

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

MULTIMODAL RELATION AMONG FLUVIAL ICTIOFAUNA, LARVAL MOSQUITOES POPULATIONS AND ECOLOGICAL FACTORS IN SANCTI SPIRITUS, CUBA

RELACIÓN MULTIMODAL ENTRE LA ICTIOFAUNA FLUVIAL, LAS POBLACIONES LARVALES DE MOSQUITOS Y FACTORES ECOLÓGICOS EN SANCTI SPIRITUS, CUBA

Rigoberto Fimia Duarte^{1*}; Pedro María Alarcón Elbal², José Iannacone^{3,4}, Lomberto Gómez Camacho⁵, Rafael Armiñana García⁶, Natividad Hernández Contreras⁷, Yasmany Figueroa Chaviano¹ & Yanira Zaita Ferrer¹

^{1*} Facultad de Tecnología de la Salud «Julio Trigo López». Universidad de Ciencias Médicas «Dr. Serafín Ruiz de Zárate Ruiz» de Villa Clara, Cuba; rigobertofd@infomed.sld.cu, yasmanyfigueroa1984@yahoo.es, yanirazf@fts.vcl.sld.cu

² Universidad Agroforestal Fernando Arturo de Meriño. Carretera José Durán, Km 1 (Jarabacoa-Constanza) Jarabacoa 41 000, República Dominicana.

³ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Lima, Perú.

⁴ Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Científica del Sur (Científica). Lima, Perú; joseiannacone@gmail.com

⁵ Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, Cuba. lomberto.gomez@vcl.insmet.cu, ismabel.dominguez@vcl.insmet.cu

⁶ Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Cuba. rarminana@uclv.cu

⁷ Departamento de Control de Vectores. Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (IPK), Cuba. natividad@ipk.sld.cu

Neotropical Helminthology, 2016, 10(2), jul-dic: 233-247.

ABSTRACT

The objective of this investigation was directed to determine the possible multimodal relationships between the fluvial ictiofauna and the larval populations of culicids with the different ecological variables in fluvial ecosystems in Sancti Spiritus, Cuba. Of the 130 fluvial ecosystems distributed in the 8 municipalities of the province, 90 reservoirs were studied. Six samplings were carried out from the year 2000 until 2011. variable abiotics and biotic variables were considered. Contamination of the habitats generated very significant differences dividing them in two big groups. It was verified that the biotic and abiotics factors are were able to explain the presence or absence of endemic fish with 77% certainty, The determining rules, to the presence of these fish are primarily the absence of contamination, the slope, the abundance of the vegetation and the movement of the water, while for the exotic ones, the contamination was the variable most discriminant but negatively. The narrow relationship was evidenced among the larval populations of culicids and the fluvial ictiofauna. The fluvial ecosystems of more dimensions, with movement of the water/stream (lotico) and lenticos, presence of exotic species of fish, discharges load of contamination and a lot of vegetation were those that may have impacted the regulation of the population densities of mosquitos.

Keywords: Cuba – culicidos larvae – ecological factors – fluvial ictiofauna – relationship multimodal – Sancti Spiritus

RESUMEN

El objetivo de la investigación estuvo dirigido a determinar las posibles relaciones multimodales que se establecen entre la ictiofauna fluvial y las poblaciones larvales de culícidos con las diferentes variables ecológicas en ecosistemas fluviales de la provincia Sancti Spiritus, Cuba. De un universo total de 130 ecosistemas fluviales, distribuidos en los ocho municipios de la provincia, se muestrearon 90 reservorios, donde se realizaron seis muestreos, que abarcaron el periodo comprendido desde el año 2000 hasta el 2011 y se tuvieron en cuenta, tanto variables abióticas como bióticas. De acuerdo con el análisis, el factor que más distinguió los hábitats fue la contaminación, que generó diferencias muy significativas, dividiendo los hábitats en dos grandes estratos. 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, donde las variables determinantes para 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, mientras que para los exóticos, la contaminación fue la variable más discriminante, pero con signo negativo. En la investigación quedó evidenciada la estrecha relación existente entre las poblaciones larvales de culícidos con la ictiofauna fluvial, donde los ecosistemas fluviales de mayores dimensiones, con movimiento del agua/corriente (lótico) y lénticos, presencia de especies exóticas de peces, altas cargas de contaminación y abundante vegetación fueron los que incidieron o no en la regulación de las densidades poblacionales de mosquitos.

Palabras clave: Cuba - factores ecológicos - ictiofauna fluvial - larvas de culícidos - relación multimodal - Sancti Spiritus

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la humanidad se enfrenta a la emergencia y reemergencia de varias enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, las cuales se han venido incrementando en el mundo producto del crecimiento de la población, los cambios ambientales drásticos, el aumento de las migraciones humanas y los viajes aéreos (Arcari *et al.*, 2007; Kyle & Harris, 2008; Cepero, 2012).

El cambio climático, que tanto ha incidido en el aumento de la temperatura del planeta, derivado, fundamentalmente de la actividad humana tiene repercusión en la salud del hombre (Rahamat-Langendoen *et al.*, 2008). La influencia antropogénica en el cambio climático ha proporcionado un mayor conocimiento de las interacciones clima-

enfermedades. Para enfermedades infecciosas donde el patógeno replica fuera del hospedero final, los factores climáticos pueden tener efectos directos en el desarrollo del patógeno. El número de especies exóticas invasivas ha aumentado, las que arriban para llenar los espacios ecológicos que se están abriendo (Mellor & Leake, 2000). Los cambios temporales y espaciales de la temperatura, precipitación y humedad, que según las previsiones, tendrán lugar en los diferentes escenarios del cambio climático, afectarán la biología y ecología de los vectores y los huéspedes intermediarios y, por consiguiente, el riesgo de transmisión de enfermedades (Cassab *et al.*, 2011). La estacionalidad y los acumulados de precipitaciones en un área, pueden influenciar fuertemente en la disponibilidad de sitios de cría para mosquitos y otras especies que tienen fases acuáticas inmaduras (Khasnis & Mary, 2005; Gage *et al.*, 2008; García *et al.*, 2012; Osés *et al.*, 2012). Los mosquitos con el calentamiento global

están incrementando sus poblaciones (Gage *et al.*, 2008).

