variación promedio 0,19 unidades. Los valores de pH en T1-T5 fueron estadísticamente diferentes a los de los controles. Armengol *et al.*, 2003 señalan cambios menores, no significativos, de pH al tratar cultivos de caña de azúcar con diferentes dosis de vinaza. La baja variabilidad del pH contrasta con datos reportando acidificaciones del suelo que alcanzaron hasta 1,58 unidades de pH (Montenegro *et al.*, 2008). Otros reportes (García & Rojas, 2006; Silva *et al.*, 2014; Viteri, 2015; Bautista *et al.*, 2000) indican elevaciones del pH luego de añadir diferentes dosis de vinaza pura.

Aunque la conductividad eléctrica CE varió ampliamente en los controles y diferentes tratamientos, sin relación a la dosis de vinaza aplicada (tabla 1A), la variabilidad en CE a estos niveles, no pareciera modificar, según varios autores, el crecimiento del cilantro. Bautista *et al.* 2000 indica que valores de CE 5 veces superiores a los indicados en nuestros estudios, no influyeron en el desarrollo del cultivo y Hernández *et al.*, 2008 y Callejas *et al.*, 2014 refieren efectos nulos de la variación de la salinidad sobre cultivos de cilantro. Sin embargo, altas cantidades de vinaza ejercen efectos tóxicos sobre la microbiota por elevadas CE (Simanjuntak & Lengkong, 2017)

La adición de vinaza al suelo favoreció el contenido de materia orgánica MO, sin proporcionalidad a la dosis de vinaza aplicada, siendo el promedio de incremento de 2% (8,91-7,94) respecto a los controles.

Estos datos son obtenidos luego de más de 90 días de cultivar cilantro. Armengol *et al.*, 2003 señalan que la adición de materia orgánica proveniente de vinaza, aumentó el rendimiento en cultivos de caña de azúcar. En experimentos previos de nuestro grupo, al segundo día de añadir al suelo (sin cultivar cilantro) vinaza 20%, se evidenció un rápido descenso en la MO, lo cual podría representar consumo de moléculas carbonadas suministradas por la vinaza, por parte de la microflora autóctona del suelo, efecto que coincidió con el incremento en los CT. Más tardíamente se detectó un leve aumento de la MO, probablemente debido a la metabolización de materiales suministrados por la vinaza y su posterior modificación y excreción al suelo, o por muerte de parte de la población microbiana debida a la condición estresante del medio inducida por la vinaza. La permanencia de la MO podría también deberse al estrés provocado por la vinaza que induciría un estado de latencia en la microbiota para evitar la posible toxicidad de moléculas recalcitrantes que suministra la vinaza (Montenegro *et al.*, 2009; Fitz-Gibbon *et al.*, 1998).

Las dosis de vinaza aplicadas fueron establecidas en base a que en experimentos previos de nuestro laboratorio se determinó que la vinaza al 20%v/v, con un contenido de 0,336 g/L de nitrógeno, inducía los mejores resultados al crecer cilantro en suelos suplementados con vinaza. Adicionalmente, otros laboratorios reportan riego de cultivos con volúmenes de vinaza entre los 50 y 250 m<sup>3</sup> /ha (Pineda *et al.*, 2015; Armengol *et al.*, 2003; Gómez & Rodríguez, 2000) y dosis equivalentes de nitrógeno de 90 Kg/ha (Pineda *et al.*, 2015). Se eligieron volúmenes de vinaza 20 %v/v en el intervalo de 51 y 109 m<sup>3</sup> /ha, dosis usualmente usadas en Venezuela (Pineda *et al.*, 2015; Gómez & Rodríguez, 2000), equivalentes a 17,3 a 36,2 Kg/ha de nitrógeno.

El descenso en la población bacteriana de AM (tabla 2A) en presencia de vinaza 20%, ha sido observado en poblaciones microbianas de suelo y agua contaminados por agentes químicos, tales como metales, hidrocarburos y una amplia variedad de moléculas orgánicas (Herrera & Suarez, 2005; Bozo *et al.*, 2007). De tal manera la vinaza, por su alto contenido de moléculas carbonadas (Simanjuntak & Lengkong, 2017) muchas de ellas tóxicas y recalitrantes, lo cual se refleja en sus altos valores de DQO y DBO, unido a cantidades no despreciables de minerales (potasio, fosfatos) y su bajo pH, causan estrés en los ecosistemas (Christofoletti *et al.*, 2013; Vadival *et al.*, 2014; Eykelbosh *et al.*, 2015; Moraes *et al.*, 2015), interfiriendo con la apropiada relación de elementos abióticos/microbiota de importancia en mantener las características del suelo para sustentar actividades agrícolas y agropecuarias (Gad, 2010; Senatore *et al.*, 2017; Simanjuntak & Lengkong, 2017). Adicionalmente a estos factores, altas dosis de vinaza reducen la microbiota al incrementar la conductividad eléctrica del suelo (Simanjuntak & Lengkong, 2017). Bajo estas condiciones es posible que grupos minoritarios de microorganismos autóctonos incrementen su tasa de duplicación e incrementen su población (Hackney *et al.*, 1979; Ferguson & Signaretto, 2011; Cortez *et al.*, 2013), tal como ocurrió con los CT (figura 1B). Korndörfer, 2009, señala que cambios en los procesos conducentes a la fijación y utilización de nitrógeno alteran las interrelaciones químicas y biológicas en los microorganismos, lo cual podría inducir que una subpoblación de organismos no fijadores de nitrógeno, utilizando fuentes nitrogenadas orgánicas suministradas por la vinaza, aumenten su población, mientras se inhibe la proliferación de la población fijadora de nitrógeno. A pesar de la disminución de los AM e incremento en los CT, la biomasa microbiana estuvo preponderantemente representada (sobre el 90%) por los AM, pues si bien también los

ML incrementaron su población (tabla 1A) no lograron modificar sustancialmente la composición de la microbiota. Los efectos descritos se detectaron a las 24 y 48 h de tratamiento y parecieran ser estables en el tiempo, pues después de 90 días de cultivar cilantro en presencia de vinaza, aún persiste la condición señalada (tabla 1B). La ausencia de *Pseudomonas* sp en tales tratamientos y controles descartan la posible contaminación por heces fecales animales, del suelo, vinaza y agua de riego utilizados en estos experimentos. Así, el incremento en CT puede justificarse al asumir que bacterias típicas de suelos y aguas pueden mimetizar las características de coliformes fecales en medios de agar suplementados con sales biliares, tal como reportado en otras instancias (Hackney *et al.*, 1979; Wagner-Döbler & Biebl, 2006; Ferguson & Signoretto, 2011)

Los resultados presentados difieren de los reportados por Neves *et al.*, 1983, quien señala aumento sustancial y temporal en las poblaciones bacterianas y fúngicas e inhibición de los actinomicetos al tratar el suelo con vinaza. Senatore *et al.*, 2017 indican aumentos en la población bacteriana y hongos filamentosos, incrementos en los actinomicetos y disminución de las levaduras. Alternativamente, Shang-Dong *et al.*, 2013 reportan que las poblaciones bacterianas y fúngicas no se alteran respecto a los sistemas controles y detectan incremento en los actinomicetos.

Los efectos de la vinaza pura sobre el desarrollo del cilantro se evidenciaron al disminuir el porcentaje de germinación de semillas previamente tratadas con diferentes concentraciones de vinaza, con vinaza 50% solo germinaron 3 semillas de 30 posibles (figura 1A), estos resultados coinciden con los obtenidos por Pandey *et al.*, 2007 en semillas de trigo (*Triticum aestivum* L) y guisantes (*Pisum sativum* L) señalando que a menor concentración de vinaza mayor velocidad y porcentaje de



germinación. A concentraciones superiores a 50% solo germinó 1 semilla, coincidiendo con los resultados de Kadioglu & Faruk, 1990 en girasoles (*Helianthus annuus*) y guisantes (*Pisum sativum* L); Ramana *et al.*, 2002; en tomate (*Lycopersicum esculentum*), chiles (*Capsicum* sp), calabaza (*Cucurbita pepo* L), pepino (*Cucumis sativus* L) y cebolla (*Allium cepa* L) y Navarro *et al.*, 2006 en lechuga (*Lactuca sativa* L), escarola (*Cichorium envidia* L) y achicoria (*Cichorium intybus* L), experiencias donde la germinación fue baja. No obstante, Ramana *et al.*, 2002 reportan que la vinaza 10% muestra un efecto positivo en la germinación de cebolla (*Allium cepa*). Ramana *et al.*, 2002 atribuyen la reducción de la germinación a la cantidad excesiva de sales inorgánicas suministradas por las altas concentraciones de vinaza, lo cual incrementa la presión osmótica sobre la semilla (Rodger *et al.*, 1957). El nivel de tolerancia a la concentración de sal varía, en el caso de cilantro, de una variedad a otra, Yadav *et al.*, 2009, indican que diferencias de 6 dS/cm retrasan considerablemente la germinación. Debe tenerse en cuenta que suelos con valores de CE inferiores a 1,2 dS/cm se consideran no salinos (Boulding, 1994).

Aunque la longitud del tallo incrementó en presencia de vinaza 20% (figura 1B), el crecimiento no fue proporcional a la dosis de vinaza aplicada, a bajas dosis el comportamiento presentó altibajos y a partir del tratamiento T3 se detectó una disminución progresiva en el tamaño del tallo. Tal comportamiento podría justificarse al asumir que a bajas dosis de vinaza, la cantidad de moléculas orgánicas no nocivas se aprovechan para el crecimiento de la planta, pero al alcanzar una concentración crítica, las moléculas recalcitrantes y tóxicas ejercen sus efectos negativos sobre el crecimiento, situación descrita por Yadav *et al.*, 2009. Kamrozzaman *et al.*, 2016 reportan

incremento, respecto al cultivo control, en la altura del cilantro por tratamiento con diferentes fertilizantes, pero la magnitud del efecto fue independiente de la dosis y fertilizante aplicados.

Contrariamente a lo establecido para el tallo, la vinaza 20% no parece alterar negativamente el número de hojas por planta en cilantro (figura 1C). A pesar de la variación observada, sin relación a la dosis de vinaza, pareciera que la presencia de vinaza induce un mayor número de hojas en cilantro. Bello, 2008, trabajando con tomate (*Lycopersicum esculentum*) reporta incremento en el número de hojas al tratar los cultivos con vinaza.

El efecto positivo de la vinaza 20% sobre la biomasa se constató tanto en el peso fresco PF como en el peso seco PS (tabla 3). En ambos parámetros se detectó un incremento considerable en la masa; en plantas completas el PF incrementó hasta un 81,8 % (706,09/ 388,31) y el PS aumentó hasta 71,0% (155,25/90,75). En masa aérea los incrementos alcanzaron valores de 83,6% (636,95/346,83) y 51,9% (59,01/38,84) para el PF y PS respectivamente. Este resultado también fue obtenido por Silva *et al.*, 2014 y por Penatti, 1988 en cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L). El porcentaje de material sólido calculado, índices PS/PF, (11,1 y 10,3 % para el control y tratamientos respectivamente) son ligeramente inferiores a los reportados para semillas de cilantro (12-14,3%) por Usman *et al.*, 2003. La relativa constancia en los índices PS/PF de ambas biomásas respecto a los controles, pareciera indicar que la cantidad y tal vez calidad, del material sólido acumulado, tanto en los sistemas tratados T1-T5 como en el control T0, pudiesen ser iguales o muy similares y que las propiedades físicas, químicas y organolépticas de las plantas no se alteraron por el tratamiento con vinaza. El índice PS/PF en plantas completas (0,219) fue superior al de la masa aérea (0,106), tal

diferencia podría reflejar una mayor cantidad de moléculas orgánicas esenciales (celulosa, lignina, hemicelulosa), en órganos tales como la raíz y el tallo principal, compuestos no abundante en las hojas, flores, frutos, y que son fundamentales para mantener la estructura y viabilidad de la planta.

A excepción de los parámetros microbiológicos, germinación y pH en los cuales se detectaron tendencias concretas, la inspección de los datos correspondientes a los parámetros biométricos indica una alta dispersión. La concordancia entre la dosis de vinaza aplicada y la respuesta esperada es difícil de establecer y explicar, lo cual hace complicado la adopción de una conclusión aceptable. Por tal motivo los cálculos de las respuestas fueron efectuados tomando los valores promedios de los correspondientes experimentos, en lugar de los valores específicos de una específica dosis de vinaza. Tal variabilidad podría estar relacionada a condiciones experimentales difíciles de controlar, tales como el grado de compactación del suelo en las bolsas donde se depositaron las muestras de suelo. Es posible grados de compactación diferentes en diferentes zonas de la muestra de suelo, lo cual influye sobre la disponibilidad de agua, oxígeno (aire) y sustancias propias de la vinaza por parte de la microbiota (Simanyuntak & Lengkong, 2017). Tal situación podría variar inclusive de una a otra bolsa y la respuesta del ecosistema podría responder a condiciones muy particulares a las que se intentan estudiar, lo cual dificulta un apropiado análisis de los resultados. Otra posible causa de variabilidad es el volumen de aplicación de la dosis, el cual debería ser accesible a toda la extensión de la muestra de suelo, pues es posible que dosis con pequeños volúmenes no alcancen las zonas más profundas de la bolsa de ensayo, limitando el acceso de la dosis a los microorganismos y tal vez la misma planta. Esta situación sería muy importante al

considerar diferentes bolsas. La solución a esta dificultad sería aplicar las dosis disueltas en el volumen máximo de aplicación de las dosis. Sin embargo, a pesar de la variabilidad observada, se puede afirmar un efecto positivo de la vinaza 20 %v/v sobre el crecimiento del cilantro. En los valores experimentales de los tratamientos T1-T5 ningún valor fue inferior a su respectivo control T0 (figuras 2B y 2C, tabla 2).

### **Conclusión.**

La adición de vinaza 20 %v/v a cultivos de cilantro acidificó levemente el pH y la salinidad del suelo y disminuyó la biomasa microbiana; mientras incrementó el tamaño de la planta (tallo, número de hojas y biomasa). El pretratamiento de las semillas con vinaza a cualquier concentración, no recomendable, disminuyó significativamente la germinación. Los resultados sugieren que volúmenes de vinaza 20 %v/v o menores concentraciones, en dosis equivalentes a 50-110 m<sup>3</sup> /ha, podrían ser aplicados como enmiendas orgánicas para el cultivo de cilantro.

### **Bibliografía.**

- Amir, S., M. Hafidi, G. Merlina, J.C. De Revel. 2005. Structural characterization of fulvic acids during composting of sewage sludge. *Process Biochem.* 40:1693-1700.
- Arizo, O., A. Curioni. 2011. Mercado mundial y regional de cilantro (*Coriandrum sativum* L). *Rev Colomb Cienc Horti* 5(2):263-278.
- Armengol, J.E., R. Lorenzo, N. Fernández. 2003. Utilización de la vinaza como enmienda orgánica y su influencia en las propiedades químicas y en los rendimientos de la caña de azúcar. *Cultivos Tropicales* 24(3):67-71.
- Bajpai, M., A. Mishra, D. Prakash. 2005. Antioxidant and free radical scavenging

activities of some leafy vegetables. *Int J Food Sci Nutr* 56(7):473-481.

Bautista, F., C. Duran, R. Lozano. 2000. Cambios químicos en el suelo por la aplicación de materia orgánica soluble tipo vinaza. *Rev Inter Cont Ambien.* 16(3):89-101.

Bello, A. 2008. La crisis del cultivo del tomate en canarias. Alternativas desde la agroecología. *Agropalca* 3:16.

Boulding, T. 1994. Description and sampling of contaminated soils: A field Manual. 2nd edition. Lewis Publisher. Bloomington, Indiana. USA. p 20.

Bozo, L., M. Fernández, M. López, R. Rojas, P. Suarez. 2007. Biomarcadores de contaminación química en comunidades bacterianas. *Interciencia* 32(1):8-13.

Callejas, R., A. Silva, C. Peppi, O. Seguel. 2014. Factibilidad económica del uso de vinaza, sub producto de la fabricación de pisco, como fertilizante en viñedos. *Rev Colomb Cien Hortíc* 8(2): 230-241.

Cortez, J., Y. Ruiz, L. Medina, O. Valbuena. 2013. Efectos de medios de cultivo preparados con agua de mar sobre indicadores sanitarios en aguas marinas de balnearios de Chichiriviche, estado Falcón, Venezuela. *Rev Soc Ven Microbiol* 33(2):122-128.

COVENIN. 2005. Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de sólidos. Consejo Nacional de normas industriales. Ministerio de Fomento No. 2461.

Djukovic-Vukovic, A., L. Mojovic, S. Nikolic, J. Pejin, S. Kocic-Tanackov, K. Mihajlovski. 2013. Distillery stillage as a new substrate for lactic acid production in batch and fed-batch fermentation. *Chem Eng Trans.* 34:97-102.

España-Gamboa, E., T. Vicent, X. Font, J.J. Dominguez-Maldonado, B. Canto-Canché, G. Hernández-Zarate, L. Alzate-Gaviria.

2017. Pretreatment of vinasse from sugar refinery industry under non-sterile conditions by *Tetrametes versicolor* in a fluidized bed biorreactor and its effect when coupled to an UASB reactor. *J Biol Eng.* 11:42-43.

Eykelbosh, J.A., M.S. Johnson, R.G. Coutu. 2015. Biochar decreases dissolved organic carbon but not nitrate leaching in relation of vinasse application in a brazilian sugarcane soil. *J Environ Manag* 149: 1-16.

Farias-Silva, C.E., A.K. Souza-Abud. 2016. Anaerobic biodigestion of sugar cane vinasse under mesophilic conditions manure as inoculum. *Rev Ambient Agua.* 11:763-777.

