

## Evaluación rápida de biodiversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) y riesgo en salud ambiental en un área Montana del Chocó Ecuatoriano

Juan-Carlos Navarro<sup>1,2,3</sup>, Jazzmin Arrivillaga<sup>1,4</sup>, Diego Morales<sup>6</sup>, Patricio Ponce<sup>5</sup>, Varsovia Cevallos<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Investigador-Proyecto Prometeo-Senescyt, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Caracas, Venezuela. E-mail: juan.navarro@ciens.ucv.ve

<sup>3</sup>Centro Internacional de Zoonosis, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

<sup>4</sup>Universidad Simón Bolívar, Departamento de Estudios Ambientales, Caracas, Venezuela.

<sup>5</sup>Centro de Investigación Traslacional, Facultad de Medicina, Universidad de las Américas (UDLA) – Quito.

<sup>6</sup>Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSP), Laboratorio de Entomología, Quito, Ecuador.

### Resumen

NAVARRO JC, ARRIVILLAGA J, MORALES D, PONCE P, CEVALLOS V. 2015. Evaluación rápida de biodiversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) y riesgo en salud ambiental en un área Montana del Chocó Ecuatoriano. ENTOMOTROPICA 30(16): 160-173.

Se evaluó la diversidad alfa de mosquitos y el riesgo a transmisión de patógenos con base en variables de rápida determinación. El muestreo se realizó en: zona urbana-rural, rural y rural-selvática de tres provincias. Veintidos especies fueron colectadas: 59 % son vectores comprobados; 45,5 % como adultos; 90,9 % en fases inmaduras; dos especies únicamente como adultos (9 %) y 12 especies únicamente como inmaduros (54,5 %). Cuatro especies fueron comunes a las tres provincias, 12 restringidas a una localidad y 9 en zona urbana. El 31,8 % mostraron antropofilia. El 75 % de viviendas mantenían larvas de Culicidae, con índice aélico IC= 25 %, de recipientes IR= 5 %; Bretau= 37,5 %, con 8,56 recipientes/vivienda. Los resultados sugieren alta vulnerabilidad a la traslocación y propagación de patógenos. Para la evaluación deben considerarse cinco factores: presencia/abundancia relativa de vectores potenciales; porcentaje de antropofilia; zona urbana: índices aélicos y socioeconómicos; presencia de especies selváticas y asociación a viviendas en zonas de transición y el muestreo debe contemplar técnicas de colecta para ambas fases de desarrollo -inmaduros y adultos- para evitar una subestimación de hasta un 50 % de la diversidad alfa con solo capturas para adultos.

**Palabras clave adicionales:** Biodiversidad, ecoepidemiología, riesgo, salud ambiental, taxonomía.

### Abstract

NAVARRO JC, ARRIVILLAGA J, MORALES D, PONCE P, CEVALLOS V. 2015. Rapid assessment of mosquito biodiversity (Diptera: Culicidae) and health environmental risk in a mountain area belongs to Ecuadorian Chocó. ENTOMOTROPICA 30(16): 160-173.

Alpha diversity of mosquitoes was evaluated and the risk of pathogen transmission based on variables of rapid determination. Sampling was conducted in: urban-rural, rural-rural and jungle areas of three provinces. A total of 22 species were collected: 59 % are proven vectors; 45.5 % were captured as adults, 90.9 % as immature phases; two species were captured as adults exclusively (9 %), and 12 species only as immature (54.5 %). Four species were common to all three provinces, 12 were restricted to one location, and 9 species in urban areas. 31.8 % showed anthropophily. 75 % of houses have Culicidae larvae with a *Aedes* index= 25 %, containers index= 5 %; Bretau index= 37.5 %, with 8.56 recipients/house. The results suggest high vulnerability to translocation and spread of pathogens. Five factors should consider: presence and relative abundance of potential vectors; percentage of anthropophily; urban area: *Aedes* and socioeconomic indices; presence of sylvan species and its association with homes in transition zones and sampling techniques must be include collection for both adults and immatures, which prevents underestimation of up to 50 % of alpha diversity if adults catch are used only.

**Additional key words:** Biodiversity, ecoepidemiology, environmental health, health risk, taxonomy.

## Introducción

Importantes patógenos que producen enfermedades en humanos y animales domésticos son transmitidos por Dípteros de la familia Culicidae (Culicinae y Anophelinae). Las enfermedades más importantes en las cuales estos insectos están involucrados son: Malaria o Paludismo, Dengue (y sus manifestaciones severas y hemorrágicas), Fiebre Amarilla, Encefalitis Equina Venezolana (VEEV) y del Este (EEEV), Gamboa, Ilheus, Estomatitis Vesicular, de las cuales se tienen registros previos y casos en Ecuador (Calisher et al. 1981, Weaver et al. 2004, Manock et al. 2009, Johnson et al. 2009, Izurieta et al. 2009), así como del virus Mayaro del cual existe evidencia serológica en soldados ecuatorianos (Izurieta et al. 2011), todos transmitidos por Culicidae (mosquitos o zancudos), así como del virus africano Chikungunya, de reciente introducción en el continente americano y en Ecuador (OPS/PAHO 2014).

Pocas referencias de riesgo entomológico en el país se encuentran en la literatura, entre las cuales se mencionan los trabajos pioneros en estudios de vectores realizados por Levi-Castillo entre las décadas de los 40's y 50's (Levi-Castillo 1953, 1956). Posteriormente, algunos aportes se han realizado con relación a la distribución de mosquitos (Heinemann and Belkin 1979, Linton et al. 2013; en vectores de malaria (Harrison et al. 2012, Pinault and Hunter 2011, 2012; Linton et al. 2013); así como también reportes de nuevos registros en el Ecuador de mosquitos transmisores potenciales de fiebre amarilla y Mayaro y una nueva planta-fitotelmata Amaryllidaceae (no registrada para América) y sus mosquitos asociados (Navarro et al. 2013a,b). No obstante, es uno de los países megadiversos, gran parte de la extensión ecuatoriana permanece sin ser estudiada y regiones susceptibles a la transmisión potencial enzoótica-endémica y epizoótica-epizootémica de distintos arbovirus y protozoarios de

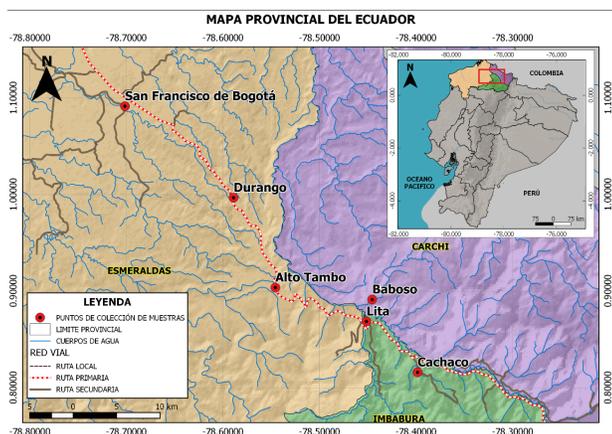
importancia en salud pública y animal, no han sido identificados aún.