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 larvífagos. 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 (Ghosh *et al.*, 2011). En estos casos, los peces larvífagos son una de las pocas alternativas de control a su alcance y en ocasiones, el único agente de control biológico disponible (Iannacone & Alvariño, 1997; Vellend *et al.*, 2007; Manna *et al.*, 2011; Aditya *et al.*, 2012).

En Cuba, se han creado e implementado sistemas de vigilancia entomológica de alerta temprana, que permiten estratificar el riesgo epidemiológico, así como la confección de modelos de pronósticos entomoepidemiológico para la vigilancia de

las poblaciones larvales de culícidos, tanto a corto, mediano y a largo plazo, en especial, de la provincia Villa Clara (Fimia *et al.*, 2012; González *et al.*, 2014; Osés *et al.*, 2012, 2014). El objetivo de la investigación fue determinar la relación multimodal entre la ictiofauna fluvial, las poblaciones larvales de mosquitos y factores ecológicos en Sancti Spíritus, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La provincia Sancti Spíritus 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 (figura 1). La extensión superficial de la provincia es de 6 736, 51 km², con un total de 462 758

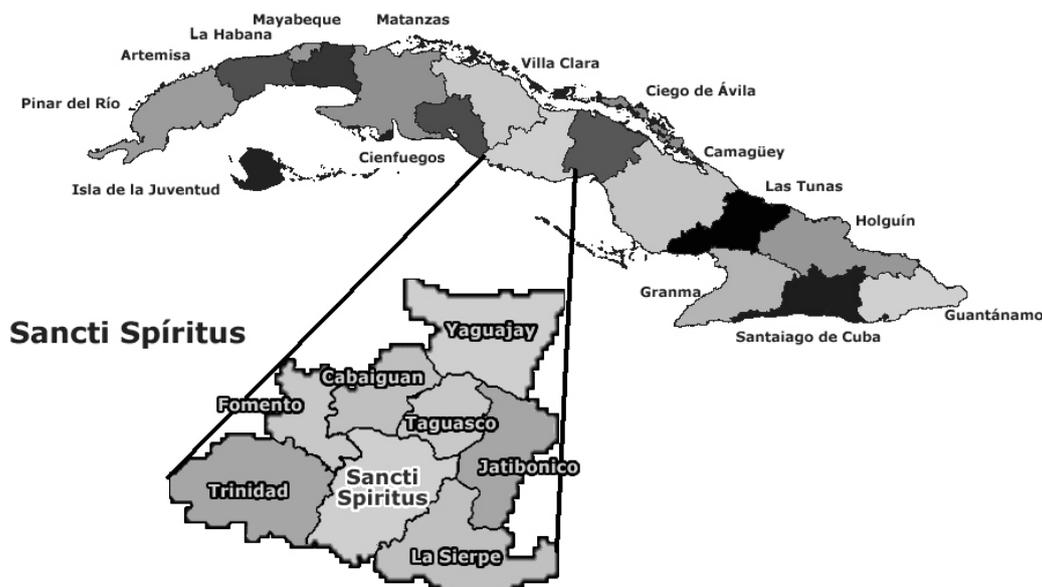


Figura 1. Mapa político administrativo de Cuba y la provincia Sancti Spíritus. **Fuente:** Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus.

habitantes, para una densidad poblacional de 68, 69 habitantes por km² y cuenta con 194 asentamientos poblacionales.

Universo de muestreo y período de estudio

De 130 ecosistemas fluviales, distribuidos en los ocho municipios de la provincia Sancti Spiritus se muestrearon en 90 reservorios (69, 23%): Yaguajay; Jatibonico; Taguasco; Cabaiguán; Fomento; Trinidad; Sancti Spiritus y La Sierpe. El mayor número de reservorios muestreados correspondió a las zanjas (43), seguido de los arroyos (19), los ríos (16), cañadas (6), esteros (4) y las lagunas (2). Se realizaron seis muestreos, dos 2000 (marzo y junio), dos 2005 (marzo y junio) y dos 2011 (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) (Fimia-Duarte *et al.*, 2015a,b).

Mosquitos

En los 90 ecosistemas fluviales se muestrearon las orillas, las cuales constituyen los sitios de oviposición y cría de los mosquitos (área efectiva de cría); además, se tuvo en cuenta para la colecta de las larvas y pupas de mosquitos, los árboles y arbustos asociados a las márgenes de los reservorios (incluido el bambú), al igual que recipientes artificiales en desuso (latas, botellas, pomos, neumáticos, entre otros) (Fimia-Duarte *et al.*, 2015b). Las larvas y pupas de mosquitos, se colectaron por el método del cucharón (Fimia-Duarte *et al.*, 2015b). La determinación de los especímenes colectados se llevó a cabo de acuerdo con claves dicotómicas y pictóricas (Ibáñez & Martínez, 1994; Reinert, 2005; González, 2006). La identificación de los especímenes colectados se realizó en el Laboratorio de Entomología Médica de la Unidad Provincial de Vigilancia y Lucha Antivectorial (UPVLA) de Sancti Spiritus, Cuba. Fimia-Duarte *et al.* (2015b) listaron 34 especies de mosquitos distribuidas en nueve géneros. Los municipios de Trinidad, Sancti Spiritus, La Sierpe,

Fomento y Yaguajay resultaron ser los de mayor riqueza de especies, lo que se comportó de manera muy similar para el caso de los géneros.

