

**ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL****ANTHROPOGENIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS AFFECTING FLUVIAL LARVIVOROUS ICTIOFAUNA FROM SANCTI SPÍRITUS PROVINCE, CUBA****FACTORES ANTROPOGÉNICOS Y AMBIENTALES QUE INCIDEN SOBRE LA ICTIOFAUNA LARVIVORA FLUVIAL DE LA PROVINCIA DE SANCTI SPÍRITUS, CUBA**

Rigoberto Fimia-Duarte<sup>1\*</sup>; María del C. Marquetti-Fernández<sup>2</sup>; Lizet Sánchez-Valdés<sup>3</sup>; Milagros Alegret-Rodríguez<sup>4</sup>; Natividad Hernández-Contreras<sup>2</sup>; José Iannacone<sup>5,6</sup> & Grehete Gozález-Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Facultad de Tecnología de la Salud «Julio Trigo López». Universidad de Ciencias Médicas «Dr. Serafín Ruiz de Zárate Ruiz» de Villa Clara, Cuba. E-mail: rigobertofd@fts.vcl.sld.cu and lisvecc@fts.vcl.sld.cu

<sup>2</sup> Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kouri” (IPK). La Habana, Cuba. E-mail: natividad@ipk.sld.cu, greg@ipk.sld.cu, marquetti@ipk.sld.cu

<sup>3</sup> Centro de Inmunología Molecular. La Habana, Cuba. E-mail: lsanchez@cim.sld.cu

<sup>4</sup> Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Villa Clara, Cuba. E-mail: malegret@capiro.vcl.sld.cu

<sup>5</sup> Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú.

<sup>6</sup> Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. E-mail: joseiannacone@gmail.com

Neotropical Helminthology, 2015, 9(2), jul-dec: 211-234.

**ABSTRACT**

Biological control, as an alternative method for vector confrontation, becomes more necessary every day due to the development of resistance to insecticides. With the objective of characterizing the fluvial ecosystems of the Sancti Spíritus Province, as well as the anthropogenic and environmental factors that influenced the permanency and distribution of the larvivoracious fish fauna, six samples were used in 90 fluvial ecosystems belonging to the eight municipalities that make up the province. The obtained data was compared with the results of samplings carried out in previous decades. We identified 15 species of fish grouped into 12 genera and six families. The high bio-regulative capacity of the species *Gambusia punctata* and *Gambusia puncticulata* was demonstrated. The environmental factors that showed major influence, without considering the space variables, for the endemic, naturalized and exotic fish were contamination, the slope and vegetative covering, and space variables involving municipalities, habitat and contamination. Changes were evidenced in the populations of the actual fluvial fish fauna of Sancti Spiritus, consistent in the increment of the number of genera and species. The substantial increase of the exotic species, as much in reservoir as in municipalities, caused a reduction of three representative species within the realm of fish control, which elevates the entomo-epidemiological risk at an ecological level.

**Key words:** anthropogenic factors - bioregulator capacity - biological control - fluvial ecosystems - fluvial ictiofauna - Sancti Spíritus.

## RESUMEN

El control biológico, como alternativa de enfrentamiento a los organismos vectores, se hace cada día más necesario debido al desarrollo de la resistencia a insecticidas. Con el objetivo de caracterizar los ecosistemas fluviales de la provincia Sancti Spiritus, así como los factores antropogénicos y ambientales que influyeron en la permanencia y distribución de la ictiofauna larvívora, se realizaron seis muestreos, en 90 ecosistemas fluviales de los ocho municipios que conforman la provincia. Los datos obtenidos fueron comparados con los resultados de muestreos realizados en las décadas anteriores. Se identificaron 15 especies de peces agrupadas en 12 géneros y seis familias. Se demostró la alta capacidad biorreguladora de las especies *Gambusia punctata* y *Gambusia puncticulata*. Los factores ambientales que mayor influencia ejercieron, sin considerar las variables espaciales, para los peces endémicos, naturalizados y exóticos fueron la contaminación, la pendiente y la cobertura de la vegetación y considerando las variables espaciales, resultaron ser los municipios, el hábitat y la contaminación. Se evidenciaron cambios en las poblaciones de la ictiofauna fluvial espirituana actual, consistente en el incremento del número de géneros y especies. El aumento sustancial de las especies exóticas, tanto en reservorios como en municipios y número de ejemplares, provocó una reducción de tres especies emblemáticas dentro del ictiocontrol, lo que a nivel ecológico eleva el riesgo entomoepidemiológico.

**Palabras clave:** capacidad biorreguladora - control biológico - ecosistemas fluviales - factores antropogénicos - ictiofauna fluvial - Sancti Spiritus.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de las enfermedades transmitidas por mosquitos compromete cada vez más a la comunidad científica a priorizar la búsqueda de alternativas de control biológico, donde destaca el uso de peces larvívoros (Fernández *et al.*, 2005, Valero *et al.*, 2006; Walshe *et al.*, 2013; Phukon & Biswas, 2013). Ello ha ido cobrando cada día mayor auge, principalmente en países tropicales, donde las enfermedades transmitidas por mosquitos constituyen un azote para la salud humana (Bisset *et al.*, 2004; Seng *et al.*, 2008; Ghosh *et al.*, 2011). En estos casos, los peces larvívoros son una de las pocas alternativas de control a su alcance y en ocasiones, el único agente de control biológico disponible (Iannacone & Alvariño, 1997; Mohamed, 2003; Manna *et al.*, 2011; Aditya *et al.*, 2012; Rao, 2014).

Los estudios sobre control biológico y su uso en el control de mosquitos tuvieron su auge en

las décadas del 80 y 90 del siglo pasado en Cuba, cuando se realizaron diferentes estudios de laboratorio y campo para medir la eficacia de insectos acuáticos y peces; además, se promovió la utilización de nemátodos y bacterias esporógenas en la regulación de diferentes especies de culícidos, principalmente, en criaderos naturales (García & González, 1986; Santamarina & Pérez, 1997; Koldenkova *et al.*, 1990, Tamada, 2011).

Las investigaciones realizadas sobre la ictiofauna fluvial del centro del archipiélago cubano son escasas y más aún, las relacionadas con la línea del empleo de los peces dulceacuícolas en el control de las poblaciones larvales de mosquitos con interés entomoepidemiológico (Fimia-Duarte *et al.*, 2009). Una de las primeras investigaciones al respecto, fue la realizada por Vergara (1980), donde se hace alusión a las principales características de la ictiofauna dulceacuícola cubana y se menciona por primera vez la especie *Gobiosoma spes* (Ginsburg, 1939),

colectada en Tunas de Zaza, provincia Sancti Spíritus. Ante el resurgimiento de enfermedades transmitidas por mosquitos, se hace necesaria la utilización del control integrado sobre los mismos (Fimia-Duarte *et al.*, 2010). El control biológico y específicamente, el empleo de peces larvífagos es una alternativa que la comunidad científica prioriza cada vez más, por ser ecológicamente segura (Rojas *et al.*, 2004; Hernández & Márquez, 2006; Kumar & Hwang, 2006; Agostinho *et al.*, 2010; Phukon & Biswas, 2013).

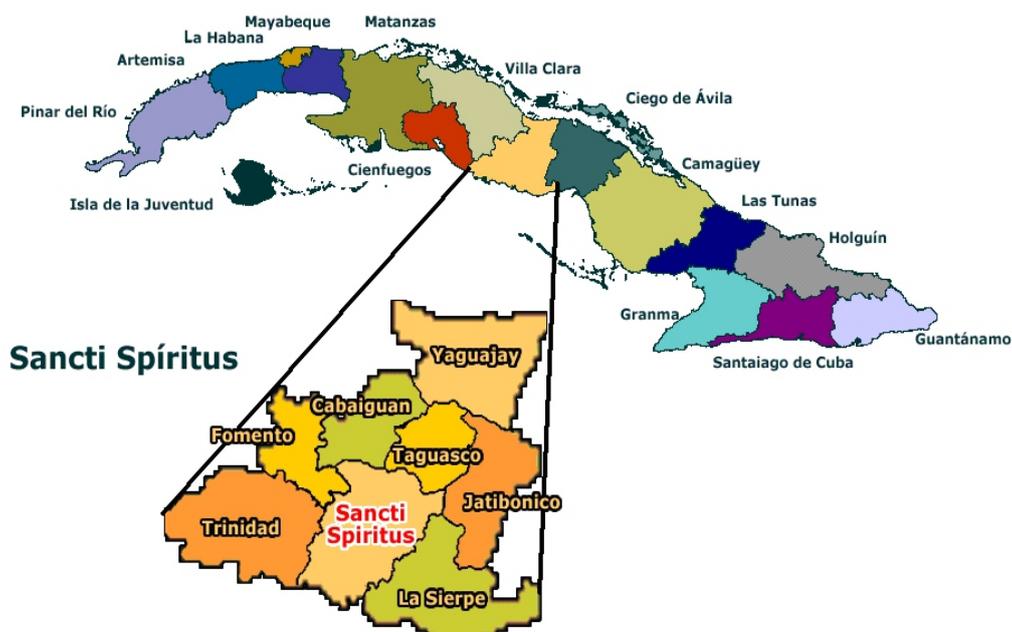
El objetivo de la investigación estuvo encaminado a identificar los factores antropogénicos y ambientales que inciden sobre la ictiofauna larvívora fluvial de la provincia Sancti Spíritus, Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

*Descripción del sitio de estudio.* La investigación se llevó a cabo en la provincia

Sancti Spíritus, la cual está ubicada en la región central de la isla de Cuba, la misma está conformada por ocho municipios: Yaguajay, Jatibonico, Taguasco, Cabaiguán, Fomento, Trinidad, Sancti Spíritus y La Sierpe. Tiene límites al oeste con Villa Clara, al este, con la provincia Ciego de Ávila, al sur tiene límites geográficos con Cienfuegos (Fig. 1). La extensión superficial de la provincia es de 6736, 51 km<sup>2</sup>, con un total de 462758 habitantes, para una densidad poblacional de 68, 69 habitantes por km<sup>2</sup> y cuenta con 194 asentamientos poblacionales.

Universo de muestreo. De un universo total de 130 ecosistemas fluviales, distribuidos en los ocho municipios de la provincia Sancti Spíritus, se tomaron muestras en 90 reservorios (69, 23%). La distribución por municipios fue la siguiente: Yaguajay 20/29 (68, 96%); Jatibonico 9/9 (100%); Taguasco 8/8 (100%); Cabaiguán 7/7 (100%); Fomento 7/7 (100%); Trinidad 6/6 (100%); Sancti Spíritus 29/60 (48, 33%) y La Sierpe 4/4 (100%). El mayor número de reservorios muestreados correspondió a las zanjas (43),



**Figura 1 .** Mapa administrativo de la provincia Sancti Spíritus, Cuba. Fuente: Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus.

seguido de los arroyos (19), los ríos (16), cañadas (6), esteros (4) y las lagunas (2). Se realizaron seis muestreos, dos en el año 2000 (el primero en el mes de marzo y el segundo, en junio), dos en el año 2005 (meses de marzo y junio) y dos en el año 2011 (meses de marzo y agosto), por lo que se abarcaron los dos períodos estacionales existentes en Cuba (lluvioso: mayo a octubre y poco lluvioso: noviembre hasta abril).