Este trabajo no pretende realizar un estudio ecológico o de biodiversidad en sentido amplio (alfa, beta y gamma tradicional: *sensu* Wittaker 1960, 1972) transversal o estacional a largo plazo, sino que mostramos aquí una evaluación taxonómica de la biodiversidad alfa (riqueza de especies) de Culicidae obtenida a partir de tres días de muestreo para fases inmaduras y adultas, y sus implicaciones eco-epidemiológicas de una zona montañosa de Ecuador, perteneciente a la Provincia Biogeográfica del Chocó Ecuatoriano, frontera de tres Provincias políticas al norte del país. Se propone la aplicación de este método intensivo y rápido en áreas destinadas a la intervención humana actual o futura con fines de turismo, urbanización, explotación minera y petrolera, o para la producción animal y vegetal, a fin de estructurar medidas sanitarias inmediatas que permitan determinar la vulnerabilidad y prevenir o minimizar el riesgo de emergencia de enfermedades transmitidas por vectores.

## Materiales y Métodos

### Area de estudio

El área de intervención representa la región Montaña de bosques tipo nublados y húmedos montanos de la costa, entre las provincias de Imbabura, Carchi y Esmeraldas, perteneciente a la región biogeográfica del Chocó Ecuatoriano (Figura 1). Predomina un clima tropical megatérmico, con una temperatura promedio de 22,9 °C (min: 17,9; máx: 28,6) y una precipitación anual de 3 355 mm para la localidad de Lita. Se presentan dos máximos de lluvias en abril (> 400 mm) y octubre (350 mm), sin embargo la precipitación permanece con niveles superiores a 300 mm desde octubre a mayo (INAMHI 2013). El muestreo puntual fue realizado entre los días 27 al 30 de Octubre 2012, durante el período lluvioso en seis localidades con población humana: Cachaco (rural) 680 m,



**Figura 1.** Ubicación de las localidades de muestreo en los límites de las tres Provincias: Imbabura, Carchi y Esmeraldas en el Chocó Ecuatoriano.

Lita (urbano-rural) 590 m, pertenecientes a Imbabura; El Baboso-rio El Baboso (rural-selvático) 658 m, perteneciente a Carchi y cercano a la triple frontera con Imbabura-Esmeraldas; San Francisco de Bogotá (selvático) 100 m, Durango (rural-selvático) 450 m, y Alto Tambo (rural-selvático) 424 m, pertenecientes a Esmeraldas (Cuadro 1). Esta zona tiene una actividad principalmente agrícola, con inicios de actividades turísticas debido a su riqueza natural e hídrica (Atlas Geográfico del Ecuador 2012).

## Muestreo

Se realizó un muestreo puntual y rápido en horario diurno y nocturno, en el área urbana (viviendas, peridomicilio, cementerio), área rural-selvática y selvática, utilizando diferentes métodos de muestreo por tres días consecutivos de forma intensiva. La colecta de los estados inmaduros se realizó mediante succionadores en criaderos artificiales (utilitarios, ornamentales y de desecho) y naturales (cuerpos de agua en suelo y Fitotelmata) siguiendo los criterios y estandarización de colecta de Navarro et al. (2007). Los adultos fueron capturados con aspiradores manuales en cebos animales [(crías de gallinas, patos, roedores (Cuyes: *Carvia porcellus*)] y atraídos a humanos con capturas diurnas y nocturnas de una hora por operador,

con trampas de luz CDC (blanca y UV), trampas BG sin cebo, BG + Octenol y BG + Lure entre 18:00 - 06:00 h siguiendo criterios y estandarización de Rubio-Palis et al. 2014. Los ejemplares recolectados en fase inmadura fueron criados hasta adultos para su identificación mediante crías asociadas, mientras que aquellos colectados en fase adulta fueron colocados en doble montaje (Belkin et al. 1965, Navarro et al. 2007). Los ejemplares adultos e inmaduros y series asociadas fueron identificados mediante claves taxonómicas en orden de importancia y especificidad: Lane (1953), Lane and Whitman (1951), Bram (1967), González y Carrejo (2009), Navarro (1996), Zavortink (1972, 1973, 1979), Berlin and Belkin (1980), Valencia (1973) y Liria and Navarro (2014).

En la zona urbana de Lita, con una población de 3 349 habitantes y con aproximadamente 150 viviendas de construcción variada en una superficie de 188 Km<sup>2</sup> (INEC 2010), con plaza central, cementerio municipal, pequeños comercios y áreas deportivas, se seleccionaron dos manzanas por día (6 manzanas en total, 75 % del área residencial) en el centro y bordes del área urbana, muestreando con un equipo de tres personas a razón de 15 viviendas por día, entre 9:00 y 12:30 h (total 45 viviendas), que representó el 30 % de las viviendas totales. Se realizó una encuesta para medir parámetros socio-económicos como calidad (continuidad e interrupciones) en servicios de agua potable, recolección de basura y desechos sólidos y un levantamiento entomológico de criaderos para *Aedes aegypti* y otros vectores bajo criterios y estandarización de muestras biológicas y datos socioeconómicos basados en Barrera et al. 1995.

## Resultados

### Composición general de la fauna de Culicidae: localidad, ambiente y criaderos

Se identificaron 22 especies pertenecientes a las dos subfamilias de Culicidae: tres especies

**Cuadro 1.** Localidades de muestreo y coordenadas geográficas

Localidad	Provincia	Altitud (m)	Coordenadas (UTM)	
El Baboso	Carchi	658	784585	99179
Cachaco	Imbabura	680	789275	91626
Lita	Imbabura	590	783641	96252
Durango	Esmeraldas	450	766978	111884
Alto Tambo	Esmeraldas	424	773383	102919
San Francisco de Bogotá	Esmeraldas	100	759105	127891

de Anophelinae y 19 especies de Culicinae (Cuadro 2). Entre los Culicinae, tres Tribus están representadas: Aedini (cuatro especies), Sabethini (ocho especies) y Culicini (siete especies).

De las 22 especies, 20 (90,9 %) fueron colectadas tanto en fase adulta como inmadura, 12 (54,5 %) solo en fase de larva o pupa en los criaderos, 10 (45,5 %) como adultos en trampas y cebos, y dos (9 %) especies solo se colectaron en fase adulta.

