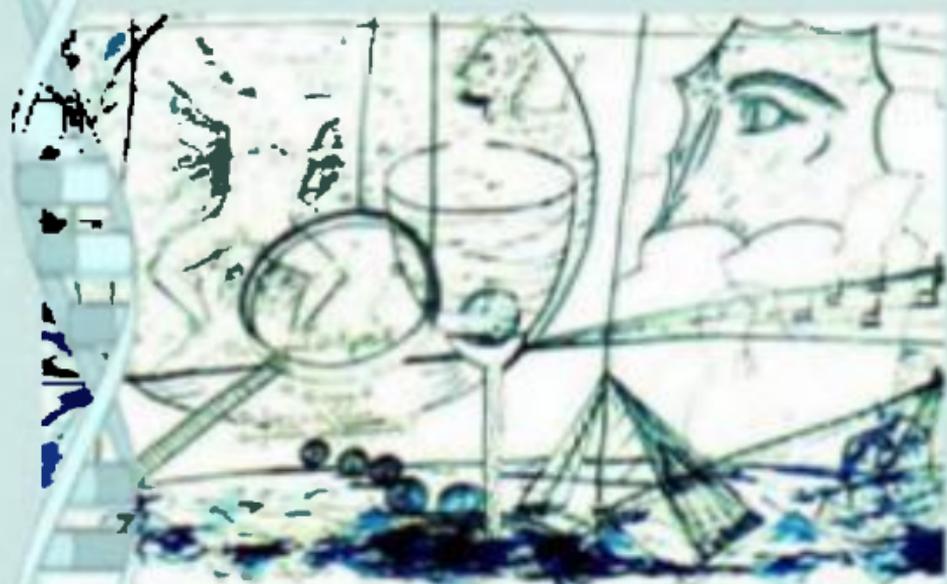


ISSN 1008-8092



**Biología-Química-Física
Matemática-Estadística**

TECNOCIENCIA



Revista de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnológicas
Universidad de Panamá



CARACTERIZACIÓN DE ETAPAS DE SUCESIÓN SECUNDARIA EN LA RESERVA NATURAL COCOBOLO, DISTRITO DE CHEPO, PANAMÁ

Jorge A. Mendileta¹, Emillo R. Espino² y Christel A. Ramos³

¹Departamento de Botánica de la Universidad de Panamá.

²Reserva Natural Cocobolo.

RESUMEN

En este estudio se describen y se comparan las características de diferentes etapas de sucesión secundaria en la Reserva Natural Cocobolo, localizada en la cuenca alta del río Mamoni, distrito de Chepo. Se estudiaron 4 sitios con vegetación de diferentes edades (de 2, 7-10, 30-60 y de aproximadamente 100 años respectivamente). En cada sitio se establecieron 4 parcelas de 25 x 40 m y se tomaron y analizaron datos de riqueza de especies arbóreas, altura del dosel, cantidad de estratos y área basal de árboles. Para la comparación de los sitios se utilizaron los análisis estadísticos ANOVA y el Test de Rangos Múltiples de Duncan. Los resultados demuestran que existen diferencias significativas en las diferentes etapas de desarrollo y a medida que avanza el proceso de sucesión se hace más compleja la estructura fisionómica de la vegetación. Se identificó un total de 132 especies, siendo los sitios 3 y 4 donde se presentó el mayor número. Los resultados muestran un incremento en cantidad de árboles, estratos, especies y en el área basal de los árboles a medida que se pasa de un estado inicial de sucesión a un estado avanzado.

PALABRAS CLAVES

Área basal, dosel, fisionomía, sotobosque, sucesión secundaria, estratos arbóreos.

ABSTRACT

Characteristics of successional plant stages were specified, analyzed and compared in Cocobolo Natural Reserve in the upper Mamoni watershed, district of Chepo. Four

sites with different ages (2, 7-10, 30-60 and 100 years old) were chosen, where the first and the last site were used as controls. Four plots of 25 x 40 m in each site were established. Data of trees with the following parameters: high of trees, strata, basal area and number of trees, were taken. ANOVA was used to verify significant differences between studied parameters. DUNCAN test was used to determine differences between treatments. A total of 132 woody species were inventoried, where the fourth sites presented the highest number of species. Number of trees, strata, species and basal area got higher progressively according to succession stages.

KEYWORDS

Basal area, canopy, physiognomy, secondary succession, tree stratification.

INTRODUCCIÓN

Los bosques naturales no son inmutables ya que están sometidos constantemente a cambios a través del tiempo. En ocasiones estos cambios son provocados por factores naturales (huracanes y terremotos) y otras veces por actividades antropogénicas (agricultura, ganadería, urbanismo). El proceso de cambios en la vegetación a través del tiempo, después de haber sufrido perturbaciones se conoce como sucesión secundaria (Walker & Del Moral, 2003). Frecuentemente la sucesión secundaria ocurre cuando las plantas colonizan el suelo previamente ocupado por una comunidad viviente (Gurevitch *et al.*, 2006). Este tipo de sucesión es muy frecuente en campos de cultivo abandonados, en los cuales existen semillas y/o remanentes de la vegetación natural. En todo caso, durante el proceso de sucesión secundaria se observa que las comunidades se van reemplazando una y otra vez a lo largo del tiempo, hasta lograr un equilibrio composicional que se refleja en la persistencia de las especies arbóreas en el tiempo (Glenn - Lewin, Peet & Veblen, 1992).

Según Bazzaz (2000), la sucesión secundaria es un proceso multidireccional, probabilístico que puede tener diversos resultados, en función de los factores que interrelacionen (bióticos y abióticos). Los cambios temporales en las características del ecosistema (nutrientes, biomasa, productividad), la comunidad (diversidad de especies, vegetación, estructura, herbivoría) o de una población (distribución de edad, patrones de historia de vida) están cercanamente asociados con el cambio de especies; por lo que los estudios de sucesión se basan en esta última característica (Glenn-Lewin, Peet & Veblen, 1992).

Aunque la sucesión secundaria ha sido un tema estudiado desde hace varias décadas, existe poca información sobre el desarrollo de este proceso en la región neotropical. En Panamá se han realizado estudios con énfasis en la estructura de la vegetación y el banco de semillas en el suelo (Golley *et al.*, 1969, Knight, 1975, Foster & Brokaw, 1982 y Denslow & Guzman, 2000); sin embargo, son pocos los estudios sobre sucesión secundaria. Entre los pocos estudios sobre sucesión vegetal en nuestro país, se cuenta con los estudios de Budowski (1961). Posiblemente, la poca disponibilidad de información se debe a que el estudio directo (en campo) requiere de largos períodos para completar la observación del proceso (al menos 100 años). Por lo tanto, la descripción de la sucesión secundaria usualmente se basa en la comparación de sitios vecinos, con características de clima y suelo semejantes y vegetación con diferentes estados de desarrollo (Finegan, 1996).

El conocimiento del proceso de sucesión vegetal contribuye con el desarrollo de la Ecología y ofrece un potencial en el desarrollo de programas de conservación y uso de los recursos biológicos (Finegan, 1996). Es por esta razón que en el presente estudio se ha propuesto caracterizar diferentes etapas de sucesión secundaria en la Reserva Natural Cocobolo, como una contribución a los esfuerzos para su conservación. En este sentido se ha planteado como objetivo describir y comparar las características fisionómicas de las diferentes etapas de sucesión en parcelas con vegetación de 2 años, 7-10 años, 30-60 años y aproximadamente 100 años. Los parámetros a comparar son los siguientes: riqueza de especies arbóreas, número de árboles, área basal de los árboles, altura promedio del dosel y cantidad de estratos arbóreos.

MÉTODOS Y MATERIALES

El estudio se realizó en los terrenos de la Reserva Natural Cocobolo. Ésta es una reserva privada establecida el año 2004 por la organización no gubernamental *Conservación a través de la Investigación, Educación y Acción* (CREA, por sus siglas en inglés) y localizada en el corregimiento de Las Margaritas, distrito de Chepo, provincia de Panamá, con coordenadas 9°17'33.4" N y 79°12'20.1" O.

La reserva se encuentra entre 250 y 600 msnm y tiene una superficie de 450 hectáreas (Fig. 1). La precipitación anual varía entre 3,400 mm y 3,500 mm y la temperatura promedio anual varía entre 22 °C y 24 °C (Atlas Nacional de la República de Panamá, 2007). De acuerdo a Tosi (1971), la Reserva se encuentra en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano.



Fig. 1. Localización del área de estudio. Espino, E. 2009.

El trabajo de campo se realizó en los meses de marzo y julio de 2008 y enero y febrero de 2009. Se seleccionaron cuatro sitios con vegetación de diferentes estados de desarrollo: rastrojo de dos años (sitio 1), bosque secundario joven de 7- 10 años (sitio 2), bosque secundario tardío de 30-60 años (sitio 3) y bosque maduro de aproximadamente 100 años (sitio 4). En cada sitio se establecieron 4 parcelas (réplicas) de 0.1 ha (25 m x 40 m) y se obtuvo información de todos los árboles presentes con un diámetro a la altura del pecho (dap) igual o mayor a 10 cm. Los parámetros estudiados en cada parcela fueron: riqueza de especies arbóreas, cantidad de árboles, área basal de los árboles, altura promedio del dosel y cantidad de estratos arbóreos. Finalmente, se realizaron comparaciones estadísticas de los parámetros medidos (ANOVA y prueba de Duncan).



Fig. 2. Medición del diámetro de los árboles. Espino, 2009.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que existen diferencias significativas en las diferentes etapas de desarrollo y que a medida que avanza el proceso de sucesión se hace más compleja la estructura fisionómica de la vegetación. En general se observa un aumento en la cantidad de árboles, riqueza de especies arbóreas, área basal, altura promedio del dosel y en la estratificación vertical (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características fisionómicas según etapa de sucesión secundaria.

Característica	Rastrojo	Bosque secundario joven	Bosque secundario tardío	Bosque maduro
Riqueza de especies arbóreas (cantidad de especies/ha)	0	22	40	111
Cantidad de árboles/ha	0	385	475	625
Área basal (m ² /ha)	0	8.2	19.1	33.7
Altura promedio del dosel (m)	0	10.4	16.9	22.4
Cantidad de estratos arbóreos	0	1	2	3

Estos resultados coinciden con las observaciones de Holdridge (1996), quien indica que a medida que avanzan las etapas sucesionales la estructura y composición de la vegetación es más compleja.

Comparación de la riqueza de especies arbóreas. En cada parcela se identificaron y contabilizaron las especies arbóreas para efectuar comparaciones de la riqueza de especies. Los resultados indican variaciones extremas entre el rastrojo y el bosque maduro y una tendencia a aumentar a medida que avanza la sucesión (Cuadro 2).

Cuadro 2. Riqueza de especies según etapa de sucesión.

Parcelas	Rastrojo	Bosque secundario joven	Bosque secundario tardío	Bosque maduro
P1	0	10	19	41
P2	0	6	17	37
P3	0	11	14	34
P4	0	16	11	45

El análisis de varianza (ANOVA) demuestra que existen diferencias marcadas en la riqueza de especies arbóreas, entre las diferentes etapas sucesionales. El valor de la F calculada es altamente significativa ($F_{\text{calc}}=84.40^{**}$), ya que superó los niveles de significación tanto para 0.01 ($F_{0.01}=5.95$) como para 0.05 ($F_{0.05}=3.49$). Por otro lado, la aplicación del Test de Rangos Múltiples de Duncan, para establecer cuales etapas son diferentes entre sí, demuestra que todos los sitios difieren en su riqueza de especies arbóreas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Test de rangos múltiples de Duncan.

Medias	Duncan
39.25	a
15.25	b
10.75	c
0	d

La mayor riqueza de especies que se observa en las etapas más avanzadas del proceso de sucesión secundaria se explica por las modificaciones que ocurren en el suelo (temperatura y humedad), lo que favorecen el establecimiento de nuevas especies. Por lo tanto, con frecuencia en las etapas más avanzadas se observa una mayor riqueza de especies (Louman, Quirós & Nilson, 2001).

Cantidad de árboles. En este caso, se observa una tendencia similar a la que se observa en la riqueza de especies. A medida que la sucesión avanza en su desarrollo, aumenta la cantidad de individuos arbóreos. De esta forma en las etapas más avanzadas (bosque maduro) la cantidad de árboles es mayor que en las primeras etapas del proceso (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cantidad de árboles presentes en cada parcela.

Parcelas	Rastrojo	Bosque secundario joven	Bosque secundario tardío	Bosque maduro
1	0	23	52	60
2	0	38	45	55
3	0	47	46	57
4	0	46	47	78

El análisis estadístico (ANOVA) demuestra que existen diferencias significativas entre las diferentes etapas de sucesión estudiadas. Este análisis produjo una F calculada altamente significativa ($F_{\text{calc}}=46.65^{**}$), ya que superó los niveles de significación de 0.01 ($F_{0.05}=3.49$) y 0.05 ($F_{0.01}=5.95$). Además, la prueba de Duncan demuestra que las diferentes etapas de sucesión difieren en la cantidad de árboles (Cuadro 5).

Cuadro 5. Test de rangos múltiples de Duncan.

Medias	Duncan
62.5	a
47.5	b
38.5	c
0	d

Área basal del conjunto de árboles. Los resultados de este estudio reflejan un incremento progresivo del área basal a medida que avanzan las etapas sucesionales. Estos resultados concuerdan con estudios realizados por Saldarriaga *et al.* (1988) y Peña-Claros (2003), que señalan variación del área basal en diferentes etapas de desarrollo del bosque (Cuadro 6).

Cuadro 6. Área basal por parcela.

Parcelas	Rastrojo	Bosque secundario joven	Bosque secundario tardío	Bosque maduro
1	0	0.69	3.06	2.97
2	0	0.79	1.58	3.98
3	0	0.79	1.24	2.99
4	0	1.00	1.75	3.51

El análisis de varianza muestra que existen diferencias de área basal entre las etapas estudiadas, pues este análisis produjo una F calculada que es altamente significativa ($F_{\text{calc}}=38.38^{**}$), ya que superó los niveles de significación para 0.01 y 0.05 ($F_{0.05}=3.49$ y $F_{0.01}=5.95$). De acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan todas las etapas son diferentes (Cuadro 7).

Cuadro 7. Test de rangos múltiples de Duncan.

