

Abundancia y diversidad de especies de Culicinae (Diptera: Culicidae) del Alto Orinoco, estado Amazonas, Venezuela

Abundance and species diversity of Culicinae (Diptera: Culicidae) from Alto Orinoco, Amazonas, Venezuela

Yasmin Rubio-Palis^{1,2*}, Magda Magris³, Rodrigo Ramírez Álvarez⁴, Hernán Guzmán⁴, Alexander Suárez⁵ & Juan-Carlos Navarro⁶

RESUMEN

Se realizó un estudio longitudinal en 18 comunidades o shabonos de las localidades Yanomami Ocamo y Mavaca del municipio Alto Orinoco entre Junio 1998 y Diciembre 2000 para caracterizar la fauna de culicinos. Se colocaron trampas CDC dentro de viviendas entre 1900 y 0600 horas a fin de capturar los mosquitos atraídos por personas protegidas por mosquiteros. Se capturaron un total de 4.635 culicinos pertenecientes a nueve géneros y 25 especies. Del total de especies identificadas, 18 especies (72%) constituyen nuevos registros para el estado Amazonas. Las especies más abundantes fueron *Mansonia (Mansonia) titillans* (48%), *Aedes (Ochlerotatus) fulvus* (16.9%) y *Culex (Melanoconion) spissipes* (12%). Se observaron correlaciones negativamente significativas entre precipitación, nivel del río y abundancia de *Ma. titillans* y *Ae. fulvus*. La abundancia y diversidad de especies resultó diferente entre comunidades. La mayor diversidad y abundancia se encontró en las comunidades Santa María de los Guaicas y Carlitos. El esfuerzo de captura, disponibilidad de criaderos y diversidad de hábitats en estas comunidades influye en esta diferencia con respecto a las otras comunidades. El presente constituye el primer y único estudio longitudinal realizado en el estado Amazonas para caracterizar la fauna de culicinos, la cual incluye especies de importancia en salud pública.

Palabras clave: Amazonía, abundancia, inventario, mosquitos, trampa CDC, Venezuela.

SUMMARY

A longitudinal study was conducted in 18 communities or "shabonos" in the Yanomami inhabited Ocamo and Mavaca regions in the Alto Orinoco municipality between June 1998 and December 2000. CDC light traps were placed inside dwellings to catch mosquitoes attracted to humans protected by mosquito nets between 1900 and 0600 hours. A total of 4.635 culicines belonging to 9 genera and 25 species were captured. Of the total number of species identified, 18 (72%) are new reports for Amazonas state. The most abundant species were *Mansonia (Mansonia) titillans* (48%), *Aedes (Ochlerotatus) fulvus* (16.9%) and *Culex (Melanoconion) spissipes* (12%). There were significantly negative correlations between rainfall and river levels, and the abundance of *Ma. titillans* and *Ae. fulvus*. The abundance and species diversity of culicines differed among communities, with the highest values of both these parameters found in Santa María de los Guaicas and Carlitos. These differences were partly due to sampling effort but could also have been produced by the availability of larval habitats and niche diversity in these communities compared to the others surveyed. Up until, now this is the only longitudinal study to characterize the culicine fauna in Amazonas state, which includes several species of public health importance.

Key words: Amazonia, abundance, inventory, mosquitoes, CDC light trap, Venezuela

INTRDUCCIÓN

Hasta el presente se han identificado en Venezuela aproximadamente unas 315 especies de culicinos, principalmente en la región norte del país (Del Ventura *et al.*, 2013; Navarro *et al.*, 2007; Sutil,

1980). Sin embargo, recientemente se han realizado nuevos registros en el estado Bolívar (Berti *et al.*, 2011) pero es muy poco lo que se conoce aún de la fauna de Culicidae del estado Amazonas y en particular del Alto Orinoco. En efecto, aparte de los reportes generales para el estado Amazonas de Sutil

¹ Escuela de Malariología y Saneamiento Ambiental "Dr. Arnoldo Gabaldon"

² Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad de Carabobo

³ Centro Amazónico de Investigación y Control de Enfermedades Tropicales "Simón Bolívar"

⁴ Centro de Investigaciones en Enfermedades Endémicas y Salud Ambiental, Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon"

⁵ Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel"

⁶ Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Universidad Central de Venezuela

* Autor de correspondencia: rubiopalis@gmail.com

(1980) y Mora Rodríguez (1988) y capturas puntuales de Navarro *et al.* (2007), sólo contamos con el reporte de la expedición de Suárez *et al.* (1992) a la Serranía de Tapirapicó, cerca de la frontera con Brasil, lo cual supone un sesgo en el conocimiento de la distribución de Culicinos en Venezuela.

La subfamilia Culicinae tiene gran importancia en salud pública por incluir especies involucradas en la transmisión de varios virus tales como fiebre amarilla, dengue, encefalitis equina venezolana, virus del oeste del Nilo, Mayaro y otros virus aun poco estudiados en Venezuela. Por tal motivo, es altamente relevante dar a conocer la fauna de culicinos de varias localidades del municipio Alto Orinoco del estado Amazonas, algunas de las cuales podrían estar involucradas en la transmisión de diversos virus. El presente constituye el primer estudio longitudinal sobre la abundancia y diversidad de culicinos adultos capturados en esta área remota del estado Amazonas. Este estudio estuvo enmarcado dentro del proyecto de evaluación de intervención con mosquiteros tratados con insecticida para el control de la malaria en el Alto Orinoco (Magris *et al.*, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los muestreos fueron realizados en comunidades seleccionadas y habitadas por indígenas de la etnia Yanomami ubicadas en las localidades de Ocamo (2°47'8"N; 65°12'57"W) y Mavaca (2°30'38"N, 65°09'28"W), municipio Alto Orinoco, estado Amazonas. Las comunidades se encuentran a altitudes comprendidas entre 110 y 120 m. Desde el punto de vista eco-epidemiológico, el área ha sido clasificada como malaria de bosques interiores en tierras bajas (Rubio-Palis & Zimmerman, 1997). De acuerdo a la clasificación bioclimática de Holdridge (1979) el Alto Orinoco se caracteriza por ser ombrófilo macrotérmico, la precipitación anual varía entre 3.750 y 5.000 mm, temperatura media anual de 26-27°C, y 80% de humedad relativa (MARNR, 1998-2000). Prácticamente llueve durante todo el año, sin embargo hay un periodo de menor precipitación entre Octubre y Marzo y mayor precipitación entre Abril y Octubre. Desde el punto de vista geomorfológico el área es considerada de peniplanicies, caracterizada por un paisaje levemente ondulado con colinas dispersas, la vegetación dominante son los bosques ribereños, la