Peces

Para la realización de los muestreos y colecta de los peces se siguió el procedimiento señalado por Fimia-Duarte *et al.* (2015a) y posteriormente llevados hacia el Instituto de Medicina Tropical «Pedro Kourí», Cuba, donde se realizaron los estudios de identificación de cada especie, basados en claves especializadas (Alayo, 1973; Koldenkova & García, 1990; Iannacone & Alvarino, 1997). En los seis muestreos realizados en los 90 ecosistemas fluviales se identificaron 15 especies de peces, agrupados en 12 géneros y seis familias los cuales son listados por Fimia-Duarte *et al.* (2015a) (Tabla 1).

Variables

Abióticas

Área: se calculó multiplicando el largo por el ancho del reservorio, se expresó en m².

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 (apelativo de los ecosistemas dulceacuícolas de aguas corrientes) y léntico (relativo a los hábitaculos dulceacuícolas de aguas estancadas, sin movimiento).

pH: se midió por medio del papel indicador Duotest^{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 (Washington, 1984), y en la presencia e identificación de especies de moluscos fluviales (Pointier & Guyard, 1992; Gutiérrez *et al.*, 1997).

Tabla 1. Ictiofauna fluvial de Sancti Spíritus, Cuba.

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

E= Endémicos. N=Naturalizadas. I= Introducidas.

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.

Especies de mosquitos: se analizó principalmente la fase larval.

Análisis estadístico

Para caracterizar los factores bióticos y abióticos en los ecosistemas fluviales de los mosquitos y de la ictiofauna y para establecer los diferenciales más relevantes en los distintos hábitats, esto incluye tanto la variabilidad interna (dentro de un mismo hábitat), como la variabilidad externa (entre

los hábitats), se utilizaron tres recursos de análisis: (1) 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; (2) en el caso de las variables dicotómicas, se empleó la prueba de homogeneidad de X^2 (ambos estadígrafos y su probabilidad se registra con un símbolo de * en la tabla 2) y 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 (este estadígrafo y su probabilidad se registra con un símbolo de ** en la tabla 2). Para comparar la temperatura entre los períodos de seca y lluvia en los cuerpos de agua se usó la prueba de T de Student (este estadígrafo y su probabilidad se registra con un símbolo de *** en la tabla 2). Finalmente, (3) se empleó en el procesamiento de los datos (relación entre alimentos/abundancia de peces) el análisis multivariado de correspondencia canónica, que incluyeron a las 15 especies de peces y al alimento en tres categorías: detritus, restos de peces y otros (Ter- Braak, 1986).

RESULTADOS

En la tabla 2 se muestra la caracterización de los hábitats muestreados sobre la base de las variables seleccionadas. De acuerdo con el análisis, el factor que más distinguió los hábitats fue la contaminación, que generó diferencias muy significativas, dividiendo los hábitats en dos grandes estratos: los esteros,

arroyos y ríos con escasa contaminación y las lagunas, cañadas y zanjas, con presencia de contaminación (corroborado por la presencia y colecta de varias especies de algas verdes, verde azules y flagelados, que solo viven en ecosistemas con ciertos niveles de contaminación, las cuales fueron identificadas en el laboratorio), además de la colecta en dichos ecosistemas fluviales de *Physella acuta* (Dreparnaud, 1805).

Tabla 2. Caracterización de los ecosistemas fluviales muestreados sobre la base de las variables seleccionadas durante los seis muestreos realizados 2000, 2005 y 2011 de Sancti Spiritus, Cuba. p=probabilidad.

VARIABLES	Tipos de hábitat	No.	Centroides	Estadígrafos	p
Área (m ²)	Laguna	4	1 a 999		
	Cañada	14	1000 a 1999		
	Zanja	84	1000 a 1999	9,23*	0,100
	Estero	8	1000 a 1999	0,24**	0,015
	Arroyo	38	1000 a 1999		
	Río	32	más de 1999		
Presencia Vegetación (Sí/No)	Laguna	4	Sí		
	Cañada	14	Sí		
	Zanja	84	Sí	9,06*	0,106
	Estero	8	Sí	0,22**	0,104
	Arroyo	38	Sí		
	Río	32	Sí		
Posición de la vegetación (centro/orilla)	Laguna	4	centro-orilla		
	Cañada	14	orilla		
	Zanja	84	orilla	7,37*	0,194
	Estero	8	orilla	0,20**	0,192
	Arroyo	38	orilla		
	Río	32	orilla		
Abundancia de la vegetación (nula, escasa, media, abundante)	Laguna	4	nula		
	Cañada	14	escasa		
	Zanja	84	escasa	148,7*	0,000
	Estero	8	escasa	0,41**	0,000
	Arroyo	38	media		
	Río	32	abundante		
Contaminación (ninguna, fecal, industrial)	Laguna	4	fecal		
	Cañada	14	fecal		
	Zanja	84	fecal	177,12*	0,000
	Estero	8	ninguna	0,57**	0,000
	Arroyo	38	ninguna-fecal		
	Río	32	ninguna		