Medias	Duncan
3.37	a
1.91	b
0.82	c
0	d

Altura promedio del dosel. Cada etapa sucesional posee una altura promedio del dosel característico, observándose que a medida que el bosque avanza en el proceso de sucesión la altura es mayor. En el caso del rastrojo de 2 años no existen árboles, por lo tanto no hay valores para el dosel.

Cuadro 8. Altura promedio del dosel por parcela.

Parcela	Rastrojo	Bosque secundario joven	Bosque secundario tardío	Bosque maduro
1	0	10.15	18.06	22.44
2	0	10.04	17.13	22.47
3	0	10.75	15.7	22.69
4	0	10.83	16.82	22.15

El análisis de varianza demuestra que existen diferencias en la altura del dosel entre los sitios, pues la F calculada es altamente significativa ($F_{\text{calc}}=1281.38^{**}$) ya que superó los niveles de significación de 0.01 y

0.05 ($F_{0.05}=3.49$, $F_{0.01}=5.95$). De acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan, las medias de cada sitio obtuvieron letras distintas (Cuadro 9). Estos resultados demuestran que cada uno de los sitios estudiados posee una altura promedio de dosel particular y diferente a las otras.

Cuadro 9. Test de rangos múltiples de Duncan.

Medias	Duncan
22.44	a
16.93	b
10.44	c
0	d

Cantidad de estratos arbóreos. El rastrojo no presenta árboles y el paisaje es dominado por hierbas y arbustos pequeños, principalmente poáceas, melastomataceas, clusiáceas y dileniáceas. El bosque secundario joven presenta un estrato de árboles. El bosque secundario tardío presenta dos estratos de árboles. El bosque maduro presenta cuatro estratos bien definidos que comprende arbustos, árboles jóvenes, árboles del dosel y emergentes. Los resultados de este estudio muestran un incremento en cuanto a la cantidad de estratos según la etapa sucesional desde el rastrojo al bosque maduro, haciéndose más evidente cuando alcanza cierta estabilidad dinámica, donde se encuentran tres estratos arbóreos. Tal como lo señala Budowski (1961), los estratos se distinguen más fácilmente a medida que se avanza hacia la etapa sucesional de bosque maduro.



Fig. 3. Vista interior de una parcela de bosque maduro. Mendieta, 2009.

CONCLUSIONES

En el sector en que se localiza la Reserva de Cocobolo existen las condiciones para que la vegetación natural se recupere, luego de alteraciones, mediante el proceso de sucesión secundaria en un periodo entre 80 y 100 años.

El proceso de sucesión secundaria presenta etapas en las cuales la complejidad florística y estructural son mayores a medida que el bosque tiene mayor desarrollo (Fig. 3).

Es posible diferenciar etapas de sucesión secundaria, ya que éstas presentan características fisionómicas típicas en cuanto a cantidad de árboles, riqueza de especies, altura del dosel, estratificación vertical y área basal.

REFERENCIAS

Bazzaz, F. 2000. *Plants in Changing Environments: linking, physiological, population and community ecology*. Cambridge University Press. 320 p.

Budowski, G. 1961. Forest succession in Panama and Costa Rica. Dr. Ph. Thesis New Haven Yale University School of Forestry. 189 p.

Denslow, J. & S. Guzman. 2000. Variation in stand structure, light and seedling abundance across a tropical moist forest chronosequence in Panama. *J. Veg. Sci* 11, 201-212.

Finegan, B. 1996. Pattern and process in Neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Tree*, 11(3): 119-124.

Foster, R. & N. Brokaw. 1982. Structure and history of the vegetation of Barro Colorado Island. In: *The Ecology of a Tropical Forest. Seasonal Rhythms and Long-Term changes*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 67-81 p.

Glenn-Lewin, D., R. K., Peet & T. T. Veblen. 1992. *Plant succession: theory and prediction*. Chapman & Hall. 352 p.

Golley, F. B., J. T. McGinnis, R. G. Clements, G. I. Child & M. J. Duever. 1969. The structure of tropical forests in Panama and Colombia. *BioScience*, 19, 693-696.

Gurevitch, J, S. Scheiner & G. Fox. 2006. *The ecology of plants*. Sinauer Associates. 574 p.

Holdridge, L. 1998. *Ecología basada en zonas de vida*. 4ta reimpression. Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 216 p.

Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. 2007. *Atlas Nacional de la República de Panamá*. República de Panamá. 290 p.

Louman, B., D. Quirós & M. Nilson. 2001. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. CATIE, Costa Rica. 265 p.

Knight, D.H. 1975. A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on Barro Colorado Island, Panama. *Ecol. Monogr.*, 45, 259-284.

Peña-Claros, M. 2003. Changes in Forest Structure and Species Composition during Secondary Forest Succession in the Bolivian Amazon. *Biotropica*, 35(4): 450-461.

Saldarriaga, J.G, D. C. West, M. L. Tharp & C. UHL. 1988. Long-term chronosequence of forest succession in the upper rio Negro of Colombia and Venezuela. *J. Ecol.*, 76, 938-958.

Tosi, J. 1971. Panamá: Zonas de Vida. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 123 p.

Walker, L. R. & R. Del Moral. 2003. Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation. Cambridge University Press. 442 p.

Recibido febrero de 2010, aceptado agosto de 2010



ESTRUCTURA HORIZONTAL DE BOSQUE CADUCIFOLIO, OBSERVADA EN UNA PARCELA AL SUR DE LA PENÍNSULA DE AZUERO

Jorge Mendieta¹ y David Mitre²

¹Departamento de Botánica, Universidad de Panamá.

²Botánico egresado de la Universidad de Panamá.

RESUMEN

Se realizó un estudio de la estructura horizontal en una parcela de bosque caducifolio, en los terrenos del laboratorio de Achotines, Provincia de Los Santos, República de Panamá. Se estableció una parcela rectangular de una hectárea dividida en 10 subparcelas de igual tamaño (10 x 100 m). Se midieron todos los árboles con un DAP \geq 10 cm, a los cuales se les anotó la altura total y características vegetativas que ayudasen en su identificación. Se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies arbóreas. Las especies arbóreas que mostraron los mayores valores del IVI fueron: madroño (*Calycophyllum candidissimum*) con 34.04, seguido por zorro (*Astronium graveolens*) con 32.48, nisperillo (*Pouteria campechiana*) con 32.04, roble de sabana (*Tabebuia rosea*) con 29.36, guayacán (*Tabebuia guayacan*) con 25.09 y cedro amargo (*Cedrela odorta*) con 20.06. La importancia del *Calycophyllum candidissimum* se debe principalmente a su abundancia y dominancia relativa dentro de la parcela.

PALABRAS CLAVES

Bosque decíduo, estructura horizontal, IVI, abundancia relativa, dominancia relativa.

ABSTRACT

A horizontal structure study was made on deciduous forest plot, in Achotines Laboratory, Provincia de Los Santos, Panama Republic. In

this study was measure a rectangular plot of one hectarea and this was split in 10 subplot of the same size each one (10X100 m). All the trees with DAP \geq 10 cm, then all the trees were mesure and identified. With this information was calculated the Importance Valor Indice (IVI) of each tree species. The trees with most IVI value were madroño (*Calycophyllum candidissimum*) with 34.04, then zorro (*Astronium graveolens*) with 32.48, nisperillo (*Pouteria Campechiana*) with 32.04, roble de sabana (*Tabebuia rosea*) with 29.36, guayacán (*Tabebuia guayacan*) with 25.09 and cedro amargo (*Cedrela odorta*) with 20.06. The most important tree species is *Calycophyllum candidissimum*, because is the most abundant and frequent in the plot.

KEYWORDS

Deciduous forest, horizontal structure, IVI, relative abundance, relative dominance.

INTRODUCCIÓN

Las características fisionómicas estructurales de los bosques son afectadas por diversos factores, donde el clima y los suelos son determinantes en las regiones tropicales. Cuando la disponibilidad de agua para los árboles es limitada, causando estrés, éstos dejan caer las hojas en épocas críticas para crear un balance entre la absorción y transpiración. Entonces, a estos árboles se les conoce como deciduos y así mismo identifican a los bosques que éstos forman (Gurevith *et al.*, 2002). En la región mesoamericana, la vertiente del Pacífico presenta características climáticas que según el sistema de zonas de vida del Holdridge se clasifica como bosque seco Tropical, el cual está siendo eliminado al ser reemplazados por actividades agropecuarias (González, 2002). Con la eliminación de estos boques se pierden valiosos recursos, ya que son fuente de productos y servicios como madera, leña, medicina, recursos ornamentales, biocidas, almacenamiento de CO₂, conservación de biodiversidad y regulación del clima entre otros, por lo que el mismo presenta un alto potencial en este sentido (Berrocal, 1998).

En la vertiente del Pacífico panameño también se presenta la categoría de zona de vida bosque seco Tropical, ocupando un área muy limitada.

Esta zona de vida ocupa las tierras bajas del sur de la provincia de Coclé, el este de Herrera y Los Santos, el lado sur de la isla Majé en el área de Bayano, provincia de Panamá y una pequeña área en la península de Garachiné, en Darién (Tosi, 1971). En esta zona de vida la vegetación representativa es el bosque caducifolio, el cual ha sido talado o eliminado casi por completo en todo el territorio nacional. El bosque caducifolio es considerado como el ecosistema en mayor peligro de extinción debido a su reemplazo por actividades agropecuarias y por asentamientos humanos (Janzen, 1998). Sin embargo, a pesar de su destrucción masiva, todavía se observan pequeños fragmentos de bosque caducifolio en los sectores de Coronado, Río Hato y Cerro Cerrezuela, en Coclé (INRENARE, 1993). El área más extensa de bosque caducifolio existente es una pequeña faja localizada en Garachiné, Darién. Hace algunos años se ha reportado la existencia de un fragmento de bosque caducifolio en la finca de los laboratorios de Achotines, provincia de Los Santos (Pérez & Deago, 2001). Este fragmento de bosque de 70 hectáreas está siendo conservado, por lo que ha sido poco perturbado y representa una muestra de las condiciones naturales del bosque caducifolio que existió en la región.

Como se puede observar, la situación de los bosques caducifolios en Panamá es crítica, ya que la presión por el uso de las tierras donde éstos se encuentran es permanente. Por lo tanto, el conocimiento del potencial de estos bosques, su organización y funcionamiento resultan indispensables para el establecimiento de directrices para su manejo, que permitan orientar el aprovechamiento sostenible de los remanentes de bosque fuera de las áreas de conservación y establecer estrategias de manejo para la recuperación de éstos en sitios degradados (Monge *et al.*, 2002).

Los estudios realizados para comprender la estructura de los bosques caducifolios han identificado ciertos patrones. En términos de biodiversidad, en los bosques caducifolios secundarios existe un patrón bien definido en cuanto al número de especies presentes. En ese sentido, Splitter citado por González (2002) encontró que la diversidad de especies arbóreas y sus áreas basales aumentaron conforme avanza la edad de sucesión. El encontró que en los bosques secundarios se tiene aproximadamente 60 especies de árboles por hectárea y la

distribución de los individuos según clase diamétrica es en forma de una “J” invertida, con la mayoría de los árboles en los diámetros menores (Fonseca, 2002).

La fragilidad de los bosques caducifolios y la presión a la que se encuentran sometidos conducen fácilmente a pérdidas económicas, ecológicas y sociales elevadas. Por otro lado, la escasez de estudios científicos en el área que proporcionen información que ayude a comprender la dinámica de este bosque se considera un problema prioritario (Bermúdez & Sánchez, 2000). Con este trabajo se pretende recopilar información sobre la composición florística y la estructura del bosque caducifolio del área. Esta información permitirá establecer estrategias de manejo para la conservación y/o uso sostenible de estos bosques.

Los resultados de los análisis estructurales propuestos en este estudio permitirán, entre otras cosas, hacer deducciones importantes acerca de las características ecológicas y sinecológicas de las especies presentes; además ayudará a entender el dinamismo y las tendencias del futuro desarrollo de las comunidades arbóreas (Lampretch, 1962).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características del sitio. El bosque estudiado se encuentra localizado en la finca de los laboratorios Achotines, distrito de Pedasí, provincia de Los Santos. Las coordenadas 7° 15' 30" Latitud Norte y 80° 00' 15" Longitud Oeste (Fig. 1).

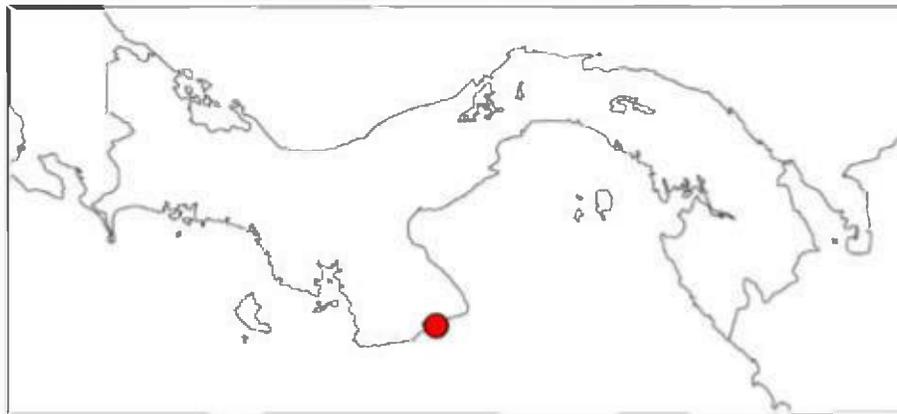


Fig. 1. Localización del sitio estudiado. ●

El bosque se encuentra sobre terrenos de topografía ondulada y suelos originados a partir de rocas sedimentarias. La temperatura promedio anual es de 30 °C, con temperaturas promedio extremas entre 28 y 32°C. La precipitación promedio es de 1.500 mm anuales, con un patrón de distribución anual bien definido. Se presenta una época lluviosa que se extiende de mayo a noviembre y una época seca de diciembre a abril. De acuerdo a las condiciones del clima, la región se ubica dentro de la zona de vida bosque seco tropical (Tosi, 1971). En consecuencia, los bosques están formados por especies de árboles caducifolios.