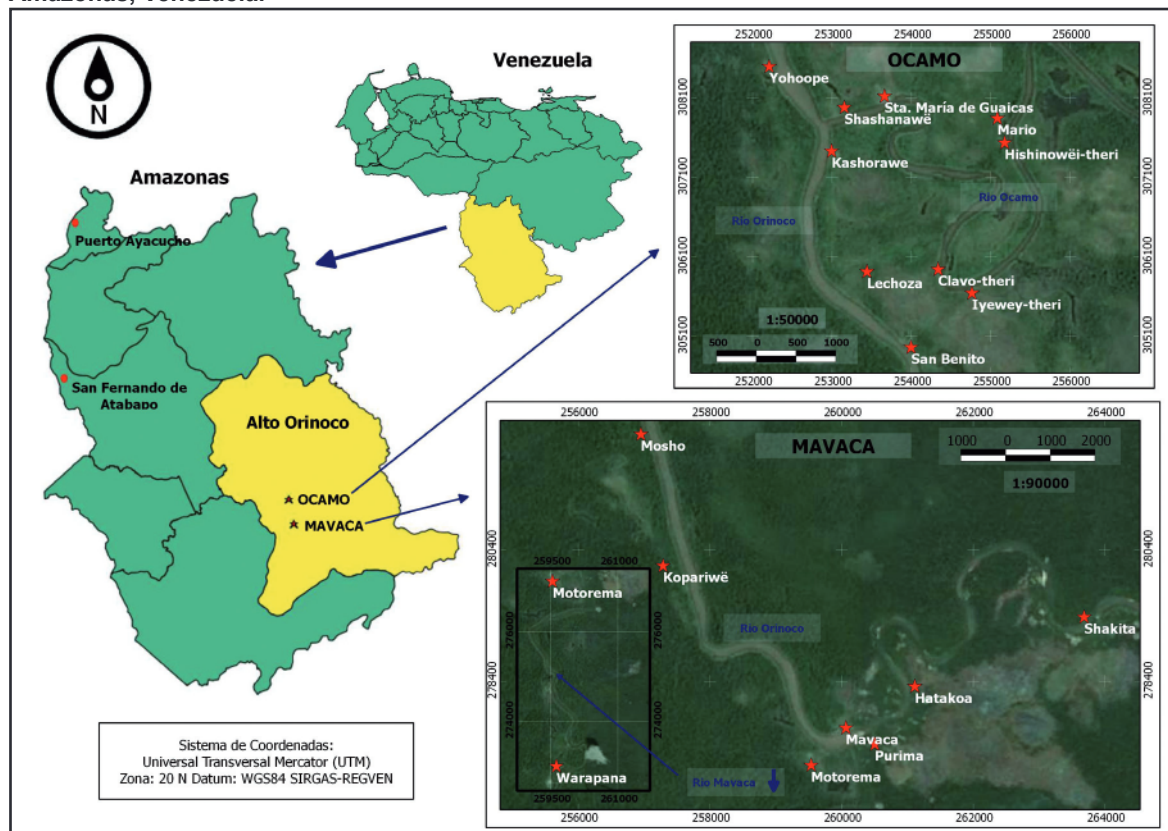
mayoría de los cuales son inundables en las márgenes de los ríos Orinoco y Ocamo (Huber, 1995). La localidad de Ocamo incluye once comunidades o shabonos: Santa María de los Guaicas, Carlitos, Clavotheri, Iyewëi-theri, Hishinowëi-theri, Mario, Kashorawë, Shashanawë, Yohoopë, San Benito y Lechoza, ubicados a lo largo de los ríos Orinoco y Ocamo. La localidad de Mavaca está compuesta por ocho comunidades: Mosho, Kopariwë, Motorema, Piegrita, Purima, Hatakoa, Shakita y Warapana, ubicadas a lo largo de los ríos Orinoco y Mavaca (Fig. 1). La distancia entre las localidades de Ocamo y Mavaca es de aproximadamente 25 km, y entre las comunidades que las integran no más de 2 km.

Capturas de mosquitos

Las capturas se realizaron simultáneamente en cada comunidad de Ocamo durante al menos cuatro noches consecutivas de cada mes, a la semana siguiente se realizaban en las comunidades de Mavaca, entre Junio de 1998 y Diciembre 2000. Sin embargo, el esfuerzo de captura no fue igual en todas las localidades debido a diversos problemas de logística, especialmente en Mavaca.

Los mosquitos se capturaron dentro de una vivienda seleccionada en cada comunidad y mediante consentimiento informado del dueño, se colocó una trampa CDC con luz de tungsteno y conectada a una batería recargable de 6 voltios a una altura del suelo de aproximadamente 1,5 m entre las 19:00 y 06:00 horas. La trampa se ubicó cerca de una persona acostada en su hamaca y protegida por mosquitero. El dueño de la vivienda fue entrenado para apagar la trampa en la mañana, luego de amarrar la bolsa para impedir que los mosquitos escaparan. Cada muestra de mosquitos se transportaban en contenedores térmicos con toallas húmedas al laboratorio de campo ubicado en Santa María de los Guaicas o a la Medicatura Rural ubicada en Mavaca para su identificación a nivel de Subfamilia y preservación en sílica gel hasta su identificación posterior a nivel de especie en el Laboratorio de Biología de Vectores, Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Universidad Central de Venezuela, Caracas y en el Laboratorio de Entomología del Centro de Estudios de Enfermedades Endémicas y Salud Ambiental (CEEESA) del Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon", Maracay (IAE).