Ferguson, D., C. Signoretto. 2011. Environmental persistence and naturalization of fecal indicator organisms. En: Hagedorn C, Blanch AR, Hardwood VI, editors. *Microbial source tracking: Methods, applications and case studies.* 1st edition. Germany. Springer, pp379-397.

Fitz-Gibbon, F., D. Singh, G. McMullan, R. Marchant. 1998. The effect of acid and molasses spentwash concentration on distillery wastewater remediation by fungi. *Process Biochem* 33(8):799-803.

Gad, C.M. 2010. Metals, minerals and microbes: Geomicrobiology and biorremediation. *Microbiology* 156(3):609-643.

García A, Rojas C. 2006. Posibilidades del uso de la vinaza en la agricultura de acuerdo con su modo de acción en suelos. *Tecnicaña* 10:125-145.

19-García, A., C. Rojas. 2006. Posibilidades del uso de la vinaza en la agricultura de acuerdo con su modo de acción en suelos. *Tecnicaña* 10:125-145.

Girón, M.A. 2010. Use of vinasse for soil reclamation and its impact on elemental loads in vertisol soil and groundwater. *Proc Int Soc Sugarcane Technol.* 27: 1-7.

- Gómez, J., O. Rodríguez. 2000. Effects of vinasse on sugarcane (*Saccharum officinarum*) productivity. *Rev Fac Agron LUZ*. 17:318-326.
- Google Maps. 2015. Foto satelital de Aguirre, Montalbán. <https://www.google.com>
- 23-Hackney, C.R., B. Ray, M.L. Speck. 1979. Repair detection procedure for enumeration of fecal coliforms and enterococci from sea food and marine environments. *Appl Environ Microbiol* 37: 947-953.
- Herrera, A., P. Suárez. 2005. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. *Interciencia* 30:171-178.
- Hernández, G., S. Salgado, D. Palma, L. Lagunes, M. Dactelán, O. Ruiz. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 33(11): 855-860.
- Jackson, M. 1970. Análisis químico de suelos. 2da edición. Ediciones Omega. Barcelona, España p662.
- Jiang, Z.P., Y.R. Li, G.P. Wei, Q. Liao, T.M. SU, Y. Meng et al. 2012. Effect of long term vinasse application on physical chemical properties of sugarcane field soil. *Sugar Technol*. 14:412-417.
- Kadioglu, A., O. Faruk. 1990. The effect of vinasse on the growth of *Helianthus annuus* and *Pisum sativum*. Part 1 The effects on some enzymes and chlorophyll and protein content. *Environ Poll*. 67:223-232.
- Kamrozzaman, M.M., S. Ahmed, A.F.M.R. Quddus. 2016. Effect of fertilizer on coriander seed production. *Bangladesh J Agril Res* 41(2):345-352.
- Korndorfer, G. 2009. Impacto ambiental del uso de vinaza en la agricultura y su influencia en las características químicas y físicas del suelo. *Tecnicaña* 115-122.
- Laribi, B., K. Kouki, M. M`Handi, T. Bettajeb. 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L) and its bioactive constituents. *Fitoterapia* 13:9-26.
- Marques, S.S.I., I.A. Nascimento, P.F. Almeida, F.A. Chinatra. 2013. Growth of *Chlorellavulgaris* on sugarcane vinasse: the effect of anaerobic digestion pretreatment. *Appl Biochem Biotechnol* . 171:1933-1943.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko, J. Parker. 2004. Brock Biología de los Microorganismos. 10ma edición. Pearson Educación SA. Madrid, España. pp482-483.
- Montenegro, S., J. Menjivar, C. Bonilla, R. Madriñan. 2009. Influencia de la aplicación de vinaza en actividad y biomasa microbiana en un Entic Dystropept y un Fluventic Haplustoll de Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica* 58(1):41-45.
- Moraes, B., M. Zaiat, A. Bonomi. 2015. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. *Renew Sust Energ Rev*. 44:888-903.
- Nadeem, M., F. Anjum, M. Khan, S.Tehseen. 2013. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L). *British Food Journal* 115(5):743-755.
- Navarro, A., R.Arrueta, M. Maldonado. 2006. Determinación del efecto de diferentes compuestos a través de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria. *Rev de Toxicología* 23(3):m125-129.
- Nelson, D., L. Sommers. 1996. Total carbón, orgánico carbón and organic matter. En: *Methods of soil analysis. Amer Soc Agron* 9:961-1010.
- Neves, M., I. Lima, J. Dobereiner. 1983. Efeito da vinhaça sobre a microflora do solo. *Brasileira das Ciencias do Solo*. 7:131-136.
- Orav, A., E. Arak, A. Raal. 2011. Essential oil composition of *Coriandrum sativum* L



fruits from different countries. *J Essential Oil Bearing Plants* 14(1):118-123.

Pandey, S., P. Tyagi, A. Gupta. 2007. Physico-chemical analysis and effect of distillery effluent on seed germination of wheat (*Triticum aestivum*) pea (*Pisum sativum*) and lady's finger (*Abelmoshus esculentus*). *Agricul Biol Sci* 2(6):35-40.

Penatti, C. 1988 Aplicação de vinhaça na usina Sao Manoel. Sao Paulo. Copersugar. *Boletim Tecnico* 44:32-38.

Pineda, E., Y.Chico, M.Vidal, E. Becerra, F. Acosta, I. Fernández, I. Lugo. 2015. Uso alternativo de la vinaza en la fertilización de la caña de azúcar, efectos sobre el cultivo y el suelo. *Centro Agrícola* 42(1): 31-36.

Ramana, S., A. Biwas, S. Kundu, J. Saha, R.Yadava. 2002. Effect of distillery effluent on seed germination in some vegetable crops. *Bioresource Technol* 82:273-275.

Rodrigues, C.E, B. Hu. 2017. Vinasse from sugarcane ethanol production: Better treatment or better utilization ?. *Front Energy Res.* 5:7.

Senatore, D., A.Queirolo, S. Wajswol, N. Bajsa. 2017. Monitoreo de la aplicación de vinaza como fertilizante en caña de azúcar con indicadores microbianos de suelo. *Rev Technol Uruguay Innotec* 13: 92-97

Shang-Dong, Y., L. Jun-Xian, J. Wu, T. Hong-Wei, L. Yang-Rui. 2013. Effects of vinasse and press mud application on the biological properties of soil and productivity of sugarcane. *Sugar Tech* 15(2):152-158.

Shashidhar, M.D., R. Pujari, A.G. Sharatbabu, G.B. Patil, A. Arif, Y. Dharamatti. 2017. Cultivation of coriander

(*Coriandrum sativum* L): A review. *Int J Pure App Biosci* 5(3): 796-802.

Simanjuntak, B.H., C.P.R. Lengkong. 2017. The soil microbiological properties assessment due sugar cane vinasse application. *J Biol & Env Sci* 11(4):251-260.

Silva, A.P.M., J.A. Bono, F.A.R. Pereira. 2014. Aplicação de vinhaça no cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo productividade de colmos. *Rev Bras Eng Agric Ambiental* 18(1):38-43.

Usman, D.C., C. Usman, C.R. Bonilla, M.S. Sánchez. 2003. Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de follaje y rendimiento de semillas de cilantro (*Coriandrum sativum* L) variedad Unapal Precoso. *Acta Agronómica* 52(1-4):59-63.

Viteri, I. 2015. Evaluación de la vinaza de caña como abono orgánico y su posible efecto tóxico en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*). Trabajo Especial de Grado para optar al título de Químico de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Universidad Central de Ecuador.

Vadival, R., P.S. Minhas, P. Kumar, Y. Singh, D.V.K. Rao, A. Nimala. 2014. Significance of vinasse waste management in agricultural and environmental quality. *Rev Afr J Agric Res.* 9:2862-2873.

Wagner-Döbler, I., H. Biebl. 2006. Environmental biology Of marine *Roseobacter* lineage. *Ann Rev Microbiol.* 60:255-280.

Yadav, A., S. Avtar, S. Sharma, O. Kamboj, M. Dahiya. 2009. Salt tolerance in coriander (*Coriandrum sativum* L) genotypes. *Haryana Journal of Horticultural Sciences* 38(2): 83-87.



## DISEÑO DE UN CONDENSADOR DE GERDIEN PARA CUANTIFICAR LA CONCENTRACION LOCAL DE IONES EN LA TROPOSFERA BAJA

José Jimenez<sup>1</sup>, Orion Falcon<sup>1,2</sup> y Nelson Falcon<sup>1</sup>.

Universidad de Carabobo. <sup>1</sup>Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología. Laboratorio de Física de la Atmósfera y el Espacio Ultraterrestre, <sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica. Venezuela.

[jjimenez850@gmail.com](mailto:jjimenez850@gmail.com), [orionlfv@gmail.com](mailto:orionlfv@gmail.com), [nelsonfalconv@gmail.com](mailto:nelsonfalconv@gmail.com)

### Resumen

Los aerosoles y las macropartículas de la atmósfera, suelen estar influenciadas por procesos de ionización, colisiones inelásticas y electro conducción debidas al campo eléctrico atmosférico y a la foto disociación; convirtiéndose en iones, cuya permanencia y concentración, varia local y temporalmente a lo largo de los ciclos naturales (ciclo diurno-nocturno, estacional, etc.). En el presente trabajo se presentan un diseño de condensador de Gerdien, para la cuantificación de iones libres, a nivel superficial, medidos en las localidades de San Diego y Naguanagua (Valencia Edo Carabobo). Los resultados muestran que la concentración de iones varía temporal y diariamente, con la altitud y con las condiciones meteorológicas, con un máximo relativo a las 18:00 HLV, del orden 7500 iones/cm<sup>3</sup>. Se concluye que la concentración local de iones atmosféricos esta correlacionada con la variación del campo eléctrico atmosférico y la su variación vertical sigue una ley de decaimiento exponencial con la altitud.

**Palabras clave:** Aerosoles, Iones atmosféricos, Instrumentación: condensador de Gerdien.

**Design of a Gerdien condenser to quantify the local concentration of atmospheric in the lower troposphere.**

### Abstract

Aerosols and particulates in the atmosphere are usually influenced by ionization processes, inelastic collisions, and electrical conduction due to the atmospheric electric field and photodissociation; becoming ions, whose permanence and concentration, varies locally and temporarily throughout the natural cycles (day-night cycle, seasonal, etc.). In the present work, a Gerdien condenser design is presented, for the quantification of free ions, at surface level, measured in the towns of San Diego and Naguanagua (Valencia Edo Carabobo). The results show that the ion concentration varies temporally and daily, with altitude and weather conditions, with a relative maximum at 18:00 HLV, of the order of 7500 ions/cm<sup>3</sup>. It is concluded that the local concentration of atmospheric ions is correlated with the variation of the atmospheric electric field and its vertical variation follows an exponential decay law with altitude.

**Key words:** Aerosols, atmospheric ions, Instrumentation: Gerdien condenser.

### Introducción

Los iones son partículas de tamaño molecular cargadas, que aparecen, bien por la liberación por parte de una molécula neutra de algún electrón debido a la absorción de radiación, o bien por la captación de algún electrón libre por parte de una molécula neutra. Estas moléculas ionizadas se unen a otras dando lugar a agregados moleculares que constituyen lo que se denomina iones atmosféricos.

La descripción matemática de la ionización ha sido simplificada por Saha, quien considero el proceso puramente como una reacción química reversible entre un átomo y su energía ionizante respecto a un ion y un electrón (Spitzer 1969). Así  $P_e$ ,  $P_i$  y  $P_a$  son las presiones parciales de los electrones, iones y átomos se tiene:

$$\frac{P_e P_i}{P_a} \propto T^{5/2} e^{-\frac{eV}{kT}} \quad (1)$$

Donde  $k$  es la constante de Boltzmann y  $eV$  es la energía ionización. La ecuación de Saha puede ser expresada en términos de las concentraciones (partículas/cm<sup>3</sup>) y del logaritmo del grado de ionización  $X = P_i / (P_a + P_i)$ :

$$\frac{pX^2}{(1-X^2)} = -5040 \frac{V}{T} + \frac{5}{2} \log T - 6,5 \quad (2)$$

Para detectar las cargas eléctricas libres en la atmósfera, se utiliza el método del condensador de Gerdien (Gerdien, 1905), cuyo principio es mostrado en la Figura 1.

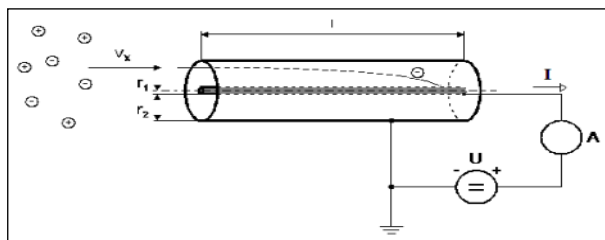


Fig. 1 Esquema del tubo de Gerdien

Este método se basa en pasar una cantidad de aire  $M$ , mediante un ventilador-aspirador, a través de un condensador (Israel 1957). El condensador es polarizado por un voltaje ajustable  $U$  (DC). Los iones negativos son atraídos por el interior del electrodo positivo, por el impacto de los iones dentro del electrodo se genera una corriente  $I$ , que se detecta mediante un electrómetro. Cuando el voltaje  $U$  es suficientemente alto, la corriente  $I$  se satura y es directamente proporcional a la concentración de iones en el aire, que se obtiene de la ecuación ( Nicoll and Harrison 2008):

$$n = \frac{I}{Me} = \frac{I}{\pi(r_2^2 - r_1^2)v} \quad (3)$$

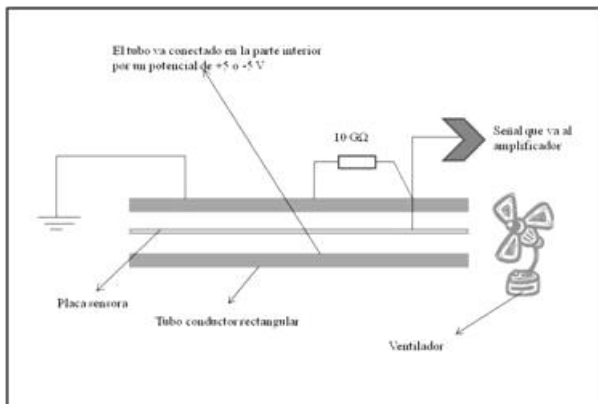
Donde:  $e$  es la carga del electrón (C),  $n$  representa la concentración de iones en el aire (iones m<sup>-3</sup>),  $M = S \cdot v$  el flujo de aire a través del condensador de aspiración (m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>),  $S$  es la sección transversal del condensador (m<sup>2</sup>) y  $r_2$  y  $r_1$  los radios interno y externo del electrodo (m).

El principio del condensador de Gerdien ha sido utilizado en diferentes por diferentes autores, en distintas ciudades del mundo. Aplin y Harrison (2000), realizaron medidas precisas de los iones atmosféricos con el fin de investigar los procesos atmosféricos de los aerosoles, utilizando un capacitor cilíndrico contador de iones que posee un sistema de control computarizado con el fin de poder seleccionar la movilidad iónica cambiando la tensión de polarización a través del condensador. Bartusek et al (2007) realizo un análisis del estado eléctrico de muestras de aires en la presencia de iones de diferentes tipos. Jayaratne et al (2007) reportaron la concentración de iones del aire en 41 sitios, alrededor de líneas de alta tensión y de un entorno urbano. La polaridad iónica neta en las líneas de energía era positiva y las concentraciones variaban desde 0 a 3300 iones/cm<sup>3</sup>. Nicoll y Harrison (2008), construyeron un instrumento que mide la conductividad bipolar del aire con el fin de

usarlo en paquetes meteorológicos de radiosondas desechables. En un vuelo de prueba utilizando un globo determino las conductividades positivas y negativas a 400 m de altura:  $n_+ = 2,77 \pm 0,2 \text{ fSm}^{-1}$  y  $n_- = 2,82 \pm 0,2 \text{ fSm}^{-1}$ . Skromulis y Noviks (2010) muestran los resultados de la contaminación del aire en Rezekne, Letonia, las concentraciones de iones del aire (positivos y negativos) fueron tomados durante la primavera, verano y otoño del 2009 y durante el invierno del 2010, en 8 puntos distintos de la ciudad, tres veces al día. Kalivilis y col realizaron medidas de iones atmosféricos con un tamaño de  $0,8-42 \text{ nm}$  en la universidad de Creta, Grecia, desde abril del 2008 a abril del 2009, encontrando que tanto los iones positivos como negativos tienen el mínimo de concentración en verano (Kalivitis et al 2016).

### Materiales y Método.

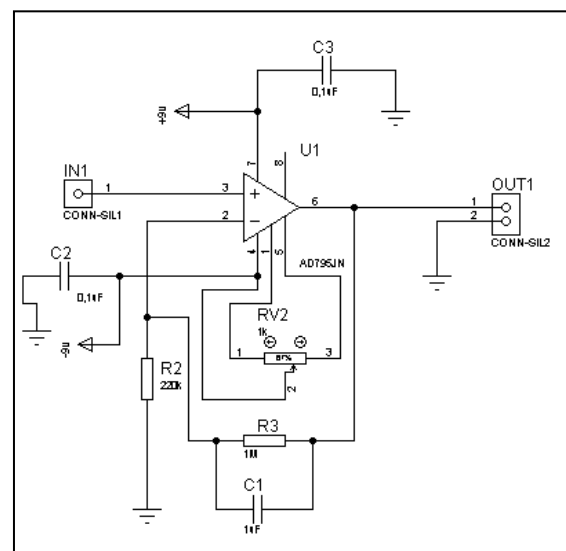
El contador de iones atmosféricos se basa en un ventilador que impulsa al aire a través de un instrumento. Seguidamente, una fina placa de latón instalada dentro de un tubo conductor rectangular detecta la presencia de iones positivos y negativos en la corriente de aire como se observa en la figura 2.