Cont. Tabla 2

Variables	Tipos de hábitat	No.	Centroides	Estadígrafos	p
Movimiento del agua (lótico/léntico)	Laguna	4	léntico		
	Cañada	14	léntico		
	Zanja	84	léntico	101,77*	0,000
	Estero	8	léntico	0,61**	0,000
	Arroyo	38	lótico		
	Río	32	lótico		
Pendiente (grados)	Laguna	4	20 a 39		
	Cañada	14	20 a 39		
	Zanja	84	20 a 39	60,09*	0,000
	Estero	8	20 a 39	0,47**	0,000
	Arroyo	38	más 40		
	Río	32	más 40		
pH	Laguna	4	7,33-7,32		
	Cañada	14	7,46-7,29		
	Zanja	84	7,31-7,31	3,68***	0,003
	Estero	8	7,63-7,37	0,82***	0,423
	Arroyo	38	7,02-7,07		
	Río	32	7,08-7,21		
Temperatura (grados centígrados)	Laguna	4	29,7-31,2		
	Cañada	14	29,0-30,2		
	Zanja	84	30,3-30,3	5,42***	0,000
	Estero	8	31,4-31,4	8,26***	0,000
	Arroyo	38	29,6-30,1		
	Río	32	29,3-29,6		

*Se reporta el valor del estadígrafo X^2 correspondiente a la prueba de Kruskal Wallis en variables ordinales y el correspondiente a tablas de contingencia en variables dicotómicas, así como su valor de probabilidad asociado. ** Se reporta el valor del estadígrafo V de Cramer y su probabilidad asociada luego de la dicotomización de las variables. *** Valores de la prueba de T de Student correspondientes a los períodos de seca y lluvia en los cuerpos de agua.

En un segundo nivel de importancia, la variable pendiente distinguió los hábitats; se mantuvieron con alta similaridad los arroyos y ríos con pendiente mayor de 40° y el resto de los hábitats con pendientes menores. La tercera variable fue la abundancia de la vegetación, característica de los arroyos y ríos donde es abundante, mientras que en el resto de los hábitats fue escasa. Por último, la movilidad del agua presenta una diferenciación limítrofe significativa, diferenciando las lagunas, zanjas, cañadas y esteros con movimiento léntico y el resto, con movimiento lótico.

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. En el caso de los peces exóticos, la contaminación fue la variable más discriminante, pero con signo negativo de su coeficiente de correlación con la función multivariante (r) y 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 (Tabla 3). 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.

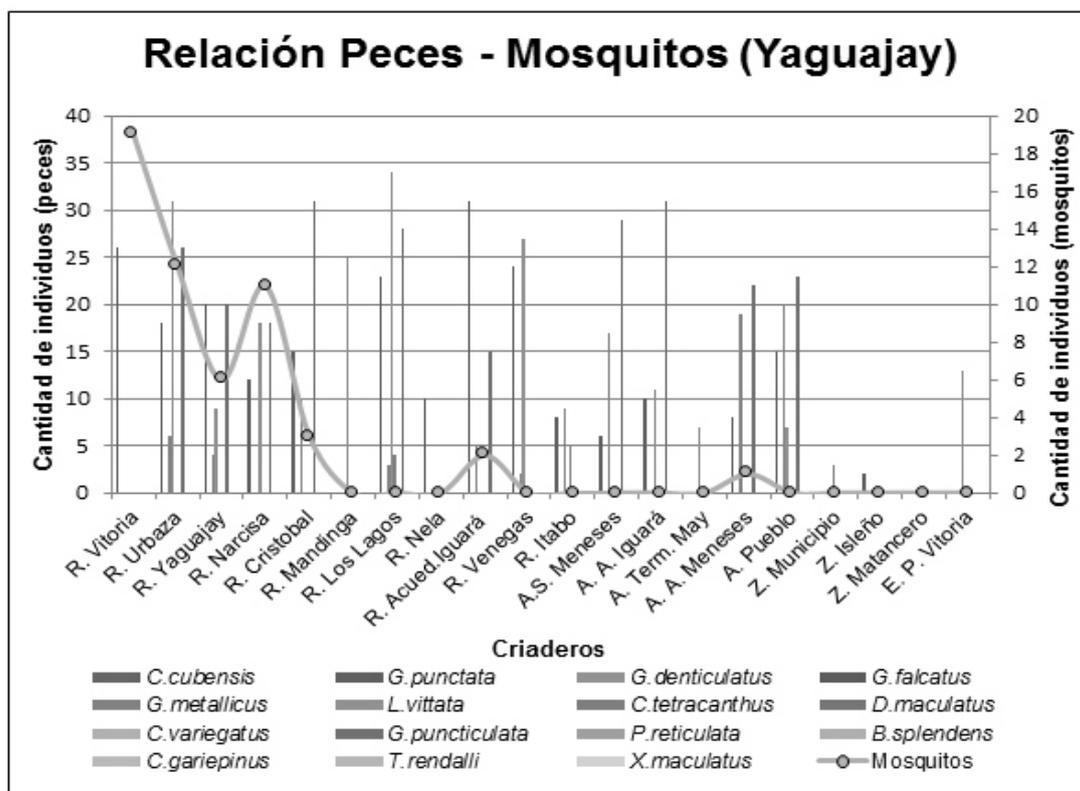
Tabla 3. Orden de importancia normalizada de las variables para los peces exóticos de Sancti Spíritus, Cuba.

Variables	r
Contaminación	-0,87
Pendiente	-0,43
Área	0,30
Movimiento del agua	0,12
Posición de la vegetación	0,11
Abundancia de la vegetación	-0,04
Presencia de vegetación	-0,02

r= Coeficiente de correlación

En la investigación quedó evidenciada la estrecha relación existente entre las poblaciones larvales de culícidos con la ictiofauna fluvial y factores/variables ecológicos, donde los ecosistemas fluviales de mayores dimensiones, con movimiento del agua/corriente (lótico) y sin movimiento

(léntico), presencia de especies exóticas de peces, altas cargas de contaminación y abundante vegetación fueron los que incidieron en mayor y menor medida en la regulación de las densidades poblacionales de mosquitos en muchos casos (figuras 2, 3 y 4).