Diseño de parcela. La descripción de la vegetación natural se realizó utilizando el método para análisis estructural de los bosques tropicales de Lamprecht (1962). Este método se basa en la determinación del coeficiente de mezcla (CM) y el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las diferentes especies de árboles. La información analizada se obtuvo de una parcela rectangular de 1 ha, utilizando el método de Camacho (2000), ésta fue dividida en 10 sub-parcelas de igual tamaño (10 x 100 m). Seguidamente, se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con diámetro igual o mayor a 10 cm. Cada árbol fue codificado y se colectaron muestras para su posterior identificación. Las muestras fueron identificadas con apoyo de los volúmenes de la Flora de Panamá y la colección del Herbario de la Universidad de Panamá. La nomenclatura de los nombres científicos fue verificada con el Catálogo de plantas vasculares de Panamá (Correa *et al.*, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de las especies arbóreas

En la parcela del bosque estudiado se anotaron 365 árboles, distribuidos en 19 familias, 26 géneros y 29 especies. La especie de árbol más abundante es *Calycophyllum candidissimum* (madroño) con un 14% de los árboles presentes. En orden de importancia, por su abundancia le siguen *Astronium graveolens* (zorro) y *Tabebuia rosea* (roble sabanero), ambas especies con un 13% de los árboles presentes. Estos resultados son similares a los observados en otros estudios de bosque de regiones secas, como los realizados en Palo Verde, Costa Rica, donde se encuentran 60 especies/ha (González, 2002) y los

realizados en Bolivia con la presencia de 29 especies /ha en bosques semicaducifolios (Uslar *et al.*, 2003). La cantidad de especies de árboles/ha en bosques caducifolios contrasta con lo esperado en bosques perennifolios de zonas húmedas, donde se encuentran aproximadamente 100 especies de árboles /ha. (Rojas *et al.*, 2008).

La mezcla de especies arbóreas indica que éste es un bosque heterogéneo, con un coeficiente de mezcla (CM) calculado en 0.08. Este es un valor relativamente bajo si es comparado con el valor de bosques perennifolios de zonas húmedas que corresponde a 0.25. Según interpretación de Lampreth (1962), el valor de CM de 0.25 indica que es un bosque muy heterogéneo. En el caso del bosque caducifolio el valor calculado indica que se tiene una especie de árbol por cada 13 individuos. Mientras que en el caso de los bosques perennifolios de zonas húmedas la relación es de una especie de árbol por cada 4 a 8 árboles ($1/4 - 1/8$). Una posible explicación a la disminución de especies en el bosque caducifolio es el estrés provocado por la falta de agua disponible en el suelo durante parte del año. Es posible que este estrés determine que las especies que puedan regular la pérdida de agua por transpiración tienen ventajas en este medio.

Descripción de la estructura horizontal del bosque en función del Índice de Valor de Importancia (IVI) de los árboles

La estructura horizontal del bosque refleja su nivel de organización, indicando cuáles son las especies de árboles más importantes. Una forma de describir la estructura horizontal es mediante el uso del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies arbóreas. Este índice refleja la abundancia de los individuos en cada especie, la frecuencia con que se presenta cada especie en la superficie ocupada por el bosque (distribución espacial) y el área que cada especie necesita para su desarrollo (Cuadro 1).

Los resultados del estudio revelan que de las 29 especies de árboles seis (6) presentan los mayores valores de IVI y representan el 20.7% del total de especies. Estas seis especies son: *Calycophyllum candidissimum* (34.04), *Astronium graveolens* con 32.48, *Pouteria campechiana* con 32.04, *Tabebuia rosea* con 29.36, *Tabebuia guayacán* con 25.09 y *Cedrela odorata* con 20.06. Los valores de IVI

de estas especies se explican por ser las que presentan mayor abundancia de individuos, se les encuentra distribuidas a lo largo y ancho de la parcela y porque son las especies que presentan mayor grosor del tallo. Como se puede observar, *Calycophyllum candidissimum* es el árbol con mayor IVI, aunque no se puede decir que sea la única especie dominante porque *Astronium graveolens* y *Pouteria campechiana* presentan valores similares (Fig. 2).

Cuadro 1. Índice de Valor de Importancia de las especies principales.

Especie	Abundancia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	IVI
<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	13.97	12.24	7.82	34.04
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	13.15	10.63	8.69	32.48
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	5.47	20.47	6.08	32.04
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A. DC	13.15	8.39	7.82	29.36
<i>Tabebuia guayacán</i> (Seem.) Hemsl.	10.41	5.9	8.69	25.09
<i>Cedrela odorata</i> L.	7.39	7.45	5.21	20.06
<i>Genipa americana</i> L.	7.12	3.93	6.08	17.14
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	4.38	3.99	6.08	14.46
<i>Paquira quinata</i> (Jacq.) W.S. Alverson	2.19	6.83	5.21	14.24
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	3.56	3.63	4.34	11.54

Existe un segundo grupo de cuatro (4) especies de árboles con valor del IVI entre 10 y 20 representando el 13.8% del total de especies. Estas especies son: *Genipa americana* con 17.14, *Bursera simaruba* con 14.46, *Paquira quinata* con 14.24, *Guazuma ulmifolia* con 11.54. Estos son árboles bien distribuidos por toda la parcea, pero presentan

pocos individuos por especies y los tallos presentan diámetros pequeños.

Finalmente, está el grupo de especies con valor de IVI menor a 10. En este grupo se encuentran 19 especies, representado el 65.5% del total. Los valores de IVI de este grupo se consideran bajos y se explica porque las especies presentan pocos individuos, se encuentran mal distribuidos en la parcela y son árboles con tallos de diámetros pequeños.

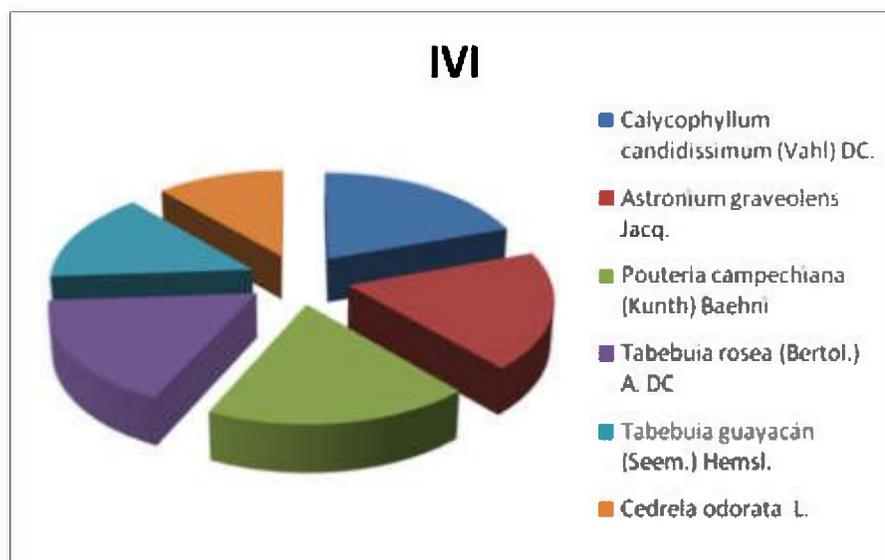


Fig. 2. Especies de mayor importancia.

CONCLUSIONES

El bosque caducifolio estudiado presenta una reducida riqueza de especies arbóreas (29) y poca cantidad de árboles por hectárea (365), en comparación con lo observado en bosques perennifolios de zonas húmedas (aproximadamente 80 especies arbóreas y más de 500 árboles/ha).

En cuanto a su estructura, se observa que son pocas las especies de árboles dominantes (6). Estas seis especies se consideran de mayor importancia por presentar la mayor abundancia, frecuencia y ocupar la mayor superficie de terreno.

RECOMENDACIONES

Es recomendable extender este tipo de estudio a las diferentes categorías de bosque natural en nuestro país, ya que la información obtenida fortalece las estrategias y planes de conservación de éstos y su biodiversidad.

REFERENCIAS

Bermúdez, M. M. & J. Sánchez. G. 2000. Identificación de Vacíos de Información Botánica en Centroamérica. Serie Técnica N° 4. WWF; Red de Herbarios de Mesoamérica; Museo Nacional de Costa Rica. Pág. 55-56.

Berrocal, A. 1998. Estudio etnobotánico y de mercadeo de productos no - maderables de bosques secundarios en la región de Chorotega, Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad, Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: Guía para el establecimiento y medición. Turrialba, Costa Rica. CATIE. (Serie Técnica. Manual técnico/CATIE, No. 42). 52 p.

Correa, M.D., C. Galdames & M.S. de Stapff. 2004. Catálogo de Plantas Vasculares de Panamá. 599 p.

González, E., P. 2002. Composición y dinámica de diferentes estados sucesionales en el bosque seco tropical del Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica. En INISEFOR 2002. Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica, Heredia, Costa Rica. 1a Ed. 176 págs., págs. 146-153.

Gurevith, J. S. Schenider & G. Fox. 2002. The Ecology of Plants. Sinauer Associates, Inc., Publishers. U.S.A.

Fonseca, W., E. Chaves, F. Mora & V.H. Meza. 2002. Dinámica y composición del bosque seco tropical. En INISEFOR 2002. Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y

resultados en Mesoamérica, Heredia, Costa Rica. 1ra ed. 176 págs., págs. 153 - 162.

INRENARE. 1993. Informe Nacional de la Situación Forestal. Unidad de Coordinación del Plan de Acción Forestal Tropical de Panamá. 28 pp.

Janzen, D.H. 1998. Tropical dry forest, the most endangered major tropical ecosystem. p. 130-137. In E.O.Wilson (ed.). Biodiversity. National Academy Press, Washington.

Lamprecht, H. 1962. Ensayo sobre unos métodos para el Análisis Estructural de los bosques tropicales. Acta Científica Venezolana. 13 (2), 23 pp.

Monge, A., R. Quesada & E. González. 2002. Estudio de la dinámica del bosque seco tropical a partir de parcelas permanentes de muestreo en el Parque Nacional Palo verde, Bagaces, Costa Rica. En: Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica. Heredia: INISEFOR: 176 pp.

Pérez, R. & J. Deago. 2001. Flora Arbórea del Bosque Seco de los Terrenos del Laboratorio de Achetines en la Provincia de Los Santos, Panamá. P.R.O.R.E.N.A. (Informe Técnico ACHO-03-01-ES), 18p.

Rojas, W. J. Estévez - Varón & W. Roncancio. 2008. Estructura y composición florística de remanentes de bosque húmedo Tropical en el Oriente de Caldas, Colombia. Boletín Científico Museo de Historia Natural Vol 12: 24 – 37.

Tosi, J.A. 1971. Inventariación y Demostraciones Forestales, Panamá: Zonas de Vida Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Roma. 123 pp.

Uslar, Y, B. Mostcedo & M. Saldias. 2003. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semicaducifolio en Santa Cruz, Bolivia. Documento Técnico 114/2003. Bolivia. 23 p.

Recibido febrero de 2010, aceptado septiembre de 2010.



AVES DE CERRO CANAJAGUA, PROVINCIA DE LOS SANTOS, PANAMÁ

Jacobo Araúz G.¹ y Daniel González D.²

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología
Departamento de Zoología. Escuela de Biología.
e-mail: jarauzg@cwpanama.net

² Universidad de Panamá, Escuela de Biología.

RESUMEN

Entre octubre de 2002 y abril de 2003, se hicieron inventarios de aves en Cerro Canajagua, provincia de Los Santos. El objetivo de este trabajo es presentar información general sobre la avifauna de esta localidad, su estado de conservación y su relación con las características del paisaje. Los métodos incluyeron el uso de redes ornitológicas y búsquedas generalizadas en tres tipos de hábitat (área abierta, borde de bosque y bosque). Las aves importantes en conservación fueron determinadas según cuatro instancias (protegidas por ley, CITES, lista de fauna de importancia en conservación y Censo Norteamericano de Aves Anidantes o el BBS). Se obtuvieron registros de 109 especies, 93 residentes y 18 migratorias del Hemisferio Norte. Se identificaron 33 especies de importancia en conservación, algunas de ellas consideradas por más de una instancia. Entre ellas, 25 están protegidas por ley, 25 están incluidas en los apéndices de CITES, cinco especies están en los listados de fauna de importancia y cinco especies migratorias muestran declinaciones significativas de sus poblaciones en las últimas décadas. A pesar de la gran alteración y destrucción de los hábitat naturales de Cerro Canajagua, todavía sirve para que habite una considerable variedad de aves, lo que junto a otros valores, sustentan su estatus como área protegida. Sin embargo, aun persisten las presiones que amenazan con destruir la biodiversidad del área, de la cual depende una considerable cantidad especies silvestres y personas de esa región de Azuero.

PALABRAS CLAVES

Cerro Canajagua, Península de Azuero, diversidad de aves, aves migratorias, aves importantes en conservación.

ABSTRACT

Between October 2002 and April 2003 birds inventories were made in Cerro Canajagua, Los Santos province. The purpose of this work is to provide general information about the avifauna of this locality, its conservation status, and its relationship with the characteristics of the landscape. The methods included the use of ornithological netting and widespread searches in three types of habitats (open area, forest edge, and forest). The major birds in conservation were determined according to four instances (protected by Law, CITES, list of fauna about conservation importance, and North American Breeding Birds Survey, BBS). Records of 109 species were obtained, 93 residents and 18 migratory from the Northern Hemisphere. 33 species conservation importance of were identified, some of them considered for more than one instance. Among them, 25 are protected by Law, 25 are included in the appendices of CITES, five species are in the lists of important fauna, and five migratory species show significant declining of their population in the last decades. Despite the great destruction of the natural habitats of Cerro Canajagua, it is still useful for a great variety of birds to inhabit, which together with other values, it supports its status as protected area. Nevertheless, the pressures that threat to destroy the biodiversity of the area still persist, from which a great amount of wild species and persons of that region of Azuero depend.

KEYWORDS

Cerro Canajagua, Azuero Peninsula, bird diversity, migratory birds, birds of conservation importance.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos precolombinos, las características favorables de la Península de Azuero propiciaron el establecimiento de diferentes grupos humanos que utilizaron sus recursos naturales en diferentes modalidades, lo que con el transcurrir del tiempo fue transformando las características del paisaje (Cooke *et al.*, 1985). Posteriormente, una vez consolidada la conquista europea, los españoles también tomaron en cuenta lo propicio del entorno para establecer sus poblaciones, lo mismo que para la práctica extensiva de la agricultura y la ganadería (Illueca, 1985). En el presente, los paisajes de Azuero muestran las huellas de una explotación de sus recursos intensa, al grado que en el presente es una de las zonas más afectadas del país en lo que respecta a la pérdida de su vegetación original (INRENARE, 1995).