Fig. 1. Ubicación relativa de las comunidades de Ocamo y Mavaca, municipio Alto Orinoco, estado Amazonas, Venezuela.



Diversidad de especies

Para la identificación de especies se emplearon las siguientes Claves: para culicinos en general Cova García *et al.* (1966), Chavarri (1995) y Lane (1953); Berlin & Belkin (1980) para *Culex* y subgéneros; Sallum & Forattini (1996) para el subgénero *Melanoconion* de *Culex*; Liria & Navarro (2003) para *Psorophora* y Zavortink (1979) para *Trichoprosopon s.l.* Para la abreviación de géneros y subgéneros se siguió la sugerida por Reinert (1975). Los mosquitos identificados se encuentran depositados en la colección del Laboratorio de Entomología del CEEESA. Utilizando parámetros de abundancia y riqueza de especies por comunidad, se determinaron los índices no paramétricos de diversidad de Shannon-Weaver, números de Hill (Hill, 1973) y Equidad de Alatalo derivado de Hill (Moreno, 2001). Asimismo se estimó la riqueza de especies esperada Chao-1 empleando el programa EstimateS 9.1.0, utilizando un valor de 500 réplicas (Colwell, 2004).

Datos climatológicos

Los registros diarios de precipitación y nivel del río se tomaron de la estación climatológica del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables (MARNR) ubicada en Santa María de los Guaiacas.

Análisis de datos

Se realizaron análisis de correlación de Spearman entre el promedio de mosquitos capturados mensualmente de las especies más abundantes y las variables físicas precipitación y nivel del río Orinoco. Para comparar la estructura y composición de especies entre las comunidades con similar esfuerzo de captura, se procedió a estandarizar aquellas siguiendo el criterio mínimo. Para evidenciar diferencias significativas entre comunidades y especies de mosquitos, se realizó la prueba no paramétrica de similitud (ANOSIM; distancia Bray-Curtis y 10.000 permutaciones). ANOSIM

compara los intervalos de distancia entre los grupos (en este caso, abundancia en las comunidades) con los intervalos dentro de los grupos (abundancia por especie de mosquitos de cada comunidad). Las medias de estos dos tipos de rangos son comparadas y el resultado se representa mediante el estadístico R (Clarke, 1993). Posteriormente se realizó el análisis de similaridad porcentual (SIMPER; distancia Bray-Curtis), para evidenciar aquellos taxa responsables de las diferencias entre comunidades (Clarke, 1993), empleando métodos de las distancias de Bray-Curtis. Estos análisis fueron calculados utilizando el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Consideraciones éticas

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los residentes de las comunidades involucradas en el estudio y en particular, de los jefes de casa en donde se colocaron las trampas. Este trabajo obtuvo el aval de la Comisión de Ética *ad hoc* del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (oficio s/n del 04/09/1998).

RESULTADOS

Durante el período de estudio se capturaron un total de 4.635 culicinos pertenecientes a nueve géneros y 25 especies (Tabla I). *Mansonia (Mansonia) titillans* (Walker) fue la especie más abundante (48%), seguida de *Aedes (Ochlerotatus) fulvus* (Wiedemann) (16,9%) y *Culex (Melanoconion) spissipes* (Theobald) (12%). No fue posible la identificación de algunos mosquitos a nivel de especies debido a daños causados por el ventilador de la trampa. En cuanto a la abundancia por género tenemos que *Mansonia* fue el más abundante (49,6%), seguido de *Culex* (24,5%), *Aedes* (17,7%), *Limatus* (4,15%) y *Psorophora* (2,7%). La abundancia de mosquitos de los géneros *Aedeomyia*, *Coquillettidia*, *Trichoprosopon* y *Uranotaenia* representó en conjunto 1,47%. Del total de especies identificadas, 18 especies (72%) constituyen nuevos registros para el estado Amazonas (Tabla I).

En cuanto a los registros climáticos se observaron variaciones tanto en la precipitación como en el nivel del río no sólo en magnitud sino también en el patrón entre los años de estudio (1999-2000). En efecto, durante 1999 se registraron un total de 2.640 mm de precipitación, siendo Mayo

el mes más lluvioso (280 mm) y el menos lluvioso Diciembre (142 mm); mientras que en el año 2000 se registraron 4.507 mm de precipitación, registrándose el máximo en Junio (590 mm) y el mínimo en Octubre (121 mm). Cabe señalar que durante el estudio no se registró un período de sequía como tal sino meses con mayor o menor precipitación pero superior a 120 mm. Con respecto al nivel del río Orinoco, encontramos que para el año 1999 el nivel máximo se registró en Mayo (7,42 m) y el mínimo en Diciembre (2,65 m); este patrón varió en el año 2000, registrándose el nivel máximo en el mes de Agosto (7,74 m) y el mínimo en Abril (2,34 m). Las figuras 2 y 3 muestran el número promedio de *Ma. titillans* y *Ae. fulvus* en función de la precipitación y el nivel del río mensual respectivamente. A fin de determinar si existe correlación significativa entre la abundancia de las especies más frecuentes *Ma. titillans* y *Ae. fulvus* y las variables precipitación y nivel del río, se realizaron pruebas de correlación de Spearman de los datos transformados a log (x+1). Se encontraron correlaciones significativamente negativas entre la abundancia promedio mensual de *Ma. titillans* y la precipitación en el mismo mes ($R= 0,7486$; $P= -0,0652$); la significación fue mayor al considerar la precipitación con rezagos de uno ($R= 0,8737$; $P= -0,0102$) y dos meses ($R= 0,9333$; $P= -0,018$). Sin embargo, al considerar por separado los años 1999 y 2000, no existe correlación significativa ($P> 0,05$). Para *Ae. fulvus* solo se encontró correlación negativa significativa con la precipitación el mes previo ($R= 0,8936$; $P= -0,0126$), pero al considerar por separado los dos años de estudio se obtiene correlación significativamente negativa para la precipitación en el mismo mes tanto para 1999 ($R= 0,9484$; $P= -0,0209$) como para 2000 ($R= 0,9305$; $P= -0,0283$). En cuanto al nivel del río, se encontró correlación negativa significativa entre el promedio capturado de *Ma. titillans* y el nivel medio del río ($R=0,8588$; $P= -0,0522$); sólo se encontró correlación significativamente negativa con un mes de rezago ($R= 0,9640$; $P= -0,0146$) para el nivel máximo del río durante 1999. En cuanto *Ae. fulvus*, la correlación resultó significativamente negativa entre abundancia promedio mensual y el nivel mínimo del río con dos meses de rezago ($R= 0,9691$; $P= -0,0148$) y con el nivel máximo del río durante el año 2000 ($R= 0,9549$; $P= -0,0146$).