**Figura 2.** Relación peces/mosquitos en el municipio Yaguajay de la provincia Sancti Spíritus, Cuba.

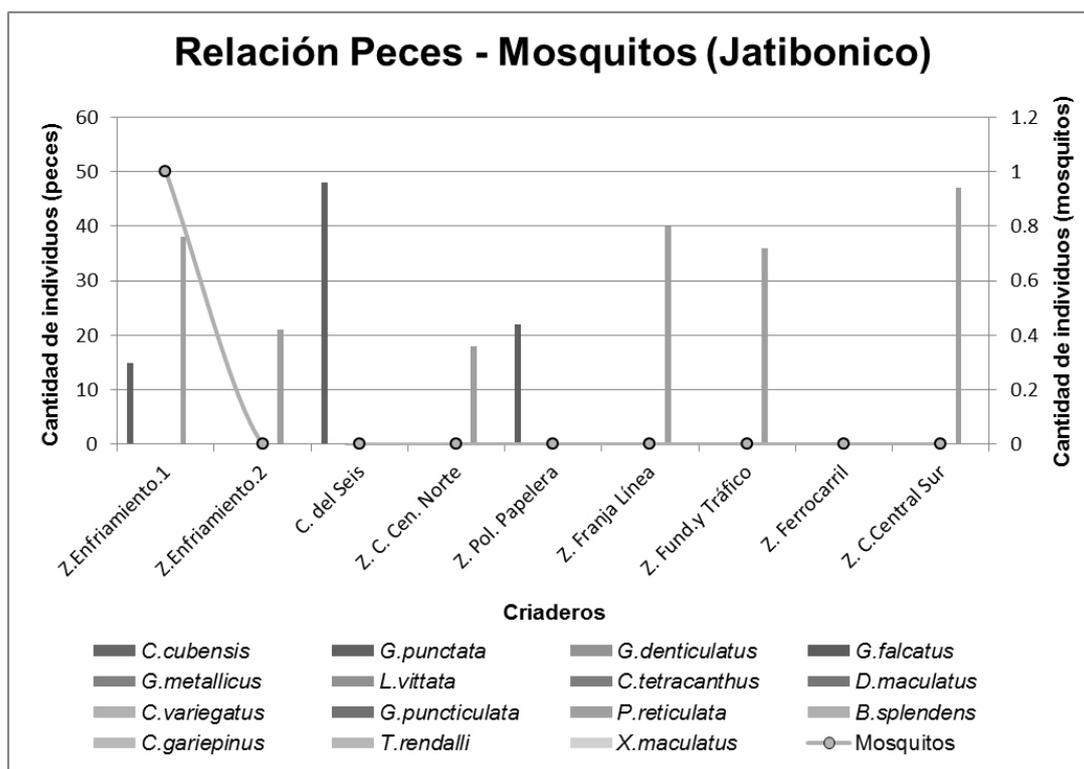


Figura 3. Relación peces/mosquitos en el municipio Jatibonico de la provincia Sancti Spiritus, Cuba.

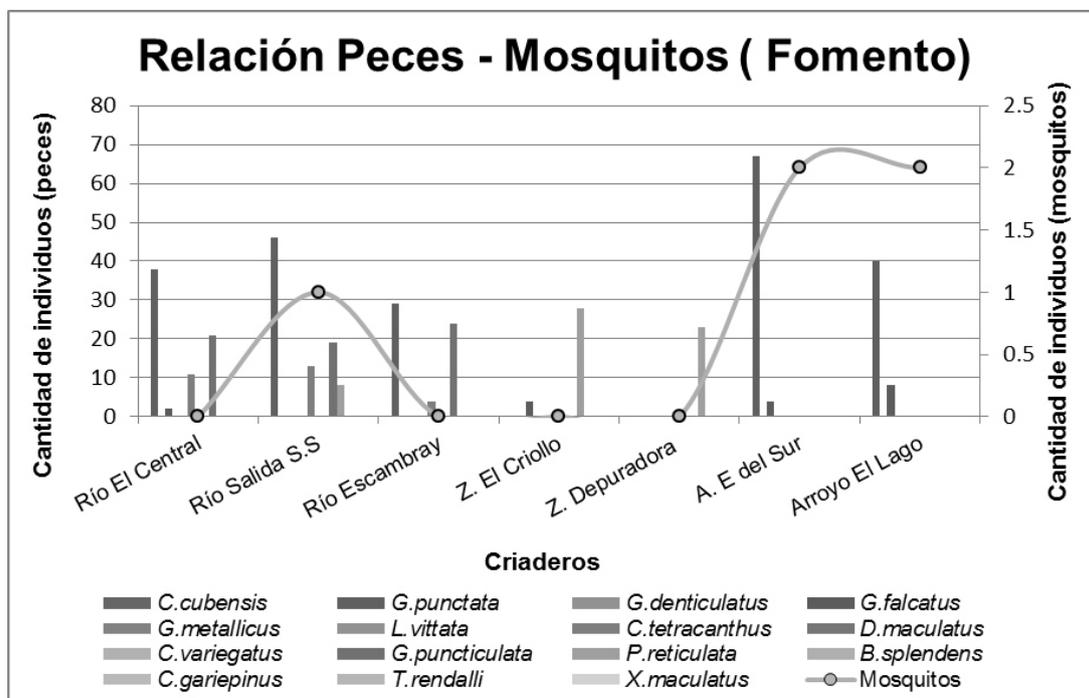


Figura 4. Relación peces/mosquitos en el municipio Fomento de la provincia Sancti Spiritus, Cuba.