Entre sus característica naturales, la Península de Azuero incluyó ambientes ubicados en las ecorregiones de los Bosques Secos de

Azuero, bosques Húmedos del Pacífico de Panamá y las cimas de los cerros más altos son comparables a los Bosques Húmedos de Talamanca (CMB, 2003). No obstante, en el presente sólo restan fragmentos de la cobertura original de la región, algunos de ellos incluidos declarados áreas protegidas, tales como el Parque Nacional Cerro Hoya, las Reservas Forestales El Montuoso y La Tronosa, que se cuentan entre las áreas más extensas con vegetación representativa de la región (ANAM, 2006). Otros fragmentos más pequeños, pero de importancia para la producción de agua han sido protegidos por resoluciones municipales y también forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

La destrucción de los bosques de Azuero también ha incidido negativamente en la conservación de la fauna silvestre y de su biodiversidad en general. En lo que respecta a las aves, una de las primeras referencias sobre la región es el trabajo de Aldrich & Bole (1937), que obtuvieron información sobre las especies del sector oeste de la península. Sin embargo, en años más recientes se ha logrado un mejor acopio sobre la información de la avifauna, especialmente de zonas cercanas al litoral (e.g. Angehr, 2003; Delgado, 1984, 1985, 1986, 2005), mientras que la información sobre áreas del interior ha recibido menos atención. No obstante, se tienen datos sobre algunas zonas, por ejemplo, Delgado (1992) informó sobre 132 especies de aves en el área de Cerro Quema, de las cuales 117 eran residentes y 11 migratorias. Posteriormente, Garcés (1998) en el Parque Nacional Cerro Hoya registró 151 especies, entre ellas 145 residentes y seis migratorias. Por su parte, Araúz (2004) en la Reserva Forestal el Montuoso obtuvo registros de 118 especies, de ellas 100 residentes y 18 migratorias. Posteriormente, Araúz et al. (2009) en la Reserva Forestal La Tronosa registraron 140 especies, 128 residentes y 12 migratorias.

La Reserva Forestal y Animal Cerro Canajagua incluye unas 3000 ha, donde se incluye el cerro homónimo. Hasta el presente no se había hecho una caracterización de las aves de la zona, área que también ha sido alterada severamente por la deforestación. El estatus de reserva para Canajagua data de julio de 1990 por acuerdo municipal y comprende unas 3000 ha. El objetivo principal de este trabajo es informar sobre varios aspectos de la avifauna de Cerro Canajagua, lo

que puede contribuir a que las instancias responsables tomen acciones necesarias para reforzar la conservación de la biodiversidad de éste sitio tan propio de la Provincia de Los Santos y de la Península de Azuero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en Cerro Canajagua (7°38'48" N y 80°25'17" W), distrito de Las Tablas, Provincia de Los Santos, República de Panamá (Fig. 1). Según la clasificación de Köpen, el clima de la zona es tropical de sabana, caracterizado por precipitaciones anuales promedio menores a los 2,500 mm y una humedad relativa que oscila entre 75 a 80%. La zona presenta una estación seca prolongada y temperatura media del mes más fresco mayor a 18° C (IGNTG, 1988).

De acuerdo a Holdridge (1979), Cerro Canajagua está ubicado en la zona de vida denominada Bosque Húmedo Tropical (Bht), caracterizada una temperatura media anual que oscila entre los 25 y 28 °C. En una dimensión más abarcadora, el Canajagua se localiza en la ecorregión denominada Bosques Húmedos del Pacífico del Istmo, considerada en peligro debido a la amenaza que representa su conversión en pastizales y terrenos para la agricultura, por lo que es de alta prioridad en conservación (CBM, 2003).

El punto más alto del cerro alcanza unos 830 m.s.n.m. y en general el relieve del área es quebrado, con pendientes de 10% a 50%. Las características físicas y del relieve sugieren que las montañas son de origen tectónico, aspecto evidenciado por los levantamientos, hundimientos y fracturas que se observan en el área (IGNTG, 1988). Gran parte del área está cubierta por pastos, por lo que la erosión es baja. Los suelos son del tipo Clase VI, no recomendables para cultivos, pero apropiados para la conservación de vegetación permanente (IGNTG, 1988).



Fig. 1. Localización de Cerro Canajagua, provincia de Los Santos.

La vegetación actual de Cerro Canajagua está representada principalmente por bosques intervenidos, rastrojos y usos agropecuarios de diferentes intensidades. En general, la vegetación es una matriz compleja y entremezclada de los usos de suelo señalados, donde predominan los rastrojos y las actividades agropecuarias (Fig. 2). En el área aun se puede observar una gran variedad de plantas, entre las que hay especies maderables, tales como cedro amargo (*Cedrela odorata*), nance (*Byrsonima crassifolia*), guácimo blanco (*Goethesia meiantha*), laurel (*Cordia alliodora*), corotú (*Enterolobium cyclocarpum*), cedro espino (*Pachira quinata*), algarrobo (*Hymenaea courbaril*), papelillo (*Miconia argentea*), palo cuadrado (*Cornutia grandifolia*), carate (*Bursera simarouba*), balo (*Gliricidia sepium*), coquillo (*Jatropha curcas*). También hay frutales como cocoteros (*Coccoloba nucifera*), guayabo (*Psidium guajava*), limón (*Citrus limon*) y guaba (*Inga spectabilis*). Además persisten algunas especies de herbáceas, gramíneas y arbustivas entre las cuales están el café (*Coffea arabica*), chumico (*Curatella americana*) y cuernito (*Acacia collinsii*).

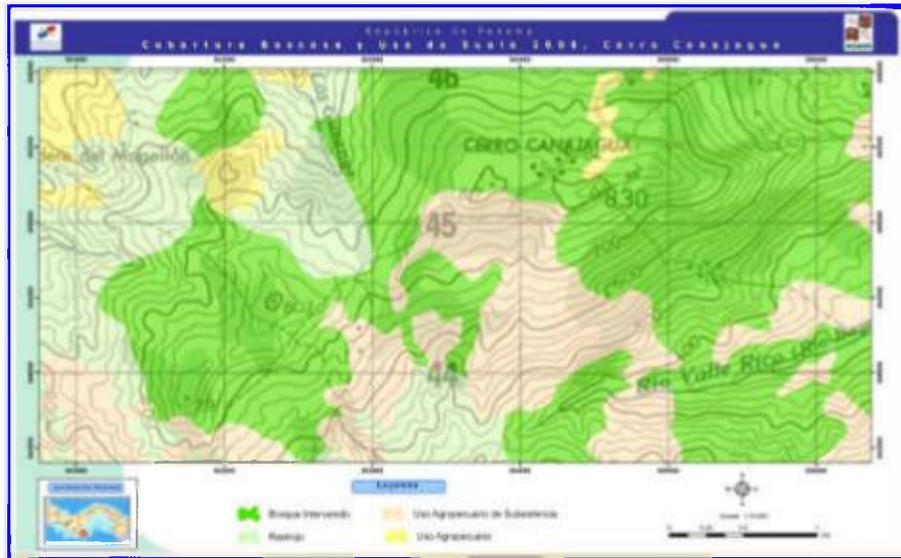


Fig. 2. Usos de suelos en el área de Cerro Canajagua, Península de Azuero. (Dirección de Administración de Sistemas de Información Ambiental, ANAM 2008).

INVENTARIOS DE AVES

Toma de datos

El estudio abarcó desde octubre de 2002 hasta abril de 2003. Las observaciones se hicieron cuatro veces por semana e incluyeron el periodo de estadia de las aves migratorias en nuestro país. Se seleccionaron tres áreas del paisaje para hacer los inventarios: áreas abiertas, bordes de bosque y bosque. Para la identificación de las aves se utilizaron binoculares y las guías de Ridgely & Gwynne (1993) y *National Geographic Society* (1999). Para el ordenamiento filogenético las especies se siguió el arreglo taxonómico de la AOU (1998) y para la toma de datos se utilizaron dos métodos que se detallan a continuación:

Búsquedas generalizadas

Consistió en hacer recorridos por senderos y tomar registros de las aves observadas o escuchadas. Las búsquedas se realizaron día y noche, anotando la información en formularios de campo para las aves vistas y escuchadas. Este método apropiado para compilar información sobre la riqueza de especies de un área, principalmente cuando no se

dispone de mucho tiempo y resulta útil con aves que no son detectadas por otros métodos, como las redes (Ralph *et al.*, 1996).

Captura con redes ornitológicas

Se utilizaron tres redes de niebla de 12 m x 2.5 m y cuatro senos, con tamaño de malla de 36 mm y ubicadas en estaciones de redes. Las mismas se trabajaron dos veces por semana y tratando de cubrir principalmente los bordes de bosque y bosques, ya que pierden efectividad en las áreas abiertas, según es sugerido por Ralph *et al.* (1996). El muestreo se llevó al cabo durante las horas de la mañana y algunas veces se extendió hasta la tarde. Cada estación de redes fue muestreada por dos días consecutivos, luego de lo cual se esperó una o dos semanas antes de volver y así evitar que se afectara la probabilidad de captura.

Cada individuo capturado fue depositado individualmente en bolsas de tela y luego en un lugar escogido previamente se le tomaron los datos y seguidamente fueron liberados cerca del área de captura. La información fue recogida en formularios diseñados para ese fin e incluyeron datos como el nombre científico de la especie, sexo, fecha, hora de captura, tipo de hábitat y número de red. Para reconocer las aves recapturadas, a cada una capturada por primera vez se le cortó la punta de una rectriz izquierda y una derecha. Para reconocer las capturas de cada día se utilizó una serie de combinaciones en las rectrices cortadas.

AVES IMPORTANTES EN CONSERVACIÓN

Las aves importantes en conservación fueron agrupadas según su estatus en cuatro instancias: especies protegidas por ley nacional (EPL), especies CITES, las listas de fauna importante para la conservación (LFIC) y las aves migratorias incluidas en los listados del *Breeding Bird Survey*. A continuación se detalla el significado de estas instancias.

Especies protegidas por leyes panameñas de vida silvestre (EPL)

Son las aves incluidas en la resolución 0057 (Gaceta Oficial Digital No. 26013, 2008), es una propuesta nueva sobre las especies amenazadas de Panamá, que reemplaza el antiguo listado de las especies incluidas en la resolución 002-80. Este listado de aves amenazadas incluye unas 272 especies de aves bajo diferentes grados de amenaza.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas (CITES)

Incluye las aves ubicadas en los apéndices I y II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) (CITES, 1998). El apéndice I establece que el comercio de ciertas especies es prohibido, excepto bajo condiciones excepcionales, mientras que el apéndice II estipula que el comercio debe ser controlado a través de permisos y solamente se permite cuando no se considere perjudicial a la supervivencia de la población silvestre de una especie determinada.

Lista de fauna importante para la conservación (LFIC)

Incluye especies las Listas de Fauna Importante para la Conservación de Centroamérica y México (LFIC), según el trabajo de Solís et al. (1999). Establece que una especie es **Vulnerable (VU)** cuando su taxón enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo; **en peligro (EN)**, cuando el taxón está enfrentando un alto riesgo de extinción en estado silvestre en el futuro cercano y **en peligro crítico (CR)**, cuando el taxón enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en un futuro inmediato.

Censos de Aves Anidantes de Norteamérica (*North American Breeding Bird Surveys / BBS*)

Comprende las especies de aves migratorias cuyas poblaciones han declinado significativamente en su área de anidación, sustentado con los datos del Censo Norteamericano de Aves Anidantes o *North American Breeding Bird Surveys*. Los censos de esta entidad son estimaciones para unas 100 especies de aves migratorias, y se apoyan en datos de tendencias colectados a largo plazo (1966-1991) (Sauer & Droege, 1992; Peterjohn *et al.*, 1995). El documento establece valores anuales, negativos para las especies cuyas poblaciones decrecen, y valores positivos para aquellas que presentan incrementos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esfuerzo

El esfuerzo total de trabajo fue de 384:05 horas de búsqueda intensiva y 474:45 horas red. La curva acumulativa de especies indica que se logró registrar un número representativo de las aves de Cerro

Canajagua, ya que durante los últimos muestreos no hubo un aumento notable en la aparición de nuevas especies, tal como se puede observar en la curva acumulativa de especies (Fig. 3). La curva acumulativa para búsquedas generalizadas fue similar a la curva total de especies, lo que indica una buena estimación de la riqueza de especies del área (Fig. 3).

En este sentido, Stiles & Rosselli (1998) afirman que los métodos basados en observaciones permiten llevar a cabo un inventario más completo con el cual se obtiene una buena estimación de la riqueza avifaunística de un área. Estos métodos son más efectivos si se complementan con captura con redes ornitológicas, pero las redes requieren de un mayor esfuerzo de trabajo y su efectividad es sensiblemente afectada por los factores ambientales y topográficos del área de estudio. Durante este estudio 33 especies (30%) fueron detectadas mediante redes. No obstante estas limitaciones, las redes también son útiles en la detección de especies poco conspicuas, pequeñas y difíciles de detectar en algunos tipos de coberturas muy cerradas, donde la poca luz imposibilita la identificación eficaz de las mismas mediante otras técnicas (Ralph *et al.*, 1996).

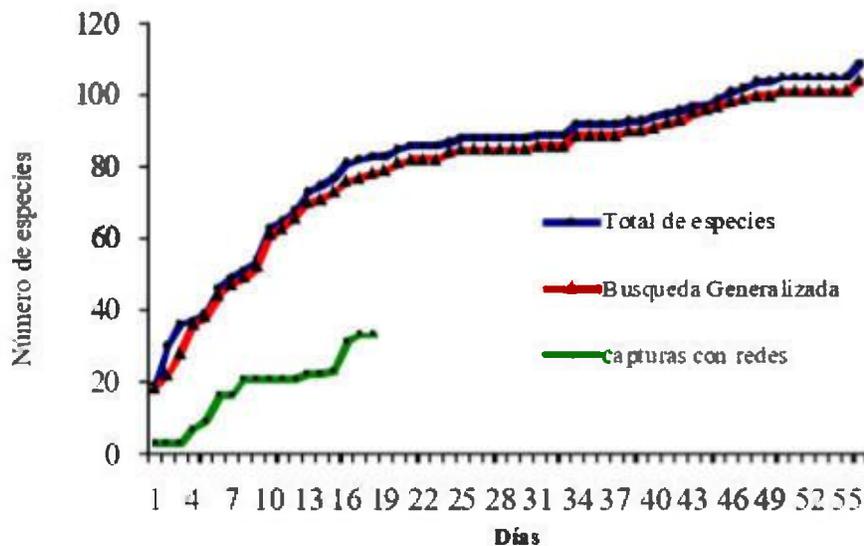


Fig. 3. Curva acumulativa de especies registradas en Cerro Canajagua, provincia de Los Santos.