Con respecto a la riqueza de especies por comunidad (Tabla II) se encontró mayor número de

Tabla I. Especies y abundancia de culicinos capturados en trampas de luz CDC en comunidades del municipio Alto Orinoco, estado Amazonas, Venezuela. 1998-2000.

Especies	Número Capturado
<i>Aedeomyia (Aedeomyia) squamipennis</i> (Lynch Arribálzaga)**	13
<i>Aedes (Ochlerotatus) fulvus</i> (Wiedemann)	781
<i>Aedes (Ochlerotatus) scapularis</i> (Rondani)**	7
<i>Aedes (Ochlerotatus) serratus</i> Theobald sensu lato	6
<i>Aedes</i> sp*	1
<i>Coquillettidia (Rhynchoetaenia) juxtamansonia</i> (Chagas)**	1
<i>Coquillettidia</i> sp.	30
<i>Culex (Aedinus) amazonensis</i> (Lutz)**	1
<i>Culex (Culex) quinquefasciatus</i> Say **	21
<i>Culex (Culex) sp*</i>	459
<i>Culex (Melanoconion) dunni</i> Dyar	38
<i>Culex (Melanoconion) erraticus</i> (Dyar & Knab)**	8
<i>Culex (Melanoconion) ocosa</i> Dyar & Knab**	4
<i>Culex (Melanoconion) pedroi</i> Sirivanakarn & Belkin**	11
<i>Culex (Melanoconion) spissipes</i> (Theobald)**	555
<i>Culex (Melanoconion) sp*</i>	149
<i>Limatus asulleptus</i> (Theobald)**	53
<i>Limatus durhamii</i> Theobald**	104
<i>Limatus</i> sp*	26
<i>Mansonia (Mansonia) titillans</i> (Walker)	2223
<i>Psorophora (Janthinosoma) albipes</i> (Theobald)	83
<i>Psorophora (Janthinosoma) cyanescens</i> (Coquillett)**	8
<i>Psorophora (Grabhamia) cingulata</i> (Fabricius)**	1
<i>Psorophora (Psorophora) ciliata</i> (Fabricius)**	1
<i>Psorophora (Psorophora) cilipes</i> (Fabricius)**	3
<i>Psorophora (Psorophora) lineata</i> (Von Humboldt)**	9
<i>Psorophora (Janthinosoma) ferox</i> (Von Humboldt)	15
<i>Trichoprosopon digitatum</i> (Rondani)**	2
<i>Trichoprosopon</i> sp*	4
<i>Uranotaenia (Uranotaenia) geometrica</i> Theobald	2
<i>Uranotaenia (Uranotaenia) pulcherrima</i> Lynch Arribálzaga**	7
<i>Uranotaenia</i> sp*	9
TOTAL	4635

* No identificable a nivel de especie debido a falta de caracteres taxonómicos observables por el estado del material.

** Nuevos registros para el estado Amazonas.

Tabla II. Especies de culicinos capturadas entre 19:00 y 06: 00 horas con trampas CDC, esfuerzo de captura (horas), Riqueza Absoluta y Riqueza Estimada (Chao1) en cada comunidad (shabono) de las localidades de Ocamo y Mavaca, municipio Alto Orinoco, estado Amazonas, Venezuela. 1998-2000.

ESPECIES	OCAMO											MAVACA						
	CAR	CLA	HIS	IYE	KAS	LEC	MAR	SB	SHA	SMG	YOH	HAT	KOP	MOS	MOT	PUR	SHA	WAR
<i>Aedeomyia squamipennis</i>	X	X	X	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0
<i>Aedes fulvus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X
<i>Ae. scapularis</i>	0	X	0	X	0	0	0	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ae. serratus</i>	X	0	0	0	0	X	0	X	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aedes sp.*</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0
<i>Coquilliettidia juxmansonia</i>	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coquilliettidia sp.*</i>	X	X	X	X	0	X	X	X	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0
<i>Culex (Aed.) amazonensis</i>	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. (Mel.) dunni</i>	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. (Mel.) erraticus</i>	X	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. (Mel.) ocosa</i>	0	0	0	0	0	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. (Mel.) pedroi</i>	X	0	0	X	0	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. (Mel.) sp.*</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	0	X	0
<i>Cx. (Mel.) spissipes</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. (Cux) sp.*</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. (Cux) quinquefasciatus</i>	X	X	0	X	X	0	0	0	X	X	X	X	0	X	X	X	X	0
<i>Limatus asulleptus</i>	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Limatus durhamii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0