Colecta de peces. Para la realización de los muestreos y colecta de los peces en los reservorios se utilizó un jamo de malla plástica milimétrica (1,5 mm de diámetro), cuyas dimensiones son: 70 x 50 x 50 cm, con 150 cm de mango. Se efectuaron tres lances con el jamo a 2,5 m de distancia entre lances (en el área de mayor presencia visible de peces). Las muestras obtenidas fueron depositadas en formol al 2%, la mayor parte en frascos de cristal, mientras que el resto, fue trasladado en bolsas de nailon de 5 L y 20 L, con agua de los propios reservorios dentro de baldes plásticos de 25 L hacia el Instituto de Medicina Tropical «Pedro Kourí», donde se realizaron los estudios de identificación de cada especie, basados en las claves e ilustraciones de Koldenkova & García (1990), Bussing (2002) y Iannacone & Alvarino (1997).

*Variables que se analizaron en la investigación*  
*Variables abióticas. Área:* se calculó multiplicando el largo por el ancho del reservorio, se expresó en m<sup>2</sup>. *Profundidad:* se midió con una regla de madera de 300 cm de largo y se expresó en cm los resultados obtenidos. *Movimiento del agua:* por observación; se clasificó en *lótico* (lotic: apelativo de los ecosistemas dulceacuícolas de aguas corrientes) y *léntico* (lentic: relativo a los hábitaculos dulceacuícolas de aguas estancadas, sin movimiento). *Grado de pendiente:* escuadra a 90°. *pH:* se midió por medio del papel indicador Duotest<sup>®</sup> pH 5,0-8,0 (MACHEREY- NAGEL, Alemania). *Temperatura:* termómetro digital (INKL.

BATTERIE, China). *Contaminación del agua:* se basó en la identificación de las especies de algas presentes en los ecosistemas fluviales muestreados, que permitan discernir entre aguas limpias y/o contaminadas (Iannacone *et al.*, 2013), así como en la presencia e identificación de especies de moluscos fluviales, los cuales son extremadamente sensibles a los cambios de la calidad del agua, por lo que constituyen excelentes indicadores para determinar la calidad de la misma (Fimia-Duarte *et al.*, 2014a,b).

*Variables bióticas. Presencia y abundancia de la vegetación:* se determinó mediante la observación directa en cada ecosistema fluvial, para lo cual se establecieron rangos de valores arbitrarios, de acuerdo con el grado de abundancia de la vegetación (Abundante: más del 75% de la superficie, Media: entre el 25-75%, Escasa: 5-25% y Nula: sin presencia alguna de vegetación). *Peces fluviales:* se tuvo en cuenta, tanto las especies de peces endémicas y naturalizadas, como las especies exóticas introducidas en los ecosistemas fluviales de la provincia Sancti Spíritus, lo cual es un elemento dentro de la acción antropogénica.

*Variables Contextuales. Municipios:* variable contextual espacial y hábitat: se refiere a los diferentes tipos de ecosistemas fluviales incluidos en el estudio: ríos, arroyos, lagunas, zanjas, cañadas y esteros.

*Análisis estadístico.* En el desarrollo analítico de este trabajo se pueden distinguir tres etapas: 1. Una etapa descriptiva, consistente en la caracterización de la distribución de peces en los diferentes hábitat, teniendo en cuenta dos niveles de acercamiento espacial: reservorios (hábitat) y municipios. 2. La etapa relacional bivariable, que incluyó como objetivo fundamental, caracterizar los factores bióticos y abióticos en los ecosistemas fluviales y reservorios de la ictiofauna del territorio, para establecer los diferenciales más relevantes en

los distintos hábitat, esto incluye tanto la variabilidad interna (dentro de un mismo hábitat), como la variabilidad externa (entre los hábitat). En el caso de variables de nivel de medición ordinal (área y pendiente) que generaron más de dos estratos, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y para las variables dicotómicas, se empleó la prueba de homogeneidad de  $X^2$  (ambos estadígrafos y su probabilidad se reporta con un símbolo de\* en la tabla). Finalmente, para hacer comparables e independientes de los grados de libertad de las distintas dimensiones analizadas, se utilizó el cálculo de la V de Cramer, la que se basa en las distancias al centroide grupal. Para las variables cuantitativas continuas, como pH y temperatura se utilizó el análisis de varianza teniendo en cuenta el carácter normal de la distribución. 3. Una etapa de análisis multivariante para considerar de conjunto la influencia de factores bióticos, abióticos y contextuales, tanto en la ausencia/presencia de peces endémicos, naturalizados y exóticos. En una primera aproximación, las variables en su conjunto fueron llevadas a un análisis

discriminante multivariado, para discernir la presencia o ausencia de peces endémicos y naturalizados e igual procedimiento se realizó para la presencia o ausencia de peces exóticos, teniendo en cuenta el carácter generalmente antagonico de ambos grupos. Para considerar de conjunto los factores influyentes en la distribución de peces endémicos, naturalizados y exóticos, incluyendo dos niveles de acercamiento espacial, se utilizaron árboles de decisión, mediante el método CRT (Árbol de Clasificación y Regresión, el cual divide los datos en segmentos para que sean lo más homogéneos posibles respecto a la variable independiente), lo que permite identificar el orden de importancia normalizada de las variables analizadas, es decir, mientras más alto/arriba se encuentre la variable, mayor peso, incidencia o valor discriminante tendrá la misma en el análisis (Expósito *et al.*, 1997).

En los seis muestreos realizados en los 90 ecosistemas fluviales se logró identificar 15 especies de peces, agrupados en 12 géneros y seis familias (Tabla 1).

**Tabla 1.** Ictiofauna fluvial según especie, condición y familia de la provincia de Sancti Spíritus, Cuba.

| Especie   | Estatus | Familia         |
|---|---------|-----------------|
| <i>Gambusia punctata</i> (Poey, 1854)                         | E       | Poeciliidae     |
| <i>Gambusia puncticulata</i> (Poey, 1854)                     | N       | Poeciliidae     |
| <i>Girardinus denticulatus</i> (Garman, 1895)                 | E       | Poeciliidae     |
| <i>Girardinus falcatus</i> (Eigenmann, 1903)                  | E       | Poeciliidae     |
| <i>Girardinus metallicus</i> (Poey, 1854)                     | E       | Poeciliidae     |
| <i>Limia vittata</i> (Guichenot, 1853)                        | E       | Poeciliidae     |
| <i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1895)                     | N       | Poeciliidae     |
| <i>Xiphophorus maculatus</i> (Geinther, 1866)                 | I       | Poeciliidae     |
| <i>Cyprinodon variegatus</i> (Poey, 1860)                     | N       | Cyprinodontidae |
| <i>Cubanichthys cubensis</i> (Eigenmann, 1903)                | E       | Cyprinodontidae |
| <i>Cichlasoma tetraacanthus</i> (Cuvier & Valenciennes, 1831) | N       | Cichlidae       |
| <i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger, 1897)                     | I       | Cichlidae       |
| <i>Clarias gariepinus</i> (Burdrell, 1882)                    | I       | Ictaluridae     |
| <i>Dormitator maculatus</i> (Bloch, 1792)                     | N       | Eleotridae      |
| <i>Betta splendens</i> (Regan, 1884)                          | I       | Osphronemidae   |

Leyenda. E: Endémico; I: Introducido; N: Naturalizado. Fuente: Laboratorio de Control Biológico de la Vicedirección de Parasitología del Instituto de Medicina Tropical «Pedro Kourí» (IPK), Cuba.

De las seis familias identificadas, la Poeciliidae fue la mejor representada y distribuida, al estar presente en el 100% de los municipios estudiados (Tabla 2).

**Tabla 2.** Distribución de las familias de peces fluviales de la provincia de Sancti Spíritus, Cuba.

| Municipios  | Familias identificadas |                 |           |             |            |               | Total |
|-------------|------------------------|-----------------|-----------|-------------|------------|---------------|-------|
|             | Poeciliidae            | Cyprinodontidae | Cichlidae | Ictaluridae | Eleotridae | Osphronemidae |       |
| Yaguajay    | X                      | X               | X         | -           | -          | -             | 3     |
| Jatibonico  | X                      | -               | -         | -           | -          | X             | 2     |
| Taguasco    | X                      | -               | -         | -           | -          | -             | 1     |
| Cabaiguán   | X                      | -               | -         | -           | -          | -             | 1     |
| Fomento     | X                      | -               | X         | X           | -          | -             | 3     |
| Trinidad    | X                      | X               | -         | -           | X          | -             | 3     |
| S. Spíritus | X                      | -               | X         | X           | -          | X             | 4     |
| La Sierpe   | X                      | -               | X         | X           | -          | -             | 3     |
| Total       | 8                      | 2               | 4         | 3           | 1          | 2             | 20    |

**Fuente:** Laboratorio de Control Biológico de la Vicedirección de Parasitología del Instituto de Medicina Tropical «Pedro Kourí» (IPK), Cuba.

Se colectaron un total de 15260 ejemplares de peces (Tabla 3), de los cuales 10068 fueron hembras (66,0 %) y 4710 (30,8 %) machos. Hay que tener en cuenta que a las especies exóticas *T. rendalli* y *C. gariepinus* no se les determinó el sexo (482 ejemplares), ya que la totalidad de los especímenes colectados eran alevines y juveniles, es decir, se encontraban en fases inmaduras de su ciclo biológico, lo cual hace difícil la determinación del sexo.

En el caso de las especies por municipios, resultaron ser en primer lugar *P. reticulata* (31,7%), seguida de *G. punctata* (27,4%), luego *Girardinus metallicus* (12,1%), en cuarto lugar, *Limia vittata* (10,7%) y a continuación *G. puncticulata* (7,2%), las especies mejor representadas y distribuidas. Los mayores valores de número de individuos por especie, en cuanto a los municipios, correspondieron en primer lugar a Sancti Spíritus (32,2%), a continuación Yaguajay

(18,5%), Cabaiguán (13,1%) y Fomento (10,7%). Se reafirman los municipios de Yaguajay (12 especies), Fomento y Sancti Spíritus (ambos con 10 especies) como los de mayor riqueza de especies (Tabla 3).