**Fig. 2** Diseño de contador de iones con condensador de placas planas-paralelas.

Por dentro del tubo, el aire avanza sobre una placa de latón conectada a tierra mientras

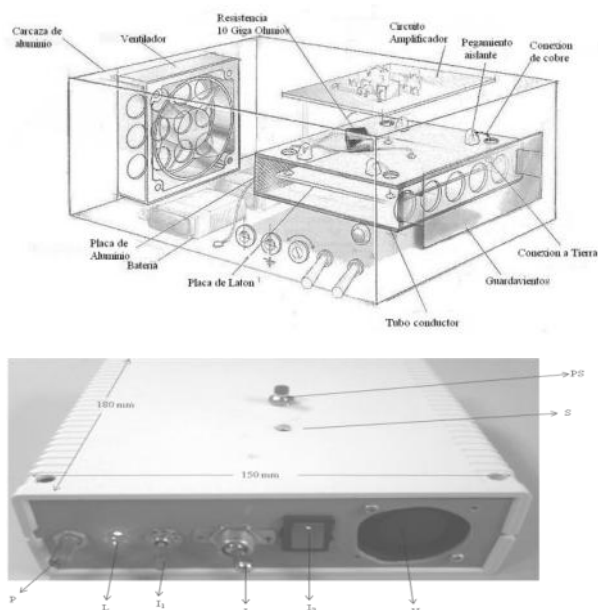
que el potencial eléctrico del tubo se ajusta a +5 o -5 volts. La superficie superior debe mantenerse a tierra y hay que aislarla eléctricamente. Como la corriente que recibe el sensor es muy pequeña, en el orden de  $10-15 \text{ A}$ , se requiere de una resistencia de gran valor nominal (del orden de  $10 \text{ G}\Omega$ ) para convertir esta corriente en una señal detectable. Esta señal esta en el orden de  $10 \mu\text{V}$ , que un amplificador de gran impedancia puede aumentar. La figura 3 muestra el circuito amplificador de la señal recibida por el sensor:



**Fig. 3** Diagrama del circuito amplificador

La figura 4 muestra el dispositivo de detección ya construido, con sus dimensiones y especificidades.





**Fig. 4** Esquema del tubo de Gerdien. Panel superior esquema de partes internas, Panel inferior: comandos e indicadores.

En la figura 4 se muestran los controladores del dispositivo:

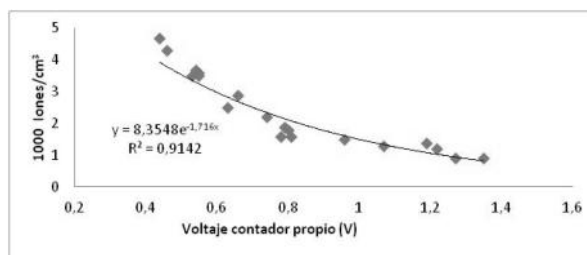
- I<sub>1</sub>=Interruptor On/Off del medidor
- V= Ventilador aspirador.
- L= Luz indicadora del encendido .
- P= Potenciómetro para el ajuste de cero.
- I<sub>2</sub>=Interruptor para seleccionar carga +/- de los iones.
- I<sub>3</sub>=Interruptor On/off ventilador aspirador
- PS= Pulsador de descarga de la placa sensora.
- S= Salida de voltaje por un conector tipo Jack de 3.5 mm, hacia un micro voltímetro

La tabla 1 resume las especificaciones técnicas del contador de iones.

Para la calibración del contador de iones, se utilizó como referencia un contador de iones del aire, marca comercial Alpha Lab Inc ®. El contador de iones del aire Alpha Lab es un medidor portátil diseñado para medir la densidad de iones (iones/cm<sup>3</sup>) basado en condensador cilíndrico de Gerdien.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del contador de iones.

Contador de iones del aire	
Rango de operación	-10°C a 50°C
Velocidad del flujo	4,16 m/s
Rango/Resolución	1,7 millones/10 (iones/cm <sup>3</sup> )
Exactitud	+/- 25%
Ruido	10 iones/cm <sup>3</sup> (2 s)
Tamaño	15 cm x 18cm x 5cm
Peso	494,2 gr
Batería	9 V
Tiempo de Carga	8 horas en máximo consumo



**Fig. 5** Calibración del contador de iones.

El valor  $R^2=0,9142$  indica la bondad del ajuste. La figura 5 permite un ajuste del voltaje umbral, puesto que se verifica la relación:

$$n = 8,35 e^{-1,716V} \quad (4)$$

Evaluando en  $V=0$  se obtiene el voltaje crítico de saturación del detector: 8,35V. Mientras que el valor -1,716 provee el rango de medición del instrumento, que representa  $1716 \cdot 10^3 \text{ iones/cm}^3$ , mientras el rango del contador Alpha Lab Inc es  $2000 \cdot 10^3 \text{ iones/cm}^3$ .

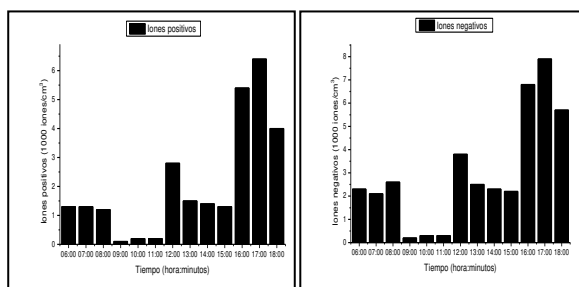
## Resultados y Discusión

Se estudia la variación horaria de los iones, tanto diurna como nocturna, y se discutirá también las variaciones inter-diarias y variación local entre los municipios San Diego y Naguanagua.

Las medidas de los iones atmosféricos fueron realizadas en el municipio San Diego en la localización 10,25 N, -67,95 W, a 467 m.s.n.m y en el Municipio Naguanagua 10,37 N 68,01 W y a 520 m.s.n.m, en la región metropolitana de Valencia, Edo Carabobo,

### 1. Variación horaria

Se puede observar en ambas graficas de la figura 6, tanto para los iones positivos como los negativos, que el máximo de iones se encuentra entre las 16:00 y las 18:00 horas registrando valores entre  $5-8 \cdot 10^3$  iones/cm<sup>3</sup>, y en el intervalo horario de las 9:00-11:00 HLV un mínimo de aproximadamente 1/8 de los iones presentes respecto al intervalo entre las 16 y las 18 HLV. En concordancia con los valores reportados para la ciudad de Atenas a la misma hora (Retalis et al 2007) y el máximo de irradiancia solar reportadas para la Ciudad de Valencia (Falcon y Palacios 2013, Falcon et al 2001)



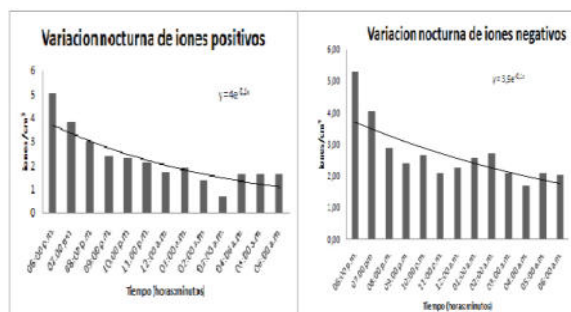
**Fig. 6.** Variación horaria diurna promedio, de Iones Positivos (Izq.) y negativos (Der.).

Se destaca un mínimo de conteo de iones a nivel de superficie entre las 09 y 11 horas (HLV), no solo en los valores medios reportados sino incluso en todas y cada una de las medidas efectuadas en ambas estaciones.

No hay reportes en la literatura para este mínimo, pero es de destacar que no se han efectuado conteo de iones atmosféricos en nuestro país ni en regiones aledañas. Una interpretación plausible es que a esas horas la atmósfera local se vuelve convectiva y los iones son transportados junto al aire

circundante por efecto del calentamiento solar. El hecho empírico que dicha disminución no se observaba a esas horas en condiciones de tiempo lluvioso y/o muy nublado, pareciera avalar esa interpretación. Por otro lado ese intervalo de mínimo de conteo de iones concuerda con los resultados obtenidos en Grecia por (Retalis et al 2007).

Los promedios de las variaciones nocturnas de los iones negativos y positivos se muestra en la figura 7.

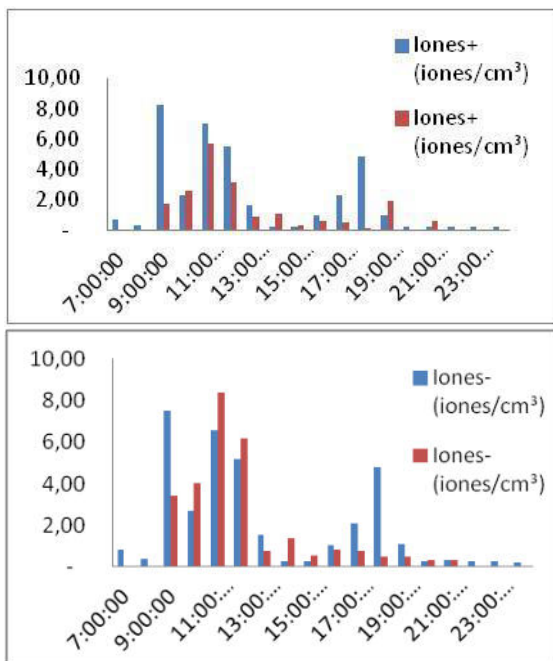


**Fig. 7.** Variación horaria nocturna promedio de Iones Positivos (Izq) y negativos (Der).

Para ambas variaciones tanto de iones positivos como negativos, se puede observar un máximo entre las 17:00 y las 20:00 horas con un promedio entre  $3,5 \cdot 10^3$  y  $4,5 \cdot 10^3$  iones/cm<sup>3</sup> como se puede observar en (Retalis et al 2007). En ambas graficas se nota un decaimiento exponencial, este decaimiento se asocia con el descenso de la temperatura e irradiancia solar.

## 2. Variación local:

La variación local fue realizada tomando medidas a las mismas horas en el municipio San Diego y en el municipio Naguanagua. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la figura 8.



**Fig. 8.** Variación Local diurna promedio, en millardos de iones por centímetro cúbico, en Naguanagua (arriba) y en San Diego (abajo).

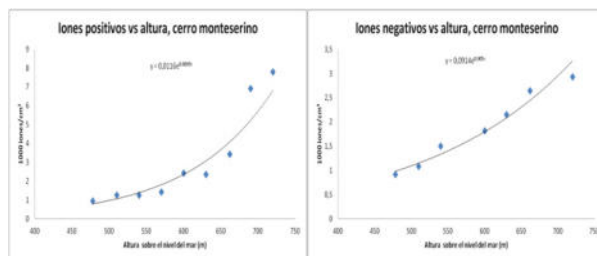
Se puede observar la similitud entre las dos medidas con máxima concentración de iones entre las 11:00 y las 13:00 horas. Presumiblemente por el incremento de la irradiación solar y la temperatura ambiente, que facilita la ionización de acuerdo con (2).

## 3. Variación con la altitud

La variación de los iones con respecto a la altura se efectuó en el cerro de Montesperino en las coordenadas  $10,25 N -67,98 W$ , como se observa en la figura 9. Los resultados obtenidos muestran en la figura 10.



**Fig. 9.** Localización del muestreo para estudiar la variación de los iones con la altitud en municipio San Diego (Cerro Montesperino).



**Fig. 10.** Concentración de iones positivos y negativos versus altura.

Nótese en la figura 10 el aumento de la ionización con la altitud, debido al aumento de rayos cósmicos e irradiación solar (IR y UV). Las constantes de crecimiento exponencial son características de cada lugar específico y del estado de la atmósfera en el instante de la medición (Tammet, 2007). En ambos casos el valor de back-ground de la concentración de iones se ajustó a cero a través del off-set del medidor (potenciómetro P) al inicio del ascenso.

## Conclusiones

Se cuantificaron las cargas eléctricas libres a nivel de superficies con un refinado instrumento de fabricación propia que mide los iones atmosféricos, mostrando que el mismo cumple la funcionalidad, especificidades y características similares a los instrumentos comerciales basados en el condensador de Gerdien.

Se determinó que los iones negativos a nivel de superficie muestran una ligera mayoría respecto de los positivos, aun cuando presentan el mismo orden de magnitud, como cabe esperar debido al balance de cargas..

En la variación diurna y nocturna de iones positivos y negativos se encontró que la concentración máxima de iones esta en el rango de  $5-8 \cdot 10^3$  iones/cm<sup>3</sup> en concordancia con los valores reportados en Australia por (Suní, et al 2008).

La variación nocturna de iones positivos y negativos decae exponencialmente como se ve en la figura 8, en concordancia con la disminución de la irradiancia, causante de la ionización del aire en la superficie terrestre (Retalis et al 2007).

En la variación diurna de iones positivos y negativos en días despejados, se destaca un mínimo de conteo de iones a nivel de superficies entre las 09 horas y las 11 horas (HLV). Este hecho parece relacionado con el inicio diurno de los procesos de convección y advección de la troposfera baja.

Trabajos futuros involucrarían la cuantificación de iones en distintas áreas geográficas para monitoreo ambiental y automatización mediante tecnología PLC y microprocesadores PIC.

### Agradecimientos

Se agradece el financiamiento parcial del FONACIT, bajo el N° 2011-000326

### Bibliografía

- Baum, L. E. et al (1970). A maximization technique occurring in the statistical analysis of a probabilistic functions of Markov chains. *Ann. Math. Stat.* 41(1):164–171
- Bernardo, J.; Smith, A. (1994). *Bayesian theory*. Wiley. New York
- Aplin K.L.; Harrison R.G. (2000). A computer-controlled Gerdien atmospheric ion counter. *Rev. Sci. Instrum.* 71 (8): 3037-3041.
- Bartusek et al (2007). Experiments of Accuracy Air Ion Field Measurement, *Progress In Electromagnetics Research Symposium*. Prague. Czech Republic, 463-466.
- Falcon, N. et al (2001) Irradiancia Solar Global en la Ciudad de Valencia. *Ingeniería UC* 8 (2): 36-41.
- Falcon, N; Palacios, J. (2013) Medición de la irradiancia solar global y del espesor óptico atmosférico, mediante un piranómetro digital, en condiciones de cielos claros y sin nubes, en Valencia (Venezuela) *J. Opt. Pura Apl.* 46 (3): 295-302-
- Gerdien H. (1905). Demonstration eines Apparates zur absoluten Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft, *Phys. Zeitung* 6, 800-801.
- Israël, H. (1957). Atmosphärische Elektrizität. Akad. Verlagsgesellschaft Leipzig.
- Jayarathne R.; Fatokun O.; Morawska. L. (2007) Air Ion Concentrations under Overhead High-Voltage Transmission Lines. *Atmospheric Environment* 42 (8): 1846-1856.
- Kalivitis et al. (2016). Night-time enhanced atmospheric ion concentrations in the marine boundary layer, *Atmos. Chem. Phys.* 12, 3627–3638.
- Mandija F. V. (2007). Studies about Atmospheric Electricity The Dependence between Air Ionization Level and Altitud in Different Locations. *Proceedings of the 13th International Conference on Atmospheric Electricity*, Zhao Y and Qie X Edts. Science Academy, Beijing 2007.
- Nicoll. K.A; Harrison. R.G. (2008). A double Gerdien instrument for simultaneous bipolar air conductivity measurements on balloon platforms. Dpt. of Meteorology, University of Reading, Earley Gate, Reading, Berks UK.

Retalis A, Nastos P; Retalis D (2007). Small Ions Concentration in The Air Above Athens, Greece. *Proceedings of the 13th International Conference on Atmospheric Electricity*, Yang Zhao and Xiushu Qie Edts., Academy of Science, Beijing 2007.

Skromulis. A., Noviks. G. (2010). Atmospheric light air ion concentrations and related meteorologic factors in Rezekne city, Latvia. Department of Environmental Protection, Faculty of Egeineering, Rezekne Higher Education Institution, Rezekne, LV 4601, Latvia.

Spitzer. Jr. (1969). *Física de los gases totalmente ionizados*. Alhambra Edit. Barcelona

Tammet. H. (2007.) Air ion research 2003-2006. *Proceedings of the 13th International Conference on Atmospheric Electricity*, editado por Yang Zhao and Xiushu Qie Edts., Academy of Science, Beijing 2007





## **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TIRGÜA (ESTADO COJEDES - VENEZUELA), MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARAMETROS MEDIOAMBIENTALES**

Aura María Jiménez Jiménez<sup>1</sup>. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4921-0669>

Belkys Yubiry Pérez-García<sup>1</sup>. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4335-4496>

Liliana Nieto-Caicedo<sup>1</sup>. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0557-7274>

<sup>1</sup> Centro de Estudios en Zoología Aplicada (CEZA) - Museo de Zoología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología (FACyT) de la Universidad de Carabobo, 2005, Carabobo, Venezuela. ✉ [belperezster@gmail.com](mailto:belperezster@gmail.com), [belperez@uc.edu.ve](mailto:belperez@uc.edu.ve)

### **Resumen**

Se evaluó la calidad del agua del Río Tirgüa en un gradiente longitudinal, empleando macroinvertebrados bentónicos. Estos se recolectaron en hábitats variados con una red D-Frame y en conjunto con la medición de la calidad del hábitat ribereño, la morfometría del cauce, la fisicoquímica del agua y los coliformes totales y fecales, en ocho estaciones de muestreo. Con las familias y sus abundancias relativas se exploró y evaluó la composición de las comunidades mediante un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) y un Análisis de Similitud (ANOSIM), respectivamente; se estimó el índice BMWP/Col y se calculó el cociente de calidad ambiental (CCA). El ACC ordenó las estaciones en un gradiente longitudinal asociado a la calidad del agua, el ANOSIM confirmó que estas diferían en su composición faunística. La estación aguas abajo de la ciudad de San Carlos, presentó la mayor abundancia de gasterópodos y mayores valores de temperatura, coliformes y velocidad de la corriente; mientras que, las estaciones aguas arriba presentaron, altos valores de oxígeno disuelto, calidad ambiental y BMWP/Col, este último debido al predominio de los insectos acuáticos poco tolerantes a la contaminación.