Tres especies mostraron la tasas más altas de captura en criaderos y como adultos con diferentes métodos: *Limatus durhami* Theobald (en nueve criaderos pero no colectado como adulto), *Culex quinquefasciatus* (tres criaderos; seis tipos de capturas de adultos) y *Cx. corniger* Theobald (cuatro criaderos; dos tipos de colectas en adultos). Gran parte de las especies encontradas en Fitotelmata (nueve de 12 especies; 75 %) mostraron especificidad en un tipo de criadero (bromelias, espaldas de palma, hueco de árbol o internodos de bambú), mientras que de cuatro especies colectadas en cuerpos de agua en el suelo, solo una fue colectada también en criaderos artificiales (*Cx. corniger*).

Espacialmente, cuatro especies se colectaron en localidades de las tres provincias, tres de ellas, especies urbanas típicas (*Aedes aegypti* L., *Cx coronator* Dyar & Knab y *Cx corniger*) y una bromelícola (*Anopheles neivai* Howard, Dyar & Knab), mientras que 12 especies se restringieron a una sola localidad (*Anopheles albimanus* Wiedemann, *An. pseudopunctipennis* Theobald,

*Aedes terreus* gr. (Walker), *Trichoprosopon compressum* Lutz, *Wyeomyia celaenocephala* Dyar & Knab, *Wy autocratica* Dyar & Knab, *Wy bicornis* (Root), *Sabethes cyaneus* (Fab.), *Cx chryselatus* Dyar & Knab, *Cx elevator* Dyar & Knab, *Cx neglectus* Lutz y *Cx bonnei* Dyar) y todas a excepción de una, colectadas en criaderos naturales (Cuadro 3).

Ocho especies (36,3 %) fueron colectadas en criaderos o recipientes artificiales de utilidad o de desecho, y 16 especies (72,7 %) en criaderos naturales (12 especies -54,5 %- en fitotelmata), mientras que solo cuatro especies (18,1 %) se encontraron en ambos tipos de criaderos (Cuadro 2 y Cuadro resumen 4).

En las capturas de adultos, 7 especies (31,8 %) mostraron marcada antropofilia mediante colectas sobre humanos (*Anopheles albimanus* Wiedmann, *An neivai* Howard, Dyar & Knab, *Ae aegypti* L., *Psorophora confinnis* (Lynch Arribalzaga), *Wyeomyia celaenocephala* Dyar & Knab, *Culex corniger* L. y *Cx quinquefasciatus* Wiedmann), siendo cuatro de ellas capturadas también sobre animales domésticos (las dos especies de *Anopheles* y de *Culex*). Adicionalmente, *Psorophora albipes* también fue colectada en trampas con cebo simulando sudor humano (BG + Lure) (Cuadro 2).

### Evaluación rápida de mosquitos en la zona urbana

En la localidad de Lita como ambiente urbano (viviendas con división urbanizada, cementerio municipal, hospital, áreas deportivas, viviendas

**Cuadro 2.** Lista de especies colectadas en el área interprovincial (Imbabura, Carchí, Esmeraldas) destacando los criaderos de inmaduros (larvas y pupas) y forma de captura de adultos.

Cria/Colecta	Inmaduros (Larvas y Pupas)													Adultos						
	Artificial													Natural						
	Útiles	Ornamental	Flóreatos	Tarinas	Botellas	Latas	Lantanas	Charca	Desborte de río	Suelo	Bromelia	Bambu	Hueco de Arbol	Espata	Sobre Hom	Cebo Animal	Cdc	Bg	Bg + Oateno	Bg + Lure
	4	4	2	4	4	4	3	2	2	6	4	1	1	1	7	2	3	1	2	3
	Riqueza de especies																			
Tribu																				
Especies																				
Anophelini																				
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis</i>								X							X	X				
<i>Anopheles (Kerteszia) neivai</i>										X					X	X				
<i>Anopheles (Anopheles) pseudopunctipennis</i>																				X
<i>Aedes (Stegomyia) aegypti</i>	X	X													X					
<i>Aedes (Protomaculata) grupo terreus</i>												X			X					
<i>Psorophora (Grabbamia) confinis</i>															X					
<i>Psorophora (Janthinosoma) albipes</i>							X								X				X	X
<i>Trichoprosopon pallidiventer</i> s.l. ( <i>Tr. andinum</i> )									X											
<i>Trichoprosopon compressum</i>														X						
<i>Wyeomyia celaenocphala</i> *																				X
<i>Wyeomyia (Nunezia) bicornis</i>																				X
<i>Wyeomyia autoeratica</i>																				X
<i>Sabethes (Sabethes) cyaneus</i>																				X
<i>Limatus durhami</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
<i>Limatus assuleptus</i>	X																			
<i>Culex (Culex) quinquefasciatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Culex (Phe.) corniger</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Culex (Cux.) coronator</i>																				
<i>Culex (Mel.) elevator</i>																				X
<i>Culex (Mx.) chryselatus</i>																				
<i>Culex (Mx.) neglectus</i> *																				
<i>Culex (Car.) bonnei</i>																				X

\* nuevo registro para Ecuador

**Cuadro 3.** Lista de especies colectadas en el área interprovincial del Chocó, incluyendo localidades y tipo de ambiente

Especies	Localidad					
	Imbabura		(S)	Esmeraldas		Carchi
	(U-R)	(R)		(R-S)	(R)	(R-S)
Lita	Cachaco	San Fco.	Alto Tambo	Durango	Baboso	
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus</i>		X				
<i>Anopheles (Kerteszia) neivai</i>	X	X		X		
<i>Anopheles (Anopheles) pseudopunctipennis</i>		X				
<i>Aedes (Stegomyia) aegypti</i>	X		X			X
<i>Aedes (Protomacleaya) "grupo terreus"</i>						X
<i>Psorophora (Grabbamia) confinnis</i>	X	X				
<i>Psorophora (Janthinosoma) albipes</i>	X	X	X			
<i>Trichoprosopon pallidiventer</i> s.l. ( <i>andinum</i> )		X	X			
<i>Trichoprosopon compresum</i>				X		
<i>Wyeomyia celaenocephala</i> *						X
<i>Wyeomyia (Nunezia) bicornis</i>	X					
<i>Wyeomyia autocratica</i>						X
<i>Sabethes (Sabethes) cyaneus</i>					X	
<i>Limatus durhami</i>	X	X	X		X	
<i>Limatus assulleptus</i>	X				X	
<i>Culex (Culex) quinquefasciatus</i>	X	X	X			
<i>Culex (Phe.) corniger</i>	X		X		X	X
<i>Culex (Cux.) coronator</i>	X	X				X
<i>Culex (Mel.) elevator</i>		X				
<i>Culex (Mcx.) chryselatus</i>				X		
<i>Culex (Mcx.) neglectus</i> *				X		
<i>Culex (Car.) bonnei</i>			X			
Riqueza de especies	9	10	7	3	3	7

Nota: (U) Urbano, (R) Rural, (S) Selvático // (\*) especies no registradas previamente en Ecuador.

y locales comerciales) se colectaron 9 especies (Cuadro 3 y 4), y se realizó una evaluación de factores de riesgo entomológico y socioeconómico a la transmisión de dengue con los siguientes resultados: 75 % de las viviendas mantenían larvas de Culicidae, con índice aéreo de casas IC= 25 %, índice de recipientes IR= 5 % (6 positivos a *Aedes* de 119 con agua); índice recipientes con Culicidae= 17 % (20/119 con larvas de Culicidae), índice de Breteau= 37,5 %, con un promedio de 8,56 recipientes por casa. El número total de recipientes (potenciales y con agua) fue de 134, siendo 52 de ellos (38,8

%) útiles (de almacenamiento de agua o para uso de animales domésticos), 32 ornamentales (23,8 %) y 50 (37,3 %) de desecho o descartados y acumulados en patios (Cuadro 4).

