

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE *Haemagogus janthinomys* (DYAR) (DIPTERA: CULICIDAE) EN BOSQUES DE LA AMAZONÍA PERUANA

John E. Ramírez P^{1a}, Stephen P. Yanoviak^{2,3a}, L. Philip Lounibos^{3a}, Scott C. Weaver^{2a}

RESUMEN

Objetivos: Determinar si la abundancia del mosquito *Haemagogus janthinomys* está relacionada con la temperatura y la humedad relativa, y si varía entre el dosel y el sotobosque en tres tipos de bosques de la selva Amazónica, medido por cebo humano. **Materiales y métodos:** Se colectó *Hg. janthinomys* al mismo tiempo en dos estratos de tres sitios en tres tipos de bosques -bosque que se desarrolla sobre suelo arcilloso, sobre arena blanca (varillal), y bosques inundables (bajiales) cerca de Iquitos, Perú. Se midió la temperatura y la humedad relativa cada 15 minutos durante el tiempo de colecta. **Resultados:** No se encontró *Hg. janthinomys* en los bajiales mostrados. Su abundancia fue igual en el monte alto que en los varillales ($Z = 1,48$; $p = 0,14$), pero fue mayor en el dosel ($2,9 \pm 0,89$) que en el sotobosque ($0,4 \pm 0,23$) ($Z = 2,80$; $p = 0,005$). No se encontró una relación entre la abundancia de *Hg. janthinomys* y la temperatura y la humedad relativa ($F_{1,14} < 0,33$; $p > 0,057$; $r^2 < 0,03$). **Conclusiones:** Estos resultados preliminares indican que alrededor de Iquitos, como en otras regiones, *Hg. janthinomys* es más abundante en el dosel. También, los resultados sugieren que la probabilidad de encontrar *Hg. janthinomys* puede depender del tipo de bosque en la selva amazónica peruana, pero no depende en la variación de la temperatura ni la humedad relativa que es típica para los bosques tropicales.

Palabras clave: Culicidae / Crecimiento & Desarrollo; Picaduras; Perú (fuente: DeCS BIREME).

VERTICAL DISTRIBUTION OF THE MOSQUITO *Haemagogus janthinomys* (DYAR) (DIPTERA: CULICIDAE) IN FORESTS OF THE PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT

Objectives: Our goals were to determine if the abundance of the mosquito *Haemagogus janthinomys* is correlated with environmental variables, and if it differs between the canopy and understory in three different Amazonian forest types. **Materials and methods:** Adult *Hg. janthinomys* mosquitoes were collected via human landings simultaneously in the canopy and understory of three replicate high forest, white sand forest, and seasonally flooded forest sites near Iquitos, Peru. Temperature and relative humidity were recorded every 15 min. during the collection periods. **Results:** No *Hg. janthinomys* were collected in seasonally flooded forest. Their abundance was similar between high forest and white sand forest ($Z = 1,48$; $p = 0,14$), but more individuals were encountered in the canopy ($2,9 \pm 0,89$) than in the understory ($0,4 \pm 0,23$) ($Z = 2,80$; $p = 0,005$). *Hg. janthinomys* abundance was not correlated with temperature or humidity ($F_{1,14} < 0,33$; $p > 0,057$; $r^2 < 0,03$). **Conclusions:** These preliminary results show that around Iquitos as in other regions, *Hg. janthinomys* are most abundant in the forest canopy. They also suggest that the probability of encountering *Hg. janthinomys* it can depends both on forest type and height of sampling within forests, but is not a function of temperature and humidity within the ranges commonly encountered in tropical forests.

Key words: Culicidae / Growth & Development; Biting; Peru (source: DeCS BIREME).

¹ Facultad de Ciencia Biológicas, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Loreto, Perú.

² Department of Pathology, University of Texas Medical Branch. Texas, EE.UU.

³ Florida Medical Entomology Laboratory, University of Florida. Florida, EE.UU.