Otra variable a considerar en nuestra investigación fue el alimento, donde hubo mayor disponibilidad de dicho recurso, ahí pudimos coleccionar mayores cantidades de peces (figura 5). Nótese la estrecha relación existente entre las especies de peces *X. maculatus*, *B. splendens*, *G. punctata*, *G. metallicus*, *P. reticulata* y *L. vittata* en relación con la variable/recurso detrito en el cuadrante superior izquierdo. En cuanto a la especie introducida *X. maculatus*, se observaron diferencias significativas, en relación con las preferencias por la ingestión de detrito y restos de peces, algo muy similar ocurrió con las especies *B. splendens*. En los casos de *L. vittata*, *G. metallicus*, *D. maculatus*, *P. reticulata* y *G. punctata* incorporaron más a su

dieta, restos de alimentos de carácter animal, con algo de detritos en menor cuantía. Estas diferencias muestran la selectividad de dichas especies sobre algunas fuentes de alimentos, además de cierto carácter de predador sobre otras especies que cohabitan con ella. Otra de las especies exóticas introducidas en los cuerpos de agua dulce de Sancti Spiritus fue el pez gato africano (*C. gariepinus*), que mostró mayor carácter omnívoro en sus requerimientos alimenticios, estas diferencias ante una prueba de hipótesis de distribución uniforme, no llegan a ser estadísticamente significativas, por lo que se trata de una especie menos selectiva que *X. maculatus*, es decir, mayor carácter omnívoro.

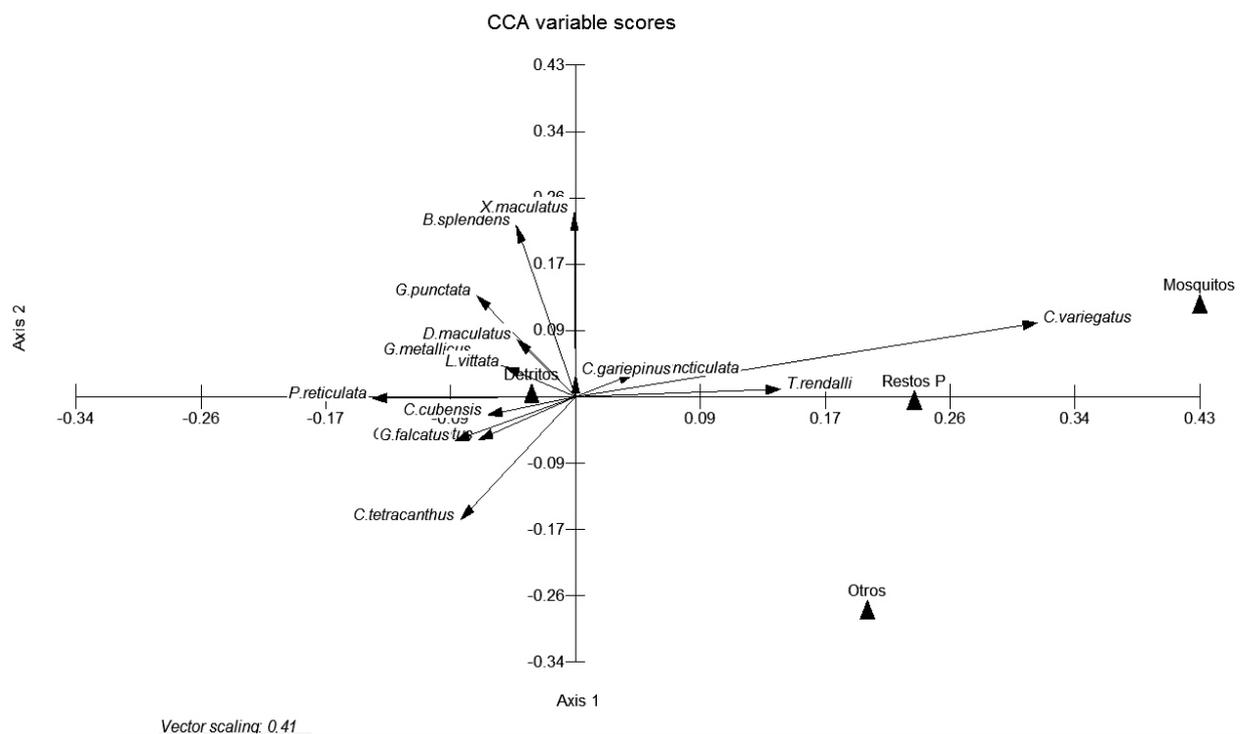


Figura 5. Diagrama de ordinación canónica de correspondencia entre alimentos vs abundancia de peces en la provincia Sancti Spiritus, Cuba. *Gambusia punctata* = *G. punctata*, *Gambusia puncticulata* = *G. puncticulata*, *Girardinus denticulatus* = *G. denticulatus*, *Girardinus falcatus* = *G. falcatus*, *Girardinus metallicus* = *G. metallicus*, *Limia vittata* = *L. vittata*, *Poecilia reticulata* = *P. Reticulata*, *Xiphophorus maculatus* = *X. maculatus*, *Cyprinodon variegatus* = *C. Variegatus*, *Cubanichthys cubensis* = *Cubanichthys cubensis*, *Nandopsis tetracanthus* = *C. Tetracanthus*, *Tilapia rendalli* = *T. rendalli*, *Clarias gariepinus* = *C. gariepinus*, *Dormitator maculatus* = *D. maculatus*, *Betta splendens* = *B. splendens*. Detritus, Restos de peces = Restos P, Otros.

DISCUSIÓN

La relación existente entre los peces y mosquitos quedó demostrada, hecho que estuvo dado fundamentalmente, por la interrelación evidenciada entre la riqueza de especies y las características físico-geográficas de los territorios estudiados y la acción de los factores ecológicos y antrópicos sobre los grupos de organismos estudiados, donde se evidenciaron relaciones intra e interespecíficas y al mismo tiempo, un constante intercambio con el ambiente, lo que determinó en gran medida, la aparición, migración y/o desplazamiento de organismos en determinadas áreas y espacios de los ecosistemas objeto de análisis en el tiempo, así como la intensidad de la competencia por elementos vitales del ecosistema (Blanchet *et al.*, 2010; Billman *et al.*, 2011).