En relación con las especies exóticas introducidas en los criaderos donde ovipositan y crían los mosquitos (*B. splendens*, *C. gariepinus*, *T. rendalli* y *X. maculatus*), la tercera de estas estuvo presente en seis municipios, mientras que la segunda se recolectó en cuatro municipios; *X. maculatus*, en tres y solo en los municipios de Jatibonico y Sancti Spíritus, la especie *B. splendens*. Los municipios de Yaguajay, Fomento y Sancti Spíritus mostraron mayor número de especies, así como los valores de abundancia o densidades relativas en cuanto a las especies introducidas (con tres de las cuatro recolectadas) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Distribución de los ejemplares de peces colectados por especie y municipio en los seis muestreos de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

| Especies de peces              | Municipios  |            |             |             |             |             |             |            | Total        |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------|
|                                | 1           | 2          | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8          |              |
| <i>Gambusia punctata</i>       | 995         | 205        | 424         | 144         | 721         | 240         | 1156        | 303        | 4188         |
| <i>Gambusia puncticulata</i>   | 280         | 37         | 0           | 7           | 195         | 86          | 471         | 37         | 1113         |
| <i>Girardinus denticulatus</i> | 63          | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 63           |
| <i>Girardinus falcatus</i>     | 117         | 0          | 0           | 1           | 18          | 0           | 0           | 0          | 136          |
| <i>Girardinus metallicus</i>   | 466         | 0          | 249         | 58          | 197         | 0           | 859         | 22         | 1851         |
| <i>Limia vittata</i>           | 527         | 0          | 161         | 18          | 193         | 63          | 551         | 134        | 1647         |
| <i>Poecilia reticulata</i>     | 4           | 373        | 628         | 1769        | 187         | 229         | 1471        | 189        | 4850         |
| <i>Xiphophorus maculatus</i>   | 152         | 0          | 0           | 0           | 26          | 0           | 93          | 0          | 271          |
| <i>Cyprinodon variegatus</i>   | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 380         | 0           | 0          | 380          |
| <i>Cubanichthys cubensis</i>   | 91          | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 91           |
| <i>Cichlasoma tetracanthus</i> | 37          | 0          | 0           | 5           | 28          | 0           | 66          | 19         | 155          |
| <i>Tilapia rendalli</i>        | 60          | 0          | 5           | 5           | 57          | 0           | 136         | 3          | 266          |
| <i>Clarias gariepinus</i>      | 32          | 0          | 0           | 0           | 21          | 0           | 118         | 45         | 216          |
| <i>Dormitator maculatus</i>    | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 30          | 0           | 0          | 30           |
| <i>Betta splendens</i>         | 0           | 1          | 0           | 0           | 0           | 0           | 2           | 0          | 3            |
| <b>Total</b>                   | <b>2824</b> | <b>616</b> | <b>1467</b> | <b>2007</b> | <b>1643</b> | <b>1028</b> | <b>4923</b> | <b>752</b> | <b>15260</b> |

Leyenda: 1: Yaguajay, 2: Jatibonico, 3: Taguasco, 4: Cabaiguán, 5: Fomento, 6: Trinidad, 7: Sancti Spiritus, 8: La Sierpe.

La tabla 4 muestra la matriz de confusión del análisis discriminante, en ella vemos la concordancia del 77,2% de clasificación correcta; fue un requisito de este análisis un valor mínimo del 75% para considerar la clasificación correcta, esto permitió avanzar hacia el orden de importancia que tienen las variables que conforman la clasificación

(Tabla 5), en ella apreciamos los coeficientes de correlación ( $r$ ) de cada variable con la función multivariante, lo cual explica el orden de importancia de cada variable y se observa que la contaminación ocupó el primer lugar en orden de importancia, seguida de la pendiente, la abundancia de la vegetación y el movimiento del agua.

**Tabla 4.** Clasificación de factores bióticos y abióticos para la presencia /ausencia de peces endémicos y naturalizados en los municipios de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

| Grupos originales | Grupos predichos por factores bióticos y abióticos |            | Total |
|-------------------|--|------------|-------|
|                   | Presencia  | Ausencia   |       |
| Presencia         | 75 (85,2%)   | 13(14,8%)  | 88    |
| Ausencia          | 28 (30,4%)   | 64 (69,6%) | 92    |

77,2% de casos correctamente clasificados.

**Tabla 5.** Orden de importancia normalizada de las variables bióticas y abióticas para la presencia /ausencia de peces endémicos y naturalizados en los municipios de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

| Variables                 | r      |
|---------------------------|--------|
| Contaminación             | 856    |
| Pendiente                 | -0,449 |
| Abundancia de vegetación  | 0,386  |
| Movimiento del agua       | 0,255  |
| Área                      | -0,108 |
| Presencia de vegetación   | 0,086  |
| Posición de la vegetación | 0,014  |

Se constató que los factores bióticos y abióticos son capaces de explicar la presencia o ausencia de peces endémicos y naturalizados, con un 77% de certeza. Las variables determinantes de la presencia de estos peces son, en primer lugar, la ausencia de contaminación, la pendiente, la abundancia de

la vegetación y el movimiento del agua. El resto de las variables no resultan determinantes (Tablas 4 y 5).

La relación entre los peces exóticos introducidos con los factores bióticos y abióticos se muestra en las tablas 6 y 7.

**Tabla 6.** Clasificación de factores bióticos y abióticos para la presencia /ausencia de peces exóticos en los municipios de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

| Grupos originales | Grupos predichos por factores bióticos y abióticos |           | Total |
|-------------------|--|-----------|-------|
|                   | Presencia  | ausencia  |       |
| presencia         | 91 (80,5%)   | 22(19,5%) | 113   |
| ausencia          | 31(47,7%)  | 36(52,3%) | 67    |

70,2% de casos correctamente clasificados.

Los resultados de este análisis multivariante, para el caso de los peces exóticos, son interesantes. En primer lugar, el análisis que permitiría explicar la ausencia/presencia de los peces exóticos solo alcanzó un 70,2% de

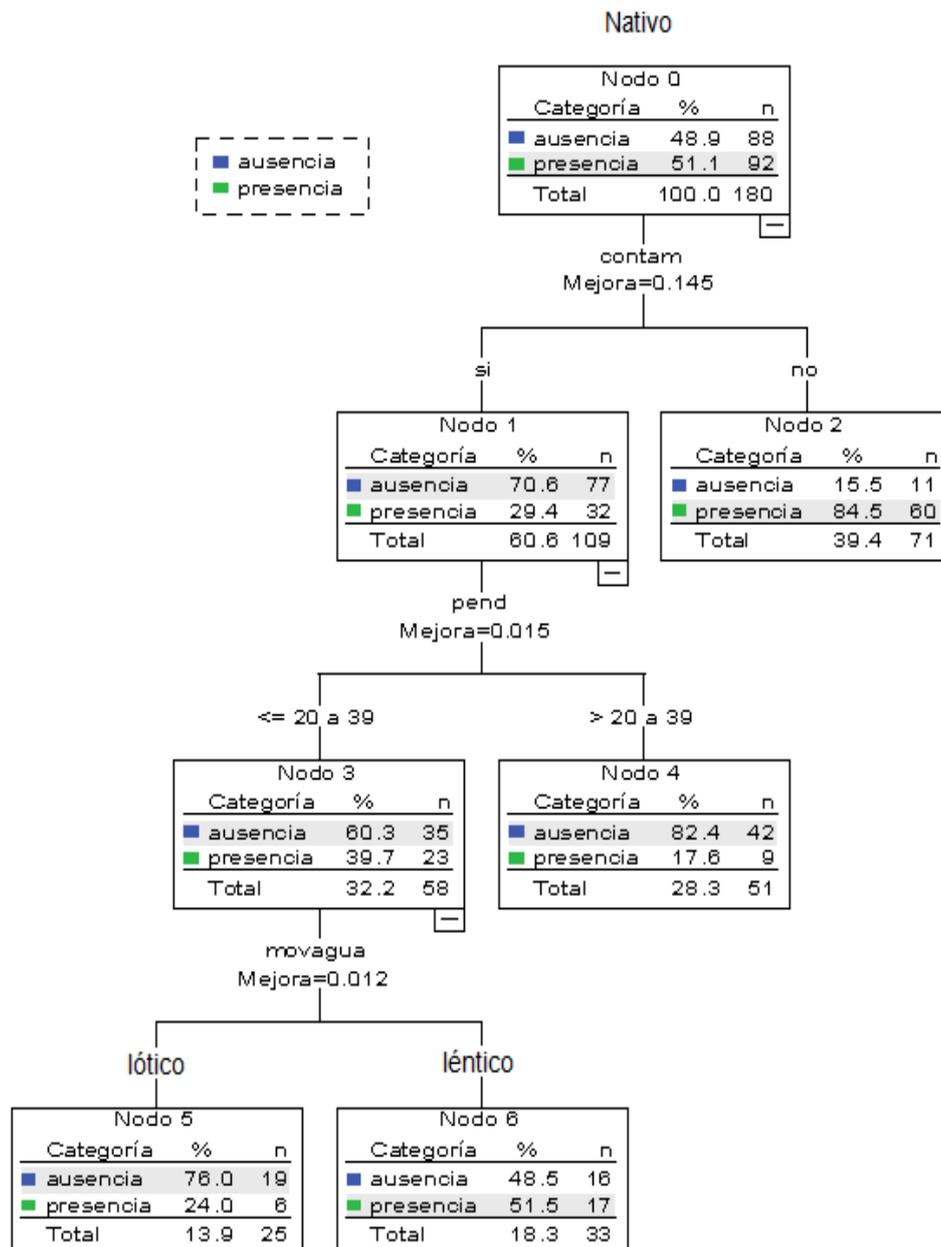
clasificación correcta, lo que invalida la predictibilidad del modelo basado en factores bióticos y abióticos para el caso de los peces exóticos (Tablas 6 y 7).

**Tabla 7.** Orden de importancia normalizada de las variables bióticas y abióticas para la presencia /ausencia de peces exóticos en los municipios de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

| Variables                   | r      |
|-----------------------------|--------|
| Contaminación               | -0,870 |
| Pendiente                   | -0,432 |
| Área                        | 0,305  |
| Movimiento del agua         | 0,126  |
| Posición de la vegetación   | 0,117  |
| Abundancia de la vegetación | -0,044 |
| Presencia de vegetación     | -0,020 |

Al igual que en los peces nativos, la contaminación fue la variable más discriminante, pero al observar el signo de su coeficiente de correlación con la función multivariante (r), se observa el carácter inverso del mismo, en relación con el modelo para peces nativos; lo que denota las condiciones

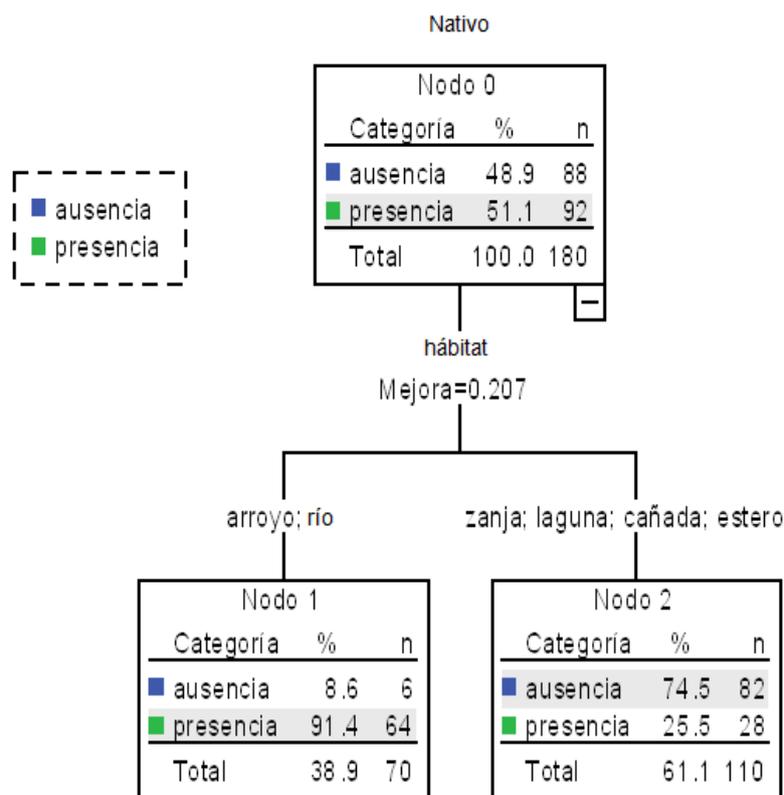
inversas del nivel de contaminación para uno y otro grupo. De igual forma, la pendiente, segunda variable en importancia en ambos grupos, tiene carácter inverso para ambos. El resto de las variables ocupa diferentes posiciones y menor importancia en la diferenciación (Tabla 7).