^a Biólogo Entomólogo.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades causadas por los arbovirus (virus transmitidos por artrópodos) se presentan con alta frecuencia en la cuenca amazónica y causan la muerte de varias personas cada año^{1,2}. Entre ellos, los virus causantes de la fiebre amarilla selvática y el Mayaro son transmitidos por los mosquitos del género *Haemagogus*³⁻⁵.

Es escasa la información sobre la ecología o comportamiento de los *Haemagogus* en la Amazonía peruana, se ha notificado dos especies de estos en la región Loreto, *Hg. janthinomys* es la más común⁶.

Haemagogus spp. se distribuyen en los bosques de América Central y del Sur, su fase larvaria la desarrolla en huecos de árboles y de bambú^{3,7}; sin embargo, se les puede encontrar también en recipientes artificiales⁸. Los adultos de *Haemagogus* spp. son de costumbres diurnas y antropofílicos, se encuentran en los bosques y zonas rurales, en particular al medio día donde realizan su máxima actividad⁹.

Galindo *et al.* investigaron la distribución de *Haemagogus* spp. en los bosques de Panamá^{10,11}, descubriendo que los adultos de algunas especies se encuentran mayormente en el dosel (las copas de los árboles). Esta preferencia también se ha sido notificado para otras especies, como *Sabethes chloropterus*¹².

En los bosques tropicales, las condiciones climatológicas (luz, temperatura, humedad) varían dramáticamente entre el dosel y el sotobosque (la zona sombreada desde el suelo hasta aproximadamente cuatro metros de altura)¹³, específicamente, en el dosel se encuentra menos humedad y temperaturas más altas que en el sotobosque. Esta variación abiótica influye en la distribución vertical de varias especies de plantas y animales^{14,15}.

El objetivo del estudio fue medir la abundancia de adultos de *Hg. janthinomys* en dos estratos (dosel y sotobosque) de tres tipos de bosques de la Amazonía peruana, y su relación con la variación de parámetros climatológicos (temperatura y humedad relativa).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en los bosques de los alrededores de la ciudad de Iquitos, departamento de Loreto, Perú (3,86°S, 73,34°O, elevación 120 msnm), región que recibe aprox. 2500 mm de lluvia por año.

Los bosques se clasifican según su posibilidad de inundación estacional, en bajiales o *tahuampas* si son inundados, y de tierra firme si no lo son, éstos últimos pueden desarrollarse sobre suelo arcilloso (monte alto) o sobre arena blanca (varillales)^{16,17}. Descripción más detallada sobre estos ecosistemas se puede encontrar en otros textos¹⁶⁻¹⁹.

Se seleccionó tres sitios para cada uno de los tres tipos de bosques (N = 9, n=3: 3 varillales, 3 bajiales, y 3 de suelos arcillosos) cerca de la ciudad de Iquitos (Figura 1). En cada sitio se escogió un árbol de 30-40 m de altura y se ascendió en ellos según la técnica de sogas fijas, los mosquitos se colectaron al mismo tiempo en los dos estratos [sotobosque (1,5 m) y dosel (20-30 m)] mediante la técnica de cebo humano²¹.

La colecta fue realizada en el transcurso de la mañana (08.00 hasta 10.00 h), durante una hora por sitio, entre el 20 de enero y el 20 de agosto de 2005.