...continua en la pag. 192

especies (18) en Carlitos y Santa María de los Guaicas; seguidos de Iyewëi-theri (17); Clavo-theri, Mario y Lechoza 16 especies en cada una; Shashanawë (14), Hishinowëi-theri y Yoohope 12 especies. En estas localidades se registró 78,5% de la riqueza total de especies capturadas. Las mayores estimaciones de diversidad (Chao1) se reportaron en Iyewëi-theri (27 especies), Carlitos (20), Santa María de las Guaicas (19,5) y Mario (19), el resto de las comunidades reportaron estimaciones menores a 18 especies (Tabla II). En cuanto a la abundancia de culicinos por comunidad (Tabla III), 88% de la abundancia total se obtuvo en las comunidades de Carlitos (688 especímenes), Mario (647), Santa María de los Guaicas (561), Iyewëi-theri (490), Lechoza (449), Clavo-theri (327), Hishinowëi-theri (309) y Yoohope (303), las demás comunidades reportaron valores menores a 250 especímenes. La mayor diversidad de especies se alcanzó en Santa María de las Guaicas, Hatakoa, Shashanawë, Carlitos y Mario, mientras que para el índice de Alatalo las comunidades más equitativas fueron Shakita y Mosho (Tabla III).

El análisis de composición de especies entre comunidades se determinó para cinco comunidades con similar esfuerzo de muestreo, Santa María de las Guaicas, Carlitos, Iyewëi-theri, Lechoza y Mario (Tabla IV). La comparación arrojó diferencias significativas entre las comunidades Carlitos y Iyewëi-theri ($P=0,044$); Carlitos y Lechoza ($P=0,072$) y Carlitos y Mario ($P=0,037$), el resto de las comunidades no arrojaron diferencias significativas. El Análisis de Similaridad Porcentual (SIMPER), reportó disimilitudes parecidas entre comunidades. Sin embargo, la comunidad de Santa María de los Guaicas (SMG) arrojó las mayores diferencias, SMG y Lechoza (66,69% de disimilitud), SMG y Carlitos (67,46%) y SMG y Iyewëi-theri (66,26%) (Tabla IV). Las 25 especies registradas en el estudio contribuyeron para el 100% de la disimilitud obtenida en cada comparación, sin embargo, de estas solo tres especies, *Ma. titillans*, *Ae. fulvus* y *Cx. spissipes* aportaron el 80% para dicha diferencia.

DISCUSIÓN

El presente trabajo constituye el primer estudio longitudinal realizado en el estado Amazonas para caracterizar la fauna de culicinos que entran a alimentarse en viviendas de comunidades indígenas atraídos por humanos protegidos por mosquiteros y

luz de tungsteno de trampas CDC. Se identificaron un total de 25 especies, de las cuales 18 (72%) son nuevos registros para el estado Amazonas (Tabla I) elevando a 41 las especies señaladas para el estado. Suárez *et al.* (1992) en capturas realizadas con trampas CDC en la serranía de Tapirapecó, Alto Orinoco, solo reportaron seis especies que coinciden con nuestro estudio: *Ae. fulvus*, *Ae. serratus* (Theobald) *sensu lato*, *Ma. titillans*, *Ps. albipes* (Theobald), *Ps. ferox* (Humboldt) y *Ur. geométrica* Theobald.

Mansonia titillans, *Ae. fulvus* y *Cx. spissipes* fueron las especies más abundantes, siendo las dos primeras importantes vectores del virus de encefalitis equina venezolana (VEEV) (Turell *et al.*, 2000, Weaver *et al.*, 2004; Walder *et al.*, 1984) y como posibles exportadores del VEEV desde los focos enzoóticos a las áreas abiertas (Méndez *et al.*, 2001) y *Cx. spissipes* como vector enzoótico de VEEV (Walder *et al.*, 1984; Weaver *et al.*, 2004). Otras especies de importancia en la transmisión enzoótica de VEEV también fueron colectadas aunque en baja proporción: *Cx. (Mel.) pedroi* Sirivanakarn & Belkin, *Cx. (Mel.) ocosa* Dyar & Knab (Navarro & Weaver, 2004; Weaver *et al.*, 2004), así como *Cx. (Mel.) dunni* Dyar del virus de la encefalitis del Este (EEEV) (Walder *et al.*, 1984), siendo estos los reportes más al sur de estas especies en Venezuela. Cabe resaltar que *Cx. pedroi* además ha sido involucrado en la transmisión EEEV y otros virus en Panamá y Brasil (Galindo & Srihongse, 1967). Por lo antes expuesto, se requieren estudios para caracterizar los arbovirus circulando en esta región así como las especies de mosquitos vectoras.

Los análisis de correlación entre la precipitación, nivel del río y abundancia de las especies más frecuentes *Ae. fulvus* y *Ma. titillans* resultaron significativamente negativas. Esto podría estar asociado a la dinámica entre esta variable y al tipo y ubicación de los criaderos o hábitats de fases inmaduras que estas especies explotan, los cuales al incrementar la precipitación podrían ser lavados resultando en la disminución de la abundancia de estas especies. Una vez se estabilizan estos hábitats, aumenta la abundancia.

Se ha demostrado que especies como *Ae. fulvus*, *Ae. scapularis*, *Ae. serratus* s.l., *Ps. albipes*, *Ps. ferox*, *Ps. cyanescens* (Coquillett), *Ps. cilipes* (Fabricius) y *Ps. lineata* (Humboldt) son especies

Tabla III. Riqueza de especies, abundancia, Índices de Diversidad de Shannon, Números de Hill (N1, N2) y Equidad de Alatalo en comunidades de Ocamo y Mavaca, Municipio Alto Orinoco, estado Amazonas, Venezuela.