**Palabras clave:** calidad del agua, contaminación del agua, indicadores ambientales, invertebrados acuáticos, ríos.

### **Water ecological quality assessment of the Tirgüa stream (Cojedes state - Venezuela), through benthic macroinvertebrates and environmental parameters**

#### **Abstract**

The water quality of the Tirgüa River was evaluated in a longitudinal gradient, using benthic macroinvertebrates. These were collected in varied habitats with a D-Frame net; together with the measurement of the quality of the riparian habitat, morphometry of the channel, physicochemistry of the water and, total and fecal coliforms, in eight sampling stations. With the families and their relative abundances, the composition of the communities was explored and evaluated using Canonical Correspondence Analysis (ACC) and Similarity Analysis (ANOSIM), respectively; the BMWP/Col index was estimated and the environmental quality quotient (CCA) was calculated. The ACC ordered the stations in a longitudinal gradient associated with water quality, the ANOSIM confirmed that they differed in their faunal composition. The station downstream from the city of San Carlos, presented the highest abundance of gastropods and higher values of Temperature, coliforms and velocity current; while the upstream stations presented high values of dissolved oxygen, environmental quality and BMWP/Col, the latter due to the predominance of aquatic insects not tolerant to pollution.

**Key words:** aquatic invertebrates, environmental indicators, streams, water pollution, water quality.

### Introducción

Las aguas corrientes superficiales (quebradas y ríos) constituyen tan sólo el 0,0001% del agua dulce del planeta (Allan & Castillo, 2007). No obstante, cumplen un papel fundamental en el ciclo del agua, el suministro de agua, el transporte de nutrientes y el intercambio de energía acuático/terrestre, además de albergar una vasta diversidad de especies de todos los reinos de la vida (Allan & Castillo, 2007). Por consiguiente, son valiosas para el hombre, quien se beneficia de ellas extrayendo múltiples recursos. La acción del hombre sobre las aguas corrientes superficiales, no se limita sólo a la extracción de recursos, sino también a la transformación de la tierra circundante en asentamientos urbanos y tierras agroindustriales, lo cual a su vez conlleva al vertido de contaminantes orgánicos e inorgánicos, sólidos y líquidos que producen el deterioro de estos ecosistemas (Abarca, 2007; Alonso & Camargo, 2005; Springer 2010).

Como consecuencia de su acelerado deterioro, se han implementado metodologías estandarizadas para medir la velocidad y severidad del impacto antrópico sobre estos cuerpos de agua (Abarca, 2007; Alonso & Camargo, 2005) y predecir el grado de contaminación y el tipo de contaminante vertido (Alba-Tercedor, 1996; Roldán-Pérez, 2016). Las metodologías toman en cuenta a las comunidades biológicas que habitan los ríos, ya que su estructura está sujeta tanto a factores fisicoquímicos e hidráulicos naturales del cauce, como al efecto de otros factores ambientales asociados a la vegetación ribereña y su transformación por acción del hombre, entre otros. Es por ello que, el uso de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de las aguas ha ganado un papel relevante en la evaluación rápida y el biomonitoreo (Segnini, 2003; Alonso & Camargo, 2005; Springer 2010;

Roldán-Pérez, 2016). Las metodologías integran desde evaluaciones ecológicas multivariadas que toman en cuenta tanto a la comunidad biótica como la condición del hábitat ribereño y la fisicoquímica de las aguas; hasta el uso de índices bióticos basados exclusivamente en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, ya que estos organismos son susceptibles a la contaminación orgánica derivada de las actividades antrópicas (Alba-Tercedor, 1996; Alonso & Camargo 2005; Bonada *et al.*, 2006). Un índice de amplio uso es el Biological Monitoring Working Party (BMWp) (Alba-Tercedor, 1996), el cual fue adaptado para Colombia por Roldán (2003): BMWp/Col.

El papel clave de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de las aguas corrientes en conjunto con su evaluación fisicoquímica y medioambiental, se evidencia en investigaciones recientes llevadas a cabo en ríos neotropicales, mayormente de Colombia (Guerra-Rojas *et al.*, 2011; López-Eraza *et al.*, 2012; Copatti *et al.* 2013; Forero-Céspedes *et al.*, 2013; González-Meléndez *et al.*, 2013; Restrepo, 2013; Murillo-Torrentes *et al.*, 2016; Gamarra *et al.*, 2017). No obstante, también se cuentan con evidencias para ríos venezolanos en las investigaciones de: Graterol *et al.* (2006) en el río Vigirima, y Pérez (2008) en el río Cabriales, ambos en el edo. Carabobo; Segnini *et al.* (2009) en la cuenca del Chama (edo. Mérida); Echeverría & Marrero (2012) en el río Guanare (edo. Portuguesa), Marrero *et al.* (2012) en el río Portuguesa, Barrios & Rodríguez (2013) en el río Turbio (edo. Lara); Barrios-Gómez *et al.* (2015) en el río Misoa (edo. Zulia).

Este trabajo tiene como objetivo evaluar en un gradiente longitudinal, la calidad ecológica del río Tirgüa, ubicado en el estado Cojedes – Venezuela, empleando

macroinvertebrados bentónicos en conjunto con indicadores ambientales, fisicoquímicos y microbiológicos.

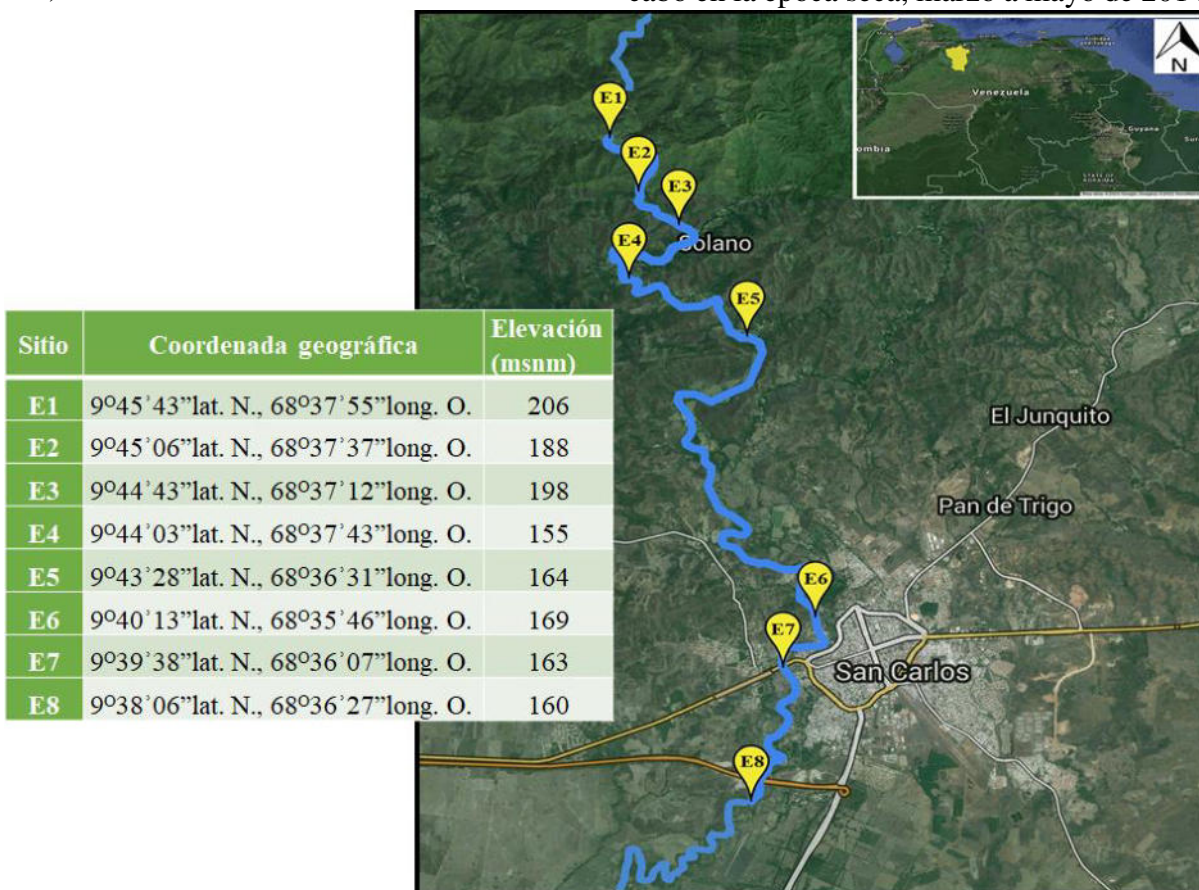
### Materiales y métodos

#### Área de estudio

El río Tirgüa pertenece a la cuenca del río San Carlos. La misma tiene un área aproximada de 1497 Km<sup>2</sup>, de los cuales un 22% pertenecen al estado Cojedes (Paredes *et al.*, 2006). Atraviesa los estados Carabobo, Cojedes y Yaracuy. Su nacimiento se encuentra en la montaña San Isidro ubicada en la parroquia Aguirre del Municipio Montalbán, estado Carabobo. A su paso recorre gran parte del Municipio Ezequiel Zamora y atraviesa la ciudad de San Carlos, para posteriormente desembocar en el río Cojedes (Paredes *et al.*, 2006).

Se seleccionaron ocho estaciones de muestreo a lo largo de un gradiente longitudinal de 23 km, entre la primera (aguas arriba) y última estación (aguas abajo). En la **fig. 1** se muestra la ubicación relativa de cada una de las estaciones, sus coordenadas geográficas y altitud; siendo la estación 1 (E1) el sitio más alto (aguas arriba) en el gradiente y la estación 8 (E8), el más bajo (aguas abajo). Las primeras cinco estaciones (de E1 a E5) se ubicaron por encima de la ciudad de San Carlos, mientras que el resto estuvo por debajo. Cada estación correspondió a un tramo de 50 metros de largo. En la **fig. 2** se visualiza el cauce y el hábitat ribereño de cada estación.

La toma de datos y recolección de macroinvertebrados bentónicos se llevó a cabo en la época seca, marzo a mayo de 2014.



**Figura 1.** Ubicación relativa del río Tirgüa y estaciones de muestreo (E). Fuente: Google maps, 2016.

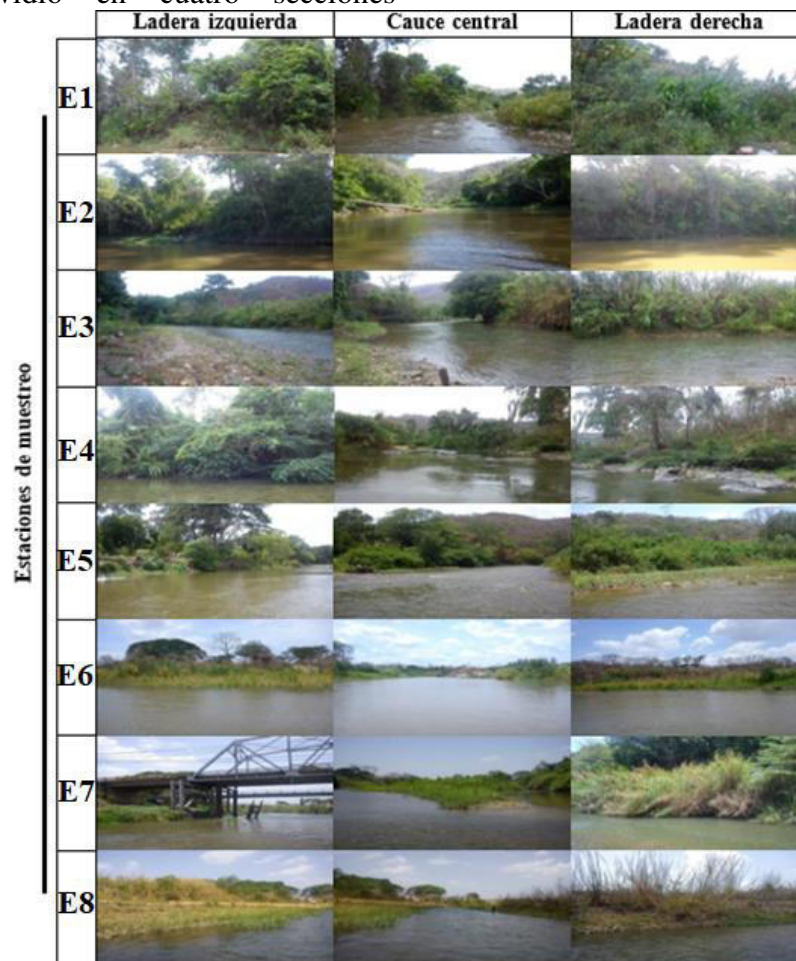


**Caracterización del hábitat ribereño y determinación de variables ambientales:** En cada una de las estaciones se evaluó la calidad del hábitat ribereño y del lecho del tramo a través del protocolo de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA) propuesto por Barbour *et al.* (1999) y modificado por Segnini *et al.* (2009) para ríos neotropicales.

**Variables fisicoquímica, morfométrica y microbiológica:** En cada estación se estimaron variables morfométricas, fisicoquímicas y microbiológicas, según el procedimiento descrito a continuación:

*Variables morfométricas:* un tramo de 50 metros se dividió en cuatro secciones

equidistantes de 12,5 metros cada una. En cada borde de la sección perpendicular a la corriente se midió el ancho (m) con una cinta métrica tomando como extremos los bordes del cauce húmedo. La distancia del cauce húmedo se dividió a su vez en tres subsecciones iguales, en las cuales se midió la profundidad (m) y la velocidad de la corriente (m/s). La profundidad (m) se midió con una regla plegable, mientras que la velocidad fue determinada a través del método de caja flotante. Con las medidas anteriores se estimó el caudal (Q) en m<sup>3</sup>/s (Segnini *et al.*, 2009). También se determinó la pendiente con ayuda de un clinómetro marca Suunto.



**Figura. 2.** Fotografías del cauce y sus riberas de las ocho estaciones de muestreo en el río Tirgüa.

*Variables Físicoquímicas:* Igualmente en cada sección de cada tramo se registraron *in situ*, la temperatura (°C) y conductividad (mS/cm) mediante un sensor múltiple marca Lovibond, modelo Sensodirec 150; la concentración de oxígeno disuelto OD (mg/L) y su porcentaje (%OD) mediante un oxímetro marca Sper Scientific modelo Do matee 850041.

*Análisis microbiológicos:* Para estimar el número de unidades formadoras de colonias (UFC/mL), en cada estación se recolectaron aproximadamente 100 mL de agua, en frascos de vidrio previamente esterilizados e identificados. Las muestras se transportaron en frío al laboratorio para los análisis microbiológicos, mediante el método de siembra por extensión en placa con agar McConkey.

### **Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el gradiente longitudinal.**

En cada una de las ocho estaciones se tomaron cinco muestras de macroinvertebrados bentónicos en hábitats variados mediante una red D-Frame (tamaño de poro: 300 µm), para un total de 40 muestras. Cada muestra estuvo constituida por cinco áreas de barrido del sustrato del fondo. Los organismos recolectados se almacenaron en etanol al 70% y se trasladaron al laboratorio para su identificación hasta nivel de familia, con ayuda de las claves de Bouchard (2004), Mugnai *et al.* (2010) y Thorp & Rogers (2010) para órdenes de insectos acuáticos, otros artrópodos y Phyla con representantes acuáticos; Domínguez *et al.* (2006) para Ephemeroptera; Heckman (2006, 2008) para Odonata; Springer (2006) para Trichoptera; entre otras.

Se estimaron la abundancia relativa (%), la riqueza de familias y el índice biótico BMWP/Col para Colombia (Roldán 2003). Se consideró este índice, ya que ambos países presentan biorregiones geográficamente cercanas (Morrone, 2006) y por lo tanto se

espera que Venezuela, presente la mayoría de las familias listadas en el país vecino.

Con el fin de determinar si existía relación entre las variables físicoquímicas, morfométricas, microbiológicas y los atributos biológicos de la comunidad de macroinvertebrados a lo largo del gradiente, se usó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), para explorar las variables posiblemente asociadas a la estructura de las comunidades. Luego, para confirmar, el patrón de ordenamiento derivado del ACC se aplicó un Análisis de Similitud (ANOSIM). Por último, se cuantificó mediante un análisis de SIMPER, la contribución de los taxa a las diferencias observadas entre las estaciones.

Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el paquete PAST versión 2.10 (Hammer & Harper, 2001).

### **Clasificación de los sitios evaluados en el gradiente según su calidad ecológica.**

La clasificación de las estaciones dentro de categorías según el índice BMWP/Col. se estandarizó utilizando el sistema de clasificación propuesto por la Comisión Europea relativa a la Calidad Ecológica del Agua, el cual se basa en el Cociente de Calidad Ambiental (CCA), empleado por Segnini *et al.* (2009) en ríos andinos venezolanos. Este cociente es la división del índice BMWP/Col. de cada estación entre el valor más alto del mismo registrado en una de las estaciones. De este modo, la estación con mejor calidad biológica tendrá un cociente igual a la unidad y será considerada la condición de referencia (Reece & Richardson, 2000).