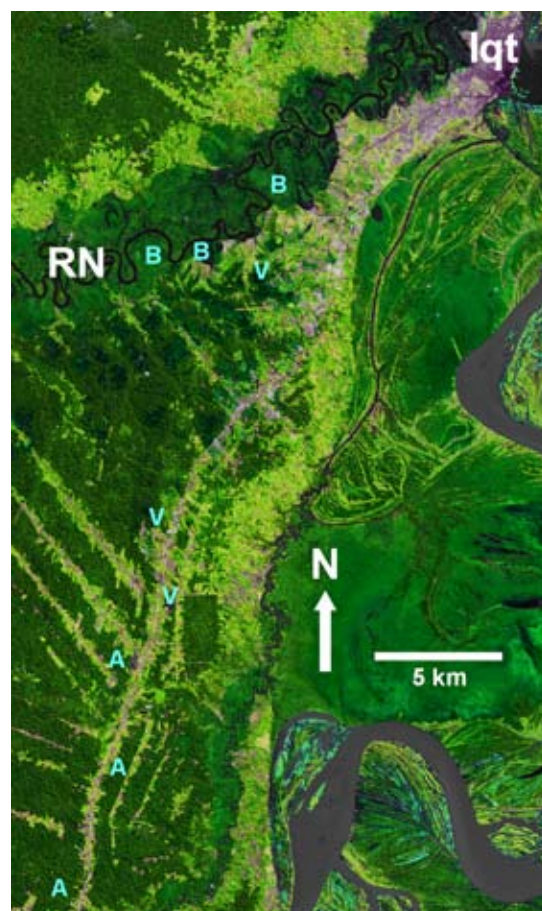


Figura 1. Imagen satelital del área del estudio (fuente: NASA/ Goddard Space Flight Center, 2001). Los sitios de colecta están indicados como A = monte alto, V = varillal y B = bajial, Iqt = Iquitos, RN = Río Nanay.

Se tomaron datos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (HR) con un medidor digital (*Forestry Suppliers #76255*) al principio y cada 15 minutos durante cada sesión de colecta ($N = 5$ medidas por sesión). Los especímenes colectados fueron trasladados al laboratorio para su identificación.

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) hierarchial para diferenciar la variación en temperatura y HR por tipos de bosque y estratos (dosel y sotobosque) dentro de los bosques, y se usó la prueba de comparación múltiple de Tukey para determinar diferencias entre los factores²². Los datos de HR fueron normalizados por la transformación angular antes de ser analizados²². Todos los datos fueron probados por normalidad con la prueba Kolmogorov-Smirnov²³. Ninguna transformación normalizó los datos de abundancia de *Hg. janthinomys*, por lo tanto, las diferencias entre tipos de bosque y estratos fueron analizados por la prueba no-paramétrica Wilcoxon. Se usaron $\alpha = 0,025$ (Bonferroni-ajustada) para determinar diferencias significativas en estos análisis, se utilizó el SAS 2002 para realizar los respectivos análisis.²³

RESULTADOS

Tras 54 horas de colecta (sin tomar en cuenta el tiempo usado para preparar el equipo y subir a los árboles), se colectaron 53 adultos de *Haemagogus janthinomys* en el dosel, y 8 individuos en el sotobosque. El mínimo colectado por sitio fue cero y el máximo fue 13. No se encontró *Hg. janthinomys* en el bosque tipo bajal, por lo que esta clase de bosque no fue incluido en el análisis estadístico de abundancia.

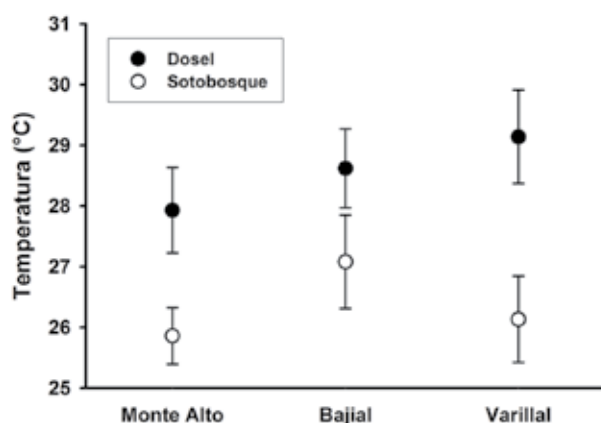


Figura 2. Promedio (± 1 error estándar) de los medianos de temperatura en el dosel y el sotobosque por diferentes tipos de bosques.

Tabla 1. Resultados de un ANOVA *hierarchial* comparando las medianas de temperatura y humedad relativa entre el dosel y el sotobosque en tres tipos de bosques en la selva amazónica peruana.