**Figura 2.** Determinantes para la presencia de peces endémicos y naturalizados sin considerar variables contextuales espaciales en los municipios de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. Leyenda: contam: *contaminación*, pend: *pendiente*, movagua: *movimiento del agua*.

Para complementar los resultados anteriores se utilizaron árboles de decisión que permitieron identificar el papel de las variables bióticas, abióticas y contextuales en la presencia/ausencia de peces, tanto nativos como exóticos. En una primera variante del análisis, se consideraron las variables bióticas y abióticas para la presencia/ausencia de peces endémicos y naturalizados, sin incluir las variables espaciales (municipio, hábitat). Los resultados se muestran en los árboles de decisiones, donde se observa que la determinación de la presencia de peces endémicos depende, en primera instancia, de la ausencia de contaminación (explica el 84% de los hallazgos), seguida de la pendiente (menor de 20 grados), y en tercer lugar, el movimiento

del agua, de tipo léntica (Figura 2). Cuando se incorporan las variables espaciales, es decir, tipo de hábitat y municipio, se observa que el árbol se corta abruptamente (Figura 3), es decir, bastó solamente la variable hábitat para explicar la ausencia o presencia de los peces endémicos y naturalizados, así tenemos que en el caso de estos peces, las condiciones del hábitat están fuertemente correlacionadas a los factores bióticos y abióticos, que caracterizaron los diferentes tipos de hábitat, con lo que quedó implícito y se determinó la ausencia/presencia de estos peces. Esto se traduce en la mayoritaria presencia de dichos peces en arroyos y ríos y una marcada ausencia en el resto de los hábitats considerados.



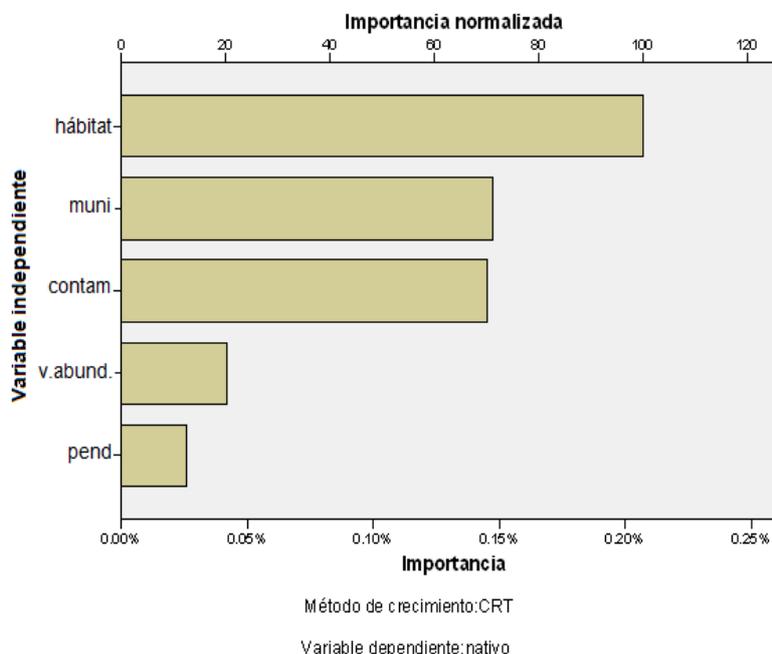
**Figura 3.** Determinantes para la presencia de peces endémicos y naturalizados considerando variables contextuales espaciales en los municipios de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

Es interesante destacar que para los peces endémicos y naturalizados, la variable de menor acercamiento geográfico (municipio) queda subordinada al hábitat, y definitivamente, la diferenciación por municipios está dada, en lo fundamental, por la diferente composición de hábitat que ellos presentan.

El diagrama de barras muestra el orden de importancia normalizada de las variables

explicativas y se observa la subordinación de la escala municipal al hábitat, seguida de los factores contaminación, abundancia de la vegetación y pendiente (Figura 4).

Se evidencia que la presencia de peces nativos parece estar determinada por el tipo de hábitat, con predominio marcado de arroyos y ríos y el bajo nivel de contaminación, pendientes suaves y movimiento de aguas léntico.



**Figura 4.** Orden de importancia normalizada de las variables en la decisión ausencia/presencia de peces endémicos y naturalizados en los municipios de la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Fuente: *árboles de decisión*. Leyenda: *muni*: municipios, *v. abund*: vegetación abundancia, *pend*: pendiente.

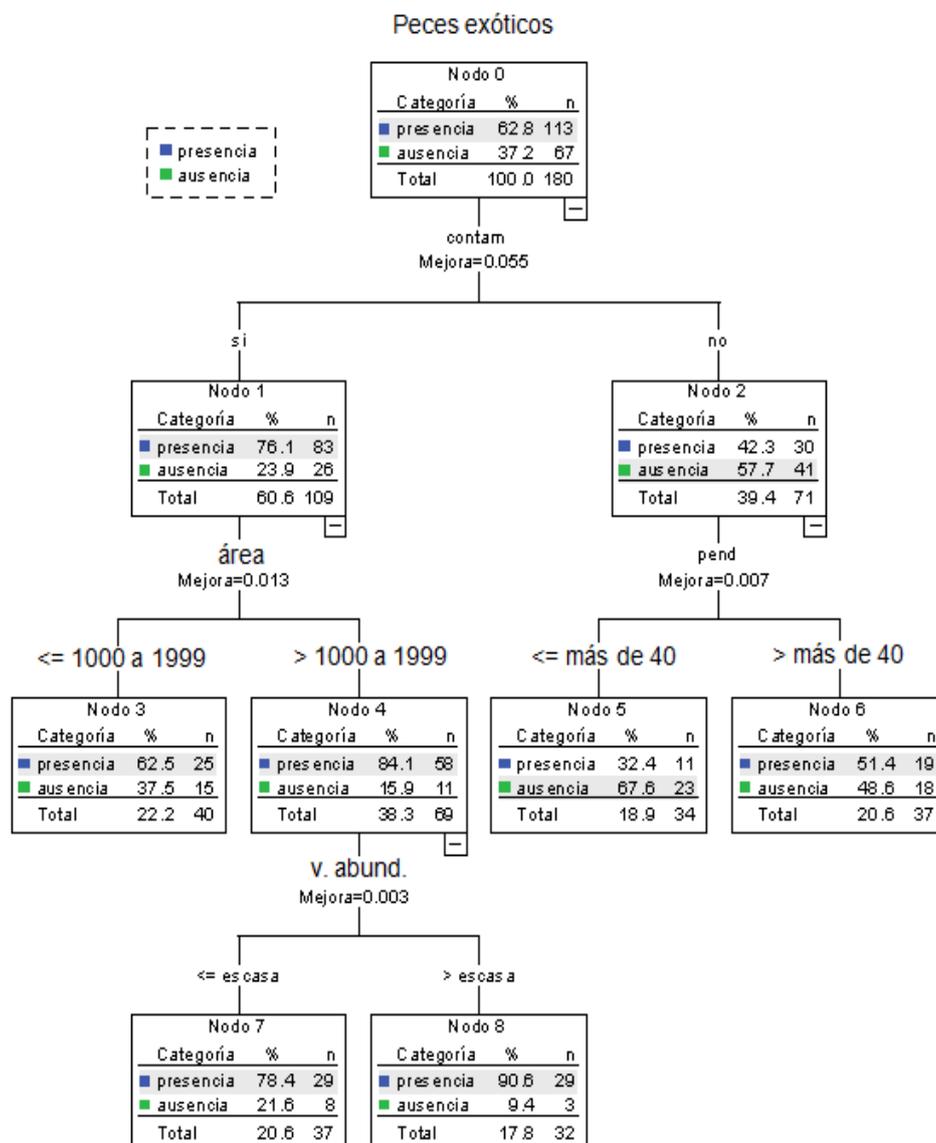
En el caso de los peces introducidos, se siguió el mismo análisis que en los peces endémicos y naturalizados, y en primer lugar, sin considerar el contexto espacial, se obtiene nuevamente la variable contaminación (Figura 5), pero en este caso, en relación inversa con la de los peces nativos determinó la presencia de los peces exóticos, debido a su mayor resistencia frente a este factor adverso, así, ellos predominan en hábitat que muestran alto nivel de

contaminación (76,1%) y si se analizan los porcentajes menos extremos de ambos árboles en esta determinación, ello es indicativo de la mayor adaptabilidad de los peces exóticos en relación con las condiciones ambientales.