En la encuesta socioeconómica y de servicios, un 94 % refirió tener suministro de agua por tubería, mientras que el 43,8 % refirió interrupciones en el suministro (70 % de ellos una vez a la semana y 30 % una vez al mes); de ellos, el 80 % refirió una duración entre 2 y 8 horas de las interrupciones, mientras que el 20 % indicó más de 24 horas.

Cuadro 4. Resumen de variables entomológicas y socioeconómicas

<b>4.1 Riqueza de especies por tipo de capturas</b>	
Especies totales capturadas	22
Capturados en ambas fases (adultos e inmaduros) Número/(%)	20/(90,9 %)
Capturados como adultos en trampas de luz y cebo Número / (%)	10/(45,5 %)
Capturados exclusivamente como larvas y pupas Número / (%)	12/(54,5 %)
Capturados exclusivamente como adultos (con trampas y con cebos)	2/(9 %)
Antropofilia (atraídos hacia humanos) Número/(%)	7/(38,1%)
Recipientes naturales (Fitotelmata + Otros) Número / (%)	16 (12+4) / (72,7 %)
Recipientes artificiales Número/(%)	8/(36,3 %)
<b>4.2 Índices entomológicos (larvas) en la zona urbana (viviendas) de Lita</b>	
% Casas positivas a Culicidae (9 especies colectadas en viviendas)	75 %
Índice de recipientes con Culicidae	17 %
Índice Aedico ( <i>Aedes aegypti</i> ) de casas IC (%)	25 %
Índice Aedico de recipientes positivos IR (%)	5 %
Índice de Breteau (%) / promedio por casa	37,5 % / 8,56
<b>4.3 Índices de criaderos potenciales determinados en viviendas</b>	
Número total de recipientes potenciales	134
% recipientes útiles (almacenamiento para humanos o para uso de animales)	52 (38,8 %)
% recipientes ornamentales	32 (23,8 %)
% recipientes de desecho	50 (37,3 %)
<b>4.4. Índices socioeconómicos evaluados en encuestas</b>	
Suministro de agua por tubería en viviendas	100 %
Tiempo de interrupción del suministro	70 % una vez por semana 30 % una vez por mes
% de viviendas con almacenamiento de agua en recipientes	37,5 %
% viviendas que reportan servicio de aseo urbano	100 %
Promedio de adultos / vivienda	3,5
Promedio de niños / vivienda	2
% de viviendas que reporta al menos un caso de dengue en últimos 6 meses	19 %

El almacenamiento de agua tuvo la siguiente evaluación: un 37,5 % almacena agua en recipientes, 100 % refiere servicio de aseo urbano, el promedio de adultos y niños por casa fue de 3,5 y 2, respectivamente, mientras que el 19 % señaló haber tenido dengue en los últimos 6 meses (Cuadro 4).

## Discusión

### Evaluación general y del área rural-selvática

La captura de 22 especies de Culicidae en tres días de evaluación rápida está acorde con una región de alta diversidad como Ecuador, el cual es considerado uno de los 17 países megadiversos. La literatura (Levi-Castillo 1956, Heinemann and Belkin 1979, Guimarães 1997, Harrison et

al. 2012, Navarro et al. 2013 a y b, Linton et al. 2013; WRBU, GBIF) señalan aproximadamente 234 especies para Ecuador; sin embargo, debido a las condiciones biogeográficas y ecológicas del país, ésta cifra debe ser un valor subestimado, al compararlo con países de condiciones similares como Colombia, Perú y Venezuela. En el presente trabajo se señalan dos nuevos registros para Ecuador: *Culex neglectus* y *Wyeomyia celaenocephala*, Cuadro 2 y 3.

Las Tribus Sabethini, Aedini, Culicini y Anophelini son las más representadas en Ecuador y resultaron los grupos colectados en ésta evaluación, siendo de las nueve Tribus existentes, los taxa señalados principalmente en la transmisión de patógenos y los grupos que deben ser tomados en cuenta como un índice de riesgo entomológico

El Cuadro 4, sección 4.1 muestra la diversidad alfa de mosquitos. Estos resultados sugieren que una evaluación rápida de vulnerabilidad y riesgo debe realizarse contemplando el muestreo de fases adultas e inmaduras para obtener un índice apropiado de diversidad alfa (riqueza de especies). Esta forma de colecta demostró obtener un 90,1 % de las especies totales al muestrear con técnicas para adultos e inmaduros, mientras que las colectas dirigidas a larvas “recuperaron” el 54,5 % de la fauna total y las colectas hacia adultos el 45,5 %, lo que representa una pérdida de eficiencia del 36 % y 55 %, respectivamente. Así, nuestros resultados demuestran que las colectas para determinación rápida de la fauna de riesgo en salud ambiental o para muestreos ecológicos logitudinales, no deben basarse exclusivamente en la captura de de una fase de desarrollo en particular.

Parra-Henao y Suárez 2012, realizaron un muestreo en Urabá, Colombia, para determinar la diversidad de mosquitos y sus implicaciones en la transmisión de arbovirus. Estos autores realizaron un muestreo similar al nuestro de tres días consecutivos, utilizando solo trampas de luz y cebos humanos, pero en tres épocas climáticas.

El muestreo en diferentes estaciones esta acorde con un estudio ecológico longitudinal, sin embargo deben estar subvalorando la diversidad total en más de un 50 % y por ende en las especies involucradas en transmisión de arbovirus debido a la captura exclusiva de adultos. Adicionalmente, gran parte de las especies vectoras de arbovirus son diurnas, no son atraídas a trampas de luz y muestran baja antropofilia, lo cual puede ser observado en los Cuadros 2 y 5, y su colecta se realiza en los sitios de cria larval y en horas diurnas (Cuadro 5).