## **Resultados**

### **Caracterización del hábitat ribereño y de las variables físicoquímica, morfométrica y microbiológica.**

La **tabla 1**, muestra el valor estimado de calidad del hábitat ribereño para cada estación y su respectiva descripción, ambos obtenidos a



partir de la planilla (EPA). Se observa que la estación E1 es la que presentó las mejores condiciones por lo cual fue definida como la condición de referencia a lo largo del gradiente longitudinal evaluado.

En tanto que, en el otro extremo de dicho gradiente, la estación E8 ubicada aguas abajo de la ciudad evidenció el menor valor del índice de calidad del hábitat ribereño. Atribuido esto, a la pérdida de la heterogeneidad del lecho, el vertido de aguas residuales y la ausencia de vegetación ribereña boscosa, entre otros.

La **tabla 2** muestra los valores promedios de las variables morfológicas, fisicoquímicas y microbiológicas medidas en el cauce. Se visualiza que la estación E8 (aguas abajo de la ciudad) es la que presenta los valores máximos de velocidad de la corriente, temperatura, coliformes totales y fecales. Mientras que las estaciones aguas arriba de San Carlos (E2, E3 y E4), mostraron valores máximos para la pendiente, el ancho del cauce, la profundidad, el caudal y la concentración y porcentaje de oxígeno disuelto.

### Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el gradiente longitudinal.

**Riqueza y abundancia de taxa:** A partir de las 40 muestras se contabilizó un total de 9868 individuos distribuidos en 3 Phyla (Arthropoda, Mollusca y Annelida), 6 clases, 13 órdenes y 36 familias. La clase Insecta dominó en abundancia con un 86,9% del total de macroinvertebrados. Dentro de Insecta, los órdenes con mayor riqueza de familias fueron, en orden descendente: Trichoptera, Diptera Ephemeroptera, Odonata, Coleoptera y Hemiptera.

En cuanto a la abundancia de macroinvertebrados, Coleoptera fue el orden dominante con un 45%, seguido por Ephemeroptera y Gasteropoda con 21 y 12%,

respectivamente, luego Diptera con 10%, Trichoptera con 5%, Hemiptera con 4% y Odonata con 2%. En tanto que, los taxa menos abundantes fueron Plecoptera, Lepidoptera, Megaloptera, Arachnida y Decápoda, con menos de 1%.

**Tabla 1.** Descripción de las estaciones de muestreo del río Tirgüa (Edo. Cojedes, Venezuela) de acuerdo con el índice de calidad del hábitat ribereño (CHR) estimado a través de planilla EPA de Barbour *et al.* (1999) modificada por Segnini *et al.* (2009).

Estación	CHR (EPA)	Descripción
E1	157	La vegetación de las riberas contó con gran número de arbustos y pocos árboles. En sus cercanías se observaron conucos. Presentó la mayor altitud y distancia aguas arriba con respecto a la ciudad de San Carlos. El sustrato del lecho fue heterogéneo, conformando una amplia variedad de hábitats. Se seleccionó como la condición de referencia
E2	131	Tramo del río usado frecuentemente como balneario, no obstante, se observó mayor abundancia de árboles nativos. En el sustrato del lecho predominó arena y grava junto con áreas lodosas.
E3	116	La vegetación fue predominantemente herbácea, con algunos árboles y arbustos nativos. Se localiza cercana a la vía de tierra que da hacia pueblos aledaños. El sustrato fue homogéneo, sin rocas de gran tamaño.
E4	136	La vegetación fue mayoritariamente nativa, con árboles y arbustos abundantes. El lecho presentó una mayor diversidad de sustratos con rocas de gran tamaño.
E5	127	Las riberas estuvieron cubiertas por arbustos y algunos árboles nativos junto con casas a menos de 30 metros. Es una zona rural.
E6	79	Ubicada en la ciudad de San Carlos. La vegetación de las riberas fue predominantemente herbácea, en ella se observó abundantes dentro de los acumulaciones de desechos sólidos (bolsas, latas, entre otros).
E7	97	Ubicada en la ciudad de San Carlos, detrás de una zona residencial y por debajo de un puente que da continuidad a la vía de tránsito. La vegetación estuvo representada en su mayoría por herbazales, con escasos árboles de mango y arbustos circundantes. El sustrato fue variado, con zonas fangosas, de grava y arenas pero nunca con rocas.
E8	69	Ubicada por debajo de la ciudad de San Carlos. El impacto antrópico fue notable, observándose la descarga de aguas residuales. Predominó la vegetación herbácea sin árboles o arbustos. El sustrato fue homogéneo, no se evidenciaron hábitats de rápidos o remansos. Abundaron las algas verdes filamentosas.

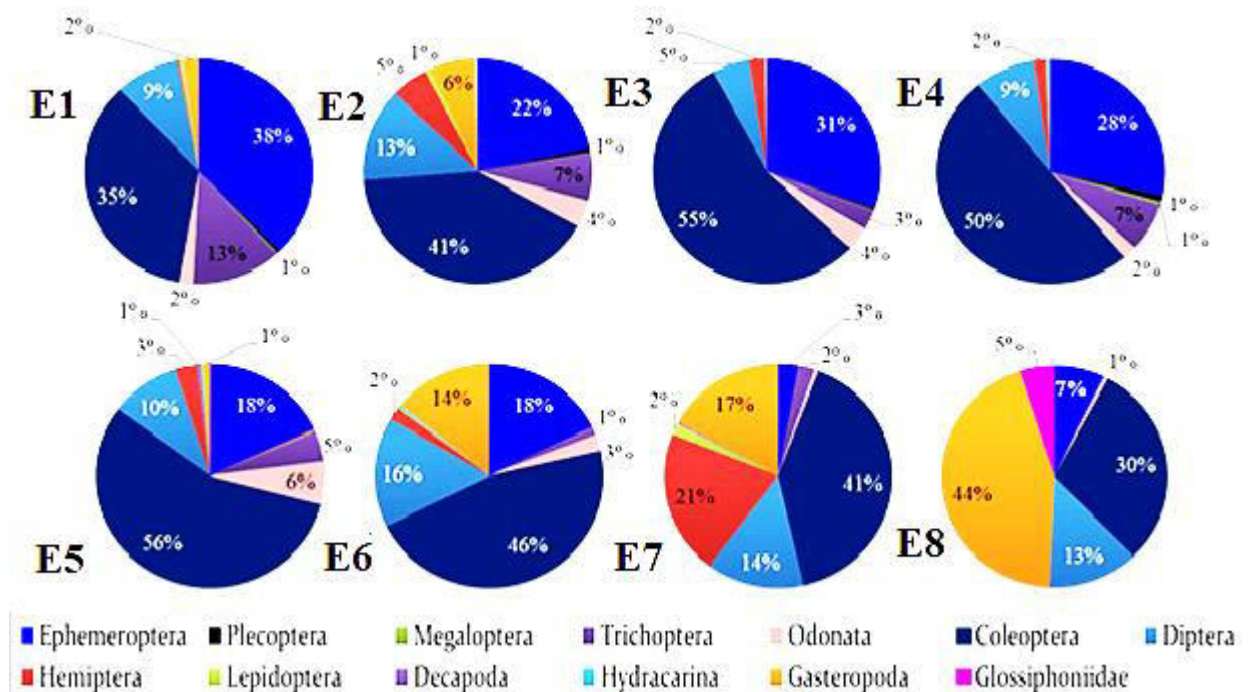
**Tabla 2.** Valores promedios, máximos y mínimos de las variables morfológicas, fisicoquímicas y microbiológicas en las ocho estaciones de muestreo del río Tirgüa.

Variables	Promedio	Valor Máximo	Estación con valor máximo	Valor Mínimo	Estación con valor mínimo	Desviac. Estándar
Pendiente (%)	1,38	2,00	E2	0,70	E8	0,45
Ancho (m)	5,77	8,68	E2	2,73	E1	2,35
Profundidad (m)	0,381	0,56	E4	0,22	E1	0,10
Velocidad (m/s)	0,31	0,50	E8	0,16	E7	0,11
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,62	0,83	E2	0,15	E1	0,23
pH	7,04	8,37	E5	4,26	E1	1,55
Temperatura (°C)	27,80	30,70	E8	24,90	E3	1,94
Concentración de OD (mg/L)	5,81	6,78	E3	5,15	E8	0,62
% de Oxígeno Disuelto (%OD)	73,74	84,50	E3	67,63	E1	5,75
Coliformes totales (UFC/mL)	26,83	101,00	E8	11,67	E3	30,57
Coliformes fecales (UFC/mL)	1,50	11,00	E8	0,00	E1-E4/ E6-E7	3,85

La distribución porcentual de los órdenes y/o taxa más dominantes mostró variaciones al comparar las ocho estaciones (**fig. 3**). No obstante, Coleoptera (específicamente la familia Elmidae) fue el más abundante en todas las estaciones, seguido de Ephemeroptera, aunque este último tendió a disminuir su abundancia, aguas abajo en contraposición con Gasteropoda (familia Hydrobiidae) que tendió a aumentar y en específico en la última estación (E8) mostró la mayor abundancia. En tal sentido, E8 se caracterizó por la presencia de gasterópodos e hirudíneos (familia Glossiphoniidae). Por último, los dípteros estuvieron presentes en todo el gradiente con un

porcentaje de abundancia más o menos constante.

**Estructura de las comunidades en el gradiente longitudinal:** El análisis de Correspondencia Canónica (ACC) permitió explorar el ordenamiento de las estaciones de muestreo con base en los macroinvertebrados y las variables morfométricas, fisicoquímicas y microbiológicas que caracterizaban a cada estación. La varianza acumulada de los tres primeros ejes fue de 75,60%. Las **figs. 4A,B**, muestran dicho ordenamiento, en el cual se evidenció la tendencia a la separación de las



**Figura 3.** Proporción de órdenes y/o taxa de macroinvertebrados bentónicos en las ocho estaciones de muestreo (E1 a E8) del río Tirgüa.

estaciones en función de las variables ambientales y la comunidad de macroinvertebrados que albergan.

En la **tabla 3**, se refleja la asociación entre las variables ambientales y los dos primeros ejes generados por el ACC. Las variables asociadas significativamente ( $p \leq 0,01$ )

con los ejes 1 y 2 fueron: la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto, la concentración de coliformes totales y fecales, la pendiente, la velocidad, el índice BMWP/Col. y el índice de calidad del hábitat ribereño (EPA). En este orden de ideas, la temperatura, coliformes y la velocidad tendieron a aumentar

aguas abajo y por el contrario, la pendiente, el BMWP/Col y el índice EPA tendieron a aumentar aguas arriba en el gradiente.

Según el ACC, el sitio más disímil pareció ser la estación E8, ubicada en el extremo inferior del gradiente longitudinal por debajo de la Ciudad de San Carlos, mientras que, las estaciones E6 y E7 localizadas a la altura de la ciudad se ordenaron entre E8 y las estaciones ubicadas aguas arriba (E1 a E5). En el caso particular de E2, esta estación mostró puntos muy dispersos; en tal sentido se estima que, tal distribución no esperada, haya sido producto de una remoción desconocida del sustrato del fondo, la cual quedó registrada en la **fig. 2** (E2), ya que en la fotografía se observan aguas turbias características de aumentos de caudal. Las comunidades aguas abajo parecieron presentar las mayores abundancias de moluscos (Physidae, Ancylidae, Hidrobiidae, Planorbidae y Bivalvos) y anélidos-hirudíneos (Glossiphoniidae); mientras que aquellas, en las estaciones aguas arriba mostraron una mayor riqueza y abundancia de taxa de insectos acuáticos.

Con la finalidad de confirmar la distribución de los sitios, generada por el ACC, se empleó un Análisis de Similitud (ANOSIM), con base en el índice de similitud de Bray-Curtis. Este análisis indicó la existencia de diferencias significativas entre la mayoría de las estaciones ( $R: 0,52; p \leq 0,0001$ ). La prueba a posteriori sin la corrección de Bonferroni, indicó que la mayoría de las estaciones diferían entre sí en cuanto a su composición faunística ( $p \leq 0,05$ ), a excepción, por un lado, de E2 que no difirió de E1, E4 y E6 y por otro de E4 que tampoco difirió de E3 y E5.

Para cuantificar el aporte de los taxa a la diferenciación entre las estaciones se empleó un análisis SIMPER, también con base en el índice de Bray-Curtis. En tal sentido, la disimilitud entre los grupos (50%) vino dada por la contribución de los siguientes taxa, listados de

mayor a menor aporte: Leptohiphidae (10,26), Elmidae (9,49), Hidrobiidae (7,15), Chironomidae (3,85), Ceratopogonidae (2,38), Psephenidae (1,99), Hidropsychidae (1,79), Hydrophilidae (1,12) y Gomphidae (1,04). Los restantes taxa tuvieron contribuciones inferiores a 1,00.

**Tabla 3.** Valores de correlación entre las variables biológicas, fisicoquímicas y morfométricas y el primer (EJE 1) y segundo (CP2) componentes del Análisis de Correspondencia Canónica (CCA).

Variables	EJE 1	EJE 2
Temperatura (°C)	-0,76	0,01
pH	-0,31	-0,30
Concentración de OD (mg/L)	0,59	-0,16
% de Oxígeno Disuelto (%OD)	0,25	-0,38
Coliformes Totales (UFC/mL)	-0,77	0,47
Coliformes Fecales (UFC/mL)	-0,77	0,46
Índice de calidad del hábitat ribereño (EPA)	0,73	0,02
Pendiente (°)	0,80	-0,03
Profundidad (m)	0,19	-0,03
Velocidad (m/s)	-0,34	0,65
Ancho (m)	0,07	-0,33
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,06	0,15
BMWP/Col	0,66	0,12

**Clasificación de los sitios evaluados en el gradiente según su calidad ambiental:** Las estaciones ubicadas a lo largo del gradiente longitudinal fueron clasificadas a través del cociente de calidad ambiental (CCA) derivado del índice BMWP/Col. Las categorías asignadas se muestran en la **Tabla 4**. Para el río Tirgüa y las estaciones evaluadas, el CCA muestra una tendencia hacia el desmejoramiento de este cuerpo de agua, que se evidencia notoriamente en las inmediaciones de los asentamientos urbanos y marcadamente aguas abajo de dichos asentamientos.

**Tabla 4.** Clasificación de las estaciones de muestreo del río Tirgüa según el Cociente de Calidad ambiental (CCA).

Estación	CCA	Intervención	Calidad	Coloración
E1	1.00	Mínima	ALTA	Azul
E2	0.68	Importante	MEDIA	Amarillo
E3	0.74	Importante	MEDIA	Amarillo
E4	0.90	Leve	BUENA	Verde
E5	0.69	Importante	MEDIA	Amarillo
E6	0.79	Importante	MEDIA	Amarillo
E7	0.62	Importante	MEDIA	Naranja
E8	0.51	Grave	ESCASA	Naranja

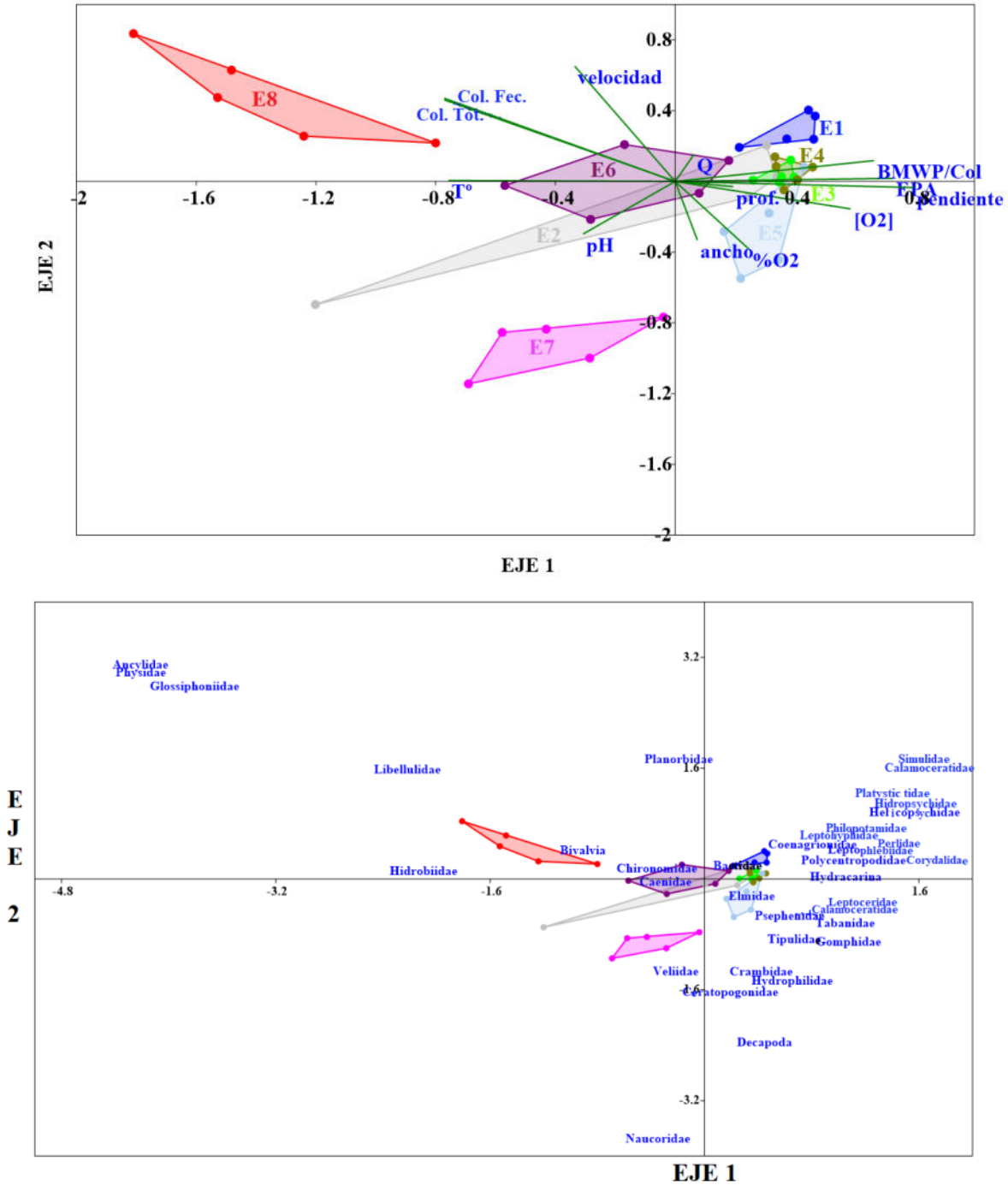
### Discusión

La planilla EPA propuesta por Barbour *et al.* (1999), modificada por Segnini *et al.* (2009) para ríos andinos venezolanos y utilizada en este estudio para la estimación de la calidad de hábitat ribereño, pese a su naturaleza subjetiva (Segnini & Chacón, 2005; Segnini *et al.*, 2009) resultó una herramienta útil para describir de manera general la condición de las riberas y el lecho, en las estaciones de muestreo. Los resultados tendieron a mostrar una correspondencia entre la calidad del hábitat ribereño, la composición de las comunidades de macroinvertebrados y la calidad biológica del agua estimada a través del BMWP/Col. y el cociente de Calidad Ambiental. Las estaciones

que mostraron mayores índices de calidad del hábitat ribereño fueron las que también evidenciaron la mejor calidad del agua. Resultados similares se encuentran en Segnini & Chacón (2005) en la cuenca del río Chama (Mérida), Leal (2009) para el río Cúpira (Carabobo) y Segnini *et al.* (2009) también en la cuenca del río Chama.