Riqueza de especies

En total, se obtuvieron registros de 5926 individuos, 109 especies, 37 familias, un Genera *Incertae Sedis* y 16 órdenes, entre las cuales, 91 especies fueron residentes y 18 eran migratorias (Cuadro 1). La cantidad de especies registradas representan cerca del 35% de las aves terrestres conocidas para la Península de Azuero, que se estima en unas 310 especies (G. Angehr, com. pers.).

Al comparar las aves totales de Cerro Canajagua con áreas aledañas (Parque Nacional Cerro Hoya, Reserva Forestal La Tronosa y Reserva Forestal El Montuoso) se observa que esas localidades poseen un número ligeramente mayor de especies, aun cuando todas superan a Cerro Canajagua en miles de hectáreas de extensión. Un análisis de la composición de especies revela que Canajagua comparte con La Tronosa y El Montuoso un 56 y 54 % de sus especies respectivamente. Es posible que el esfuerzo de muestreo en algunas de estas localidades (e.g. PN Cerro Hoya) no haya sido proporcional al tamaño y complejidad de las mismas, factor que influye negativamente para obtener una mejor estimación de las aves de una región.

Cuadro 1. Aves totales, aves residentes y migratorias registradas en cuatro áreas de la Península de Azuero.

	Cerro Hoya (Garcés, 1998)	%	RF Montuoso (Araúz, 2004)	%	RF Tronosa (Araúz et al., 2009)	%	Cerro Canajagua (este estudio)	%
Superficie (Ha)	32 557		10 375		16 181		3 000	
Aves Residentes	141	93.3	102	86.4	128	91.4	91	82.0
Aves Migratorias	6	6.6	16	13.5	12	8.5	18	18.0
Aves Totales	151		118		140		109	

RF: Reserva Forestal

Entre los diferentes grupos de aves, el orden Passeriformes fue el mejor representado con 15 familias (41%), 62 especies (57%) y 1992 (34%) individuos. En términos generales y para aves terrestres, se espera que Passeriformes sea el orden mejor representado durante cualquier estudio en Panamá, ya que incluye la mayor cantidad de especies entre las aves de tierra firme del país. Estos resultados

coinciden con lo observado en otros trabajos realizados en áreas similares y próximas de Azuero, donde este orden incluyó la mayor cantidad de especies. Por ejemplo, Delgado (1992) registró 66 especies (50%) de este orden entre un total de 132 aves en Cerro Quema. Por su parte, Araúz (2004) informó de 74 especies (63%) de Passeriformes de un total de 118 especies registradas en la Reserva Forestal El Montuoso y de manera similar, Araúz et al. (2009) en la Reserva Forestal la Tronosa registró 82 especies (59%) de este orden de un total de 140 especies.

Especies residentes

Se observaron 91 especies residentes pertenecientes a 35 familias, un Genera *Incertae Sedis* y 16 órdenes (Cuadro 1, Anexo 1). Estas aves representan el 82% de las especies observadas, una cantidad menor que lo obtenido en cuatro localidades del interior de la Península de Azuero (Garcés, 1998; Delgado, 1992; Araúz, 2004; Araúz, *et al.*, 2009).

El orden Passeriformes incluyó 50 especies residentes (55% entre las residentes), seguido de Falconiformes y Apodiformes con 8 especies cada uno (8.8 %). El resto de los órdenes incluyeron menos del 4% de las especies residentes. Entre las especies más comunes estuvieron el gallinazo cabecinegro (*Coragyps atratus*) y la urraca pechinegra (*Cyanocorax affinis*) con 1238 individuos y 405 ejemplares registrados. Entre las familias, Tyrannidae y Thraupidae fueron las más diversas con 10 y siete especies respectivamente.

Especies migratorias

Se obtuvieron registros de 18 especies, incluidas en 10 familias y tres órdenes (Cuadro 2, Anexo 1). El orden Passeriformes incluyó 13 especies y siete familias, seguido de Falconiformes con tres especies y una familia, mientras que Ciconiiformes incluyó dos especies y dos familias (Cuadro 2). Las familias más diversas en Passeriformes fueron Tyrannidae y Thraupidae con tres especies, en tanto que Hirundinidae y Parulidae tuvieron dos especies. Las especies más abundantes fueron el zorzal de Swainson (*Catharus ustulatus*) con 55 individuos, el gavilán aludo (*Buteo platypterus*) con 43 individuos, la tángara escarlata (*Piranga olivacea*) con 25 individuos y el bolsero norteño (*Icterus galbula*) con 23 individuos. El resto de las especies estuvieron representadas por menos de 20 ejemplares.

Cabe señalar que durante el presente estudio se observó un ejemplar de tångara carirroja (*Piranga ludoviciana*), una especie que según Ridgely & Gwynne (1993), es un visitante invernal propio de las tierras altas en el oeste de Chiriquí. No obstante, anteriormente un ejemplar juvenil de esta especie también fue colectado en arbustales de la antigua base aérea de Howard (Soto, 2003), lo que puede representar especímenes extraviados de sus zonas usuales de migración.

En Cerro Canajagua se registró una cantidad de especies migratorias similar a lo observado en la Reserva Forestal El Montuoso, un con mayor extensión territorial que Canajagua. Cabe señalar también que la diversidad de migratorias en Canajagua fue ligeramente mayor que lo observado en Cerro Hoya, Cerro Quema y La Tronosa, lo cual resalta la importancia del área de estudio como sitio invernal para éstas aves que proceden del Hemisferio Norte.

Cuadro 2. Especies migratorias, Cerro Canajagua, provincia de Los Santos.

ORDENES Y FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN
ORDEN CICONIIFORMES		
Familia Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	Garza azul mayor
Familia Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo cabecurrojo
ORDEN FALCONIFORMES		
Familia Accipitridae	<i>Ictinia plumbea</i>	Gavilán plumizo
	<i>Buteo plasypterus</i>	Gavilán aludo
	<i>Buteo albonotatus</i>	Gavilán coliflageado
ORDEN PASSERIFORMES		
Familia Tyrannidae	<i>Contopus cooperi</i>	Pibi boreal
	<i>Contopus virens</i>	Pibi oriental
	<i>Myiarchus cinerascens</i>	Copetón viajero
Familia Vireonidae	<i>Vireo philadelphicus</i>	Vireo de Filadelfia
Familia Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina alirrasposa norteña
	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta
Familia Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson
Familia Parulidae	<i>Seiurus noveboracensis</i>	Reinita-acuática norteña
	<i>Oporornis philadelphia</i>	Reinita enlutada
Familia Thrupidae	<i>Piranga rubra</i>	Tångara veranera
	<i>Piranga olivacea</i>	Tångara escarlata
	<i>Piranga ludoviciana</i>	Tångara carirroja
Familia Icterdæ	<i>Icterus galbula</i>	Bolsero norteño

Nombres científicos y comunes según Ridgely & Gwynne (1993). Arreglo taxonómico según la AOU (1998)

AVES IMPORTANTES EN CONSERVACIÓN

Se registraron 33 especies de importancia en conservación según los criterios tomados en cuenta en este trabajo, cifra que representa el 30% de las especies observadas (Cuadro 3, Anexo 1). En otras zonas próximas se han obtenidos resultados similares, aun cuando las características de las áreas difieren en composición de especies, extensión y gradiente altitudinal. Por ejemplo, Araúz (2004) en la Reserva Forestal El Montuoso y tomando en cuenta los mismos criterios contabilizó 32 especies importantes en conservación. No obstante, las especies EPL para ese tiempo tomaba principalmente en cuenta aves de importancia cinegética y algunas de ellas no han sido consideradas en la nueva resolución (Gaceta Oficial 26013 de 2008) que se consideró para este trabajo. Para la Reserva Forestal La Tronosa, Araúz et al. (2009) informaron de 31 especies importantes en conservación, sin considerar aves en el *Breeding Bird Survey* (BBS). En ese estudio se obtuvieron 26 especies protegidas por ley (EPL), 23 en el apéndice II de CITES y 11 especies en los listados de Especies registradas en la Lista de Fauna de Importancia para la Conservación (LFIC). Según las instancias tomadas en cuenta, los resultados fueron los siguientes:

Especies protegidas por leyes panameñas de vida silvestre (EPL)

Entre las especies avistadas, 25 están protegidas por las leyes panameñas de vida silvestre (Cuadro 3), de ellas, 24 son consideradas vulnerable (VU) y una en peligro (EN). Sobresale el gallinazo rey (*Sarcoramphus papa*), un ave que requiere de áreas boscosas relativamente despobladas (Ridgely & Gwynne, 1993). Sin embargo, a pesar que las reservas forestales El Montuoso y La Tronosa cuentan con una mayor cobertura boscosa que Canajagua, los trabajos de Araúz (2004) y Araúz et al. (2009) no informan sobre la presencia del gallinazo rey en esas áreas protegidas. El resto de las especies protegidas por ley en su mayoría son especies también comprendidas en los listados de CITES, especialmente en el apéndice II, entre los que hay rapaces diurnos y nocturnos, pericos y loros, colibríes, un tucán y un Passeriformes de distribución restringida (Cuadro 3).

Especies CITES

Se registraron 25 especies incluidas en el apéndice II de CITES, que representan el 23 % de las especies registradas. De éstas, 11 son Falconiformes, seis Apodiformes, cuatro Psittaciformes, tres Strigiformes y un Piciformes (Cuadro 3). Es importante señalar que en nuestro país los pericos, loros, guacamayos y tucanes tienen una gran demanda como mascotas, por lo que sus poblaciones están bajo presión de tráfico, especialmente durante la época de crianza cuando sus polluelos son extraídos de las áreas de anidación y vendidos en el mercado nacional. En algunas regiones del país los loros, pericos y tucanes también son utilizados como alimento, lo que aunado a la pérdida de hábitat también son factores que ponen en riesgo sus poblaciones (Ridgely & Gwynne, 1993). Por su parte, los Falconiformes, Apodiformes y Strigiformes tienen poca o ninguna demanda en el mercado nacional de mascotas, por lo que la presión sobre sus poblaciones radica principalmente en la pérdida de hábitat.

En el Montuoso, Araúz (2004) informó sobre 21 especies CITES contempladas en el apéndice II, existiendo una coincidencia en los grupos encontrados en este estudio. Mientras que en La Tronosa, Araúz et al. (2009) informaron sobre 23 especies CITES II, donde sobresalieron especies muy amenazadas como la guacamaya verde (*Ara ambigua*) y la pava crestada (*Penelope purpurascens*), aves que no se observaron en Canajagua ni en El Montuoso.

Especies de la lista de fauna importante para la conservación (LFIC)

Cinco especies observadas durante este estudio están catalogadas como vulnerables (VU) según la Lista de Fauna Importante para la Conservación (Solís et al., 1999) (Cuadro 3). Entre ellas están el gallinazo rey (*Sarcoramphus papa*), la esmeralda jardinera (*Chlorostilbon assimilis*), la amazilia ventrinivosa (*Amazilia edward*), el mosquerito gorrisepia (*Leptopogon amaurocephalus*) y el saltarín cuellinaranja (*Manacus aurantiacus*). Es importante anotar que las especies LFIC responden a criterios similares a Especies Protegidas por Ley, pero hace una consideración más general, por lo que contempla especies amenazadas principalmente por tener distribuciones geográficas muy restringidas.

De las aves consideradas en los listados LFIC, Araúz (2004) en la Reserva Forestal El Montuoso sólo registró tres especies, coincidiendo con el presente trabajo en la amazilia ventrinivosa, el mosquero gorrisepia y el saltarín cuellinaranja. Respecto a los datos de la Reserva Forestal la Tronosa, en ésta área protegida se registraron 11 especies, coincidiendo también en el saltarín cuellinaranja y la amazilia ventrinivosa, no obstante se aprecia que la Tronosa todavía mantiene una mayor cantidad de elementos importantes en conservación, lo que en parte se explica por su conectividad con el Parque Nacional Cerro Hoya.

Censos de aves anidantes de Norteamérica (North American Breeding Bird Surveys / BBS)

Se registraron cinco especies cuyas poblaciones han declinado significativamente de acuerdo con el Censo de Aves Anidantes (BBS), el pibi boreal (*Contopus cooperi*, -2.5), el pibi oriental (*Contopus virens*, -1.598), la golondrina tijereta (*Hirundo rustica*, -3.001), la tångara veranera (*Piranga rubra*, -0.2) y el bolsero norteño (*Icterus galbula*, -1.513) (Cuadro 3). En la Reserva Forestal El Montuoso, Araúz (2004) informó sobre seis especies con declinaciones de sus poblaciones según el Censo para Aves Anidantes de Norteamérica, entre las cuales la reinita pechicastaña (*Dendroica castanea*) era la más afectada, con declinaciones del 2.7% anual. Los datos obtenidos durante este estudio revelan que hay declinaciones cercanas al 3% de la población (e.g. pibi boreal).

En algunos casos (e.g. tångara veranera y golondrina tijereta), las poblaciones muestran alguna mejoría en los últimos años (Peterjohn *et al.*, 1995). No obstante la conservación de las aves migratorias es un asunto complejo, ya que las presiones sobre el hábitat ocurren tanto en sus áreas de cría, como en las áreas del neotrópico que ocupan durante su estadía migratoria. Las presiones continúan en ambas áreas, lo que puede favorecer nuevas declinaciones sobre las poblaciones de estas especies (Petit *et al.*, 2005). Como ya se ha señalado, uno de los principales problemas que enfrentan las aves en Cerro Canajagua es la pérdida del hábitat derivada actividades humanas.

Cuadro 3. Aves importantes en conservación, Cerro Canajagua, provincia de Los Santos.