La inspección de ambos tipos de criaderos, artificiales y naturales, resulta también obligatoria debido a que la composición es usualmente diferente, implicando vectores urbanos, rurales y selváticos. El 70 % de las especies colectadas se crían en recipientes naturales como fitotelmata y cuerpos de agua en el suelo, en los cuales se encuentran especies importantes como vectores de malaria y virus emergentes, y que pueden actuar como mantenedores de ciclos epidemiológicos selváticos (Cuadro 2 y 5). Por otra parte, los criaderos antropogénicos o artificiales albergaron el 35 % de las especies, siendo éstas en su mayoría, especies asociadas al comportamiento humano, al ambiente urbano y vectores potenciales de patógenos como Dengue, Chikungunya, Virus del Oeste del Nilo y filarias. Un 17 % de las especies se detectaron en ambos tipos de ambientes, representando un indicativo de aquellas que pueden actuar como conectores epidemiológicos desde ciclos enzoóticos en ambientes selváticos-rurales al ciclo epizoótico-epidémico en un ambiente urbano (Cuadro 3 y 5).

Las ocho especies que mostraron antropofilia (*Anopheles albimanus*, *An. neivai*, *Ae. aegypti*, *Psorophora confinnis*, *Wyeomyia celaenocephala*, *Culex corniger* y *Cx. quinquefasciatus*), han sido involucradas con patógenos asociados al humano, que se muestran en el Cuadro 5. Adicionalmente, de las 13 especies de éste

Cuadro, ocho de ellas son especies de hábitos de alimentación hematofágica diurna.

La malaria ha sido una patología importante en Ecuador (Ruiz and Kroeger 1994, Pinault and Hunter 2012), y no obstante a la reducción de un 70 % de la incidencia en los dos últimos años, según datos de OPS/PAHO (2012), se teme por un resurgimiento incluso en zonas de altura (Pinault and Hunter 2012). *Anopheles albimanus*, está asociado fuertemente a la transmisión malárica en zonas de baja altitud, mientras que *An. neivai* y *An. pseudopunctipennis* a zonas de altitud baja y alta (Gutierrez et al. 2008, Sinka et al. 2010, Dantu-Juri et al. 2014), por tanto una posible recirculación futura del parásito, coloca a la zona de estudio como área de transmisión malárica eventual, y aquellos criaderos como cuerpos de agua en el suelo y bromelias deberán ser sitios de cría a ser considerados para el control del vector.

La VEEV es un alphavirus re-emergente con historial epizootémico en Ecuador (Aguilar et al. 2009), por tanto la presencia de especies como *Ps. confinnis*, vector comprobado de VEEV epizootico (Ortiz et al. 2005) y *Culex (Melanoconion) elevator*, que aunque no ha sido involucrado en transmisión, pertenece al subgénero asociado a las encefalitis equinas (Weaver et al. 2004), implican factores de riesgo para esta patología.

*Cx quinquefasciatus* es una especie urbana de amplia distribución, de hábitos nocturnos y asociada a criaderos antropogénicos. Esta especie ha sido involucrada a la transmisión de filariasis, SLEV (Encefalitis de San Luis), y WNV (Virus del Oeste del Nilo) (Pires and Gleiser 2010) y fue colectada en los tres tipos de ambientes (selvático, rural y urbano), en recipientes artificiales y capturada como adultos con diferentes técnicas, lo que demuestra que debe estar alimentándose tanto en humanos como en animales domésticos en el peridomicilio. Su amplitud de nicho espacial, alta variabilidad genética y su conocida asociación con patógenos

(Quintero y Navarro 2012) debe ser considerada como importante factor de riesgo en la zona.

*Culex corniger* es otra especie con nicho ecológico amplio, la cual fue capturada en localidades de las tres provincias, en recipientes antropogénicos y en cuerpos de agua en el suelo. Esta especie ha sido asociada a la transmisión ocasional de VEEV.

De las especies de la Tribu Sabethini, poco se conoce su competencia vectorial, algunas pocas especies como *Limatus durhami* y algunas especies de *Wyeomyia* y *Trichoprosopon*, están involucradas en la transmisión de arbovirus poco conocidos como *Wyeomyia*, Pixuna, Kairi, y Caraparu (Karabatsos 1985). Estas arbovirosis, y algunas emergentes como el virus Mayaro y Chikungunya, debido a cambios ecológicos por deforestación o urbanización de áreas rurales y selváticas, podrían causar brotes ocasionales. El virus Mayaro se presenta en varios países de Latinoamérica ocasionando graves problemas de salud (Muñoz y Navarro 2012).

En la tribu Sabethini, el género más asociado a patógenos importantes y conocidos es *Sabethes*. La especie *Sabethes cyaneus* posee conocida competencia vectorial al virus de la Fiebre Amarilla y virus Mayaro en el ciclo selvático (Barrett and Higgs 2007, Muñoz y Navarro 2012). Larvas de ésta especie se colectaron en internodos de bambú asociados a viviendas en el área rural de Durango (Esmeraldas). Se conocen eventos de transmisión de fiebre amarilla en Ecuador (Izurieta et al. 2009) así como la circulación del virus Mayaro mediante la detección de anticuerpos en humanos en el oriente (Izurieta et al. 2011) por lo que la presencia de esta especie, asociada a viviendas rurales, incrementa la posibilidad de transmisión de ambos virus en zonas de mayor población humana sin que estos tengan que introducirse en los focos enzoóticos.

**Cuadro 5.** Lista de especies de Culicidae colectados y su asociación a la transmisión de patógenos emergentes y re-emergentes. Basado en: Karabatsos 1985; Barrett and Higgs 2000; Weaver et al. 2004; Pires and Gleiser 2010; Muñoz y Navarro 2012; Pinault and Hunter 2012.