En las ocho estaciones muestreadas en el río Tirgüa, la clase Insecta dominó la comunidad de invertebrados. Resultado que apoya la tendencia encontrada en las investigaciones llevada a cabo en ríos neotropicales de Brasil (Copatti *et al.*, 2013), Colombia (López-Erao *et al.*, 2012; Forero-Céspedes *et al.*, 2013), Ecuador (Liñero-Arana, 2016), y en particular en ríos venezolanos (Graterol *et al.*, 2006; Segnini *et al.*, 2009; Echeverría & Marrero, 2012; Marrero *et al.*, 2012; Barrios & Rodríguez, 2013; Barrios-Gómez *et al.*, 2015). Aun cuando, a nivel de órdenes y familias, el predominio de uno u otro varía según la cuenca o el río y su ubicación geográfica, este estudio y los precedentes evidencian una disminución en la riqueza de la mayoría de las familias aguas abajo, al igual que un aumento en la abundancia de unas pocas.





**Figura 4.** A) Ordenamiento de las estaciones de muestreo (E) en el río Tirgüa, en conjunto con las variables ambientales que las describen, según el Análisis de Correspondencia Canónica. (Col. Tot.: Coliformes Totales; Col. Fec.: Coliformes Fecales; EPA: índice de calidad del hábitat ribereño). B) Contribución de los taxa al Ordenamiento de las estaciones.



En particular en este estudio se hizo evidente el dominio de Chironomidae, Hydrobiidae, Physidae y Glossiphonidae en los sitios localizados en la ciudad de San Carlos y por debajo de esta. En tanto que, Elmidae mantuvo una presencia constante y una alta abundancia a lo largo del gradiente, en todas las estaciones. Mientras que, familias como Leptohyphidae e Hidropsychidae mostraron mayores abundancias en los sitios aguas arriba de la ciudad. Estos resultados son similares a los estudios sobre calidad del agua basada en macroinvertebrados bentónicos realizados en ríos de Venezuela (Graterol *et al.*, 2006; Segnini *et al.*, 2009; Echeverría & Marrero, 2012; Barrios & Rodríguez, 2013; Barrios-Gómez *et al.*, 2015).

El río Tirgüa, aguas arriba de la Ciudad de San Carlos, discurre en su recorrido a través de un paisaje poco perturbado caracterizado por bosques ribereños o relictos de este, considerados en peligro crítico de desaparecer según Huber & Oliviera-Miranda (2010). Por lo cual, la comunidad de macroinvertebrados bioindicadora de una calidad óptima del agua en los análisis ambientales debería asociarse a este tipo de vegetación natural, en la zona.

Investigaciones como las de Segnini *et al.* (2009), Echeverría & Marrero (2012), Marrero *et al.* (2012), Copatti *et al.* (2013), Barrios & Rodríguez (2013) y Barrios-Gómez *et al.* (2015), que analizaron la calidad de las aguas corrientes mediante la combinación de parámetros ambientales y fisicoquímicos del agua en conjunto con la composición de las comunidades de macroinvertebrados y su valor aplicado como bioindicadores, han arrojado resultados consistentes en cuanto a que los tramos más afectados en su calidad, dado que fluyen a través de paisajes modificados por la acción del hombre como es el caso de los asentamientos urbanos, se caracterizan por presentar aguas con baja concentración de oxígeno, altas temperaturas, mayor concentración de coliformes totales y fecales,

mayor acumulación de vertidos orgánicos e inorgánicos y desechos sólidos, además de una comunidad de macroinvertebrados dominada por unos pocos taxa, por lo general dípteros de la familia Chironomidae, anélidos, gasterópodos, entre otros grupos tolerantes a la contaminación orgánica. En tanto que, los sitios ubicados aguas arriba, en paisaje prístinos o poco intervenidos y alejados de los asentamientos urbanos, por el contrario, se caracterizan por presentar aguas bien oxigenadas, transparentes, con menores valores de temperatura, en conjunto con una comunidad de macroinvertebrados más rica y diversa y dominada por insectos poco tolerantes a la contaminación, tal como se evidenció en este estudio.

El índice biótico BMWP/Col. (Roldán, 2003) parece reflejar lo anteriormente descrito, es por ello que, definitivamente es una herramienta útil para la evaluación rápida, por su potencial para diferenciar los sitios prístinos o poco intervenidos de los sitios perturbados o afectados por la intervención humana en cuanto a la modificación del uso de la tierra y el vertido de desechos sólidos y líquidos en los cursos de aguas, tal como lo evidenciaron para ríos neotropicales, por mencionar algunos: Segnini *et al.* (2009), Marrero *et al.* (2012), Liñero-Arana *et al.* (2016), Forero-Céspedes *et al.* (2013) y esta investigación.

De acuerdo con la anterior el río Tirgüa, está siendo sometido a perturbaciones causadas por el hombre, al transformar el paisaje natural en, por ejemplo, asentamientos urbanos y rurales, además de verter contaminantes sólidos y líquidos a sus aguas. Estas perturbaciones afectan a las comunidades de macroinvertebrados y otros organismos que en él habitan. Tal afectación conlleva a la degradación de la calidad del agua, que finalmente es un beneficio y servicio que el mismo hombre está perdiendo.

Bibliografía

- Abarca, H. (2007). El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. *Biocenosis*. 20(1-2): 95-104.
- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del agua en Andalucía*. 2: 203-213.
- Allan, D. & M. Castillo. (2007). *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. Editorial Springer. Washington, United States.
- Alonso, A. & J. Camargo. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*. 14 (3): 87-99.
- Barbour, M., Guerritsen, J., Snider, B. & Y. Stribling. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington D.C.
- Barrios, M. & D. Rodríguez-Olarte. (2013). Habitat fluvial e insectos indicadores del estado de conservación de la cuenca alta del río Turbio, en el Estado Lara Venezuela. *Bioagro*. 23(5):151-160.
- Barrios-Gómez, M., Rodríguez-Olarte, D. & E. García-Silva. (2015). Índice de integridad de los ecosistemas Fluviales con base a las comunidades de insectos acuáticos en el río Misoa de la cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela. *Entomotropica*. 30(8):69-83.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. & B. Statzner. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol.* 51:495-523. DOI: [10.1146/annurev.ento.51.110104.151124](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124)
- Bouchard, R.W., Jr. (2004). *Guide to aquatic macroinvertebrates of Upper Midwest*. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. Descargada de: [https://www.researchgate.net/publication/285686442\\_Guide\\_to\\_aquatic\\_macroinvertebrates\\_of\\_the\\_upper\\_midwest\\_waters#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/285686442_Guide_to_aquatic_macroinvertebrates_of_the_upper_midwest_waters#fullTextFileContent)
- Copatti, C.E., Ross, M., Copatti B. & L.F. Seibel. (2013). Bioassessment using benthic macroinvertebrates of the water quality in the Tigreiro river, Jacuí Basin. *Acta Sci. Biol. Sci.* 35(4):521-529. DOI: [10.4025/actascibiolsci.v35i4.18934](https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i4.18934)
- Domínguez, E., Molineri C., Pescador M.L., Hubbard M.D. & C. Nieto C. (2006). Ephemeroptera of South America. En: Adis, J., Arias, J.R., Rueda-Delgado G. & K.M. Wantzen (Eds.): *Aquatic Biodiversity of Latin America* (ABLA Series) Vol 2. Pensoft, Sofía-Moscow.
- Echeverría, G. & C. Marrero. (2012). Determinación del estado ecológico del río Guanare, estado Portuguesa, Venezuela, utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores. *Acta Biol. Venez.* 32(1):29-55.
- Forero-Céspedes, A.M., Reinoso-Flórez, G. & C. Gutiérrez. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. *Caldasia*. 35(2):371-87. DOI: <https://doi.org/10.36436/24223484.301>
- Gamarra, Y., Restrepo, R., Cerón-Vivas, A., Villamizar, M., Arenas, R., Vega, C.I. & A.A. Ávila. (2017). Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia. *Biota Colomb.* 18 (2):11-

29. DOI: [UNED. 8\(1\): 69-75. DOI: https://doi.org/10.22458/urj.v8i1.1225](https://doi.org/10.21068/c2017.v18n02a02)
- González-Meléndez, V., Caicedo-Quintero, O. & N. Aguirre-Ramírez. (2013). Aplicación de los índices de calidad del agua NSF, DINIUS y BMWP e la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente*. 16(1):97-108.
- Graterol, H., Goncalves, L., Medina, B. & B. Pérez (2006). Insectos acuáticos como indicadores de calidad del agua de río Guacara. *Faraute*. 1:57-67.
- Hammer, Q. & R. Harper. (2015). PAST: Paleontological statistic software package for education and data analysis. *Paleontol. Electron*. 4(1):9.
- Heckman, C. (2006). *Encyclopedia of South American aquatic Insects: Odonata – Anisoptera*. Editorial Springer. Hamburg, Germany.
- Heckman, C. (2008). *Encyclopedia of South American aquatic Insects: Odonata – Zygoptera*. Editorial Springer. Washington, United States.
- Huber, O. & M.A. Oliveira-Miranda (2010). Ambientes terrestres. Pp. 29-89. En: Rodríguez, J.P., Rojas Suárez, F. & D. Giraldo Hernández (eds.). *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela*. Provita, Shell Venezuela, Lenovo (Venezuela). Caracas, Venezuela
- Leal, V. (2009). Evaluación de la calidad biológica del río La Cumaca (San Diego, Carabobo) en un gradiente longitudinal mediante la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Trabajo especial de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Liñero Arana, I., Balarezzo, V.H., Pacheco, H.E., Ramos, C.E., Muzo, R.G. & C.J. Calva. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados Ildefonso. *Cuad. Inv.*
- López-Eraza, I.S, Gaspar, S. & M. Peláez-Rodríguez. (2012). Aplicación de índices bióticos para la evaluación de la calidad del agua de un río Andino Amazónico. *Momentos de Ciencia*. 9(2): 106-112.
- Marrero, C., J.M., Mendoza, D., Rodríguez-Olarte, G., Echevarría, H., Heredia & M. Jiménez. (2012). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de gestión de efluentes industriales sobre ambientes acuáticos *RIACRE Boletín*. 6(3): 1-5.
- Morrone, J.J. (2006). Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annu. Rev. Entomol*. 51:467-494.
- Mugnai, R., Nessimian, J.L. & D.F. Baptista. (2010). *Manual de Identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio do Janeiro*. Technical Books Editora. Rio de Janeiro, Brasil.
- Murillo Torrentes, M.P., Caicedo Quintero, O., Hernández Ailano, E., Grajalas Vargas, H., Mesa V., J.A., Cortés, F.A., Vélez Macías, F.J. & N.J. Aguirre Ramírez. (2016). Aplicación de tres índices bióticos en el río San Juan, Andes, Colombia. *Mutis*. (2):59-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.21789/22561498.1151>
- Paredes, F., Rumbo, L. & E. Guevara. (2006). Caracterización Histórica de las sequías extremas del río Tirgüa en el Estado Cojedes. *Rev. AGROLLANIA Cienc. Tecnol*. 3:101-114.
- Pérez, B. (2008). Determinación de un Sitio de Referencia para bioevaluación de la Calidad del Agua del Río Cabriales. Tomo I. Pp 52-57. Memorias del VI Congreso de Investigación: la Investigación del Siglo XXI Oportunidades y Retos, Universidad de Carabobo. Venezuela.

- Reece, P.F. & J.S. Richardson (2000). Biomonitoring with the Reference Condition Approach for the Detection of Aquatic Ecosystems at Risk. In: Darling, L.M. (Ed.). Proceedings of a Conference on the Biology and Management of Species and Habitats at Risk, Kamloops, B.C., 15-19 Feb 1999, Volume Two. B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks, Victoria, B.C. and University College of the Cariboo, Kamloops, B.C.
- Restrepo, R. (2013). Aplicación de índices fisicoquímicos y biológicos para la determinación de la calidad del agua del río frío. Seminario internacional "Calidad del agua: retos ante los riesgos ambientales". Cali, Colombia.
- Guerra Rojas, A., Aguirre Ramírez, N.J.B & O. Caicedo Quintero. (2011). Mapificación y análisis de la distribución espacial de organismos indicadores de la calidad del agua en la quebrada la Ayurá (Envigado, Antioquia) *Gestión y Ambiente*. 14(1):55-64.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 40(155):254-274. DOI: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos*. 16(2):45-63.
- Segnini, S. & M.M. Chacón. (2005). Caracterización fisicoquímica del hábitat interno y ribereño de ríos andinos en la cordillera de Mérida, Venezuela. *Ecotrópicos* 18(1):38-61
- Segnini, S., Correa, I. & M. Chacón. (2009). Evaluación de la calidad del agua de ríos en los andes venezolanos usando el índice biótico BMWP. Tema 14. Pp. 217-254. In: Arrivillaga, J., El Souki, M. & B. Herrera. (Eds.). *Enfoques y temáticas en entomología*. XXI Congreso Venezolano de Entomología. Ediciones Astro Data S.A., Maracaibo.
- Springer, M. (2006). Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54(1):273-286. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v54i1.26851>
- Springer, M. (2010). Capítulo 3: Biomonitorio acuático. *Rev. Biol. Trop.* 58(4):53-59.
- Thorp, J. & D. Rogers. (2010). *Field guide to freshwater invertebrates of North America*. Elsevier Inc.



## ESTATUS TRÓFICO DE *Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837) (PISCES:GOBIIDAE) EN UN LITORAL ROCOSO DE LA PENINSULA DE PARAGUANA, EDO. FALCÓN, VENEZUELA.

Rodríguez-Quintal, J.

Laboratorio de Biología Marino Costera (BioMaC-UC), Departamento de Biología, FACYT, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

[stegastes@hotmail.com](mailto:stegastes@hotmail.com)

### Resumen

Con la finalidad de determinar el estatus trófico de *Bathygobius soporator*, se analizó la dieta de 27 ejemplares colectados en un litoral rocoso ubicado entre el Cabo de San Román y Puerto Escondido, en la Península de Paraguaná. Este litoral rocoso presenta una compleja comunidad de algas en la zona intermareal a la cual se encuentran asociados diversos grupos de organismos bentónicos, que son un recurso potencial para estos peces. Los resultados revelan que *B. soporator* es un bentofago generalista capaz de incorporar no solo los diversos grupos del componente bentónico de estas plataformas rocosas entre los que se encuentran poliquetos, crustáceos, gasterópodos, peracáridos y copépodos, sino que también puede consumir insectos que cumplen parte de su ciclo reproductivo en estos ambientes, convirtiéndose así en una especie oportunista y clave en la regulación de los organismos bentónicos de este sistema, importancia que se incrementa si consideramos que es una de las especies más abundantes y frecuentes de estos litorales rocosos.

**Palabras clave:** *Bathygobius soporator*, dieta, litoral rocoso, bentos, algas, Venezuela.

Trophic status of *Bathygobius Soporator* (Valenciennes, 1837) (Pisces:Gobiidae) on a rocky shore of the paraguana peninsula, Edo. Falcon, Venezuela

### Abstract

With the purpose of determining the trophic status of *Bathygobius soporator*, there was analyzed the diet of 27 specimens collected in a rocky shore located between Cabo de San Roman and Puerto Escondido, in Paraguaná, Venezuela. These rocky shore present complex communities of algae in the intermareal zone, with a diverse group of benthic organisms associated to it, that are a potential resource for these fishes. The results reveal that *B. soporator* is a generalist bentofago, who eat not only the diverse groups of the benthic component of these rocky shores (Gasterópodos, polichaeta, crustaceans, peracáridos and copépods) but also it can consume insects, terrestrial items that spend part of their reproductive stage in this environments, turning this fish as an opportunist and a key species into the regulation of the benthic community of this system, importance that is increased if we think that it is one of the most abundant and frequent fish species of these rocky shore.