TAXA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	EPL	CITES	LFIC	BBS
ORDEN: CICONIIFORMES						
Familia: Cathartidae	<i>Sarcorampus papa</i>	Gallinazo rey	EN		VU	
ORDEN: FALCONIFORMES						
Familia: Accipitridae	<i>Elanoides forficatus</i>	Elanio tijereta	VU	2		
	<i>Elanus leucurus</i>	Elanio coliblanco	VU	2		
	<i>Ictinia plumbea</i>	Gavilán plumizo	VU	2		
	<i>Leucopternis albicollis</i>	Gavilán blanco	VU	2		
	<i>Buteogallus meridionalis</i>	Gavilán sabanero	VU	2		
	<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán aludo	VU	2		
	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán colicorto	VU	2		
	<i>Buteo albicaudatus</i>	Gavilán coliblanco	VU	2		
	<i>Buteo albonotatus</i>	Gavilán colifageado	VU	2		
Familia: Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón-Montés collarajo	VU	2		
	<i>Milvago chimachima</i>	Caracara cabeciamarillo		2		
ORDEN: PSITTACIFORMES						
Familia: Psittacidae	<i>Aratinga finschi</i>	Perico frentirrojo	VU	2		
	<i>Aratinga pertinax</i>	Perico carisucio	VU	2		
	<i>Bronajeris jugularis</i>	Perico barbinaranja	VU	2		
	<i>Pionus menstruus</i>	Cazanga cabeciazul	VU	2		
ORDEN: STRIGIFORMES						
Familia: Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza campanera	VU	2		
Familia: Strigidae	<i>Otus choliba</i>	Autillo tropical	VU	2		
	<i>Ciccaba virgata</i>	Buho moteado	VU	2		
ORDEN: APODIFORMES						
Familia: Trochilidae	<i>Phaethornis longuemareus</i>	Ermitaño enano		2		
	<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Alasable violáceo	VU	2		
	<i>Chlorostilbon assimilis</i>	Esmeralda jhardmera	VU	2	VU	
	<i>Hylocharis eliciae</i>	Zafiro gorgiazul	VU	2		
	<i>Amazilia edward</i>	Amazilia ventruvosa	VU	2	VU	
	<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia colirufa	VU	2		

ORDEN: PICIFORMES						
Familia: Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán Pico iris	VU	2		
ORDEN: PASSERIFORMES						
Familia: Tyrannidae	<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	Mosquerito gorrisepia			VU	
	<i>Contopus cooperi</i>	Pibi boreal				x
	<i>Contopus virens</i>	Pibi oriental				x
Familia: Pipridae	<i>Manacus aurantiacus</i>	Saltarin cuellinaranja	VU		VU	
Familia: Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta				x
Familia: Thraupidae	<i>Piranga rubra</i>	Tángara veranera				x
Familia: Icteridae	<i>Icterus galbula</i>	Bolsero norteño				x

Leyenda: EPL: especies protegidas por las leyes de vida silvestre panameñas (EN: en peligro, VU: vulnerables), CITES: Convención Internacional de tráfico de especies amenazadas. LFIC: Lista de fauna importante para la conservación, VU: vulnerables. BBS: (*Breeding Bird Surveys*), Censo de Aves Andantes de Norteamérica. Nombres científicos y comunes según Ridgely & Gwynne (1993). Arreglo taxonómico según la AOU (1998)

CONCLUSIONES

A pesar de su poca extensión territorial, Cerro Canajagua sirve de hábitat a una gran diversidad de aves, representada por cerca del 35% de las aves terrestres y que pueden habitar en la Península de Azuero.

La riqueza de especies de Cerro Canajagua puede considerarse alta, ya que es similar a las de otras áreas de la Península de Azuero con mayor extensión territorial.

Cerro Canajagua sirve de hábitat a una significativa cantidad de especies migratorias, lo que en cierta manera refleja el grado su perturbación, ya que muchas aves de este grupo prefieren áreas abiertas y semi-abiertas durante su estadía en el Neotrópico.

El área de Canajagua sirve de área de estadía de unas cinco especies migratorias que tienen declinaciones significativas anuales de sus poblaciones, según los datos del *Breeding Bird Survey* (BBS).

Cerro Canajagua también sirve de albergue a una gran cantidad de especies bajo algún grado de amenaza, especialmente de aves residentes como el gallinazo rey y el saltarín cuellinaranja, este último un ave propia de la zona endémica vertiente Pacífico centroamericano.

AGRADECIMIENTOS

A Publio González y Bladimir Montenegro por su ayuda durante los trabajos de campo. Al Sr. José del Carmen González, por las facilidades en el hospedaje en Cerro Canajagua.

A Diana Laguna y Carmen Prieto de la Dirección de la Dirección de Administración de Sistemas de Información Ambiental de ANAM, por facilitar el mapa de uso de suelos en el área de Cerro Canajagua. Nuestros reconocimientos para Ana María Jiménez y Ricardo Pérez por su apoyo en la ciudad de Panamá y durante el análisis de la información.

REFERENCIAS

Aldrich, J.W. & B.P. Bole, Jr. 1937. Birds and mammals of the western slope of the Azuero Peninsula. Scientific Publications of the Cleveland Museum of Natural History. 7:1-139.

ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2006. Informe: El Sistema Nacional de Áreas Protegidas. ANAM, CBM & CBMAP. 60 pp.

Angehr, G. 2003. Directorio de áreas importantes para aves en Panamá. Sociedad Audubon de Panamá. BirdLife/Vogelbescherming Nederland. Imprelibros S.A. Panamá. 342 pp.

AOU (American Ornithologist Union). 1998. Check-list of North American birds: the species of birds of North America from the artic through Panama, including the West Indies and Hawaiian islands. Published by the American Ornithologist Union.

Araúz G., J. 2004. Inventario de aves en los bosques fragmentados de la Reserva Forestal El Montuoso. Herrera-Panamá. Pp. 139-159. En: C. Garibaldi (ed.). Diversidad biológica y servicios ambientales de los fragmentos de bosque en la reserva forestal El Montuoso, Panamá. Auspiciado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón. JICA. 210 pp.

Araúz G., J., D. Medina & O. Jaramillo. 2009. Las aves de la Reserva forestal la Tronosa, provincia de Los Santos, Panamá. Pp. 113-122. En: Garibaldi, C. (ed.). Evaluación de la Biodiversidad en la Reserva Forestal La Tronosa, provincia de Los Santos, Panamá. Resultados finales 2005-2008. Proyecto PROBIO, Universidad de Panamá & Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA). Editora Novo Art S.A. Panamá.

CITES. 1998. Checklist of CITES species: A reference to the appendices to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. CITES Secretariat/World Conservation Monitoring Centre. Unwin Borthers, Martins Printing Group, Old WorLing, Surrey. 312 pp.

CBM (Corredor Biológico Mesoamericano). 2003. Caracterización de corredores locales de desarrollo sostenible en el Área Prioritaria de la Región Occidental de Panamá. Serie Técnica 10. CCAD, ANAM, CBM y CBMAP. Managua, Nicaragua. 136 pp.

Cooke, R.G., D. Piperno, A.J. Ranere, K. Clay, P. Hansell, S. Olson, W. Valerio L. & D. Weiland. 1985. La influencia de las poblaciones humanas sobre los ambientes terrestres de Panamá entre el 10,000 A.C. y el 500 D.C. Pp. 3-25., en A.Heckadon-Moreno & J. Espinosa G. Agonía de la Naturaleza. IDIAP, STRI. Impretex, S.A. Panamá.

Delgado, F. 1984. Fauna de Sarigua. Buró Internacional de Ambientes Acuáticos (IWBB). Londres

Delgado, F. 1985. El Parque Nacional Sarigua, un modelo integrado de gestión conservacionista. Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE). 44 pp.

Delgado, F. 1986. Panamá. Pp. 401-418. En: D.A. Scout & M. Carbonell (Eds.). A Directory of Neotropical Wetlands. IUCN, Cambridge, U.K.

Delgado, F. 1992. Lista preliminar de las aves del área del Cerro Quema, Distrito de Tonosi, Provincia de Los Santos. Pág. 118-127.

Delgado, F. 2005. Informe del estado actual de las colonias de aves acuáticas y especies asociadas en la Península de Azuero. Pp. 110-146. En G. Angehr, La conservación de las aves acuáticas para las Américas.

Gaceta Oficial Digital No. 26013 del 7 de abril de 2008. Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). República de Panamá.

Garcés, P. 1998. Caracterización de la avifauna del Parque Nacional Cerro Hoya. Pp.: 40-63. *En*: Evaluación Ecológica Rápida del Parque Nacional Cerro Hoya. Informe Final. ECO/GTZ-ANAM.

Holdrige, L. R. 1979. Ecología basada en Zonas de Vida. Traducción de la 1ª edición. Inst. Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 216 pp.

Illueca B., J. 1985. Demografía histórica y ecología del istmo de Panamá, 1500-1945. Pp. 27-43, en A.Heckadon-Moreno & J. Espinosa G. Agonía de la Naturaleza. IDIAP, STRI. Impretex, S.A. Panamá.

INRENARE (Instituto de Recursos Naturales Renovables). 1995. Cobertura boscosa de la República de Panamá 1992. Instituto de Recursos Naturales Renovables, Dirección Nacional de Cuencas Hidrográficas. 35 pp.

IGNTG (Instituto Geográfico Nacional Tomy Guardia). 1988. Atlas Nacional de la República de Panamá. 3ª Ed. Panamá pp. 222.

National Geographic Society. 1999. Field guide to the birds of North America. Third edition. Washington, D.C. 480pp.

Peterjohn, B.G., J.R. Saber & C.S. Robbins. 1995. Population trends from the north american breeding bird survey. Pp. 3-39. *In* Ecology and management of Neotropical migratory birds. T.E. Martin & D.M. Finch (eds.). Oxford University Press Inc., Oxford.

Petit, D.R., J.F. Lynch, R.L. Hutto, J.G. Blake & R.B. Waide. 1995. Habitat use and conservation in Neotropics. Pp.145-197. *In* Ecology

and management of Neotropical migratory birds. T.E. Martin & D.M. Finch (eds.). Oxford University Press Inc., Oxford.

Ralph, J.C., G.R. Geupel, P. Pyle, T.E. Martin, D.F. Desante & B. Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. United States Depart. of Agricul., General Technical Report. 45 pp.

Ridgely, R.S. & J. Gwynne. 1993. Guía de Aves de Panamá, incluyendo Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Princeton, University. ANCON. 614 pp.

Sauer, J.R. & S. Droege. 1992. Geographic patterns in population trends of Neotropical migrant in North America. Pp. 26-42. *In* Ecology and conservation of Neotropical migrant landbirds. J.M. Hagan, III & D.W. Johnston (eds.). Smithsonian Institution Press. Washington D.C.

Solis R., V., A. Jiménez E., O. Brenes Y. & L. Vilitzy S. (Eds.). 1999. Lista de Fauna de Importancia para la Conservación en Centroamérica y México. UICN-HORMA, WWF Centroamérica. 224 pp.

Soto C., E.E. 2003. Aves del complejo militar HOROKO, ribera oeste del Canal de Panamá. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología, Universidad de Panamá. 97 pp. + 5 anexos.

Stiles, F.G. & L. Rosselli. 1998. Inventario de las Aves de un Bosque Altoandino: Comparación de dos Métodos. *Caldasia* 20 (1): 29-43.

Recibido febrero de 2010, aceptado octubre de 2010.

Anexo 1. Aves observadas en Cerro Canajagua por tipo de vegetación.

ORDENES Y FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRES COMUNES	TIPOS DE VEGETACIÓN			MIG
			AA	BB	B	
Orden Tinamiformes						
Familia Tinamidae	<i>Crypturellus soui</i>	Tinamú chico			*	
Orden Pelacaniformes						
Familia Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fragata magnífica	*		*	
Orden Ciconiiformes						
Familia Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	Garza azul mayor	*			*
	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza garrapatera	*			
Familia Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	*			
Familia Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo negro				
	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo cabecirrojo	*		*	*
	<i>Sarcorhamphus papa</i>	Gallinazo rey	*		*	
Orden Falconiformes						
Familia Accipitridae	<i>Leucopternis albigollis</i>	Gavilán blanco	*		*	
	<i>Elanus leucurus</i>	Elanio coliblanco	*			
	<i>Elanoides forficatus</i>	Elanio tjereta	*		*	
	<i>Ictinia plumbea</i>	Gavilán plumizo	*		*	*
	<i>Buteogallus meridionalis</i>	Gavilán sabanero	*			
	<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán aludo	*			*
	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán colicorto	*			
	<i>Buteo albicaudatus</i>	Gavilán coliblanco	*		*	
	<i>Buteo albonotatus</i>	Gavilán coliflageado	*			*
Familia Falconidae	<i>Milvago chimachima</i>	Caracara cabeciamarillo	*		*	
	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón montés collarajo			*	
Orden Galliformes						
Familia Cracidae	<i>Ortalis cinereiceps</i>	Chachalaca cabecigris	*	*	*	
Orden Gruiformes						
Familia Rallidae	<i>Aramides cajanea</i>	Rascón montés cuelligris		*	*	
Orden Columbiformes						
Familia Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma rabiblanca	*	*	*	
Orden Psittaciformes						
Familia Psittacidae	<i>Aratinga finschi</i>	Perico frentirrojo	*		*	
	<i>Aratinga pertinax</i>	Perico cansucio	*		*	
	<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico barbinaranja	*	*	*	

	<i>Pionus menstruus</i>	Loro cabeciazul	*	*	*
Orden Cuculiformes					
Familia Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cuco ardilla	*	*	*
	<i>Tapera naevia</i>	Cuchillo listado	*	*	
	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero piquiliso	*	*	*
Orden Strigiformes					
Familia Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza campanera	*		
Familia Strigidae	<i>Otus Choliba</i>	Autillo tropical		*	*
	<i>Ciccaba virgata</i>	Búho moteado			*
Orden Caprimulgiformes					
Familia Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Tapacamino común			*
Orden Apodiformes					
Familia Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo cuelliblanco	*		
	<i>Chaetura vauxi</i>	Vencejo de Vaux	*		*
Familia Trochilidae	<i>Chlorostilbon assimilis</i>	Esmeralda jardinera	*	*	*
	<i>Amazilia edwardi</i>	Amazilia ventrivosa			*
	<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia colorada	*	*	*
	<i>Hylocharis eliciae</i>	Zafiro gorgiazul			*
	<i>Phaethornis longuemareus</i>	Ermiteño chico		*	*
	<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Alasable violáceo			*
Orden Trogoniformes					
Familia Trogonidae	<i>Trogon violaceus</i>	Trogón violáceo			*
Orden Coraciiformes					
Familia Momotidae	<i>Momotus momota</i>	Momoto coroniazulado	*	*	*
Orden Piciformes					
Familia Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán pico iris	*	*	*
Familia Picidae	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero coronirrojo	*	*	*
	<i>Veniliornis kirku</i>	Carpintero lonirrojo		*	
	<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado	*	*	*
	<i>Dryocopus melanoleucus</i>	Carpintero crestirrojo	*		*
Orden Passeriformes					
Familia Dendrocolaptidae	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Trepatroncos oliváceo		*	*
	<i>Xiphorhynchus susurrans</i>	Trepatronco gorgiateado	*	*	*
Familia Tamnophilidae	<i>Cercomacra tyrannina</i>	Hormiguero negruzco			*
	<i>Tamnophilus dohertyi</i>	Batara barreteado	*	*	*
Familia Tyrannidae	<i>Canptostoma obsoletum</i>	Tiranolete silbador sureño		*	