Tribu	Especie y hábito de alimentación (D= Diurno; N= Nocturno; P= Poco Conocido)	Patógeno y/o Enfermedad
Anophelini	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus</i> (N)	<i>Plamodium</i> spp. / Malaria
	<i>Anopheles (Kerteszia) neivai</i> (N)	<i>Plamodium</i> spp. / Malaria
	<i>Anopheles (Anopheles) pseudopunctipennis</i> (N)	<i>Plamodium</i> spp. / Malaria
Aedini	<i>Aedes (Stegomyia) aegypti</i> (D)	DENV, EEV, YFV / Dengue, encefalitis equina, fiebre amarilla urbana
	<i>Aedes (Protomacleaya) "grupo terrens"</i>	
	<i>Psorophora (Grabhamia) confinnis</i> (D)	EEV/ Encefalitis Equina Venezolana
	<i>Psorophora (Janthinosoma) albipes</i> (D)	EEV/ Encefalitis Equina Venezolana
Sabethini	<i>Trichoprosopon pallidiventer</i> s.l. ( <i>andinum</i> ) (D)	Vector Potencial de virus Guama
	<i>Trichoprosopon compresum</i> (D)	Vector Potencial de virus Guama
	<i>Wyeomyia celaenocephala</i>	
	<i>Wyeomyia (Nunezia) bicornis</i>	
	<i>Wyeomyia autocratica</i>	
	<i>Sabethes (Sabethes) cyaneus</i> (D)	YFV, MAYV, ILHV / Fiebre amarilla selvática, Mayaro, Ilheus (Sabethes spp.)
	<i>Limatus durhami</i> (D)	CARV, WYOV / Virus Caraparu, Wyeomyia
Culicini	<i>Limatus assulleptus</i> (D)	MAYV, WYOV/ Fiebre Mayaro y Wyeomyia
	<i>Culex (Culex) quinquefasciatus</i> (N)	Wuchereria bancrofti, WNV, OROV, SLEV/ Filariasis linfática, fiebre del Oeste del Nilo, fiebre Oropuche, fiebre de la encefalitis de San Luis
	<i>Culex (Pbe.) corniger</i> (N)	
	<i>Culex (Cux.) coronator</i> (N)	
	<i>Culex (Mel.) elevator</i> (N)	Vector Potencial de encefalitis equinas y encefalitis de San Luis
	<i>Culex (Mcx.) chryselatus</i> (N)	
	<i>Culex (Mcx.) neglectus</i> (N)	
	<i>Culex (Car.) bonnei</i> (P)	

### Evaluación de diversidad en el área urbana

Las especies más relacionadas con recipientes antropogénicos, antropofilia y por ende con el humano, tuvieron la mayor amplitud de nicho espacial y de variables formas de captura. *Limatus durhami*, resultó tener la mayor tasa de captura en las viviendas, sustituyendo en importancia a especies como *Aedes aegypti*, *Cx quinquefasciatus* y *Cx corniger*. *Li durhami* no muestra tener antropofilia marcada y ha sido involucrada en virus poco conocidos.

*Aedes aegypti* tuvo baja presencia (IC= 25 % e IR= 5 %), contrastando con el hecho del brote de dengue del año 2010 en la población urbana de Lita (El Comercio 2010). La evaluación rápida de índices aélicos y socioeconómicos sugiere que el adecuado y constante suministro de agua por tubería (70 % refieren suministro constante) pudiese tener influencia en los bajos índices del vector conociendo que éste factor es primordial en la persistencia del vector y la transmisión endémica del virus dengue (Barrera et al. 1995).

El brote del 2010 pudiese estar asociado a la introducción del virus por ingreso de personas infectadas de otra región y potenciada por la presencia de *Ae. aegypti*, aún en bajos índices, lo que provocó una transmisión local de cerca del 2 % de la población (71 casos referidos en el servicio de salud, Cervantes, com. personal), valor porcentual señalado previamente como un nivel de brote epidémico (Newton and Reiter 1996). En esta zona nunca se había presentado transmisión de dengue, a excepción de este evento puntual. Si bien la memoria inmunológica es cero para 2010, no había registros previos de presencia de *Aedes aegypti*, por tanto la única manera del inicio de un brote, es con ambas variables actuando en conjunto: introducción del virus ya que no hay transmisión endémica y la presencia del vector aún en bajas densidades.

Los pacientes con dengue tenían entre 5 y 50 años de edad (94 %), lo que sugiere que la transmisión fue principalmente en sitios de actividad laboral o escolar, ya que niños por debajo de 5 años o adultos por encima de 50 años fueron afectados en un 6 %, pudiendo ser en locales con poca atención a la acumulación de agua en recipientes, ya que las viviendas tienen poca presencia y/o densidad de *Ae. aegypti* con base en los índices aélicos encontrados.

A dos años del brote, no parece existir evidencia de que el suministro de agua por tubería se haya modificado disminuyendo el almacenamiento por parte de la población humana. Muy probablemente, el buen suministro de agua por tubería evitó para ese momento un mayor almacenamiento de agua y por ende de un brote más grave.

El principal problema de la localidad urbana de Lita, como factor de riesgo para dengue, lo representa la acumulación de desechos sólidos en los traspacios de las viviendas las cuales poseen índices de Breteau y de recipientes altos (37,5 % y 8,56 recipientes por casa). Este hecho contrasta con lo que refieren los encuestados de un servicio de recolección de basura frecuente.

La acumulación de desechos debe ser producto tanto de costumbres y aspectos culturales, tal como es referido en otros países (Barrera et al. 1995) en donde el servicio de recolección de basura solo funciona para desechos orgánicos y no para desechos sólidos. Se sugiere el diseño e implementación de servicios de recolección y disposición de desechos sólidos como una política *sin equa non* para disminuir notablemente o eliminar este factor de riesgo asociado a la transmisión de dengue y posiblemente otras arbovirosis emergentes.

No obstante, que la localidad de El Baboso no representa un área urbana, se presentaron casos de dengue en Junio del año 2010, señalándose que en esta localidad, la institución encargada del control de vectores en el país (SNEM) no había encontrado *Ae. aegypti* (El Universo 2010), por tanto los casos debían ser importados de la localidad de Lita. Si bien esta conclusión puede haber sido válida para el referido momento, en la presente evaluación se colectaron ejemplares de *Ae. aegypti*, sugiriendo que existe una reciente infestación de esta especie en la localidad, aumentando el riesgo de transmisión local en caso de la introducción de alguna cepa de dengue en la actualidad.

## Conclusiones

Los resultados muestran que el área tri-provincial muestreada presenta: alta heterogeneidad ambiental en un área biogeográfica importante como el Chocó Ecuatoriano, con amplia biodiversidad de vectores potenciales de diferentes patologías. Este hecho biológico, sumado a la continua movilización humana desde la costa (Esmeraldas y Carchi, fronteras con Colombia) hacia la Sierra Central (Imbabura y Pichincha), y los procesos de incremento de explotación turística de la zona, hacen de esta región un área geográfica de vulnerabilidad ambiental a la transmisión local y posible semillero de patógenos hacia otras zonas del país. Los patrones biológicos y socioeconómicos

de los diferentes ciclos de transmisión potencial deben ser considerados para el desarrollo de estrategias de prevención, así como también de control en posibles brotes re-emergentes de dichas patologías.