**Key words:** *Bathygobius soporator*, diet, rocky shore, benthos, algae, Venezuela



## Introducción

El género *Bathygobius* incluye numerosas especies, que se encuentran ampliamente distribuidas en áreas costeras poco profundas tropicales, en los océanos Atlántico y Pacífico. (Garzón-Ferreira & Acero, 1992). Estos peces se caracterizan por ser sedentarios, encontrándose por lo general en reposo sobre el sustrato, desplazándose con impulsos rápidos pero cortos cuando son perturbados (Cervigón, 1994).

Una de las especies del género que sorprende por su amplia distribución es *B. soporator*, que se encuentra a ambos lados del Atlántico y que en las costas de América se distribuye desde las Bahamas y los Cayos de Florida hasta el sureste de Brasil (Cervigón, 1994). En Venezuela esta especie se encuentra en una gran variedad de hábitats, desde pozas someras intermareales rocosas, praderas de fanerógamas marinas en áreas de arrecifes coralinos, hasta fondos blandos en aguas salobres o hiperalinas de estuarios y lagunas costeras (Cervigón & Ramirez, 2012).

En relación a sus hábitos alimentarios, esta especie ha sido reportada como un omnívoro oportunista, incorporando en su dieta algas, detritus, así como diversos invertebrados acuáticos (Garzón-Ferreira & Acero, 1988; Emmanuel & Ajibola, 2010), patrón que puede ser variable probablemente asociado a la diversidad de hábitats que puede colonizar.

Las plataformas rocosas representan uno de los biomas marino costeros más frecuentes de observar en las costas de Venezuela, siendo el litoral rocoso de Paraguaná uno de los más extensos y complejos del país. Este litoral se caracteriza por presentar una zona intermareal cuyo ancho varía entre 2 y 4 metros, posee muy poca inclinación y se observa a grandes rasgos, el esquema de zonación propuesto por Stephenson (1949),

lo que determina una compleja comunidad de algas asociada al mismo (Rodríguez, J. et al, 2008).

En esta compleja comunidad de algas se encuentran una gran variedad de invertebrados, siendo los principales grupos los equinodermos, crustáceos, poliquetos y algunos microcrustáceos como copépodos. Esta fauna a su vez es recurso potencial para ciertos peces que encuentran no solo recurso alimenticio en estas plataformas, sino que habitan en las pozas de mareas que allí se forman dadas las características del microrelieve, lo que permite que en ellas se mantenga el agua incluso en los periodos de marea baja en la zona intermareal (Rodríguez et al, 2008).

*B. soporator* es una de las especies más frecuente de la zona intermareal de estas plataformas, permaneciendo en esta zona incluso durante la marea baja, en pozas remanentes que allí se forman. Dada la abundancia de esta especie y su presencia continua en la plataforma litoral, debe ser determinante en la regulación de estas comunidades, particularmente por su carácter de omnívoro oportunista, por lo que el objetivo principal de este trabajo es determinar a través del análisis de la dieta, el estatus trófico del mismo dentro de este sistema rocoso.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El presente trabajo fue realizado en una plataforma rocosa ubicada en la península de Paraguaná, en el Estado Falcón, Venezuela (Fig. 1). Este litoral rocoso se encuentra entre Puerto Escondido y el Cabo de San Román, en la zona continental más septentrional del país (12°12'00" N).

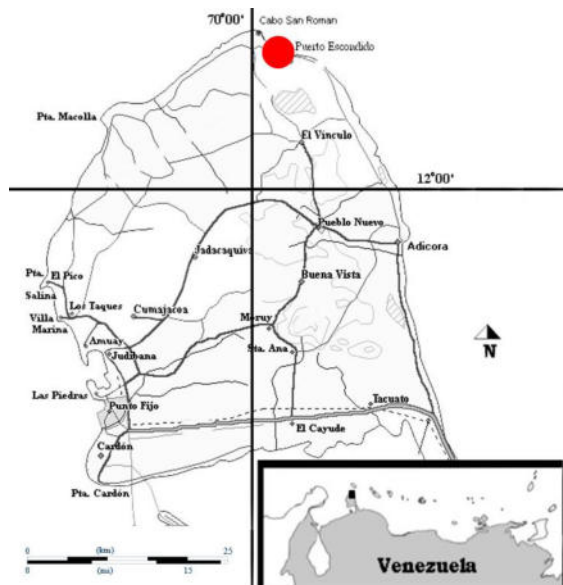


Figura 1: Plataforma rocosa en Puerto Escondido, Península de Paraguaná.

## Metodología

Se colectó un total de 27 ejemplares de *B. soporator* durante el mes de noviembre de 2003, 17 en el horario matutino entre 6 y 9 am y 10 ejemplares en el horario vespertino, entre las 5 y 7 pm. Para la colecta se emplearon mallas de mano y los ejemplares fueron preservados en formalina al 10%. En el laboratorio se realizó la morfometría básica de los ejemplares así como el pesaje de los mismos, y se identificaron hasta el nivel de especie empleando la guía de Cervigón (1994). Para realizar el análisis de la dieta, a cada ejemplar se le extrajo el tracto digestivo y se determinó el peso del mismo previo a la disección. Con los datos de peso del tracto del contenido estomacal y peso del pez se procedió a calcular el índice de cantidad de alimento (Ica) (Hyslop, 1980) para establecer si existían diferencias en la actividad alimentaria de esta especie entre el horario matutino y vespertino. La significancia de estos datos, dada la naturaleza de los mismos, se estableció con una prueba Kruska Wallis.

Una vez extraído el contenido estomacal de cada pez, se procedió a

determinar la importancia relativa de cada ítem alimenticio dentro de la dieta de esta especie, para lo cual se calculó el índice de Windell (IRI) (Hyslop, 1980) el cual contempla 3 parámetros diferentes que evalúan la importancia de los mismos en la dieta. En principio se contabilizó el número de individuos de cada uno de los ítems alimenticios encontrados, para calcular la frecuencia numérica de cada ítem (FN) así como la frecuencia de aparición estomacal (Fa) (Hyslop, 1980), dos de los parámetros que contempla el IRI. Finalmente el índice contempla la inclusión de un parámetro volumétrico o gravimétrico, sin embargo dado el tamaño y cantidad de algunos ítems presentes en esta especie, como los copépodos, no se pudo determinar el valor de estos parámetros, por lo cual tal como lo propone Rodríguez (2006) se realizó una modificación del índice, sustituyéndose el componente volumétrico o gravimétrico por la cobertura que cada ítem ocupó y que se estimó utilizando una cámara de Sedwick-rafter cuadrículada para tal fin.

### Índice original

$$RIa = (\% \text{ volumétrico}(a) + Fn(a)) * Fa(a)$$

### Índice modificado

$$RIIa = (\% \text{ cobertura}(a) + Fn(a)) * Fa(a)$$

$$IRI1(a) = \frac{RII \text{ del ítem } a}{RII}$$

## Resultados

Los ejemplares colectados y analizados en este estudio fueron todos pertenecientes a la especie *B. soporator* (Fig. 2) y presentaron un intervalo de longitud estándar entre 3,02 y 6,96 cm, predominando los individuos entre 5 y 6 cm (Fig. 3).

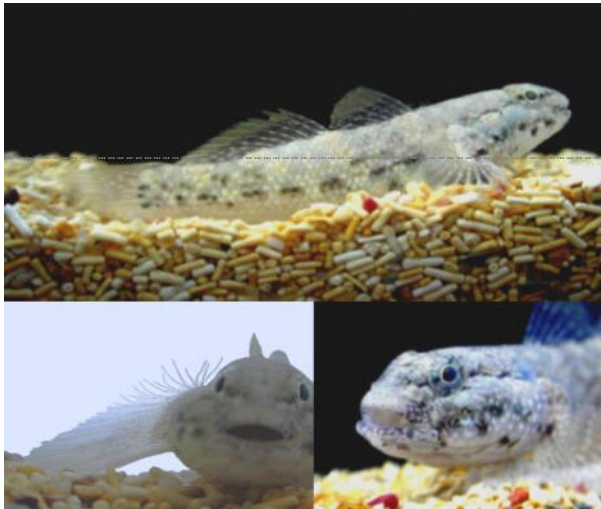


Figura 2: *Bathygobius soporator*

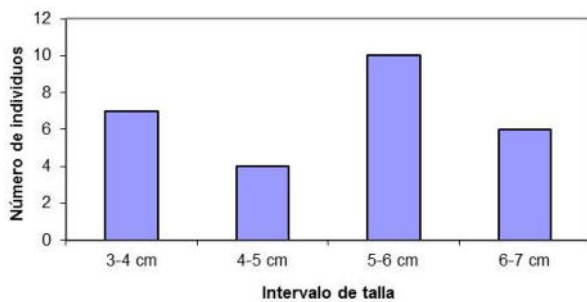


Figura 3: Número de individuos por intervalo de tallas colectados.

Los resultados tróficos (Fig. 4) no revelan diferencias en la cantidad de contenido estomacal encontrado entre el horario matutino y el vespertino (Kruskal-Wallis,  $p = 0,2801$ ), y las observaciones de campo revelan que durante la noche la especie permanece en reposo, resguardada de depredadores en las pozas de marea que quedan en la plataforma litoral.

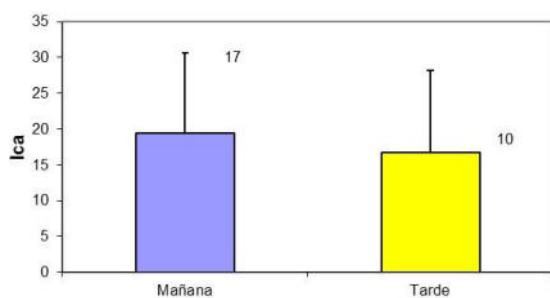


Figura 4: Índice de cantidad de alimento (Ica) en cada horario.

Los resultados del análisis de la dieta indican que los poliquetos representan el ítem más consumido, siendo los representantes de la familia Nereidae los más frecuentes en la dieta. El segundo grupo más consumido fue el de los cangrejos (Fig. 5), el tercer ítem más consumido fue el de los gasterópodos, seguido por el de los insectos, el cual estuvo representado por larvas de Chironomidae así como adultos de esta familia, que probablemente fueron consumidos mientras se encontraban en las pozas de marea para colocar sus huevos. El quinto ítem fue el de camarones seguido por los isópodos. El ítem “otros” (Fig. 5) está compuesto de cladóceros, anfípodos, copépodos y restos vegetales, los cuales fueron agrupados dadas sus bajas importancias relativas dentro de la dieta.

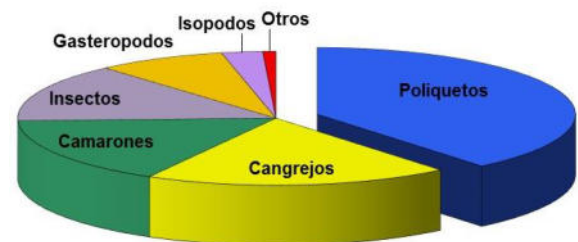


Figura 5: Principales ítems alimenticios (IRI) en la dieta de *B. soporator*

## Discusión

Los ejemplares colectados en este estudio incluyen en su mayoría tallas de individuos adultos, siendo además estas tallas superiores a las reportadas por Cervigón (1994) para el Archipiélago de Los Roques (2,8-3,7 cm). Este autor destaca que es una especie de talla reducida que probablemente no alcanza los 7 cm de longitud total.

Los resultados de las capturas, así como las observaciones de campo tanto diurnas como nocturnas destacan que es una especie de hábitos diurnos que presenta una alimentación continua a lo largo del día, tal como lo revelan los índices de cantidad de alimento en los dos horarios estudiados.

El análisis de la dieta indica que este es un bentófago generalista, que incorpora en su dieta prácticamente todos los grupos de organismos que se encuentran asociados a las comunidades de algas de esta zona intermareal (Fig. 5), incorporando no solo organismos netamente marinos, sino insectos tanto en su fase larval que es marina, como en su fase adulta, la cual es completamente terrestre, aprovechando para ello el evento reproductivo que corresponde a la puesta de huevos. Esto determina el carácter oportunista de este gobido, el cual aprovecha cualquier recurso no vegetal que le este disponible en este ambiente. Esto se ve reforzado por el consumo de gasterópodos, tercer ítem en importancia dentro de la dieta, lo cual lo hace un depredador importante en el litoral rocoso, capaz de aprovechar no solo organismos de cuerpo blando (poliquetos) sino que incluye este grupo de la fauna bentónica a pesar de la protección que su concha representa.

*B. soporator* resulta así ser una especie importante dentro de este sistema en términos de regulación de la comunidad de invertebrados bentónicos asociados a las algas que crecen sobre la plataforma rocosa, no solo por los ítems que esta consumiendo sino por su constante presencia en estos litorales rocosos, siendo la especie de pez más frecuente de estos sistemas.

### Bibliografía

.- Cervigón, F. 1994. *Los Peces Marinos de Venezuela*. Tomo III. Ex-Libris. 2ª edición. 295 pp.

.- Cervigón, F y H. Ramírez. 2012. *Peces marinos de las costas de Venezuela*. Editorial Arte. Caracas, Venezuela. 296 pp.

.- Emmanuel, L. & E. Ajibola. 2010. Food and feeding habits and reproduction in Frillfin goby, *Bathygobius soporator* (Cuvier and Valenciennes, 1837) in the Badagry Creek, Lagos, Nigeria. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 2(12): 414-421.

.- Garzón-Ferreira & A. Acero. 1988. Los peces Gobiidae de los arrecifes del Caribe Colombiano. II. Habitats, microhabitats y hábitos alimentarios. *Actualidades Biológicas*. 17(64): 115-124.

.- Garzón-Ferreira & A. Acero. 1992. Los peces del género *Bathygobius* (Perciformes:Gobiidae) del Caribe Colombiano. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín*. 21: 23-32.

.- Hyslop, E. 1980. Stomach contents análisis, a review of methods and their application. *Journal Fish Biology*. 17: 411-429.

.- Rodríguez, J. 2006. Alimentación del pez tropical *Gobioides broussonnetii* (Pisces: Gobiidae) en la Laguna de Unare, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 54(4): 1093-1098.

.- Rodríguez, J.; C. Rodríguez; L. Molins; M. Nuñez; M. Colmenares. 2008. Comunidad Bentónica Asociada a una Plataforma Rocosa en el Cabo de San Román, Edo. Falcón. *Memorias VI Congreso de Investigación "La Investigación en el Siglo XXI: Oportunidades y Retos"*. CDCH- UC. Tomo II: 139-143.

.- Stephenson, T. & A. Stephenson. 1949. The universal features of zonation between tidemarks on rocky coast. *J. Ecol.* 37: 289-305.

.- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2005. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (06/2005).

# GUIA PARA LOS AUTORES

---

La Revista FARAUTE UC de la Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT) considerará, para su difusión, trabajos inéditos relacionados con las ramas de las Ciencias Básicas y la Tecnología, tanto de carácter técnico como de carácter divulgativo, siempre que el mismo sea el producto de un proceso de investigación objetivo y comprobable. Se aceptan artículos o notas en español e inglés.

## Tipos de Trabajos

- Artículos científicos con un máximo de doce (12) páginas.
- Artículos divulgativos de investigación con un máximo de doce (12) páginas.
- Notas Técnicas con un máximo de cinco (5) páginas.
- Artículos de Actualización Científica que resuman el “Estado del Arte” de un área específica de las ciencias y tecnología con un máximo de doce (12) páginas.
- Artículos de invitados especiales con un máximo de cinco (5) páginas.
- Cartas al Editor, que consistan en observaciones técnicas de artículos publicados en la revista.

## Requerimientos de formato para manuscritos enviados para su evaluación:

El formato del manuscrito debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Tipo de letra: *Times New Roman* 12 ptos, a excepción del título en español.
- Texto del artículo a doble columna a excepción del título, la información del(os) autor(es) y el resumen.
- Espaciado: simple
- Tamaño de papel: Carta con márgenes justificado de 2,5 cm por cada lado.
- Los artículos deben constar de las siguientes secciones:
  - **Título:** en español e inglés. El título en español debe ser en letra Times New Roman, tamaño 14, en mayúsculas, negritas, centrado. Dejando una línea de por medio, en letra tamaño 12, el título en inglés, negrita, en mayúsculas únicamente las iniciales de los nombres, pronombres, verbos, adjetivos y adverbios.
  - Información del(os) autor(es).** Colocar el primer nombre completo, inicial del segundo, primer apellido completo e inicial del segundo, en mayúscula y centrado. En la siguiente línea colocar la dirección física de los autores y en la última línea la dirección de correo electrónica. Emplear superíndices numéricos para la identificación de los autores y sus respectivas direcciones. En caso de que varios autores posean correos electrónicos bajo un mismo dominio, utilizar el formato siguiente {login1, login2, ... loginn}@dominio. Ejemplo:  
  
{sardito, hvasquez, jrodrigu}@uc.edu.ve
  - **Resumen:** máximo de 150 palabras a una sola columna justificada, sin incluir referencias bibliográficas. Luego colocar entre tres (03) y cinco (05) palabras clave en orden alfabético (el resumen y las palabras clave deben incluirse en idioma inglés).
  - **Introducción.**
  - **Cuerpo del artículo:** Materiales y métodos (en caso de ser necesario), resultados y discusión.



- **Conclusiones** (opcional).
- **Agradecimientos** (opcional).
- **Bibliografía.** Las referencias bibliográficas serán listadas en orden alfabético, incluirán primer apellido, inicial del nombre y en caso de ser varios autores, inicial del nombre seguido del primer apellido, año de publicación, título de la obra o del trabajo citado (se debe colocar en mayúscula solo la letra inicial de la primera palabra). Ejemplos según sea el caso:
  - Publicaciones periódicas: Autor. Año. Título del artículo. *Nombre de la Revista abreviada*. Volumen (Número): páginas.