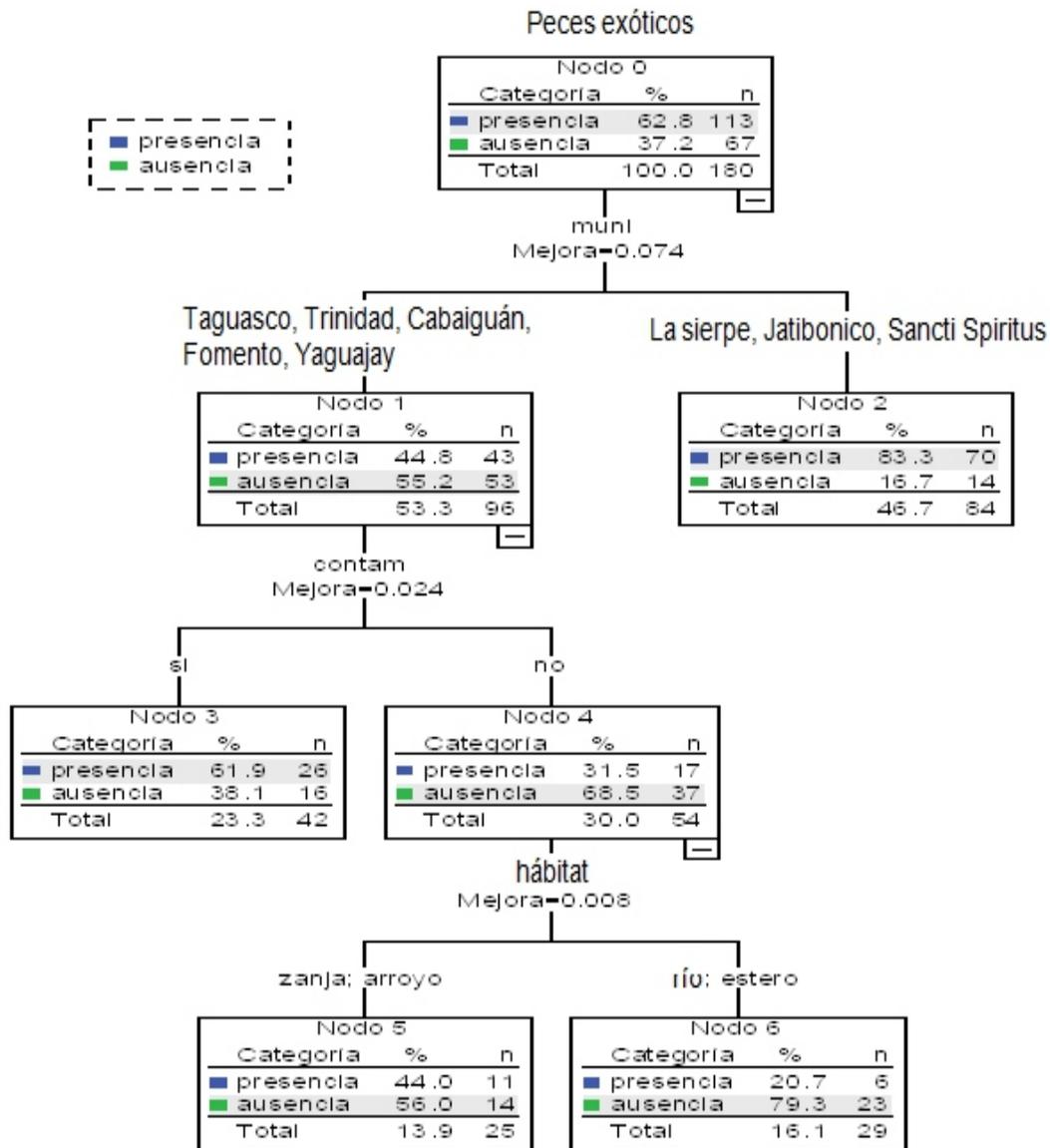
En segundo lugar, para los peces exóticos la variable área resulta de importancia para los hábitats que presentan contaminación y explica la presencia de estos peces en hábitat

de áreas de 1000 a 1999 m<sup>2</sup>, mientras que para los hábitats de menor contaminación, la siguiente variable que determina es la pendiente, caracterizada por pendientes pronunciadas. Para los hábitats de grandes áreas, continúa como variable influyente la condición de vegetación escasa, en concordancia con los niveles de contaminación más elevados, que son

determinantes en primer lugar (Figura 5). De manera que, se obtienen dos reglas de decisión para la presencia de peces exóticos sin tener en cuenta el contexto espacial: Cuerpos de agua contaminados, de áreas grandes y escasa vegetación. Cuerpos de agua no contaminados y de pendientes pronunciadas. Al incorporar el contexto espacial (hábitat y municipio) obtenemos la figura 6.



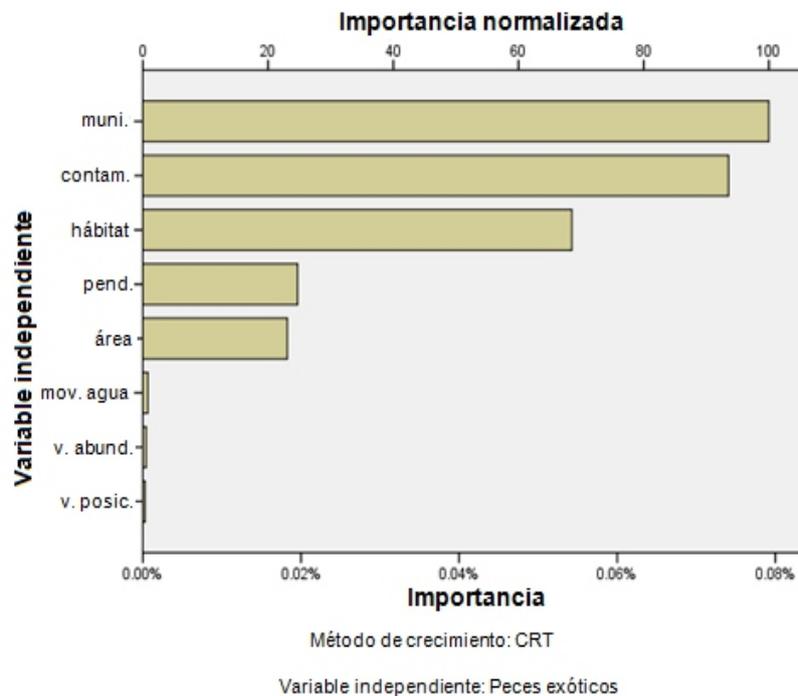
**Figura 5.** Determinantes para la presencia de peces exóticos sin considerar variables contextuales espaciales en los municipios de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. *Leyenda:* v.abund.: vegetación abundancia, *pend:* pendiente.



**Figura 6.** Determinantes para la presencia de peces exóticos considerando variables contextuales espaciales en los municipios de la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. *Legenda:* *muni*: municipios, *contam*: contaminación.

Se puede apreciar que al incorporar estas variables espaciales, el municipio toma el mayor nivel discriminatorio; se muestra que estos peces predominan en La Sierpe, Jatibonico y Sancti Spíritus (83,3%), mientras que se presentan de forma ambivalente en el resto. La siguiente variable para los municipios es la presencia de contaminación, así aquellos cuerpos de agua que la presentan, acogen el

61,9% de los peces exóticos detectados, mientras que el resto no contaminado, se explica mediante el tipo de hábitat y, entonces, su presencia se concentra, en este caso, en zanjas y arroyos (Fig. 6). De forma resumida, se presenta en la figura 7 el orden de importancia normalizada, tras considerar, para los peces exóticos, todas las variables objeto de análisis:



**Figura 7.** Orden de importancia normalizada de las variables en la decisión ausencia/presencia de peces exóticos en los municipios de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. Fuente: árboles de decisión. Leyenda: v.posic: vegetación posición.

Se observa la determinación, en primer lugar, de las municipalidades, seguida de la presencia de contaminación en los cuerpos de agua, el hábitat y otros factores, fundamentalmente abióticos en su distribución (Fig. 7).

## DISCUSIÓN

Distribución de peces fluviales colectados por especies y municipios

El número de especies de peces identificadas en este trabajo para la provincia Sancti Spiritus fue de 15. En estudios realizados con anterioridad por Koldenkova & García (1990) describen 13 especies, similar al nuestro. De éstas, no coincidimos con tres especies del

género *Rivulus*, que no se encontraron, pero adicionamos a la lista dos nuevas especies: *G. denticulatus* y *G. falcatus*. Por otra parte, Hernández (1999), en un estudio realizado sobre las especies de aguas interiores, relacionó un número mayor de especies, pero se realizó en todas las provincias del país.

Del total de especies identificadas, la mayor cantidad correspondió a las endémicas y naturalizadas (11), lo que coincide con la ictiofauna de sudamérica y las Islas del Caribe, y corrobora la teoría de Iturralde & MacPhee (1999) en relación con el origen de la flora y fauna cubana, que también ha sido demostrado por Rodríguez (2001) para sudamérica, Rojas *et al.* (2003) para Venezuela y Rojas *et al.* (2004) en Perú.

Los municipios donde se colectaron un mayor número de ejemplares de peces; resultaron ser, Sancti Spíritus, Yaguajay, Cabaiguán y Fomento, es decir, municipios con ecosistemas costeros, premontañosos y montañosos, donde, indudablemente, la variedad de los ecosistemas es mayor, lo que brinda más posibilidades para la biodiversidad de organismos (Achá & Fontúrbel, 2003; González, 2006; Cassab *et al.*, 2011). Además, en el caso de los municipios que ocuparon los dos primeros lugares (Sancti Spíritus y Yaguajay), la cifra de ecosistemas fluviales muestreados (29 y 20) fue superior al resto de los municipios (Fimia-Duarte *et al.*, 2009).

El número de individuos identificados en los 90 ecosistemas muestreados en los diferentes años mostraron un total de 6348 especímenes en el año 2000, equivalente al 41,5% del total colectado (15260). En el 2005 la cifra ascendió a 7561, para un 49,5%, mientras que en el 2011, esta cifra descendió bruscamente, a solo 1351 ejemplares, para un 8,8%, *G. punctata* fue la especie mejor repartida y distribuida en los reservorios de Sancti Spíritus antes del año 2000, seguida de las especies naturalizadas *P. reticulata* y *G. puncticulata* (Morejón, 1992). En este estudio, fue *P. reticulata* y *G. punctata* pasó a la segunda posición, pero lo más notorio y preocupante fue que *G. puncticulata* ocupó el quinto lugar, después de *G. metallicus* y *L. vittata* y esta, era una de las especies más abundantes y mejor distribuidas en nuestro país años atrás (García & González, 1986), hecho que se corroboró por la drástica disminución de ejemplares de dicha especie por muestreos, de 1040 en los cuatro muestreos de los años 2000 y 2005 pasó a solo 73 en los dos muestreos del año 2011, por lo que se atribuye esta disminución, en cuanto al número de ejemplares y presencia en los ecosistemas de *G. puncticulata*, al incremento sustancial en los niveles de contaminación de los ecosistemas fluviales espirituanos (actividad doméstica, agricultura y las industrias) y agudización de la competencia interespecífica,

fundamentalmente, con las especies exóticas que se han introducido en estos ecosistemas fluviales, principalmente, *T. rendalli* y *C. gariepinus*, las cuales poseen una mayor plasticidad ecológica y capacidad de adaptación que las especies autóctonas (Ishikawa & Tachihara, 2010; Aditya *et al.*, 2012; Argota *et al.*, 2012b).

Otro aspecto importante fue el hallazgo de tres especies introducidas: *B. splendens*, *C. gariepinus* y *X. maculatus*, que no estaban registradas en los reservorios fluviales en la provincia antes del año 2000. Estas especies introducidas en los ecosistemas fluviales, podrían con el tiempo, ir haciendo un impacto en la red trófica, desplazando a especies competidoras menos fuertes, incidir negativamente sobre las poblaciones de las especies autóctonas llevándolas a la extinción y provocar la proliferación de otras, beneficiadas por la disminución de competencia (Phukon & Biswas, 2013).

En el presente estudio, el número de peces estuvo repartido de forma uniforme (7613 ejemplares recolectados durante los tres muestreos realizados en marzo de los años 2000, 2005 y 2011, para un 49,8%, contra 7647/50,1% del período lluvioso), lo cual demostró que la variación de la abundancia es algo complejo, que puede variar de una localidad a otra e incluso, en el tiempo. Partiendo de la premisa de que todos los organismos dependen de sus relaciones con el medio circundante, que las relaciones de los organismos vivos son muy complejas y están condicionadas por una amplia gama de factores, las especies se ven afectadas de manera diferente en las distintas localidades y períodos estacionales (Berovides & Gerhartz, 2007).

Varios estudios realizados en ríos, tanto lénticos como lóticos, demuestran que la composición de peces varía en dependencia de diferentes factores, asociados a los cuerpos de

agua. De este modo, los peces se distribuyen de forma diferente, de acuerdo con un arreglo de variables, como la profundidad, cobertura de la vegetación, velocidad de la corriente, grado de iluminación y sustrato asociado al fondo (Bussing, 2002; Tamada, 2011; Ponce de León, 2012).