Factor / Efecto	gl	SC	F	p
Temperatura				
Bosque	2	9,1	1,07	0,351
Estrato(bosque)	3	71	5,59	0,002
Error	48	203		
Humedad relativa				
Bosque	2	599	9,81	< 0,001
Estrato(bosque)	3	1605	17,50	< 0,001
Error	48	1465		

gl= grados de libertad; SC = Suma de cuadrados tipo III

La abundancia de *Hg. janthinomys* en los bosques sobre suelo arcilloso (promedio; ± 1 error estándar = 2,6; $\pm 0,90$) fue mayor que en los varillales (0,8; $\pm 0,35$), pero la diferencia no fue significativa ($Z = 1,48$; $p = 0,14$). Sin embargo, en los estratos de estos dos tipos de bosques de tierra firme la abundancia de *Hg. janthinomys* fue más alta en el dosel (2,9; $\pm 0,89$) que en el sotobosque (0,4; $\pm 0,23$) ($Z = 2,80$; $p = 0,005$).

La temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre los tres tipos de bosques no varió significativamente; sin embargo, la temperatura fue mayor en el dosel que en el sotobosque (Tabla 1, Figura 2). La humedad relativa (HR) fue diferente entre los tres tipos de bosques y entre los estratos dentro de los bosques (Tabla 1, Figura 3). Específicamente, el promedio de las medianas de la HR (calculados por

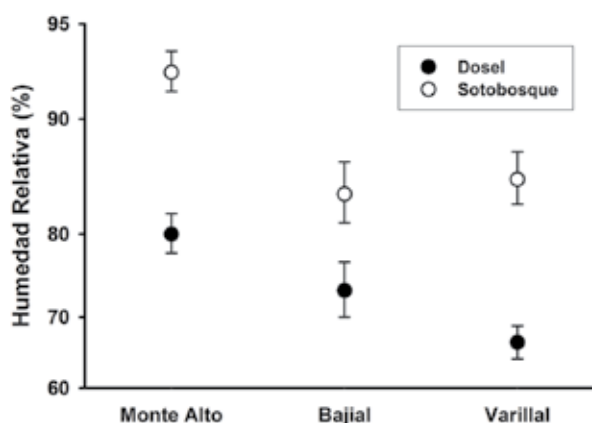


Figura 3. Promedio (± 1 error estándar) de los medianos de humedad relativa en el dosel y el sotobosque por diferentes tipos de bosques. El eje vertical es de escala de probabilidad.

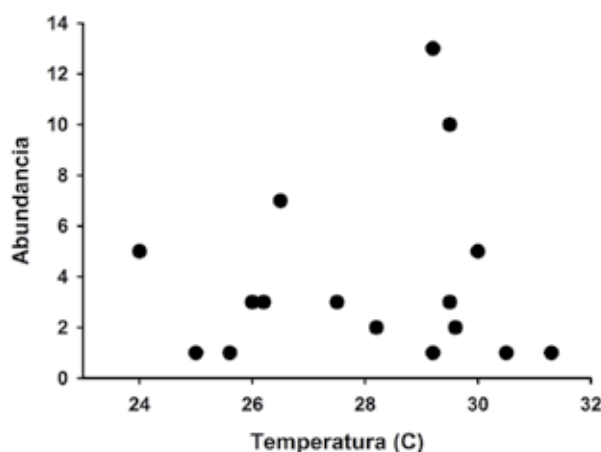


Figura 4. Mediana de temperatura (°C) vs. abundancia de *H. janthinomys* (solamente por abundancias > 0).