Baum, L. E., T. Petrie, G. Soules & N. Weiss. (1970). A maximization technique occurring in the statistical analysis of a probabilistic functions of Markov chains. *Ann. Math. Stat.* 41(1):164–171.

- Libros: Autor. Año. *Título del libro*. Casa editora. Ciudad.

Bernardo, J. & A. Smith. (1994). *Bayesian theory*. Wiley. New York.

- Libros colegiados: Autor. Año. Título del capítulo. In: *Título del libro* (editores), páginas. Casa editora. Ciudad.

Steyermark, J. (1994). Aspectos morfológicos del Parque Nacional Morrocoy. In: Flora del Parque Nacional Morrocoy (B. Manara, ed.), 66-103. Fundación Instituto Botánico de Venezuela y Agencia Española de Cooperación Internacional. Caracas, Venezuela.

- Proceedings o memorias: Autor. Año. Nombre del Evento. Institución donde se realizó el mismo. Ciudad. País. Páginas.

Toyota, M. (1999). Caracterização química e citológica como subsídios à taxonomia de grupos-problema. VIII Reunião brasileira de ficologia. Sociedade brasileira de ficologia. Pernambuco. Brasil. 41.

- Tesis o trabajos de ascenso: Autor. Año. Título. Tipo de Trabajo. Facultad. Universidad. Ciudad, País.

Vera, B. (2000). Estudio ficoflorístico de la región oriental del litoral central de Venezuela, Edo. Vargas, Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de Asistente. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

- Documento en electrónico: citar según las indicaciones del documento electrónico o seguir los formatos indicados en la norma ISO 690-2, disponible en la dirección:

[http://www.ugr.es/~pwlac/G00\\_Referencias\\_electronicas.html](http://www.ugr.es/~pwlac/G00_Referencias_electronicas.html)

- Las referencias deben ser citadas en el artículo, de acuerdo a:
  - **Un solo autor:** se indica el primer apellido del autor seguido por el año de la publicación, todo esto entre paréntesis.

..... (Vargas, 1999)....

- **Dos autores:** se coloca el primer apellido del primer autor, el símbolo & y el primer apellido del segundo autor, seguidamente la fecha de publicación; todo esto entre paréntesis.

..... (Vargas & Rodríguez, 2002).....

- **Más de dos autores:** se coloca el primer apellido del primer autor, luego se coloca “*et al.*”, seguidamente la fecha de publicación; todo esto entre paréntesis.

..... (Vega *et al.*, 2005) .....

- **Más de dos referencias:** se coloca cada referencia de acuerdo a lo anterior, separados por puntos y comas (;). Se deben ordenar primariamente en orden cronológico y en segundo lugar alfabéticamente, todo esto entre paréntesis. el primer apellido del primer autor, luego se coloca “*et al.*”, seguidamente la fecha de publicación; todo esto entre paréntesis.

..... (Vargas, 1999; Vargas & Rodríguez, 2002; Graterol *et al.*, 2005; Vega *et al.*, 2005) .....

- Los encabezados de cada sección se escribirán en negritas y deben estar enumerados.
- Las figuras, fotografías, diagramas y gráficos deben denominarse como “Fig.”. Las tablas deben denominarse “Tabla”. Las tablas y figuras deben enumerarse correlativamente y estar citadas en el texto en el mismo formato anterior. Se presentarán insertas en el cuerpo del artículo y además se debe entregar una copia en versión digital de las mismas. Las figuras deben estar en blanco y negro o escala de grises en formato JPEG o TIFF a una resolución de 300 dpi. Para la entrega de la versión final se requieren las imágenes en archivos a parte.
- Unidades de medida. Los valores se deben expresar en el sistema métrico decimal de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). La mayoría de los símbolos se escriben abreviados, en minúscula, salvo algunas excepciones como aquellos derivados de nombres propios, no llevan punto y se separan del valor numérico por un espacio. Ejemplos: cm (centímetro), h (hora), °C (Celsius).
- Las ecuaciones deben identificarse con un número entre paréntesis correspondiente a la enumeración correlativa de las ecuaciones. Estas deben estar en cursiva. Ejemplo:

$$I_F = I_E = - I_C = A^2 I_{A1} + A I_{A2} + I_{A0} = \frac{-J\sqrt{3}E_A}{Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

Las ecuaciones tienen que estar citadas en el manuscrito y deben identificarse como “Ec”.

- Los algoritmos o códigos fuentes de programas se deben identificar con la palabra “Algoritmo” seguida de un número correspondiente a la numeración correlativa de los algoritmos y un título que lo identifique. Estos deben respetar la indentación y en letra courier tamaño 9. Ejemplo:

```
(1) void * sum(void * arg) {
(2) int * p; p = (int *)arg;
(3) pthread_mutex_lock(&m);
(4) s = s + *p;
(5) pthread_mutex_unlock(&m);
(6) }
Algoritmo 1. Hilo que efectúa la suma.
```

- Nombres y coordenadas geográficas. Los nombres geográficos sólo se escriben en mayúscula cuando forman parte de un nombre propio, por ejemplo: Península de Paraguana, Río Cabriales. Las coordenadas deben citarse utilizando las siglas correspondientes: Lat. (latitud), Long. (longitud), N (norte), S (sur), E (este), O (oeste), ejemplo: 10°31'01" Lat. N., 67°06'10" Long. O.

**Envío de manuscritos para arbitraje:**

Los *manuscritos iniciales* deben ser enviados en formato electrónico PDF o MSWord (al menos en la versión XP) a la siguiente dirección:

[farautecienciauc@gmail.com](mailto:farautecienciauc@gmail.com)

**Hojas de estilo para artículos aceptados para su publicación:**

El arte final de los artículos aceptados para su publicación debe respetar todos los requerimientos anteriores. Para ello se ponen a disposición de los autores las hojas de estilo correspondiente a cada formato (LATEX o Microsoft WORD), las cuales pueden ser obtenidas electrónicamente en la siguiente dirección electrónica:

<http://www.facyt.uc.edu.ve/investigacion/faraute>

**Hoja de Estilos para LATEX:**

CyT UC.sty

CyT UC.tex

**Hoja de Estilos para WORD:**

CyT UC.doc

**Notas finales:**

Los artículos serán sometidos a arbitraje en extenso previa publicación. Los artículos arbitrados sujetos a modificación, deben ser corregidos en un plazo de tres semanas para su incorporación en el número correspondiente. En caso de no ser entregados, permanecerán por un período de espera de seis meses como máximo, para la entrega de la versión corregida. Una vez vencido este plazo el trabajo será arbitrado nuevamente previa solicitud por parte del autor.

La Revista Faraute de Ciencias y Tecnología es el órgano de difusión y divulgación de las actividades científicas de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo, la cual es de Acceso Abierto No comercial (AANC).

## GUIDE FOR AUTHORS

---

“Faraute” Journal of the Experimental Faculty of Science and Technology (Facyt) publishes original papers of interest to a broad group of readers from the basic Science and Technology community.

A submission to Faraute UC must be the original contribution of the author(s) and must not be published elsewhere or be under consideration for another publication in its submitted or a substantially similar form in any language. Contributions in Spanish and English in the following categories may be submitted.

### Types of contributions

- Research articles with original results in the basic science and technology. Maximum twelve (12) pages.
- Technical notes. Maximum five (5) pages.
- Reviews. Critical surveys of specific field of science and technology in which existing published information is analyzed and discussed. Maximum twenty (20) pages.
- Articles of special guest. Maximum five (5) pages.
- Letters to the editor regarding technical observations of articles published in the journal.

### Preparation of text:

The format of the manuscript must follow the following recommendations:

- Type of letter: *Times New Roman* size 12, except the title in Spanish.
- Text of the article in double columns, except the title, the information of the author(s) and the abstract..
- Spacing: single,
- Size of paper: letter, with justified margins of 2.5 cm on either space.
- The article must have the following sections:
  - **Title:** In Spanish and English. The title in Spanish must be in Times New Roman, size 14, in capital letters, bold, centered, leaving one line size 12 between. The title I English will be bold; capital letters are to be used only for the initial the names, pronouns, verbs, adjectives and adverbs. Cursive words are allowed, only when referring to the scientific name of a species. For example:

**DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE PROTEASAS  
OBTENIDAS DEL FRUTO DE *Thevetia ahouai* (L.) A.DC.**
  - **Information of the author(s).** Place the first name, initial of the second one, last name and initial of the second one, in capital letters and centered. In the following line place the physical address of the authors, and in the last line the electronic address. Use numeric super indexes to identify authors and their addresses. In case of various authors having electronic addresses under the same domain, use the following format: {login1, login2, ... loginn}@domain. For example:

{sardito, hvasquez, [jrodrigu](mailto:jrodrigu@uc.edu.ve)}@uc.edu.ve

- **Abstract:** The abstract must contain a maximum of 150 words in one column, justified, without including bibliographic references. Afterwards, add between three (3) and five (5) keywords in alphabetical order.
- **Introduction:** This section should provide a comprehensible statement of the problem, a relevant literature of the subject, and the proposed approach or solution.
- **Body of the article:** The paper may include a section of material and methods, if necessary, and must contain both a result and a discussion section.
- **Conclusions:** A conclusions section is optional.
- **Acknowledgments:** This section is also optional.
- **Bibliography:** Bibliographical references will be listed in alphabetical order. They will include, for the first author, first surname and initial of the first name. For the rest of the authors, if there are any, initial of first name followed by first surname. After the authors names it follows the year of publication in parenthesis. The next information should be the title of the work referenced. Only the first letter of the first word should be in capital letters. Examples of possible referenced works are given in the following paragraphs:

- Periodic publications: Author or authors. Year. Title of the article. Abreviated name of the publication (in italics). Volume (Number): pages.

Baum, L. E., T. Petrie, G. Soules & N. Weiss. (1970). A maximization technique occurring in the statistical analysis of a probabilistic functions of Markov chains. *Ann. Math. Stat.* 41(1):164–171.

- Books: Author or authors. Year. Title of book. Publishers. City.

Bernardo, J. & A. Smith. (1994). *Bayesian theory*. Wiley. New York.

- Collaborative books: Author or authors. Year. Title of chapter. In: Title of book (editors), pages. Publishers. City.

Steyermark, J. (1994). Aspectos morfológicos del Parque Nacional Morrocoy. In: Flora del Parque Nacional Morrocoy (B. Manara, ed.), 66-103. Fundación Instituto Botánico de Venezuela y Agencia Española de Cooperación Internacional. Caracas, Venezuela.

- Proceedings or memoirs: Author or authors. Year. Name of presentation. Name of the Event. Institution where the event took place. City. Country. Pages.

Toyota, M. (1999). Caracterização química e citológica como subsídios à taxonomia de grupos-problema. VIII Reunião brasileira de ficologia. Sociedade brasileira de ficologia. Pernambuco. Brasil. 41.

- Thesis or promotion research projects: Author or authors. Year. Title. Type of work. Faculty. University. City, Country.

Vera, B. (2000). Estudio ficoflorístico de la región oriental del litoral central de Venezuela, Edo. Vargas, Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de Asistente. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.



- Document in electronic format: Cite according to indications of the electronic document or follow the formats indicated the norm ISO 690-2, available in the address:

[http://www.ugr.es/~pwlac/G00\\_Referencias\\_electronicas.html](http://www.ugr.es/~pwlac/G00_Referencias_electronicas.html)

- The references must be cited in the article according to:
  - **One author:** Indicate the first surname of the author followed by the year of publication, all in parenthesis.  
 ..... (Vargas, 1999).....
  - **Two authors:** indicate the first surname of the first author, the symbol & and the surname of the second author, followed by the year of publication, all in parenthesis.  
 ..... (Vargas & Rodríguez, 2002).....
  - **More than two authors:** Indicate the last name of the first author, the add “*et al.*”, followed by the year of publication, all in parenthesis.  
 ..... (Vega *et al.*, 2005) .....
  - **More than two references:** Write each reference according to the previous information, separated by semi-colons (;). They should be sorted chronologically firstly and them alphabetically, all in parenthesis.  
 ..... (Vargas, 1999; Vargas & Rodríguez, 2002; Graterol *et al.*, 2005; Vega *et al.*, 2005) .....
- The headings of each section must be written in bold, and should be numbered.
- Figures, photographs and graphics should be identified “Fig.”. Tables should be called “Table”. These words should be placed under the figure or table aligned to the left. There should follow a description, in Times New Roman letters, size 10. The tables and figures must be numbered correlatively and be cited in the text in the same previous format.
- Figures will be inserted in the body of the article, and a digital copy should be handed in. They should be in JPEG or TIFF, a resolution of 300 dpi, and the file should be named as “Fig”, followed by the corresponding number of the article.
- Units of measure. The values must be expressed in the decimal metric system, according to the Systeme International d’Unités (SI). Most symbols are abbreviated, in common letters, except in some cases, as those derived from proper names, they do not take a period, and are separated from the numeric value by a space. Examples: cm (centimeter), h (hour), °C (Celsius).
- Equations must be identified with a number in parenthesis corresponding to the correlative numbers of the equation. These must be in cursive. For example:

$$I_F = I_B = -I_C = A^2 I_{A1} + A I_{A2} + I_{A0} = \frac{-J\sqrt{3}E_A}{Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

To refer these equation in the manuscript should be identified as “Eq”.

- Algorithms or codes of program sources must be identified with the word “Algorithms”, followed by a number corresponding to the correlative number of the algorithms and the title identifies it, all centered in a placed I the lower part. Each line must be numbered as show below. These must respect indentation and be in “Courier” size 9. Example:

```
(1) void * sum(void * arg) {
(2) int * p; p = (int *)arg;
(3) pthread_mutex_lock(&m);
(4) s = s + *p;
(5) pthread_mutex_unlock(&m);
(6) }
```

Algorithm 1. Hilo que efectúa la suma.

- Names and geographical coordinates. Geographical names are only written in capital letters when they are part of a proper name, for example: Península de Paraguana, Río Cabrales. Coordinates must be cited using the corresponding abbreviation: Lat. (latitude), Long. (length), N (north), S (south), E (east), W (west), for example: 10°31’01” Lat. N., 67°06’10” Long. O.

#### **Sending manuscripts for arbitration:**

The initial manuscripts must be sent in PDF or MSW electronic format to the following address:

[farautecienciauc@gmail.com](mailto:farautecienciauc@gmail.com)

#### **Style pages for articles accepted for publication:**

The final art of the article accepted for publication must respect all the previous requirements. Therefore, the authors are offered the style pages that correspond to each format (LATEX or Microsoft WORD), which can be obtained at the following electronic address: <http://www.facyt.uc.edu.ve/investigacion/faraute>

#### **For LATEX style pages:**

CyT\_UC.sty  
CyT\_UC.tex

#### **For WORD style pages:**

CyT\_UC.doc

#### **Final notes:**

The articles will undergo complete arbitration prior to publication. The arbitrated articles subjected to modifications, must be corrected in three weeks to be included in the corresponding number. In case they are not turned in they will be held for a maximum of six months, awaiting for the corrected version. Once that period expires the article will be subjected to arbitration again upon the author’s request.

Faraute de Ciencias y Tecnología is the organ of diffusion and dissemination of the scientific activities of the Facultad de Ciencias y Tecnología of the Universidad de Carabobo, which is Non-commercial Open Access (AANC).



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Jessy Divo de Romero

**Rectora**

Ulises Rojas

**Vicerrector Académico**

José A. Ferreria

**Vicerrector Administrativo**

Pablo Aure

**Secretario**

**AUTORIDADES DE LA FACULTAD**  
**EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

Profesor José Gregorio Marcano  
Decano

Profesora Elizabeth Perozo  
Directora Departamento de Química

Profesora Marilyn Giugni  
Directora Departamento de Computación

Profesor Richard Barrios  
Departamento de Física

Profesor Luis Rodríguez  
Departamento de Matemática

Profesor Rafael Fernández  
Departamento de Biología

Profesora Rosa de Muñoz  
Coordinadora de la unidad de formación  
Socio-Humanística

Profesor Reimer Romero  
Director de Investigación

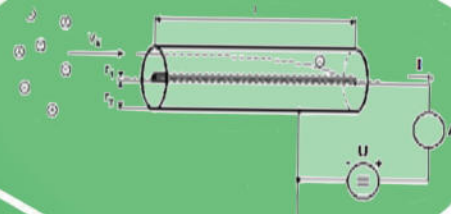
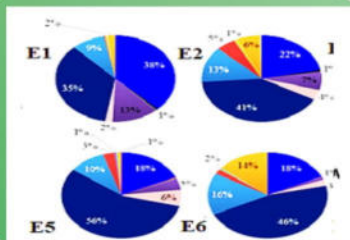
Profesor Juan Carlos Pereyra  
Director de Postgrado

Profesor Orestes Montilla  
Director de Asuntos Estudiantiles

Profesora Ysmel la Rosa  
Directora de Extensión

Profesora Miryelis Rojas  
Directora de Asuntos Profesorales

Profesora Rosa Bravo  
Directora de Currículum



**EFFECTOS DE LA VIÑAZA DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO Y EL DESARROLLO Y CULTIVO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*)**

**DISEÑO DE UN CONDENSADOR DE GERDIEN PARA CUANTIFICAR LA CONCENTRACION LOCAL DE IONES EN LA TROPOSFERA BAJA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TIRGÜA (ESTADO COJEDES - VENEZUELA), MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARAMETROS MEDIOAMBIENTALES**

**ESTATUS TRÓFICO DE *Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837) (PISCES:GOBIIDAE) EN UN LITORAL ROCOSO DE LA PENÍNSULA DE PARAGUANA, EDO. FALCÓN, VENEZUELA.**