Comunidades	Riqueza	Abundancia	Shannon-Weaver (H)	N1	N2	F2,1 Alatalo
Carlitos	18	688	1,68	5,35	4,01	0,69
Santa María de los Guaicas	18	561	1,75	5,75	3,91	0,61
Iyewei-theri	17	490	1,51	4,54	2,72	0,49
Clavotheri	16	327	1,68	5,37	3,42	0,55
Lechoza	16	446	1,33	3,79	2,35	0,48
Mario	16	647	1,62	5,06	3,31	0,57
San Benito	15	357	1,59	4,88	3,33	0,6
Shashanawe	14	239	1,69	5,42	3,81	0,63
Hishinowei-theri	12	309	1,14	3,11	1,80	0,38
Yohoope	12	303	1,16	3,18	1,97	0,44
Hatakoa	9	29	1,73	5,64	4,10	0,67
Kashorawe	7	115	1,47	4,33	3,39	0,72
Mosho	5	22	1,18	3,27	2,60	0,71
Motorema	5	22	1,25	3,50	2,88	0,75
Shakita	4	10	1,17	3,22	2,78	0,80
Kopariwe	3	35	0,51	1,66	1,34	0,52
Purima	3	22	0,76	2,13	1,85	0,75
Warapana	2	13	0,27	1,31	1,17	0,53

que se encuentran en áreas boscosas (Alfonzo *et al.*, 2005; Guimaraes *et al.*, 2000; Lutz & Lourenço de Oliveira, 1996; Méndez *et al.*, 2001) donde los principales criaderos disponibles son pozos y charcas. Esto corroboraría las fluctuaciones observadas en la abundancia de hembras adultas de *Ae. fulvus*, las cuales muestran correlaciones negativas significativas tanto durante el año 1999 como en el año 2000 con la precipitación (Figs. 2 y 3A). Así tenemos que casi simultáneamente con el incremento de la precipitación se registra la disminución de la abundancia, siendo más evidente durante Febrero 1999, Enero y Mayo 2000.

En cuanto a *Ma. titillans*, la especie de culicino más abundante en el área de estudio (48%), se encuentra en diversidad de criaderos tipo lagunas con plantas acuáticas flotantes (e.g. *Pistia stratiotes*) en áreas abiertas (Alfonzo *et al.*, 2005). Estudios realizados en el área de Ocamo sobre caracterización de criaderos de anofelinos (Rejmankova *et al.*, 1999; Rubio-Palis *et al.*, 2005) mostraron que alrededor de

las comunidades de Ocamo hay grandes lagunas que se forman por desborde de los ríos Orinoco y Ocamo. Estas lagunas están expuestas al sol en áreas abiertas rodeadas de gramíneas, con abundante vegetación sumergida como *Mayaca* sp. y *Utricularia* sp. y plantas flotantes como *Pistia stratiotes*, las cuales son criaderos explotados por *Ma. titillans*. Esto se evidencia al observar por separado para cada año de estudio el patrón relativamente estable de la precipitación durante el año 1999 lo cual contribuye a la estabilidad del criadero, mientras que las marcadas fluctuaciones de la precipitación registradas durante el año 2000 se corresponden con incrementos y descensos en la abundancia de hembras adultas de *Ma. titillans*. No obstante, esta relación no fue significativa ($P > 0,05$) y se mantienen abundancias importantes de esta especie, debido posiblemente al registro de niveles altos del río Orinoco (Figs. 2 y 3B) que contribuyeron a la permanencia de los cuerpos de agua.

Es interesante señalar que tanto especies como *Ma. titillans* que se encuentran en áreas abiertas

como *Ae. fulvus* que se encuentra en el bosque, vuelan en horario nocturno en busca de fuentes de comidas sanguíneas ubicadas dentro de viviendas, lo cual se corresponde con lo encontrado por Méndez *et al.* (2001) en el Catatumbo (estado Zulia) siendo los principales candidatos a exportadores del virus de VEEV u otros virus a zonas abiertas.

Cabe resaltar la presencia de una especie netamente urbana como *Cx. quinquefasciatus* Say en un área selvática de difícil acceso, si bien en cantidades muy bajas, en varias comunidades (Tabla II) lo que evidencia su reciente introducción desde zonas urbanas mediante mecanismos que resultaría interesante investigar por técnicas genético-poblacionales. La introducción de esta especie podría incrementar la transmisión de filarias que puedan existir en forma enzoótica. La utilización de otros métodos de capturas como atractantes humanos, podrían arrojar abundancias mayores para esta especie. Cabe señalar que estudios realizados en un caserío cercano a la ciudad de Manaus, estado Amazonas, Brasil, reportan la presencia de *Cx. quinquefasciatus* tanto en el intradomicilio como en el peridomicilio y el bosque próximo (Barbosa *et al.*, 2008), evidenciándose que esta especie coloniza zonas boscosas próximas a centros urbanos. Estos resultados contrastan con los hallazgos de Hutchings *et al.* (2002; 2005) en áreas remotas del estado Amazonas de Brasil. En efecto, estos autores no capturaron esta especie utilizando diversos métodos entre 1993 y 1996 en el Parque Nacional Jaú (Hutchings *et al.*, 2005) ni en Querari, puesto fronterizo con Colombia.

En general se observa una alta diversidad de especies de culicinos en el Alto Orinoco (Tabla I), lo cual contrasta con la baja diversidad de anofelinos capturados durante el estudio. Sin embargo, el número de anofelinos capturados fue aproximadamente 80 veces superior. En efecto, se capturaron un total de 332.355 anofelinos, de los cuales 99,9% se identificaron como *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root; el 0,01% restantes estaba integrado por *An. (Nys.) triannulatus* (Neiva & Pinto), *An. (Nys.) oswaldoi* (Peryassú) *sensu lato*, *An. (Nys.) strodei* Root, *An. (Nys.) benarrochi* Gabaldon, Cova García & López y *An. (Anopheles) mattogrossensis* (Lutz & Neiva) (Rubio-Palis *et al.*, 2000).