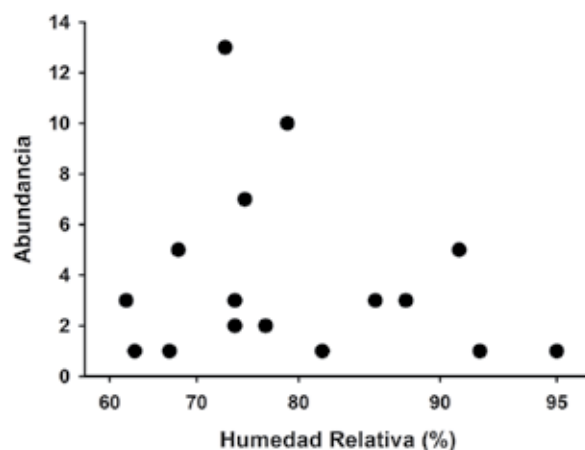


Figura 5. Mediana de humedad relativa vs. abundancia de *H. janthinomys* (solamente por abundancias > 0). El eje horizontal es de escala de probabilidad.

los dos estratos juntos) fue mayor en los bosques sobre suelo arcillosos que en los varillales y bajiales, y fue menor en el sotobosque que el dosel de cada bosque (Figura 3).

No hubo diferencias en los promedios ($Z < 1,74$; $p > 0,08$; Tabla 2) de temperatura o HR en los sitios según la presencia o ausencia de *Hg. janthinomys*. En los casos donde fue colectado *Hg. janthinomys*, su abundancia no estuvo relacionado con la HR ni con la temperatura (regresión lineal: $F_{1,14} < 0,33$; $p > 0,57$, $r^2 < 0,03$; Figuras 4 y 5).

DISCUSIÓN

Las características ambientales como la humedad relativa (HR) y la temperatura, varían entre el dosel y el sotobosque en los bosques tropicales¹³. Estos factores pueden estar influenciados, por ejemplo, por la estructura del bosque, y la abundancia y duración de las lluvias¹⁸, pero frecuentemente la temperatura es mayor y la HR menor en el dosel que en el sotobosque. En este sentido, los resultados del presente estudio guardan relación con los de otros sitios tropicales.

La variación en las características abióticas entre el dosel y el sotobosque 30 m abajo puede influir en la distribución vertical de varias plantas y animales^{14,15}, incluyendo los mosquitos²⁴. No se encontró una relación entre la abundancia de *Hg. janthinomys* y la temperatura ni la HR en este estudio, pero es posible que otros factores no medidos afecten la distribución de estas especies. Por ejemplo, las características de la luz cambian mucho entre el dosel y el sotobosque en bosques tropicales²⁵⁻²⁷, y esta variación puede influir las actividades de los mosquitos.

La baja abundancia de *Hg. janthinomys* que se encontró probablemente fue, en parte, una consecuencia de la hora de colecta, ya que los *Hg. janthinomys* son más abundantes por la mitad del día⁹. Por razones logísticas, las colecciones fueron hechas mayormente antes del mediodía. Por eso, se recomienda que otros proyectos que siguen esta investigación realicen colectas por más tiempo cada día o que empiecen más tarde, como a las 11.00 de la mañana.

Haemagogus janthinomys es una especie con hábitos arborícolas³. La distribución de esta especie entre diferentes tipos de bosques puede estar asociada con la

Tabla 2. Promedios (± 1 error estándar) y rangos de factores ambientales cuando *Hg. janthinomys* fue encontrado o no en los sitios del estudio.

Factor	No encontrado (n = 20)	Encontrado (n = 16)
Temperatura (°C)	26,7 ($\pm 0,54$); 20,9-31,0	28,0 ($\pm 0,55$); 24,0-31,3
Humedad relativa (%)	84,0 ($\pm 2,6$); 57-96	78,0 ($\pm 2,6$); 62-95

abundancia de microhábitats de oviposición presentes. Los *Hg. janthinomys* mayormente ponen sus huevos en huecos de los árboles que contienen agua, la presencia de éstos huecos está en relación con la edad y el tipo del bosque^{28,29}. También, áreas recién deforestadas pueden presentar muchos huecos en los troncos de los árboles caídos³⁰. La ausencia de *Hg. janthinomys* en los bajiales de esta investigación puede ser por la menor abundancia de huecos de sus árboles.