Se reafirmó la familia Poeciliidae como la mejor representada y distribuida; se incluyen en ella las especies de peces con mejores cualidades biorreguladoras sobre las poblaciones larvales de mosquitos, lo cual concuerda con resultados obtenidos por otros autores, tanto en condiciones de laboratorio como naturales (Hernández *et al.*, 2004; Valero *et al.*, 2006; Pamplona *et al.*, 2009; Ghosh *et al.*, 2011).

La representatividad de familias por municipios mostró ser heterogénea. Como se ha planteado, la biodiversidad insular fluvial, está influenciada por factores que inciden directamente sobre el número o riqueza de las especies (características del área de estudio, grado de antropización y las condiciones climáticas), lo que hace que esta no sea elevada, tal y como sucedió en esta investigación. Es bueno aclarar que comparar la riqueza de especies de diferentes comunidades puede ser problemático cuando el esfuerzo o tipo de muestreo no es tomado en cuenta (Mendes *et al.*, 2008). Una alternativa común en ecología es el uso de la riqueza o número de especies, como una aproximación de diversidad y se ha convertido en la medida más usada (Stirling & Wilsey, 2001), ya que brinda algunas ventajas, tales como: representa la variabilidad de especies, es fácil de entender y de medir, entre otras, sin embargo, no reporta información acerca de las especies raras y dominantes en un área. Por lo general, el valor de riqueza o número de especies varía de un lugar a otro dependiendo de los factores antes relacionados, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ponce de León (2012) para la familia

Poeciliidae en nuestro país y con los de Eisen *et al.* (2008) en Estados Unidos.

Los géneros *Gambusia* y *Poecilia* fueron los que mejor representados y distribuidos estuvieron en la investigación, resultado que coincide con los obtenidos en Cuba y otras áreas geográficas (Hernández *et al.*, 2004; Valero *et al.*, 2006; Seng *et al.*, 2008; Ghosh *et al.*, 2011; Argota & Tamayo, 2012).

Si tenemos en cuenta que la ictiofauna cubana está pobremente representada, por alrededor de 55 especies y de estas, 18 que aparecen ocasionalmente o durante una parte de su vida, entonces, no es alto el por ciento de especies estrictamente dulceacuícolas, razón por la cual se hace necesario aprovechar las especies de peces autóctonas en función del ictiocontrol de especies vectoras transmisoras de enfermedades, tal y como se realiza en La India (Chandra *et al.*, 2008; Sarfarazul & Yadav, 2011; Aditya *et al.*, 2012) y en varios países de la región (Iannacone & Alvarino, 1997; Marti *et al.*, 2006; Quintans *et al.*, 2010).

#### Caracterización de los hábitats

Resultaron ser la abundancia de la vegetación, la contaminación, el movimiento del agua y la pendiente, las variables que presentaron los mayores diferenciales entre los hábitats; la presencia de contaminación caracterizó a las cañadas, zanjas y lagunas, sobre todo, la proveniente de la actividad doméstica (acrecentada por la proliferación en la crianza de cerdos y el vertimiento directo a los reservorios aledaños, tanto de heces fecales, como de residuales líquidos y sólidos), la agricultura, con el uso indiscriminado de plaguicidas, herbicidas y fungicidas, así como la industria local espirituana, con un aporte considerable a la carga contaminante en las redes hidrográficas, por parte de los centrales azucareros, destilerías, fábrica de cemento, combinado lácteo río Zaza, entre otras, hasta el punto de predominar en la actualidad, las aguas

negras, donde es prácticamente imposible la supervivencia de la mayoría de las especies de peces con potencialidades biorreguladoras, así como de otros organismos acuáticos, entre estos, los moluscos (Diéguez *et al.*, 2005; Argota *et al.*, 2012b; Fimia-Duarte *et al.*, 2014a,b); además de incidir en el crecimiento de estas especies, tanto de la talla y el peso, lo que evidencia que las condiciones ambientales están resultando ser muy limitadas para las especies de peces que habitan en dichos reservorios, lo cual puede influir en la función depredadora sobre las larvas y pupas de mosquitos, algo similar a lo que está sucediendo en ecosistemas fluviales de la provincia Santiago de Cuba, La Habana y en otras latitudes del planeta (Toft *et al.*, 2004; Cabrera *et al.*, 2008; Argota & Tamayo, 2012)

La abundancia de la vegetación, fue más intensa en los ríos, en especial, la de tipo flotante *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solins y *Pistia stratiotes* (L.), a la cual se encontraron asociadas larvas de las especies *Mansonia titillans* (Walker, 1948) y *Aedeomyia squamipennis* (Lynch Arribáizaga, 1878), lo que concuerda con la ecología de ambas especies (Blanco-Garrido, 2006; González, 2006); mientras que en las cañadas, zanjas y esteros, la vegetación fue escasa. En este resultado influyeron los altos niveles de contaminación de los dos primeros, así como de salinidad en los esteros, lo que constituye un factor limitante para el crecimiento y desarrollo, no solo de la vegetación, sino también de organismos del reino animal (Diéguez *et al.*, 2007; Argota & Tamayo, 2012; Ponce de León, 2012).

El movimiento del agua también fue un factor diferencial entre los hábitats. Los ríos y arroyos se caracterizan por el movimiento lótico y el resto, por el movimiento léntico. El pH y la temperatura de estos cuerpos de agua también presentaron diferencias; en sentido general, los arroyos y ríos se caracterizan por un pH y temperatura menor que el resto de los

reservorios (Rueda *et al.*, 1998), razón por la cual, los ejemplares colectados en las zanjas, lagunas, cañadas y esteros fueron de menor talla, hecho que está dado, porque cuando se eleva la temperatura, aumenta el metabolismo y el consumo de oxígeno, se retarda la velocidad de desarrollo de los organismos acuáticos; resultado que concuerda con los obtenidos por Vila-Gispert *et al.* (2002) y Argota *et al.* (2012a), donde, las especies de peces más pequeñas predominan por lo general en lugares poco profundos y están confinadas hacia las orillas, mientras que las de mayor tamaño se distribuyen preferentemente en zonas profundas de los ecosistemas fluviales, aspecto que concuerda también con los resultados obtenidos por Perera (1996) y Cañete *et al.* (2004) (para la malacofauna cubana) y Argota *et al.* (2012a) para especies de peces en ecosistemas fluviales santiagueros.

Durante el período poco lluvioso, el área de los reservorios se reduce, por lo que las concentraciones de peces tienden a aumentar (se incrementa la densidad poblacional) y por ende, las abundancias relativas y el número de especies, haciendo más fácil la realización del muestreo, así como los lances con el jamo y la captura de un gran número de ejemplares en poco tiempo; durante este período, los reservorios prácticamente mantienen sus aguas sin movimiento (léntico), el número de encuentros entre los integrantes de ese ensamblaje, por consiguiente, aumenta, al igual que la demanda de oxígeno, alimento y espacio vital, trayendo consigo múltiples efectos, tanto intra, como interespecíficos; dichos resultados contrastan con los obtenidos por Diéguez *et al.* (2007), para la malacofauna dulceacuícola de la provincia Camagüey, pero concuerdan con los obtenidos por Argota *et al.*, (2012a,b) en ecosistemas fluviales de la provincia Santiago de Cuba. Por otra parte, hay que tener en cuenta, que a mayor extensión geográfica, mayor reproductividad y diversidad, así como, mayor variabilidad en

atributos reproductivos (Winemiller *et al.*, 2008).

Los factores bióticos y abióticos y su incidencia en las especies de peces fluviales

La investigación evidenció que las variables determinantes para la presencia de los peces endémicos y naturalizados, en relación con los factores bióticos y abióticos, fueron, en primer lugar, la ausencia de contaminación, seguida de las pendientes poco pronunciadas en los cuerpos de agua, la abundancia de vegetación y el movimiento del agua de tipo léntico, por lo que marcaron la diferencia, las variables de tipo abióticas. La introducción en el análisis de variables espacio-contextuales modifican sensiblemente la determinación de la presencia de estas especies (municipio/hábitat); lo cual evidencia la estrecha relación existente entre los organismos vivos y el estado ambiental de los ecosistemas, el comportamiento climático y el hábitat en que se desarrollan e incluso, la realización de sus funciones tróficas, aspectos que concuerdan con lo obtenido por Rainham (2004), y Berovides & Gerhartz (2007) en relación con la biodiversidad y conservación de la vida, donde los usos que se hacen hoy en día, pueden ser consuntivos y no consuntivos, y la mayor parte son del primer tipo.

Para los peces endémicos y naturalizados la variable contextual municipio quedó subordinada al hábitat, ello evidenció cómo las condiciones locales del ecosistema son preponderantes a condiciones contextuales generales, que pudieran ser más representativas de las acciones antropogénicas relacionadas con la introducción a nivel territorial de especies exóticas competitivas (Fimia-Duarte *et al.*, 2009, 2010).

El tipo de hábitat resultó esencial para explicar la ausencia/presencia de los peces endémicos y naturalizados; así quedan implícitos los factores bióticos y abióticos nuevamente, donde la mayor riqueza de especies de peces

fluviales, así como su distribución, correspondió a los ríos y arroyos, cuerpos de agua donde los niveles de contaminación fueron más bajos (aspecto que se corroboró por la presencia en dichos reservorios de varias especies de algas indicadoras de bajos niveles de contaminación), además de que la gran mayoría de los ríos y arroyos poseen menos de 20° de pendiente, hecho que coincide con estudios realizados en ecosistemas fluviales de La Habana y Camagüey (Diéguez *et al.*, 2005; Dorta *et al.*, 2006).

Las zanjas, cañadas y lagunas presentaron altos niveles de contaminación, confirmado por la presencia de la especie de molusco *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) y ejemplares de algas bioindicadoras de contaminación, aspecto evidenciado por la propia observación organoléptica de los cuerpos de agua, que en su mayoría, eran aguas negras, con un alto contenido de elementos contaminantes (Achá y Fontúrbel, 2003; Toft *et al.*, 2004; Iannacone *et al.*, 2013).

Además, se pudo constatar, bajas densidades poblacionales de peces en reservorios de aguas negras y, en ocasiones, la ausencia de especies de peces, hecho que demuestra, que la contaminación constituye un factor limitante, tanto para la presencia de especies, como para el desarrollo de las mismas e incluso, puede influir en la función depredadora y reproductiva de estas (Cabrera *et al.*, 2008; Argota & Tamayo, 2012).

En el caso de hábitat de menor nivel de contaminación, la variable que determinó su presencia fue la pendiente, caracterizada por pendientes pronunciadas; al incorporar el contexto espacial, el municipio tomó el mayor nivel discriminante, seguido de la presencia de contaminación, donde los reservorios que la presentan acogieron la mayor proporción de peces exóticos, mientras que los cuerpos de agua que no la poseen, o su nivel es bajo (en este caso, ríos y arroyos), acogieron una tercera

parte de este tipo de ictiofauna. Otro hallazgo de interés surge al analizar el orden de importancia de las variables en el modelo discriminante, aunque estrictamente, la falta de predictibilidad no permitiría considerar este aspecto y sin embargo, es indicativo de la plasticidad ecológica de estas especies. En términos sencillos: los peces endémicos y naturalizados son sensibles a la contaminación y requieren bajos niveles de la misma para su subsistencia, mientras que los exóticos, menos sensibles, se adaptan a niveles elevados de contaminación.