Se pudo corroborar un papel biorregulador mucho más marcado y manifiesto en las especies de peces endémicas y naturalizadas en relación con las exóticas, ya que las primeras incorporan gran cantidad de alimentos provenientes de larvas y pupas de mosquitos, así como de otros grupos de insectos en su dieta (Cruz & Cabrera, 2006; Hernández *et al.*, 2006; Quintans *et al.*, 2010; Manna *et al.*, 2011). La interacción de los organismos por el recurso alimento, es quizá una de las más explícitas y manifiestas dentro del reino animal, lo cual quedó evidenciado en nuestro estudio por medio del análisis canónica de correspondencia (Ter-Braak, 1986).

Durante el período poco lluvioso, el área de los reservorios se reduce, por lo que las concentraciones de peces tienden a aumentar 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 el alimento y el 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).

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, 2007). Además, se pudo constatar, bajas densidades poblacionales de peces en reservorios de aguas negras y, en ocasiones, la no presencia 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 (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* y *Aedes squamipennis* (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).

Los municipios con mayor riqueza de especies de mosquitos en nuestro estudio resultaron ser: Trinidad, Sancti Spíritus, La Sierpe, Fomento y Yaguajay; es decir, los municipios con ecosistemas costeros, premontañosos y montañosos. En el caso de La Sierpe tiene sus particularidades, ya que a pesar de ser costero, también posee extensas áreas arroceras que permanecen anegadas durante casi todo el año, lo cual favorece a especies de mosquitos que habitan en dichos ecosistemas. Todo esto, está dado en gran medida por la confluencia de una variada gama de ecosistemas, que brindan condiciones óptimas de hábitat para una mayor cantidad de especies de organismos, hecho que coincide con los resultados de varios autores al respecto (González, 2006; Cassab *et al.*, 2011).

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 lo obtenido por 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 coincide también con los resultados obtenidos por Cañete *et al.* (2004) (para la malacofauna cubana) y Argota *et al.* (2012a) para especies de peces en ecosistemas fluviales santiagueros.

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 aparecían tres o cinco y en ocasiones, ninguno.

Quedó demostrada la relación existente entre los peces fluviales y los mosquitos con los factores ecológicos, lo cual se evidenció en las relaciones intra e interespecíficas que se establecen entre estos y al mismo tiempo, por el intercambio constante con el ambiente, de modo que se establecen interrelaciones muy estrechas, tanto de dentro hacia fuera como de fuera hacia dentro, así como entre organismos y dentro de organismos de una misma especie, lo cual ocurre de forma constante e interactiva, poniéndose de manifiesto los principios del recambio continuo, la interrelación y de la biotransformación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aditya, G, Santanu, P, Nabaneeta, S & Goutam, KS. 2012. *Efficacy of*

- indigenous larvivorous fishes against Culex quinquefasciatus in the presence of alternative prey: Implication for biological control.* Journal of Vector Borne Diseases, vol. 49, pp. 217-225.
- Alayo, PD. 1973. *Lista de los peces fluviátiles de Cuba.* Revista Torreia, vol. 37, pp. 14-24.
- Arcari, P, Tapper, NP & Fueller, S. 2007. *Regional variability in relationships between climate and dengue/DHF in Indonesia.* Singapore journal of tropical geography, vol. 28, pp. 251-272.
- 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.* Revista electrónica Veterinaria, REDVET, vol. 13, 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.* Revista electrónica Veterinaria, REDVET, vol. 13, 05B.
- 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>
- Billman, EJ, Tjarks, BJ & Belk, MC. 2011. *Effect of predation and habitat quality on growth and reproduction of stream fish.* Ecology of Freshwater, vol. 20, pp. 102-113.
- Blanchet, S, Grenovillet, G, Beauchard, D, Tudesco, P, Leprieur, F, Dürr, H, Busson, F, Oberdorff, T & Brosse, S. 2010. *Non-native species disrupt the worldwide patterns of freshwater fish body size. Implications for Bergman's rule.* Ecology Letters, vol. 13, pp. 421-431.
- Cabrera, PY, Aguilar, BC & González, SG. 2008. *Indicadores morfológicos y reproductivos del pez Gambusia puncticulata (Poeciliidae) en sitios muy contaminados del río Almendares, Cuba.* Revista de Biología Tropical, vol. 6, 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.* Memorias do Institute Oswaldo Cruz, Río de Janeiro, 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, vol. 13, pp. 1-12.
- Cepero, RO. 2012. *El cambio climático: su efecto sobre enfermedades infecciosas.* Revista electrónica Veterinaria, 13, 05B.
- Cruz, CP, & Cabrera, MC. 2006. *Caracterización entomológica-ecológica de casos y sospechosos del Virus del Nilo Occidental en la provincia Sancti Spiritus, Cuba.* Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 58, pp. 235-240.
- Diéguez, L, Vázquez, R & Risco, U. 2005. *Relación de moluscos dulceacuícolas de relevancia sanitaria para la cayería norte de Camagüey. Estudio Preliminar 2005. Disponible en: <http://www.amc.sld.cu/amc2005/v9n1/1022.htm>.*
- 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, Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552007000200008&lng=es&nrm=iso.