En este sentido, seis factores deben ser considerados para estimar la vulnerabilidad de la zona y de la población humana a la traslocación y transmisión de patógenos, con un método de rápida determinación que sirva para obtener información conclusiva que permitan a los entes sanitarios competentes establecer estrategias de inmediata aplicación operativa: 1) la presencia y abundancia relativa de grupos taxonómicos frecuentemente involucrados en transmisión como *Anopheles*, *Culex*, Aedini (*Aedes*, *Culex*, *Psorophora*, *Haemagogus* y *Sabethes*); 2) Un alto porcentaje de especies de marcada antropofilia y vectoras potenciales; 3) en zona urbana: la combinación de índice aélico de casas alto y/o alto índice de Breteau y/o alta frecuencia y tiempo continuo de suspensión de agua potable por tubería; 4) presencia de especies selváticas típicas y sus criaderos asociados a viviendas en zonas de transición selvática-rural-urbana; 5) el muestreo debe contemplar técnicas de colecta para ambas fases de desarrollo -inmaduros y adultos- lo cual evita una subestimación de hasta un 50 % de la diversidad alfa si solo se utilizan capturas para fases adultas y 6) rápida identificación taxonómica y su interrelación con factores de riesgo, con un personal capacitado.

#### Agradecimientos

Al Dr. Carlos Cervantes Sarmiento Director del Subcentro de Salud de Lita, Imbabura por la facilitación de los datos de Dengue del 2010. Al personal contratado (profesionales y estudiantes) por el Lab de Entomología del INH (INSPI). Al personal de la Posada "Agrofinca Los Robles" por su hospitalidad en el hospedaje y logística en el muestreo y trabajo nocturno. Financiamientos: Programa PROMETEO-Senescyt por financiamiento

de movilidad académica a JC Navarro y J. Arrivillaga para la estadía e investigación en Ecuador y financiamiento de campo de éste trabajo. Proyectos SENESCYT: PIC-12-INH-002, Convenio 20120469, Proyecto PIC-12-INH-003, Convenio 20120468 (Varsovia Cevallos).

#### Referencias

- AGUILAR PV, ADAMS AP, SUÁREZ V, BEINGOLEA L, VARGAS J. 2009. Genetic Characterization of Venezuelan Equine Encephalitis Virus from Bolivia, Ecuador and Peru: Identification of a New Subtype ID Lineage. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 3(9): e514.
- ATLAS GEOGRÁFICO DEL ECUADOR. 2012. Instituto Geográfico del Ecuador, Semplades 1era Edición, Quito.
- BARRERA R, NAVARRO JC, MORA JD, DOMINGUEZ D, GONZALEZ J. 1995. Public Services Deficiencies and *Aedes aegypti* Breeding Sites in Venezuela. *Bulletin of Panamerican Health Organization* 29: 193-205.
- BARRETT A, HIGGS S. 2007. Yellow Fever: A disease that has yet to be conquered. *Annual Review Entomology* 52: 209-229.
- BELKIN JN, SCHICK RX, GALINDO P, AITKEN THG. 1965. Mosquito Studies (Diptera: Culicidae). I. A project for a systematic study of the mosquitoes of Middle America. *Contributions of the American Entomological Institute* 1: 1-17.
- BERLIN OG, BELKIN JN. 1980. Mosquito studies (Diptera, Culicidae). XXXVI. Subgenera *Aedinus*, *Tinolestes* and *Anoedioporpa* of *Culex*. *Contributions of the American Entomological Institute* 17: 1-104.
- BRAM RA. 1967. Classification of *Culex* subgenus *Culex* in the New World. *Proceedings of Entomological Society of Washington* 120: 1-122.
- CALISHER, CH, LAZUICK JS, JUSTINES G, BRUCE FRANCY D, MONATH TP, GUTIERREZ E, SABATHINI, NS, BOWEN GS, JACOB WL. 1981. Viruses isolated from *Aedomyia squamipennis* mosquitoes collected in Panama, Ecuador and Argentina: Establishment of the Gamboa serogroup. *American Journal of American Tropical Medicine and Hygiene* 30: 219-223.
- DANTUR-JURI, MJ, MORENO M, PRADO-IZAQUIRRE M, NAVARRO JC, ZAIDENBERG M, ALMIRÓN W, CLAPS GL, CONN JE. 2014. Demographic history and

- population structure of *Anopheles pseudopunctipennis* in Argentina based on the mitochondrial *COI* gene. *Parasites & Vectors* 7: 423.
- EL COMERCIO. Diario El Comercio. [Internet]. Abril 2010. Disponible en: [http://www.elcomercio.com/sociedad/Lita-detectaron-casos-dengue-clasico\\_0\\_250774934.html](http://www.elcomercio.com/sociedad/Lita-detectaron-casos-dengue-clasico_0_250774934.html).
- EL UNIVERSO. Diario El Universo. [Internet], Abril 2010. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/2010/04/29/1/1447/dengue-causa-alerta-carchi.html>.
- [GBIF] GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. [Internet], Disponible en: <http://www.gbif.org>.
- GUIMARÃES JH. 1997. Systematic Database of Diptera of the Americas South of the United States (Family Culicidae). Editora Pléiade, Fapesp. 286 p.
- GONZÁLEZ R, CARREJO N. 2009. Introducción al estudio taxonómico de *Anopheles* en Colombia. Claves y notas de distribución. Ed. Universidad del Valle, Cali, Colombia, 2da Edición, 266 p.
- GUTIÉRREZ LA, NARANJO N, JARAMILLO LM, MUSKUS C, LUCKHART S, CONN JE, CORREA MM. 2008. Natural infectivity of *Anopheles* species from the Pacific and Atlantic Regions of Colombia. *Acta Tropica* 107: 99-105.
- HARRISON BA, RUIZ-LOPEZ F, CALDERON G. 2012. *Anopheles (Kerteszia) lepidotus* (Diptera: Culicidae), not the malaria vector we thought it was: Revised male and female morphology; larva, pupa, and male genitalia characters; and molecular verification. *Zootaxa* 3218: 1-17.
- HEINEMANN S, BELKIN J. 1979. Collection records of the Project "Mosquitoes of Middle America", 13. South America: Brazil (BRA, BRAP, BRB), Ecuador (ECU), Peru (PER), Chile (CHI). *Mosquito Systematics* 11: 61-116.
- IZURIETA RO, MACALUSO M, WATTS DM, TESH RB, GUERRA B. 2009. Assessing Yellow Fever Risk in Ecuadorian Region. *Journal of Global Infectious Diseases* 1: 7-13.
- IZURIETA RO, MACALUSO M, WATTS DM, TESH RB, GUERRA B. 2011. Hunting in the rainforest and Mayaro virus infection: An emerging virus in Ecuador. *Journal of Global Infectious Diseases* 3: 317-323.
- [INAMHI] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. [Internet]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/>.
- [INEC] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS 2010. [Internet]. Disponible en: <http://www.inec.gob.ec/home/>
- JOHNSON, BW, CRUZ C, FELICES V, ESPINOZA WR, MANOCK SR, GUEVARA C, OLSON JG, KOCHER TJ. 2009. Ilheus virus isolate from a human, Ecuador. *Emerging Infectious Diseases* 13: 956-958.
- KARABATSOS N. 1985. International Catalogue of Arboviruses Including Certain Other Virus of Vertebrates. 3rd ed., San Antonio, Texas. *American Journal Tropical Medicine & Hygiene*.
- LANE, J. 1953. Neotropical Culicidae. Vol I y II. University of São Paulo, São Paulo. Brazil. 1112 p.
- LANE J, WHITMAN L. 1951. The subgenus "*Microculex*" in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 11: 341-366.
- LEVI-CASTILLO R. 1953. Lista provisional y distribución de los mosquitos Culicinos del Ecuador. *Revista Ecuatoriana Entomología Parasitología* 1: 34-45.
- LEVI-CASTILLO R. 1956. Provisional List of the Culicidae, Simuliidae, Phlebotomus and Culicoides of Ecuador. *Proceedings Tenth International Congress of Entomology* 3: 867-871.
- LINTON IM, PECOR J, PORTER CH, MITCHEL LB, GARZÓN-MORENO A, FOLEY DH, BROOKS PECOR D, WILKERSON RC. 2013. Mosquitoes of Eastern Amazonian Ecuador: Biodiversity, Bionomics and Barcodes. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 108 (Suppl 1): 100-109.
- LIRIA J, NAVARRO JC. 2014. Phylogenetic relationships in *Psorophora* Robineau-Desvoidy (Diptera: Culicidae). *Entomology & Applied Science Letters* 1: 22-50.
- MANOCK SR, STEPHEN KH, BRITO DE BRAVO N, RUSSELL KL, NEGRETE M, OLSON JG, ET AL. 2009. Etiology of acute undifferentiated febrile illness of Amazon Basin of Ecuador. *American Journal Tropical Medicine & Hygiene* 81: 146-151.
- MUÑOZ M, NAVARRO JC. 2012. Mayaro: un alphavirus re-emergente. *Biomedica* 32: 286-302.
- NAVARRO, JC. 1996. Nueva clave para la identificación de larvas de los Anophelini de Venezuela, con la actualización de la taxonomía del grupo. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental XXXVI*(1) y (2): 25-43.
- NAVARRO JC, 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.