La riqueza y abundancia de especies resultó diferente en cada comunidad, siendo mayor en Santa

María de los Guaiacas y Carlitos (Tabla III). Si bien, estas diferencias entre comunidades posiblemente es debida a diferencias en el esfuerzo de captura, lo cual se evidencia al contrastar los valores del estimador de riqueza Chao 1 (Tabla II). En términos de diversidad, se observa que comunidades con igual esfuerzo de capturas reportan valores de diversidad similares, aquellas comunidades con bajo esfuerzo de muestreo reportan valores bajos de diversidad (Tabla III). Varios factores son relevantes al considerar diferencias en la diversidad esperada. La disponibilidad de criaderos y la oferta de micro hábitats disponibles ofrecen nichos favorables para diversidades altas de mosquitos (Yanoviak, 2001). En un sentido amplio, las comunidades no presentan diferencias relevantes desde un punto de vista estructural de conformación vegetal, así las especies reportadas en las comunidades presentan requerimientos ecológicos similares. Así mismo, la fauna de culicinos registrada, corresponde a muestreos puntuales dirigidos a capturas de mosquitos adultos, lo cual restringe aquellas especies con comportamiento ecológicos estenoicos (fauna asociada a fitotelmata). Esto podría explicar la baja abundancia encontradas en este grupo funcional que son poco atraídos a las trampas de luz y algunos al atractivo humano o que son de hábitos diurnos y se encuentran en el bosque como los sabetinos..

Sin embargo, al comparar la composición de especies entre las comunidades con igual esfuerzo de captura, se muestra que hay diferencias significativas entre las comunidades de mosquitos (Tabla IV). Estas diferencias están dadas no sólo por la composición sino también por la abundancia relativa de las especies, específicamente el SIMPER revela que la disimilitud entre comunidades es explicada principalmente por las tres especies más abundantes *Ma. titillans*, *Ae. fulvus* y *Cx. spissipes*, las cuales aportaron el 80% para esta diferencia. Es posible que dicha disimilitud se deba a diferencias en la cobertura vegetal y disponibilidad de criaderos en los alrededores de cada comunidad, si bien la distancia entre estas (menor de 2 km) está dentro del rango de vuelo de estas especies (Edman & Bidlingmayer, 1969).

Hasta el presente se han reportado 41 especies de culicinos para el estado Amazonas en Venezuela, pero en comparación con el vecino estado Amazonas de Brasil, esta diversidad es baja. En efecto, capturas realizadas en áreas rurales de dicho estado reportaron 48 especies (Barbosa *et al.*, 2008), mientras que en

bosques primarios el número de especies de culicinos asciende a 119 (Hutchings *et al.*, 2005). Por tanto se considera que todavía es preliminar el conocimiento de la fauna de Culicidae para este importante territorio desde el punto de vista de biodiversidad de especies y su relación biogeográfica, así como la importancia en los ciclos de transmisión de importantes patógenos no estudiados en dicha región. Se requiere de mayores estudios en biodiversidad y ecología mediante estudios longitudinales en el tiempo, así como de la búsqueda de patógenos parasitarios y virales zoonóticos de importancia potencial en salud pública circulantes en sus ciclos naturales.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaramos que no ha habido entre nosotros conflictos de intereses durante el desarrollo del presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A todas las comunidades del Alto Orinoco que participaron y colaboraron durante la realización del estudio. A Ukako, Gerardo y Remi (equipo de entomología yanomami); a Víctor Sánchez, Ramón y Cristóbal Menarez quienes participaron en las actividades de campo. A Tarcisio, Pepito y Joseito (motoristas yanomami). Este estudio fue posible gracias al financiamiento de la Dirección de Malaria y Saneamiento Ambiental y el Instituto de Biomedicina a través del Proyecto Control de Enfermedades Endémicas, Ministerio de Salud y Asistencia Social-Banco Mundial (PCEE/VEN/021-002).

REFERENCIAS

- Alfonzo D., Grillet M. E., Liria J., Navarro J. C., Weaver S. C. & Barrera R. (2005). Ecological characterization of the aquatic habitats of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in enzootic foci of Venezuelan Equine Encephalitis Virus in western Venezuela. *J. Med. Entomol.* **42**: 278-284.
- Barbosa M. G. V., Fé N. F., Marcião A. H. R., da Silva A. P. T, Monteiro W. M., Guerra M. V. F. *et al.* (2008). Registro de Culicidae de importância epidemiológica na área rural de Manaus, Amazonas. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* **41**: 658-663.
- Berlin O. G. & Belkin J. N. (1980). Mosquito studies (Diptera, Culicidae). XXXVI. Subgenera *Aedinus*, *Tinolestes* and *Anoediopora* of *Culex*. *Contrib. Amer. Ent. Inst.* **17**: 1-104.
- Berti J., Guzmán H, Liria J., González J., Estrada Y. & Pérez E. (2011). Nuevos registros de mosquitos (Diptera: Culicidae) para el estado Bolívar, Venezuela: dos de ellos nuevos para el país. *Bol. Mal. Salud Amb.* **51**: 59-69.
- Clarke K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology.* **18**: 117-143.
- Cova García P., Sutil E. & Rausseo J.A. (1966). *Mosquitos (Culicinos) de Venezuela. Vol. I y II.* Publicaciones del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Caracas, Venezuela.
- Chavarri L.G. (1995). *Clave fotográfica para hembras de zancudos (Diptera: Culicidae) presentes en Centro América y Panamá.* Instituto Nacional de Biodiversidad. San José, Costa Rica.
- Del Ventura F., Liria J. & Navarro J.C. (2013). Determinación de Áreas de Endemismo en Mosquitos (Diptera: Culicidae) en Venezuela, mediante criterios explícitos de optimización. *Bol. Mal. Salud Amb.* **53**: 165-182.
- Edman J. D. & Bidlingmayer W. L. (1969). Flight capacity of blood-engorged mosquitoes. *Mosq. News.* **29**: 386-392.
- Galindo P. & Srihongse S. (1967). Transmission of arboviruses to hamsters by the bite of naturally infected *Culex (Melanoconion) mosquitoes*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **16**: 525-530.
- Guimarães A. E., Gentile C., Macedo Lopes C. & Pinto de Mello R. (2000). Ecology of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Areas of Serra do Mar State Park, State of São Paulo, Brazil. II - Habitat Distribution. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **95**: 17-28,
- Hammer O., Harper D. A. T. & Ryan P. D. (2001). *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis.* Paleontologia Electronica. 4(1): 9pp.