	<i>Elaenia flavogaster</i>	<i>Elenia penachuda</i>	*	*	*	
	<i>Mionectes oleagineus</i>	Mosquero ventriocráceo			*	
	<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	Mosquero gorrisepia			*	
	<i>Sublegatus arenarum</i>	Tiranolete de breñas norteño		*	*	
	<i>Tolmomyias sulphureus</i>	Picoancho azufrado			*	
	<i>Myiodynastes maculatus</i>	Mosquero rayado	*		*	
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	*	*	*	
	<i>Contopus cooperi</i>	Pibi boreal	*		*	*
	<i>Contopus virens</i>	Pibi oriental	*		*	*
	<i>Myarchus cinerascens</i>	Copetón viajero			*	*
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo grande	*	*	*	
	<i>Megarynchus pitangua</i>	Mosquero picudo	*		*	
	<i>Myiozetetes similis</i>	Mosquero social	*		*	
	<i>Tytira semifasciata</i>	Titira enmascarada	*	*	*	
Familia Pipridae	<i>Manacus aurantiacus</i>	Salтарин cuellimaranja			*	
	<i>Chiroxiphia lanceolata</i>	Salтарин coludo			*	
	<i>Pipra mentalis</i>	Salтарин cabecirrojo			*	
Familia Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina ahorradora norteña	*		*	*
	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	*			*
Familia Corvidae	<i>Cyanocorax affinis</i>	Urraca pechinegra	*	*	*	
Familia Troglodytidae	<i>Thryothorus rufalbus</i>	Soterrey rubiblanco		*	*	
	<i>Thryothorus rufus</i>	Soterrey pechirrufo		*	*	
	<i>Thryothorus leucotis</i>	Soterrey pechianteado			*	
	<i>Thryothorus modestus</i>	Soterrey modesto		*		
	<i>Troglodytes aedon</i>	Soterrey común	*	*	*	
Familia Sylviidae	<i>Ramphocaenus melanurus</i>	Soterillo piquilargo		*	*	
Familia Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson	*	*	*	*
	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo	*	*	*	
	<i>Turdus assimilis</i>	Mirlo gorgiblanco			*	
Familia Vireonidae	<i>Vireo philadelphicus</i>	Vireo de Filadelfia	*	*	*	*
Familia Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Reinita gornicastaña		*	*	
	<i>Seiurus noveboracensis</i>	Reinita acuática norteña		*	*	*
	<i>Oporornis philadelphia</i>	Reinita enlutada		*	*	*
Familia Thraupidae	<i>Chlorophanes spiza</i>	Mielero verde	*	*	*	
	<i>Euphonia lanurostris</i>	Eufonia piquigruesa		*		
	<i>Euphonia lutescapilla</i>	Eufonia coronamarilla	*	*	*	
	<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azuleja	*	*		

	<i>Habia rubica</i>	Tangara hormiguera		*	♦	
	<i>Piranga rubra</i>	Tangara veranera	*	♦	♦	*
	<i>Piranga olivacea</i>	Tangara escarlata	*	*	*	*
	<i>Piranga ludoviciana</i>	Tangara carirroja			*	*
	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	Tangara dorstiroja	*			
	<i>Rhodinocichla rosea</i>	Tangara pechirroja		♦	♦	
Familia Emberizidae	<i>Oryzoborus funereus</i>	Semillero piquigrueso	*		♦	
	<i>Tiaris olivacea</i>	Semillerito cariamarillo	*	♦	♦	
	<i>Arremon aurantirostris</i>	Gorrion piquinaranja			♦	
	<i>Arremonops conirostris</i>	Gorrion negrilistado	*	♦		
	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero negrizulado	*			
Familia Cardinalidae	<i>Saltator striatipectus</i>	Saltador pechirravado	*		♦	
	<i>Saltator maximus</i>	Saltador gorgizanteado	*	♦	♦	
	<i>Saltator atroceps</i>	Saltador cabecinegro			*	
	<i>Cyanococcyz cyanoides</i>	Picogrueso negrizulado	*	*	*	
Familia Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	Pastorero oriental	*			
	<i>Icterus chrysater</i>	Bolsero dorsiamarillo	*	*	♦	
	<i>Icterus galbula</i>	Bolsero norteño	*	♦		*
	<i>Amblycercus holosericeus</i>	Cacique piquiamarillo		♦		
	<i>Psarocolius decumanus</i>	Oropendola crestada	*	♦	♦	

AA: área abierta. BB: borde de bosque. B: bosque. MIG: migratorias. Nombres científicos y comunes según Ridgely & Gwynne (1993). Arreglo taxonómico según la AOU (1998).



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO CAPIRA, PANAMÁ

Ronald Sánchez Argüello¹, Aydeé Cornejo², Luz Boyero³ & Alonso Santos Murgas⁴

¹Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá, Panamá. ²Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá, Panamá. ³Wetland Ecology Group, Estación Biológica de Doñana-CSIC, Avda María Luisa s/n, E-41013 Sevilla. ⁴Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Departamento de Zoología, MIUP, Universidad de Panamá.

Emails: ¹ronaldsanchezarguello@gmail.com; ²aydcornejo@gmail.com; ³luz.boyero@jc.u.edu.au; ⁴santosmurgasa@gmail.com

RESUMEN

Entre enero y agosto del 2007 se evaluó el ecosistema fluvial a lo largo de un gradiente de sitios deforestados en la cuenca de un río neotropical (Río Capira, República de Panamá). Se muestrearon seis sitios en los que se midió la diversidad y la calidad del agua para investigar el impacto en la alteración del hábitat sobre el río. Los sitios externos al Parque Nacional Altos de Campana (PNAC) muestran una similar composición taxonómica, sin embargo en los sitios dentro del PNAC se encuentran taxa raros que causan una disimilitud con los restantes sitios muestreados fuera del Parque Nacional. Las variables fisicoquímicas muestran fluctuaciones a lo largo de los sitios de estudio y entre épocas meteorológicas. Los índices de calidad de aguas BMWP/CR, BMWP/Col e ICA/Pan sugieren que la calidad del agua cambia entre sitios y entre épocas. En los sitios conforme se transcurre río abajo hay un progresivo deterioro del ecosistema acuático producto de la alteración del hábitat por la actividad humana, mientras que cuando llegan las lluvias cambian la química del agua reduciendo la calidad del agua, alterando los arreglos de macroinvertebrados benthicos. Los diagnósticos de la calidad del agua brindada por el ICA/Pan son similares a los del BMWP/Col pero este último con menor inversión económica. Este estudio suministra información valiosa acerca de los efectos de la alteración del hábitat en la estructura de los macroinvertebrados benthicos dentro y fuera del área protegida.

PALABRAS CLAVES

Macroinvertebrados béticos, Biological Monitoring Working Party BMWP Índice, Panamá. Ríos tropicales, Calidad del agua.

ABSTRACT

Between January to August 2007, the pluvial ecosystem in a deforestation gradient on the neotropical stream (Río Capira), Panama was assessed. Six sampling sites were used to measure biodiversity and water quality to know the impact of alteration habitat on stream. External sites to Altos de Campana National Park (PNAC) show similar taxonomical composition, nevertheless in the sites within PNAC rare taxa are found, causing dissimilitude the remaining sites sampled outside the National Park. Physicochemicals variables showed fluctuations along sites studies and season. The water quality index BMWP/CR, BMWP/Col and ICA/Pan showed that water quality change between sites and season. The sites downstream resulted in major habitat alteration to human settlement and the precipitations resulted as most important factor to explain variation in water chemistry that affect benthic macroinvertebrate assemblages. This study brings valuable information about habitat alteration effects in the structure of benthic macroinvertebrates inside and outside of the protected area.

KEYWORDS

Benthic macroinvertebrates, Biological Monitoring Working Party Index, Panamá, Neotropical streams, water quality.

INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados son ampliamente usados para evaluar la calidad ecológica de los ríos (Rosenberg & Resh, 1993). Por tanto, la relación existente entre las comunidades de macroinvertebrados y el ambiente fluvial es muy estrecha, siendo importante saber cómo estas comunidades varían cuando las condiciones ambientales cambian. En la actualidad el disturbio antropogénico del hábitat continua incrementando a nivel mundial, lo cual ha provocado que los científicos que estudian el ambiente acuático se enfoquen en el desafío para determinar como las actividades humanas influyen la estructura, función de los ecosistemas acuáticos y su potencial para la restauración de aguas impactadas (Surtherland *et al.*, 2002). Ante tal situación Kasangaki *et al.* (2008) plantean que la clave para la comprensión, es entender los ligamientos funcionales entre el uso de los terrenos y los cambios efectuados sobre las condiciones fisicoquímicas y arreglos biológicos en los ríos.

Gran parte de los análisis empleados para la evaluación de la calidad de agua son de carácter fisicoquímico, los cuales no reflejan las alteraciones del ecosistema acuático a través del tiempo. Por dicha razón, es conveniente complementar el control de la contaminación del agua con bioindicadores (Alba-Tercedor, 1996), siendo los macroinvertebrados acuáticos los organismos más utilizados para este propósito, debido a su sensibilidad a las características del hábitat y por su respuesta rápida a los cambios en la calidad del agua (Klem *et al.*, 1990; Rosenberg & Resh, 1993; Richards *et al.*, 1997; Posada *et al.*, 2000).

A pesar de la importancia de los macroinvertebrados bénticos para determinar la calidad del agua, la gran mayoría de trabajos en bioindicadores acuáticos se han enfocado en sistemas en regiones templadas (Kasangaki *et al.*, 2008); sin embargo el BMWP/CR y BMWP/Col han sido creados como una adaptación del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) (Hellawell, 1978) para su aplicación en Costa Rica y Colombia. Estos son uno de los pocos índices biológicos cuya información se ha adecuado a los cuerpos de aguas de las regiones neotropicales, su aplicación ha sido extensamente trabajada y especializada en Costa Rica (MINAE, 2007) y en Colombia (Roldan, 2003). El presente estudio tiene como objetivo evaluar el estado de la calidad del agua a lo largo de un gradiente perturbacional en la cuenca del río Capira, en Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio:

El estudio fue realizado en el río Capira, el cual nace a los 800 msnm dentro del Cerro Campana en el Parque Nacional Altos de Campana (PNAC), República de Panamá y fluye hacia el océano Pacífico. El clima es tropical húmedo caracterizado por una temperatura promedio de 24 °C, abundante precipitación (>2500 mm) y humedad relativa de 80 % (ANAM, 2008).

Los seis sitios de muestreo fueron seleccionados a lo largo del río y muestreados mensualmente en ocho ocasiones durante la época seca (Enero hasta Abril) y en la época lluviosa (Mayo hasta Agosto). El sitio 1 estaba dentro de zona protegida, mientras que los sitios 2 a 6 estaban en hábitats con algún grado de alteración humana fuera del

PNAC. El sustrato estaba principalmente compuesto de grava, arena, cantos rodados y abundante hojarasca. La cobertura boscosa fue de 90-95% en el sitio 1 mientras que entre los sitios 2-6 fue de 50-85 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de los sitios de muestreo en la cuenca del río Capira.

Sitio Muestreo	1. Rana dorada	2. Paillitas	3. Puente Interamericana	4. Puente Capira	5. Villa Rosario	6: Villa Camila
UTM coordinates	618314N 960341W	0621078N 0963790W	622569N 964615W	624199N 968340W	0684751N 095002W	627415N 974206W
Altitud (msnm)	743	171	135	120	110	107
Cobertura Boscosa (%) ± SE	95 ± 0	63.9 ± 6.11	57.1 ± 10.5	63.9 ± 4.51	69.8 ± 5.10	65 ± 7.10
Ancho Río (m) ± SE	1.56 ± 1.2	11.1 ± 0.524	8.85 ± 0.693	11.1 ± 1.14	9.46 ± 0.151	3.83 ± 0.254
Tipo sustrato dominante	Grava	Grava	Arena	Grava	Grava y Arena	Grava
Actividad Humana	Ninguna (Parque Nacional)	Asentamientos humanos agricultura y ganadería	Asentamientos Humanos y carreteras	Ganadería y carretera	Asentamientos humanos	Asentamientos humanos
Tipo de bosque	Bosque Primario y secundario	Bosque Intervenido	Pastizal	Pastizal	Bosque Intervenido	Bosque Intervenido

Trabajo de campo y laboratorio

En cada sitio se colectaron diez muestras de macroinvertebrados béticos usando una red tipo D (50 cm de ancho, 25 mm de poro malla) y un marco PVC 50 cm x 50 cm. Se ubicó la red inmediatamente aguas abajo dentro del marco PVC procediendo a remover manualmente el sustrato, así los invertebrados fueron llevados por la corriente dentro de la red. Estos contenidos de la red fueron transferidos a recipientes y preservados en etanol al 70%. En el laboratorio, las muestras fueron limpiadas y separadas para extraer los macroinvertebrados y posteriormente ser identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible (máximo género) utilizando la literatura

disponible (Roldan, 1988; Merrit & Cummins, 1996; Springer *et al.*, 1999 y claves taxonómicas sin publicar).

En cada punto de muestreo se midió la velocidad de la corriente (cm/s; promediado de tres mediciones usando un corcho flotante), profundidad del agua (cm) y el tipo de sustrato dominante. En cada sitio se estimó el porcentaje de cobertura boscosa de manera visual ubicado en el centro del río, además se midió el ancho del río en metros (promediado de tres transeptos en cada sitio) y múltiples variables fisicoquímicas. Así mismo en cada punto de muestreo se midió *In situ* la temperatura del agua, oxígeno disuelto (OD), pH y conductividad usando un multiparámetro Horiba U10. Luego se colectó muestras de agua y fueron mantenidas en hielo dentro del un cooler para ser transportados al laboratorio donde se midió la demanda biológica de oxígeno (BOD), alcalinidad, turbidez, dureza, fosfatos, nitritos, cloritos, sólidos suspendidos (SS), sólidos disueltos totales (TDS) y carbono orgánico total (TOC), siguiendo los métodos estándar (Eaton *et al.*, 1995). Los datos de humedad relativa, precipitación pluvial y temperatura fueron colectados de la estación meteorológica más cercana en Antón, provincia de Coelé y brindados por la Empresa de Transmisión Eléctrica S. A. (ETESA).