Estudios que nos permitan conocer más sobre la ecología y comportamiento de los vectores de la fiebre amarilla selvática y Mayaro, nos da la oportunidad de buscar formas naturales de controlar su distribución y amplificación. También, pueden ayudar a predecir los efectos de alteraciones antropogénicas (como la deforestación) en los ciclos de transmisión de las enfermedades.

En resumen, los resultados de esta investigación confirman la preferencia del *Haemagogus spp.* en el dosel y en claros recién formados¹¹; adicionalmente, brindan información sobre el posible mecanismo por esta preferencia aparente, ya que no está relacionado con la temperatura ni la HR, lo que nos insta a buscar otros factores como la intensidad de la luz o la densidad de sitios de oviposición.

Se recomienda continuar esta línea de investigación incluyendo un aumento en la cantidad de replicaciones en cada tipo de bosque, repetir el muestreo varias veces al año para ver cambios temporales, y determinar si la distribución y abundancia de otras especies (p.e., *Sabethes spp.*) están relacionadas con los mismos factores que los de *Hg. janthinomys*, dada la importancia de éste vector como transmisor de la fiebre amarilla selvática.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Blgo. Edwin Requena y al Tco. Calyder Valderrama quienes apoyaron en el trabajo de campo, al INRENA por proveer los permisos de colecta y exportación de los mosquitos, y a Úrsula Portocarrero por sus sugerencias que mejoraron el manuscrito. Este proyecto fue apoyado por la beca AI049725 del Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos a SCW.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vasconcelos PF, Rodrigues SG, Degallier N, Moraes MA, da Rosa JF, da Rosa ES, et al. An epidemic of sylvatic yellow fever in the southeast region of Maranhao State, Brazil, 1993-1994: epidemiologic and entomologic findings. *Am J Trop Med Hyg* 1997; 57(2):132-37.
2. Vasconcelos PF, Rosa AP, Rodrigues SG, Rosa ES, Monteiro HA, Cruz AC, et al. Yellow fever in Pará State, Amazon region of Brazil, 1998-1999: entomologic and epidemiologic findings. *Emerg Infect Dis* 2001; 7(3 Suppl): 565-69.
3. Arnell JH. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XXXII. A revision of the genus *Haemagogus*. *Contrib Am Entomol Inst* 1973; 10(2):1-174.
4. Hoch AL, Peterson NE, LeDuc JW, Pinheiro FP. An outbreak of Mayaro virus disease in Belterra, Brazil. III. Entomological and ecological studies. *Am J Trop Med Hyg* 1981; 30(3): 689-98.
5. Mondet B, Vasconcelos PF, Travassos da Rosa AP, Travassos da Rosa ES, Rodrigues SG, Travassos Rosa JF, et al. Isolation of yellow fever virus from nulliparous *Haemagogus (Haemagogus) janthinomys* in eastern Amazonia. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2002; 2(1): 47-50.
6. Jones JW, Turell MJ, Sardelis MR, Watts DM, Coleman RE, Fernandez R, et al. Seasonal distribution, biology, and human attraction patterns of culicine mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a forest near Puerto Almendras, Iquitos, Peru. *J Med Entomol* 2004; 41(3): 349-60.
7. Navarro JC. Fauna de mosquitos (Diptera: Culicidae) del Parque Nacional Cerro El Copey y nuevos registros para la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol Entomol Venez* 1998; 13(2):187-194.
8. Lopes J. Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do Norte do Estado do Paraná, Brasil. V. Coleta de larvas em recipientes artificiais instalados em mata ciliar. *Rev Saúde Publica* 1997; 31(4): 370-77.
9. Chadee DD, Tikasingh ES, Ganesh R. Seasonality, biting cycle and parity of the yellow fever vector mosquito *Haemagogus janthinomys* in Trinidad. *Med Vet Entomol* 1992; 6(2):143-48.
10. Galindo P, Carpenter SJ, Trapido H. A contribution to the ecology and biology of tree hole breeding mosquitoes of Panama. *Ann Entomol Soc Am* 1955; 48:158-164.
11. Trapido H, Galindo P, Carpenter SJ. A survey of forest mosquitoes in relation to sylvan yellow fever in the Panama isthmian area. *Am J Trop Med Hyg* 1955; 4(3): 525-42.
12. Navarro JC, Machado-Allison CE. Aspectos ecológicos de *Sabethes chloropterus* (Diptera: Culicidae) en un bosque húmedo del Edo. Miranda, Venezuela. *Bol Entomol Venez* 1995; 10:91-104.
13. Parker GG. Structure and microclimate of forest canopies. En: Lowman MD, Nadkarni NM (eds). *Forest canopies*. San Diego: Academic Press; 1995. p. 73-106.
14. Allee WC. Measurement of environmental factors in the tropical rain-forest of Panama. *Ecology* 1926; 7(3):273-302.
15. Hosokawa T, Odani N, Tagawa H. Causality of the distribution of corticolous species in forests with special reference to the physio-ecological approach. *Bryologist* 1964; 67(4): 396-411.
16. Vásquez Martínez R. Flórmula de las reservas biológicas de Iquitos, Perú. St. Louis: Missouri Botanical Garden; 1997. Monographs in systematic botany, vol. 63.