- Hill M. O. (1973). Diversity and Evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*. **54**: 427-432.
- Holdridge L. R. (1979). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. Costa Rica.
- Huber O. (1995). Geographical and physical features. pp. 1-51. En: *Flora of the Venezuelan Guayana*. Vol. I. Eds. Berry P.E., Holst B.K. & Yats Kievych K. Missouri Botanical Gardens, St. Louis & Timber Press Portland, Oregon, USA.
- Hutchings R. S. G., Sallum M. A. M. & Ferreira R. L. M. (2002). Culicidae (Diptera: Culicomorpha) da Amazônia Ocidental Brasileira: Querari. *Acta Amaz.* **32**: 109-122.
- Hutchings R. S. G., Sallum M. A. M., Ferreira R. L. M. & Hutchings R. W. (2005). Mosquitoes of the Jaú National Park and their potential importance in Brazilian Amazonia. *Med. Vet. Entomol.* **19**: 428-441.
- Lane J. (1953). *Neotropical Culicidae. Vol. I y II*. Universidad de São Paulo, Brasil.
- Liria J. & Navarro J. C. (2003). *Psorophora (Psorophora) lineata* (Humboldt, 1819) y *Psorophora (Pso.) saeva* Dyar & Knab, 1906 (Diptera: Culicidae). Correcciones en su identificación. *Entomotropica*. **18**: 113-119.
- Luz S. B. & Lourenço de Oliveira R. (1996). Forest culicinae mosquitoes in the environs of Samuel Hydroelectric Plant, State of Rondônia, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. **91**: 427-432.
- Méndez W., Liria J., Navarro J. C., García C. Z., Freier J. E., Salas R. et al. (2001). Spatial dispersion of adult mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a sylvatic focus of Venezuelan equine encephalitis virus. *J. Med. Entomol.* **38**: 813-821.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables-MARNR. (1998-2000). Registros diarios, estación climatológica Santa María de los Guaiacas, Alto Orinoco, Amazonas. Venezuela.
- Mora Rodríguez J. D. (1988). Distribución geográfica por géneros de la familia Culicidae en Venezuela. *Bol. Dir. Mal. San. Amb.* **38**: 75-82.
- Moreno C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y tesis SEA, Vol.1 Zaragoza, España.
- Navarro J. C. & Weaver S. C. (2004). Molecular Phylogeny of the Vomerifer and Pedroi Groups in the Spissipes Section of *Culex (Melanoconion)*. *J. Med. Entomol.* **41**: 575-581.
- Navarro J. C., Liria J., Piñango H. & Barrera R. (2007). Biogeographic area relationships in Venezuela: A parsimony analysis of Culicidae-Phytotelmata distribution in National Parks. *Zootaxa*. **1547**: 1-19.
- Reinert J. (1972). Mosquito generic and subgeneric abbreviations (Diptera: Culicidae). *Mosq. Syst.* **7**: 105-110.
- Rejmanková E., Rubio-Palis Y. & Villegas L. (1999). Larval habitats of anopheline mosquitoes in the Upper Orinoco, Venezuela. *J. Vector Ecol.* **24**: 130-137.
- Rubio-Palis Y., Magris M., Paz R. & Lines J. (2000) Population fluctuations of the malaria vector *Anopheles darlingi* in southern Venezuela. *J. Amer. Mosq. Control Assoc.* **16**: 309.
- Rubio-Palis Y., Menare C., Quinto A., Magris M. & Amarista M. (2005). Caracterización de criaderos de anofelinos (Diptera: Culicidae) vectores de malaria en el Alto Orinoco, Amazonas, Venezuela. *Entomotropica*. **20**: 29-38.
- Rubio-Palis Y. & Zimmerman R. H. (1997). Ecoregional classification of malaria vectors in the neotropics. *J. Med. Entomol.* **34**: 499-510.
- Sallum M. A. M. & Forattini O. P. (1996). Revision of the Spissipes section of *Culex (Melanoconion)* (Diptera: Culicidae). *J. Am. Mosq. Control Assoc.* **12**: 517-600.
- Suárez O. M., Navarro J. C., Walder R., Montañez H. & Decena C. (1992). Dipteros hematófagos de

- la serranía de Tapirapicó, estado Amazonas. *Acta Biol. Venez.* **14**: 1-6.
- Sutil E. (1980). Enumeración histórica y geográfica de las especies de Culicidae de Venezuela ordenadas según su Taxonomía. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.* **20**: 1-32.
- Turell M. J., Jones J. W., Sardelis M. R., Dohm D. J., Coleman R. E., Watts D. M. *et al.* (2000). Vector competence of *Peruvian mosquitoes* (Diptera: Culicidae) for epizootic and enzootic strains of Venezuelan Equine Encephalomyelitis Virus. *J. Med. Entomol.* **37**: 835-839.
- Walder R., Suárez O. M. & Calisher C. H. (1984). Arboviruses studies in south western Venezuela during 1973-81. II. Isolations and further studies of Venezuelan and Eastern Equine Encephalitis, Una, Itaqui, and Moju viruses. *Am J. Trop. Med. Hyg.* **33**: 483-491.
- Weaver S. C., Ferro C., Barrera R., Boshell J. & Navarro J. C. (2004). Venezuelan Equine Encephalitis. *Ann. Rev. Entomol.* **49**: 141-74.
- Yanoviak S. P. (2001). Predation, resource availability and community structure in Neotropical water-filled tree holes. *Oecologia.* **126**: 125-133.
- Zavortink T. J. (1979). A reclassification of the sabethine genus *Trichoprosopon*. *Mosq. Syst.* **11**: 255-257.

Recibido el 20/05/2014
Aceptado el 20/08/2014