- NAVARRO JC, PONCE P, CEVALLOS V. 2013a. Dos nuevos registros de vectores potenciales de Fiebre Amarilla selvática y Mayaro para el Ecuador. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 53: 77-81.
- NAVARRO JC, ENRIQUEZ S, VACA F, BENITEZ-ORTIZ W. 2013b. A new species of Phytoselmata for the Americas, and its mosquito species inhabitant from Ecuador. *Florida Entomology* 96: 1224-1227.
- NEWTON EAC, REITER P. 1996. A model of the transmission of dengue fever with an evaluation of the impact of ultra low volume (ULV) insecticide applications on dengue epidemics. *American Journal Tropical Medicine & Hygiene* 42: 709-720.
- [OPS/PAHO] PANAMERICAN HEALTH ORGANIZATION. 2012. [Internet], agosto 2014. Disponible en: [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_topics&view=article&id=343&Itemid=40931](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=article&id=343&Itemid=40931)
- [OPS/PAHO] PANAMERICAN HEALTH ORGANIZATION. 2012. [Internet], Noviembre 2012. Disponible en: <http://new.paho.org/>.
- ORTIZ DI, ANISHCHENKO M, WEAVER SC. 2005. Susceptibility of *Psorophora confinnis* (Diptera: Culicidae) to infection with epizootic (subtype IC) and enzootic (subtype ID) Venezuelan Equine encephalitis viruses. *Journal of Medical Entomology* 42: 857-863.
- PARRA-HENAO G, SUÁREZ L. 2012. Mosquitos (Diptera: Culicidae) vectores potenciales de arbovirus en la región de Urabá, noroccidente de Colombia. *Biomedica* 32: 252-262.
- PINAULT LL, HUNTER FF. 2011. New highland distribution records of multiple *Anopheles* species in the Ecuadorian Andes. *Malaria Journal* 10: 236.
- PINAULT LL, HUNTER FF. 2012. Malaria in Highlands of Ecuador since 1900. *Emerging Infectious Diseases* 18: 615-622.
- PIRES DA, GLEISER RM. 2010. Mosquito fauna inhabiting water bodies in the urban environment of Córdoba city, Argentina, following a St. Louis encephalitis outbreak. *Journal of Vector Ecology* 35: 401-409.
- QUINTERO L, NAVARRO JC. 2012. Filogenia molecular intraespecífica y variabilidad genética de *Culex quinquefasciatus* Say. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 52: 45-65.
- RUBIO-PALIS Y, MAGRIS M, RAMÍREZ-ÁLVAREZ R, GUZMÁN H, SUÁREZ A, NAVARRO JC. 2014. Abundancia y Diversidad de Especies de Culicinae (Diptera: Culicidae) del Alto Orinoco, Amazonas, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 54: 29-41.
- RUIZ W, KROEGER A. 1994. The socioeconomic impact of malaria in Colombia and Ecuador. *Health Policy Plan* 9: 144-154.
- SINKA ME, RUBIO-PALIS Y, MANGUIN S, PATIL AP, TEMPERLEY WH, GETHING PW, VAN BOECKEL T, KABARIA CW, HARBACH RE, HAY SI. 2010. The dominant *Anopheles* vectors of human malaria in the Americas: occurrence data, distribution maps and bionomic précis. *Parasites & Vectors* 16(3): 72.
- VALENCIA, J. (1973) XXXI. A revision of the subgenus *Carrollia* of *Culex*. *Contributions of the American Entomological Institute* 9: 1-134.
- [WRBU] WALTER REED BIOSYSTEMATIC UNIT. [Internet] Disponible en: <http://www.wrbu.org>.
- WEAVER SC, FERRO C, BARRERA R, BOSHELL J, NAVARRO JC. 2004. Venezuelan Equine Encephalitis. *Annual Review Entomology* 49: 141-174.
- WHITTAKER RH. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30: 279-338
- WHITTAKER RH. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 231-251.
- ZAVORTINK, TJ. 1972. Mosquito studies (Diptera, Culicidae). XXVIII. The World species formerly placed in *Aedes* (Finlaya). *Contributions of the American Entomological Institute* 8: 1-206.
- ZAVORTINK, TJ. 1973. Mosquito studies (Diptera: Culicidae) XXIX. A review of the subgenus *Kerteszia* of *Anopheles*. *Contributions of the American Entomological Institute* 9: 1-54.
- ZAVORTINK TJ. 1979. A reclassification of the sabethine genus *Trichoprosopon*. *Mosquito Systematics Journal* 11: 255-257

Recibido: 06-10-2014  
Aceptado: 22-04-2015