Tanto para los peces endémicos y naturalizados, como para los exóticos, se pudo determinar el carácter inverso de la variable contaminación. En la determinación de ambos grupos de peces, esta jugó un papel decisivo, pero en el caso de los peces exóticos, fue en relación inversa, lo que permitió su presencia en reservorios contaminados, debido a su mayor resistencia y plasticidad ecológica para adaptarse a dichos medios (Laha & Mattingly, 2007), donde una vez que se establecen, es prácticamente casi imposible, erradicarlos (González, 2008; Matias & Adrias, 2010; Reichard *et al.*, 2010). Además, en ambos grupos, las variables espacio-contextuales jugaron un papel importante; en el caso de los peces nativos, la de mayor acercamiento espacial (hábitat) fue la de mayor preponderancia, al estar en primer lugar para la supervivencia de estas especies, mientras que en el caso de los exóticos, la expresión espacial territorial (municipio) ocupó este lugar, indicando un factor antropogénico macrocontextual de introducción diferenciada en los territorios de la provincia, mientras que el hábitat fue la tercera variable en importancia, como expresión una vez más de la alta plasticidad ecológica, elevado poder de dispersión y alta capacidad para colonizar diferentes tipos de nichos de estas especies, todo lo cual confirma resultados obtenidos con anterioridad al respecto (Laha & Mattingly, 2007; Gozlan, 2008; Pino del Carpio *et al.*,

2010).

No obstante, como cualquier acto o caso de manejo que involucre biomanipulación, tal como lo es un estanque para peces, implica algunos riesgos ambientales de trágicas proporciones cuando se conduce de forma descuidada, y quizás, algo de esto sucedió en nuestro país con *Clarias*; entre los impactos potenciales, destacan las introducciones de especies no nativas de peces en el mismo estanque y que no tengan el propósito para el cual estos se crearon, diseminación de patógenos y parásitos que alteren las relaciones y cualidades genéticas de los alevines y adultos (efecto gárgalo o cuello de botella), que trae consigo, pérdida de variabilidad genética y afectaciones en la convivencia y buena salud de los especímenes en cuestión, lo cual incide en la estructura y funcionamiento de la comunidad, trayendo consigo, aumento de la competencia intra e interespecífica, como de la depredación, entre otras (Agostinho *et al.*, 2010; Gertum *et al.*, 2010).

La influencia de los factores climatológicos, más las interacciones ecológicas y el escaso poder de dispersión de los peces de agua dulce, indudablemente, ponen en peligro el equilibrio dinámico de estos ecosistemas en la provincia. Para ilustrar mejor lo antes expuesto, basta decir que si en los muestreos realizados en los primeros años (2000 y 2005) del actual siglo, si en media hora se obtenían entre 30 y 40 ejemplares, después de esto, solo aparecen tres o cinco y en ocasiones, ninguno, situación similar a lo sucedido en la Península Ibérica (Asensio & Pinedo, 2002; Doadrio & Aldaguer, 2007).

Si tenemos en cuenta la marcada y progresiva disminución que está ocurriendo en cuanto a las densidades poblacionales y riqueza de especies de la ictiofauna fluvial española, con carácter biorregulador, sobre los culícidos de interés sanitario, aparejado a un aumento de

estas variables ecológicas para el ensamblaje de mosquitos, unido a que esta provincia posee el mayor embalse del país, la presa Zaza (con una capacidad de almacenaje de 1 020 millones m<sup>3</sup> de agua), que por demás, constituye uno de los mayores sitio de descanso, apareamiento y reproducción de aves migratorias, entre las que se encuentran especies reservoras de arbovirosis con incidencia para la salud humana y animal (Cepero, 2012; Pupo, 2012), es evidente el riesgo potencial que representa para la aparición de entidades infecciosas, como la malaria, dengue, virus del Nilo Occidental, encefalitis de San Luis, virus de las encefalitis equina venezolana y del este, fiebre amarilla, entre otras entidades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achá, D & Fontúrbel, F. 2003. *La diversidad de una comunidad, ¿Está controlada por Top-Down, Bottom-Up o una combinación de estos?*. Revista de Biología.org, vol. 13, pp. 1-16.
- Aditya, G, Pal, S, Saha, N & Saha, G. 2012. *Efficacy of indigenous larvivorous fishes against Culex quinquefasciatus in the presence of alternative prey: Implication for biological control*. Journal of Vector Borne Disease, vol. 49, pp. 217-225.
- Agostinho, AA, Pelicice, FM, Gomes, LC & Júlio, HF. 2010. *Estocagem de peixes: quando um mais um pode ser menos que dois*. Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia, vol. 100, pp. 49-53.
- Argota, PG & Tamayo, RS. 2012. *Factor de condición biológico-ambiental en la Gambusia punctata y sus efectos para el control biológico larval*. MEDISAN, vol. 16. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script>. [leído el 02 de marzo del 2014].
- Argota, PG, Larramendi, D, Mora, Y, Fimia, R & Iannacone, J. 2012a. *Histología y química umbral de metales pesados en hígado, branquias y cerebro de Gambusia punctata (Poeciliidae) del río Filé de Santiago de Cuba*. REDVET, vol. 13, pp. 05B.
- Argota, PG, González, Y, Argota, H, Fimia, R & Iannacone, J. 2012b. *Desarrollo y bioacumulación de metales pesados en Gambusia punctata (Poeciliidae) ante los efectos de la contaminación acuática*. REDVET, vol. 13, pp. 05B.
- Asensio, R & Pinedo, J. 2002. *Invasores con escamas*. Sustrae, vol. 30, pp. 70-73.
- Berovides, V & Gerhartz, JL. 2007. *Diversidad de la vida y su conservación*. Ed. Científico Técnica, 98 p.
- Bisset, JA, Rodríguez, MM & De Armas, Y. 2004. *Comparación de dos poblaciones de mosquitos de Aedes aegypti de Santiago de Cuba con diferentes comportamientos de reposo*. Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 56, pp. 54-60.
- Blanco-Garrido, F. 2006. *Ecología, distribución y conservación de peces continentales en el cuadrante suroccidental ibérico [tesis doctorado]*. Universidad de Huelva, España.
- Bussing, WA. 2002. *Peces de las aguas continentales de Costa Rica*. 2<sup>da</sup> ed. Ed de La Universidad de Costa Rica. 504 p.
- Cabrera, PY, Aguilar, BC & González, SG. 2008. *Indicadores morfológicos y reproductivos del pez Gambusia punctulata (Poeciliidae) en sitios muy contaminados del río Almendares, Cuba*. Revista de Biología Tropical, vol. 56, pp.1991-2004.
- Cañete, R, Yong, M, Sánchez, J, Wong, L & Gutiérrez, A. 2004. *Population dynamics of intermediate snail hosts of Fasciola hepatica and some environmental factors in San Juan y Martínez municipality, Cuba*. Mem Inst Oswaldo Cruz, Río de Janeiro, Brasil, vol. 99, pp. 257-262.
- Cassab, A, Morales, V & Mattar, S. 2011. *Factores climáticos y casos de dengue en*

- Montería, Colombia. 2003-2008.* Revista de Salud Pública de Colombia, vol.13, pp. 1-12.
- Cepero, RO. 2012. *El cambio climático: su efecto sobre enfermedades infecciosas.* REDVET, vol. 13, pp. 05B.
- Chandra, G, Bhattacharjee, I, Ghosh, A & Chatterjee, SN. 2008. *Mosquito control by larvivorous fishes.* Indian Journal of Medical Research, vol. 127, pp.13-27.
- Diéguez, L, Vázquez, R & Risco, U. 2005. *Relación de moluscos dulceacuícolas de relevancia sanitaria para la cayería norte de Camagüey. Estudio Preliminar 2005.* Archivo Médico de Camagüey, vol. 9, Disponible en URL: <http://www.amc.sld.cu/amc2005/v9n1/1022.htm>[leído el 12 de enero del 2008].
- Diéguez, L, Rodríguez, R, Vázquez, RC & Cruz, P. 2007. *Presencia y distribución de Corbicula fluminea (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) en Camagüey, un probable competidor de moluscos de interés sanitario.* Archivo Médico de Camagüey, vol. 11[leído el 22 de diciembre del 2008].
- Doadrio, I & Aldaguer, M. 2007. *La invasión de especies exóticas en los ríos.* Ministerio de Medio Ambiente y Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, .pp.124.
- Dorta, CAJ, García, E, Padilla, DC, Rodríguez, RA, González, HM, Magraner, TM. 2006. *Aportes cubanos al estudio de Angiostrongylus cantonensis.* La Habana: Academia. pp.76.
- Einsen, L, Bolling, BG, Blair, CD, Beaty, BJ & Moore, CG. 2008. *Mosquito species richness, composition and abundance along habitat- climate- elevation gradients in the northern Colorado Front Range.* Journal of Medical Entomology, vol. 45, pp. 800-811.
- Expósito, F, Malerba, D & Semeraro, GA. 1997. *A comparative-analysis of methods for pruning decision trees.* PAMI - IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, pp. 476-491.
- Fernández, RW, Iannacone, OJ, Rodríguez, PE, Salazar, CN, Valderrama, RB & Morales, AAM. 2005. *Comportamiento poblacional de larvas de Aedes aegypti para estimar los casos de dengue en Yurimaguas, Perú, 2000-2004.* Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, vol. 22, pp. 175-182.
- Fimia-Duarte, R, Hernández-Contreras, N, Argota-Pérez, G, Dieguez-Fernández, L & Ramírez-López, M. 2009. *Impacto de los peces alóctonos introducidos en ecosistemas fluviales de la provincia Sancti Spiritus, Cuba.* Revista de Investigación (Esc. Post Grado), vol. 5, pp. 1-12.
- Fimia-Duarte, R, Castillo-Cuenca, JC, Cepero-Rodriguez, O, Corona-Santander, E & González, GR. 2010. *Eficacia del control de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) con peces larvívoros en Placetas, provincia Villa Clara, Cuba.* REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 11, pp. 03B.
- Fimia-Duarte, R, Iannacone, J, Argota-Pérez, G, Cruz-Camacho, L, Diéguez-Fernández, L, López-Gómez, EJ & Alvarez-Valdes, R. 2014a. *Epidemiological and zoonotic risk of the malacofauna fluvial and terrestrial in Capitan Roberto Flieites Healthy Area, Cuba.* Neotropical Helminthology, vol. 8, pp. 313-323.
- Fimia-Duarte, R, Iannacone, J, Roche-Fernández, D, Cruz-Camacho, L & López-Grimardit, E. 2014b. *Epidemiological risk and zoonotic diseases in Urban communities from the Municipality of Santa Clara, Cuba.* The Biologist (Lima), vol. 12, pp. 225-239.
- García, AI & González, BR. 1986. *Principales especies de peces larvívoros de la familia Poeciliidae y su efectividad en las condiciones naturales de Cuba.* Revista