- Dorta, CAJ. 2007. *Aporte de Cuba al estudio de Angiostrongylus cantonensis*. ACIMED, 16, Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352007001000007&lng=es&nrm=iso>.
- Fimia, R, Osés, R, Otero, M, Diéguez, L, Cepero, O, González, R, Silveira, E & Corona, E. 2012. *El control de mosquitos (Diptera: Culicidae) utilizando métodos biomatemáticos en la provincia de Villa Clara*. Revista electrónica Veterinaria, vol 13, Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n03031.html> leído el 20 de mayo del 2016.
- Fimia-Duarte, R, Marquetti-Fernández, MC, Sánchez-Valdés, L, Alegret-Rodríguez, M, Hernández-Contreras, N, Iannacone, J & González-Muñoz, G. 2015a. *Anthropogenic and environmental factors affecting fluvial larvivorous ictiofauna from Sancti Spiritus province, Cuba*. Neotropical Helminthology, vol. 9, pp. 211-234.
- Fimia-Duarte, R, Marquetti-Fernández, MC, Iannacone, J, Hernández Contreras, N, González-Muñoz, G, Poso del Sol MC, & Cruz Ruiz, G. 2015b. *Anthropogenic and environmental factors on culicid fauna (Diptera: Culicidae) of Sancti Spiritus province, Cuba*. The Biologist (Lima), vol. 13, pp. 53-74.
- Gage, KL, Burkot, TR, Eisen, RJ & Hayes, EB. 2008. *Climate and Vectorborne Diseases*. The American Journal of Preventive Medicine, vol.35, pp. 436-450.
- García, GS, Pérez, BJ, Fimia, DR, Osés, RR, Garín, LG, González, GR. 2012. *Influencia de algunas variables climatológicas sobre las densidades larvales en criaderos de culicidos*. Pol. Cap. Roberto Fleites 2009-2010. Revista electrónica Veterinaria, vol. 13, 05B.
- 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. *Culicidos de Cuba*. 1ª ed. Editorial Científico-Técnica. La Habana.
- González, GR, Fimia, DR, Cepero, RO, Osés, RR, Espinosa, SY & González, RY. 2014. *Impacto de algunas variables climatológicas en el desarrollo y reproducción de moluscos fluviales y terrestres con importancia epidemiológica. Villa Clara: 2008-2010*. Revista electrónica Veterinaria, REDVET, 15, O8B. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030312.html> leído el 20 de mayo del 2016.
- Gutiérrez, A Perera, G, Yong, M & Fernández, J. 1997. *Relationships of the prosobranch snail Pomacea paludosa, Tarebia granifera and Melanoides tuberculata with the abiotic environment and freshwater snail diversity in the central region of Cuba*. Malacological review, vol. 30, pp. 39-44.
- 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, Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602006000200007&lng=es&nrm=iso> leído el 20 de mayo del 2016.
- Iannacone, J & Alvaríño, L. 1997. *Peces larvivoros con potencial para el control biológico de estadios inmaduros de zancudos del Perú*. Revista Peruana de Entomología, vol. 40, pp. 9-19.
- Ibañez, SB & Martínez, CC. 1994. *Clave para la identificación de las larvas de*

- mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana (Diptera: Culicidae). México. Folia Entomológica Mexicana*, vol. 92, pp. 43-73.
- Khasnis, AA & Nettleman, MD. 2005. *Global Warming and Infectious Disease*. Archives of Medical Research, vol. 36, pp. 689-696.
- 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 pp.
- Kyle, JL & Harris, E. 2008. *Global spread and persistence of dengue*. Annual Review of Microbiology, vol. 62, pp. 71-92.
- Manna, B, Aditya, G & Banerjee, S. 2011. *Habitat heterogeneity and prey selection of Aplocheilus panchax: an indigenous larvivorous fish*. Journal of Vector Borne Diseases, vol. 48, pp. 144-149.
- Mellor, PS & Leake, CJ. 2000. *Climatic and geographic influences on arboviral infections and vector*. Revue Scientifique et Technique de l'office International des Epizooties, vol. 19, pp. 41-54.
- Osés, R.R., Fimia, D.R., Silveira, P.E., Hernández, V.W., González, G.S., & Pedraza, M.A. 2012. *Modelación matemática hasta el año 2020 de la densidad larvaria anofelínica de mosquitos (Diptera: Culicidae) en Caibarién, provincia Villa Clara, Cuba*. Revista electrónica Veterinaria, REDVET, vol. 13, 3B.
- Osés, R, Fimia, R, Saura, G, Pedraza, A, Ruiz, N & Socarrás, J. 2014. *Long term forecast of meteorological variables in Sancti Spiritus. Cuba*. Applied Ecology and Environmental Sciences, vol. 2, pp. 37-42.
- Pointier, JP & Guyard, A. 1992. *Biological control of the snail intermediate hosts of Schistosoma mansoni in Martinique, French West Indies*. Tropical Medicine and Parasitology, vol. 43, pp. 98-101.
- 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.
- Rahamat-Langendoen, JC, Van Vliet, JA & Reusken, CB. 2008. *Climate change influences the incidence of arthropod-borne diseases in the Netherlands*. Ned Tijdschr Geneesk, vol. 15, pp. 863-868.
- Reinert, J. 2005. *Generic and subgeneric status of Aedini mosquito species (Diptera: Culicidae: Aedini) occurring in the Australasian region*. Zootaxa, vol. 887, pp. 1-10.
- Rueda, FM, Martínez, FJ, Kenturi, M & Ivanach, D. 1998. *Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, Pagrus pagrus L*. Aquaculture Research, vol. 29, pp. 447-452.
- Ter-Braak, JF. 1986. *Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis*. Ecology, vol. 67, pp. 1167-1679.
- Vellend, M, Halmon, L, Lockwood, JL, Mayfield, MM, Hughes, AR, Wares, JP & Sax, DF. 2007. *Effects of exotic species on evolutionary diversification*. Trends in Ecology & Evolution, vol. 22, pp. 481-488.
- Washington, HG. 1984. *Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystem*. Water Research, vol.18, pp. 653-694.
- 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 July 16, 2016.
Accepted September 24, 2016.