17. **Villacorta RG, Reátegui MA, Zumaeta MO.** Clasificación de bosques sobre arena blanca de la Zona Reservada Allpahuayo-Mishana. *Folia Amaz* 2002; 14(1):17-33.
18. **Madigosky SR, Vatnick I.** Microclimatic characteristics of a primary tropical Amazonian rain forest, ACEER, Iquitos, Peru. *Selbyana* 2000; 21:165-72.
19. **Mäki S, Kalliola R, Vuorinen K.** Road construction in the Peruvian Amazon: process, causes and consequences. *Environ Conserv* 2001; 28(3):199-214.
20. **Perry DR.** A method of access into the crowns of emergent and canopy trees. *Biotropica* 1978; 10(2): 155-57.
21. **Service MW.** A critical review of procedures for sampling populations of adult mosquitoes. *Bull Entomol Res* 1977; 67: 343-82.
22. **Sokal RR, Rohlf FJ.** Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, 3rd ed. New York: W. H. Freeman & Company; 1995.
23. **SAS Institute.** SAS OnlineDoc® 9. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc.
24. **Pittendrigh CS.** The bromeliad-*Anopheles*-malaria complex in Trinidad. I-The bromeliad flora. *Evolution* 1948; 2(1): 58-89.
25. **Chazdon RL, Fetcher N.** Photosynthetic light environments in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. *J Ecol* 1984; 72(2): 553-64.
26. **Endler JA.** The color of light in forests and its implications. *Ecol Monogr* 1993; 63(1): 1-27.
27. **Shashar N, Cronin TW, Wolf LB, Condon MA.** The polarization of light in a tropical rain forest. *Biotropica* 1998; 30(2): 275-85.
28. **Kitching RL.** Food webs and container habitats—the natural history and ecology of phytotelmata. Cambridge: Cambridge University Press; 2000.
29. **Yanoviak SP, Lounibos LP, Weaver SC.** Land use affects macroinvertebrate community composition in phytotelmata in the Peruvian Amazon. *Ann Entomol Soc Am* 2006; 99(6): 1172-81.
30. **Yanoviak SP, Ramírez JE, Lounibos LP, Weaver SC.** Deforestation alters mosquito habitat availability and production in the Peruvian Amazon. *Ecol Applic* 2006; 16(5):1854-64.

Correspondencia: Stephen P. Yanoviak. *Florida Medical Entomology Laboratory, University of Florida, EE.UU.*
 Dirección: 200 9th Street SE, Vero Beach, FL 32962, EE.UU.
 Teléfono: 772-778-7200; FAX: 772-778-7205.
 Correo electrónico: syanoviak@yahoo.com