- Cubana de Medicina Tropical, vol. 38, pp. 197-202.
- Gertum, BF, de Fries, CCL, Guimarães, FT & Meneses, AB. 2010. *Pesquisa sobre reprodução de populações naturais de peixes no Brasil (2001-2010): um breve panorama sobre tendências e lacunas*. Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia, vol. 100, pp.40-44.
- Ghosh, SK, Chakaravarthy, P, Panch, S, Krishnappa, P, Tiwari, S, Ojha, VP, Manjushree, R & Dash, AP. 2011. *Comparative efficacy of two poeciliid fish in indoor cement tanks against chikungunya vector Aedes aegypti in villages in Karnataka, India*. BMC Public Health, vol. 11, pp. 592-599.
- González, BR. 2006. *Culícidos de Cuba*. 1ª ed. La Habana: Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba.
- González, OC. 2008. *El pez gato caminante en La Florida*. Mar y Pesca, vol.372, pp. 32-33.
- Gozlan, RE. 2008. *Introduction of non-native freshwater fish: is it all bad?* Fish and Fisheries, vol. 8, pp. 106- 115.
- Hernández, CN. 1999. *Lista de peces de aguas interiores de Cuba*. Torreia, vol. 44, pp. 11-17.
- Hernández, CN, Díaz, MP, Mendiola, J, Báez, JA & García, AI. 2004. *Ingestión de larvas de Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae) por Girardinus metallicus (Cyprinodontiformes: Poeciliidae)*. Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 56, pp. 152-155.
- Hernández, E & Márquez, M. 2006. *Control de larvas de Aedes aegypti (L) con Poecilia reticulata Peter, 1895: una nueva experiencia comunitaria en el municipio Taguasco, Sancti Spiritus, Cuba*. Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 58, pp.139-141.
- Iannacone, J & Alvarino, L. 1997. *Peces larvivoros con potencial para el control biológico de estados inmaduros de zancudos en el Perú*. Revista peruana de Entomología, vol. 40, pp. 9-19.
- Iannacone, J, Alvarino, L, Jimenez-Reyes, R, Argota, G. 2013. *Diversity of plankton and macrozoobenthos as alternative indicator of water quality of Lurin river in the District of Cieneguilla, Lima-Perú*. The Biologist (Lima), vol. 11, pp. 79-95.
- Ishikawa, T & Tachihara, K. 2010. *Life history of the nonnative convict cichlid Amatitlania nigrofasciata in the Haebaru Reservoir on Okinawa-jima Island, Japan*. Environmental Biology of Fishes, vol. 88, pp. 283- 292.
- Iturralde, VM & MacPhee, RDE. 1999. *Paleogeography of the Caribbean Region: Implication for Cenozoic Biogeography*. Bulletin of the American Museum of Natural History, vol. 238, pp. 1-95.
- Koldenkova, L & García, AI. 1990. *Clave pictórica para las principales especies de peces larvivoros de Cuba*. La Habana: IPK/Poligráfico "Pablo de la Torriente Brau". 56 p.
- Koldenkova, L, García, AI & Alonso, N. 1990. *Aspectos de la reproducción del pez larvívoro Poecilia reticulata (Poeciliidae) en condiciones naturales*. Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 42, pp. 140-147.
- Kumar, R & Hwang, JS. 2006. *Larvicidal efficiency of aquatic predators: a perspective for mosquito biocontrol*. Zoological Studies, vol. 45, pp. 447-466.
- Laha, M & Mattingly, HT. 2007. *Ex situ evaluation of impacts of invasive mosquitofish on the imperiled Barrens topminnow*. Environmental Biology of Fishes, vol. 78, pp. 1-11.
- Manna, B, Aditya, G & Banerjee, S. 2011. *Habitat heterogeneity and prey selection of Aplocheilus panchax: An indigenous larvivoros fish*. Journal of Vector Borne Disease, vol. 45, pp. 144-149.
- Marti, GA, Azpelicueta, MM, Tranchida, MC, Pelizza, SA & Garcia, JJ. 2006.

- Predation efficiency of indigenous larvivoros fish species on Culex pipiens L. larvae (Diptera: Culicidae) in grainage ditches in Argentina.* Journal of Vector Ecology, vol. 31, pp. 102-106.
- Matias, JR & Adrias, AQ. 2010. *The use of annual killifish in the biocontrol of the aquatic stages of mosquitoes in temporary bodies of fresh water; a potential new tool in vector control.* Parasites and Vectors, vol. 3, 46.
- Mendes, RS, Evangelista, LR, Thomaz, SM, Agosthino, AA & Gomes, LC. 2008. *A unified index to measure ecological diversity and species rarity.* Ecography, vol. 31, pp. 450-456.
- Mohamed, AA. 2003. *Study of larvivoros fish for malaria vector control in Somalia, 2002.* La Revue de Santé de la Méditerranée orientale, vol. 9, pp. 618-626.
- Morejón, MP. 1992. *Eficacia del Bacillus sphaericus Neide, 1904 Cepa 2362 y peces larvivoros para el control de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae).* [tesis de maestría]. La Habana: Instituto de Medicina Tropical «Pedro Kourí».
- Pamplona, CL, Alencar, CH, Lima, JWO & Heukelbach, J. 2009. *Reduced oviposition of Aedes aegypti gravid female in domestic containers with predatory fish.* Tropical Medicine & International Health, vol. 14, pp. 1347-1350.
- Perera, G. 1996. *Ecologie des Mollusques d'Eau Douce d'Intérêt Médical et Vétérinaire à Cuba,* [PhD Thesis]. Université de Perpignan, France, 105 p.
- Phukon, HK & Biswas, SP. 2013. *An investigation on larvicidal efficacy of some indigenous fish species of Assam, India.* Advances in Bioresearch, vol. 4, pp. 22-25.
- Pino del Carpio, A, Miranda, R & Puig, J. 2010. *Non-Native freshwater fish management in Biosphere Reserves.* Management of Biological Invasions, vol. 1, pp.13-33.
- Ponce de León, JL. 2012. *Estrategias de historia de vida relacionadas con la reproducción de la familia Poeciliidae (Actinopterygii: Cyprinodontiformes) en Cuba: patrones opuestos en ambientes lóticos y lénticos.* [Tesis de Doctorado]. Universidad de La Habana, Cuba, 120 p.
- Pupo, AM. 2012. *Arbovirus de importancia médica para Cuba.* REDVET, vol. 13, pp.05B.
- Quintans, F, Scasso, F & Defeo, O. 2010. *Unsuitability of Cnesterodon decemmaculatus (Jenyns, 1842) for mosquito control in Uruguay: Evidence from food-preference experiments.* Journal of Vector Ecology, vol. 35, pp. 333-338.
- Rainham, DG. 2004. *Ecological complexity and West Nile Virus: perspectives on improving public health response.* Nature Medicine, vol. 10, pp. 98-109.
- Rao, KR. 2014. *A study on larvivoros fish species efficacy of lower Manair dam at Karimnagar, Andhra Pradesh, India.* Advances in Applied Science Research, vol. 5, pp. 133-143.
- Reichard, M, Watters, B, Wildekamp, R, Sonnenberg, R, Nagy, B, Polačik, M, Valdesalici, S, Cellerino, A, Cooper, BJ, Hengstler, H, Rosenstock, J & Sainthouse, I. 2010. *Potential negative impacts and low effectiveness in the use of African annual killifish in the biocontrol of aquatic mosquito larvae in temporary water bodies.* Parasites and Vectors, vol. 3, pp.1-6.
- Rodríguez, JP. 2001. *La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad suramericana.* Interciencia, vol. 26, pp. 8-17.
- Rojas, JE, Soca, L, Sojo, MM, Mazzarri, PM, Pinto, J, Almeida, J, Romero, J & García, G. 2003. *Estudio biosistemático de los peces de la Laguna de Urao y sus implicaciones en el control de*

- mosquitos, estado Mérida, Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, vol. 37, pp. 1-17.
- Rojas, EP, Gamboa, MB, Villalobos, S & Cruzado, FV. 2004. Eficacia del control de larvas de vectores de la malaria con peces larvívoros nativos en San Martín, Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, vol. 21, pp. 44-50.
- Rueda, FM, Martínez, FJ, Kenturi, M & Ivanach, D. 1998. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of *ned porgy*, *Pagrus pagrus*. Aquatic Research, vol. 29, pp. 447-452.
- Santamarina, MA & Pérez, RP. 1997. Reduction of mosquito larval densities in natural sites after introduction of *Romanomermis culicivorax* (Nematoda: Mermithidae) in Cuba. Journal of Medical Entomology, vol. 34, pp. 1-4.
- Sarfrazul, H & Yadav, RS. 2011. Geographical distribution and evaluation of mosquito larvivorous potential of *Aphanius dispar* (Rüppell), a native fish of Gujarat, India. Journal of Vector Borne Disease, vol. 48, pp. 236-240.
- Seng, CM, Setha, T, Nealon, J, Socheat, D, Chantha, N & Nathan, MB. 2008. Community-based use of the larvivorous fish *Poecilia reticulata* to control the dengue vector *Aedes aegypti* in domestic water storage containers in rural Cambodia. Journal of Vector Ecology, vol. 33, pp. 139-144.
- Stirling, G & Wilsey, B. 2001. Empirical relationship between species richness, evenness and proportional diversity. American Naturalist, vol. 158, pp. 286-299.
- Tamada, K. 2011. River bed features affect the riverine distribution of two Amphidromous rhinogobius species. Ecology of Freshwater Fish, vol. 20, pp. 23-32.
- Toft, G, Beatrup, E & Guillette, L. 2004. Altered social behavior and sexual characteristics in *Gambusia holbrooki* living downstream of a paper mill. Aquatic Toxicology, vol. 70, pp. 213-222.
- Valero, N, Meleán, E, Maldonado, M, Montiel, M, Larraeal, Y & Espina, LM. 2006. Capacidad larvívora del gold fish (*Carassius auratus auratus*) y del guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) sobre larvas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. Revista Científica FCV-Luz, vol. 16, pp. 414-419.
- Vergara, RR. 1980. Principales características de la ictiofauna dulceacuícola cubana. Ciencias Biológicas, vol. 5, pp. 95-106.
- Vila-Gisper, A, García-Berthon, E & Moreno, AR. 2002. Fish zonation in a Mediterranean stream: effects of human disturbances. Aquatic Sciences, vol. 64, pp. 163-170.
- Walshe, DP, Garner, P, Abdel-Hammeed Adeel, A, Pyke, GH & Burkot, T. 2013. Larvivorous fish for preventing malaria transmission. Cochrane Database of Systematic Review, vol. 12, Art. N° CD008090.
- WHO. 2009. Dengue y dengue hemorrágico. Nota descriptiva N-117.
- Winemiller, KO, Agostinho, AA & Caramaschi, EP. 2008. Fish ecology in tropical streams. pp. 107-146. In: Dudgeon, D. (Ed.). *Tropical Stream Ecology*. Academic Press, San Diego.

Received May 27, 2015.

Accepted July 25, 2015.