Análisis de datos

Empleando las variables fisicoquímicas se calculó el Índice de Calidad de Agua adaptado a Panamá (ICA/Pan) en el que se utilizó las variables abióticas (DBO₅, OD, pH, SD, SS, conductividad, nitratos, fosfatos y turbidez) (ANAM, 2004).

La variación en la composición taxonómica se midió empleando la riqueza taxonómica y abundancia, luego se estimó la similitud entre sitios mediante el índice de Morisita-Horn empleando el programa ESTIMATES versión 8; para posteriormente efectuar el Análisis de conglomerados Cluster empleando el programa Systat 11.0. Finalmente se estimó la calidad biológica del agua mediante los índices biológicos BMWP/Col y el BMWP/CR.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

La precipitación pluvial total (mm/mes) en la cuenca del río Capira, se observa que durante la época seca entre los meses de enero a marzo no hay lluvias, pero desde abril hasta agosto se presentó precipitaciones. (Fig. 1).

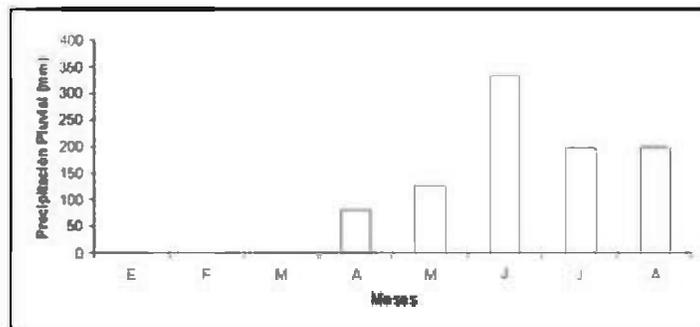


Fig. 1. Datos de precipitación pluvial (mm/mes) en el Río Capira durante el 2007. Fuente Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA), estación meteorológica Antón.

Las variables fisicoquímicas variaron longitudinalmente, desde la parte alta hacia la parte más baja del río asociada con la llegada de las lluvias. En el sitio 1 dentro de un gradiente pristino se obtuvieron niveles bajos de turbidez, sólidos disueltos, conductividad, alcalinidad, temperatura del agua y mayores niveles de oxígeno disuelto. Sin embargo, la mayor parte de sitios fuera del PNAC tuvieron mayores valores de temperatura del agua, turbidez, sólidos disueltos y conductividad con el acercamiento a la desembocadura de río. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables abióticas medidas en cada sitio y estación (promedio± Desviación estándar). Todas en ppm excepto temperatura (en °C), pH y turbidez (en NTU).

Sitio Muestreo	1		2		3		4		5		6	
	Seca	Húmeda										
DBO	1.74±1.76	2.17 ± 0.35	1.35±0.42	2.74 ± 0.70	1.14±0.77	2.54 ± 0.97	0.86±0.17	2.81 ± 0.63	1.26±1.11	2.92 ± 0.54	1.13±0.88	3.01 ± 0.84
Temperatura	21.6±1.01	22.7 ± 0.56	26.0±1.07	25.0 ± 0.90	26.3±0.45	25.5 ± 0.97	26.8±1.54	26.6 ± 1.21	29.7±3.89	26.9 ± 1.33	27.2±0.38	27.8 ± 1.54
pH	7.55±0.58	8.52 ± 0.91	8.42±0.36	7.70 ± 0.17	8.28±0.33	8.72 ± 1.13	7.47±0.50	8.47 ± 1.90	7.23±0.74	9.43 ± 1.17	7.81±0.12	8.04 ± 1.47
Dureza	98.7±14.3	66.7 ± 81.0	75.2±31.8	70.5 ± 6.16	99.6±37.4	77.0± 11.13	101.3±13.9	71.6 ± 15.8	111.6±29.9	56.5 ± 23.4	88.9±19.6	47.2 ± 15.6
DO	5.97±3.78	9.12 ± 1.29	4.86±1.70	8.31 ± 1.27	4.72±5.48	8.39 ± 1.57	6.01±3.65	8.46 ± 1.67	6.90±3.34	8.98 ± 1.45	6.27±4.86	8.72 ± 1.67
Conductividad	130.8±48.2	98.9 ± 17.3	167.2±68.1	187.3± 32.8	177.9±34.1	131.4± 24.3	192.9±23.3	173 ± 173.9	195.9±30.7	168.3± 45.6	179.6±26.3	152.2 ± 49.7
Turbidez	8.74±6.86	4.21 ± 1.21	3.53±0.18	5.33±1.30	1.76±0.25	1.78 ± 3.37	3.75±1.82	15.3 ± 5.40	9.79±1.68	12.6 ± 2.18	8.45±4.85	30.1 ± 22.0
Alcalinidad	22.8±1.89	18.0 ± 1.29	13.8±5.46	54.9 ± 4.77	84.3±6.77	57.6 ± 2.63	87.8±4.39	57.6 ± 5.49	89.7±3.81	61.4 ± 4.48	78.2±4.01	48.6 ± 10.4
Carbono Orgánico	11.3±1.30	10.1 ± 0.29	11.4±2.53	12.3 ± 0.31	12.8±1.68	11.7 ± 0.82	34.9±13.3	12.8 ± 0.41	12.3±2.19	12.8 ± 0.12	11.6±2.34	13.2 ± 1.08
Sólidos Disueltos	83.6±7.41	72.9 ± 5.69	139±6.83	122 ± 4.07	143.8±5.54	133.2±6.53	141.1±10.9	114.3± 16.1	158.7±4.34	122 ± 7.54	147.1±2.08	130.4 ± 8.13
Sólidos Suspensivos	16.3±16.6	2.64 ± 1.28	0.84±0.87	1.77 ± 0.61	4.26±6.17	1.23 ± 0.46	0.66±0.69	2.30 ± 1.34	5.57±3.90	4.51 ± 1.83	8.80±3.62	7.52 ± 4.88
Fosfatos	0.02±0.01	0.02 ± 0.02	0.09±0.01	0.05 ± 0.02	0.08±0.01	0.08 ± 0.01	0.08±0.01	0.65 ± 0.61	0.21±0.04	0.09 ± 0.01	0.03±0.00	0.02 ± 0.01
Nitratos	0.13±0.02	0.20 ± 0.03	0.06±0.04	0.09 ± 0.01	0.02±0.02	0.07 ± 0.01	0.06±0.03	0.04 ± 0	0.30±0.07	0.17 ± 0.02	0.09±0.02	0.18 ± 0.02
Cloruros	13.3±4.40	14.1 ± 0.54	9.88±3.59	11.3 ± 0.13	10.5±3.86	10.8 ± 0.30	13.3±0.87	10.2 ± 1.26	15.6±1.03	10.0 ± 1.57	14.3±1.25	10.1 ± 1.68

Macroinvertebrados

Se colectaron un total de 25,889 individuos, correspondiendo a la clase insecta un total de 12 órdenes, 62 familias, 96 géneros; en los restantes macroinvertebrados acuáticos se reportan cinco phylum, dos Clases, cuatro familias y un género que no corresponden a insectos, haciendo un total de 123 taxas o niveles taxonómicos encontrados en todo el muestreo (Sánchez, 2008). Los sitios de muestreo fueron dominados por los ordenes Diptera (Chironomidae), Ephemeroptera (*Tricorythodes*, *Caenis*, *Farrodes*), Trichoptera (Hydropsychidae), Coleoptera (Elnidae), Odonata (*Argia* y *Macrothemis*) además de otros macroinvertebrados acuáticos como los Moluscos.

El análisis de conglomerados mediante el índice de Morisita-Horn, indica que la composición taxonómica en el sitio 1 está separada de los demás sitios de muestreo. (Fig. 2).

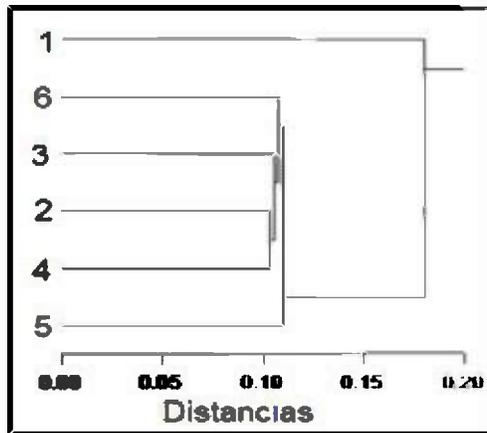


Fig. 2. Análisis de conglomerados cluster empleando el índice morisita-Horn para los sitios muestreados. (1: Rana dorada; 2: Pailitas; 3-Puente Interamericana; 4-Puente Capira; 5-Villa Rosario; 6-Villa Camila).

Calidad del Agua

Cuadro 3. Diagnósticos de la calidad de agua en la cuenca del río Capira de acuerdo a los índices BMWP/CR, BMWP/Col e ICA/Pan.

Sitio	BMWP/CR Seca	BMWP/Col Seca	ICA/Pan Seca	BMWP/CR Lluviosa	BMWP/Col Lluviosa	ICA/Pan Lluviosa
1	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Aceptable	Excelente
2	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Excelente
3	Regular	Buena	Excelente	Regular	Aceptable	Aceptable
4	Buena	Buena	Excelente	Regular	Aceptable	Aceptable
5	Buena	Buena	Excelente	Regular	Buena	Aceptable
6	Excelente	Excelente	Excelente	Mala	Aceptable	Aceptable

DISCUSIÓN

Fisicoquímicos

En general las características limnológicas de la cuenca del río Capira dentro y fuera del Parque Nacional Altos de Campana son similares a las reportadas a otros ríos en regiones tropicales (Harrison, 2006; Kasangaki *et al.*, 2008). Los altos valores de dispersión en la mayoría de las variables fisicoquímicas reflejan que la naturaleza química del agua es heterogénea a lo largo del gradiente perturbacional del río. Según Posada *et al.* (2000), en las latitudes tropicales donde la luz y la temperatura son relativamente constantes en el curso del año, las variaciones estacionales tienden a depender del efecto de las lluvias o las sequías de acuerdo al volumen de agua transportado, el cual influye en las condiciones y diversidad de hábitat disponibles.

Nuestros datos fisicoquímicos obtenidos dentro del PNAC concuerdan con los obtenidos con Beadle (1974) y Kasangaki *et al.* (2008) puesto que los bosques protegidos en los trópicos son caracterizados por los bajos niveles de conductividad, temperatura del agua, turbidez, sólidos disueltos y con alta cobertura boscosa, alta concentración de oxígeno

disuelto. Sin embargo, fuera del PNAC las condiciones fisicoquímicas reflejan una tendencia generalizada del impacto humano hacia el ecosistema fluvial causando altos valores de conductividad, turbidez y sólidos disueltos. Este incremento de conductividad, SD sólidos disueltos y turbidez han sido reportados en otros estudios en sitios degradados como resultado de los impactos humanos como la deforestación (Trayler & Davis, 1998; Sutherland *et al.*, 2002; Kasangaki *et al.*, 2008).

Macroinvertebrados Acuáticos

En el análisis de cluster se obtuvieron diferencias en las agrupaciones de los sitios, en el cuál se reveló una clara separación de arreglos de macroinvertebrados bénticos del gradiente pristino con respecto a los de un gradiente de deforestación. El sitio I fue el más disímil que se separó de los demás sitios, debido a que fue el único cuya ubicación se encuentra dentro del PNAC, lo cuál le permitió albergar la presencia de 15 taxa de insectos (dos familias y trece géneros) raros, destacándose con las mayores abundancias Hydropsychidae: *Leptonema*, Ptilodactylidae: *Anchytarsus*, y la ausencia de moluscos. Los sitios con poco gradiente altitudinal y similares niveles de perturbación del hábitat (171-107 msnm) muestran una alta similitud (74% - 89%) en la composición taxonómica.

Similares resultados fueron reportados en otras regiones tropicales, en el que los arreglos de las comunidades bénticas en sitios perturbados se basan en la producción primaria *in situ* basada en perifiton; contrariamente en los bosques protegidos hay mayor disposición de recursos alimenticios de origen terrestre (especialmente paquetes de hojarasca) causando arreglos bióticos diferentes (Townes, 1981; Ramirez & Pringle, 1998a; Ramirez & Pringle, 1998b; Benstead *et al.*, 2003; Benstead & Pringle, 2004; Kasangaki *et al.*, 2008).

Calidad de aguas

Con respecto al uso de los taxa como bioindicadores, se observa una tendencia natural en los ríos a perder la calidad biológica de sus aguas a medida que se avanza agua abajo demostrada por el decrecimiento en la diversidad. (Alba-Tercedor & Sánchez Ortega, 1988; Goethals, 2002). Esta tendencia natural igualmente se le adiciona la tendencia artificial provocada por los asentamientos humanos y la deforestación

en la cuenca del río Capira que deterioran la calidad del agua por el aporte de las aguas residuales y sedimentación.

En términos físicoquímicos al ejecutar el ICA/Pan se puede afirmar que la cuenca del río Capira presenta calidad del agua idónea, sin embargo en términos biológicos al ejecutar el BMWP/CR se obtiene buena calidad del agua a excepción del sitio 6 durante la época lluviosa en donde se obtuvo mala calidad del agua. Esto fue producido por la fuerte erosión de los terrenos aledaños al río que provocó niveles críticos en la turbidez (sobre los 50 NTU) y en el DBO₅ (sobre las 3 ppm), lo cual coincide con investigaciones previas Kampa *et al.* (2000) en el que las descargas de origen antropogénico afectan la calidad biológica del agua y la capacidad de auto-purificación del río.

Por esto, aunque el índice biótico es un componente importante y comúnmente utilizado en los programas de monitoreo, resulta mucho más valioso utilizarlo junto a estas distintas medidas abióticas, para obtener así una visión más global del estado de las poblaciones.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo está dentro del marco del proyecto "Aspectos Bioecológicos de la entomofauna acuática en los ríos del Parque Nacional Altos de Campana, Provincia de Panamá" financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y desarrollado en los laboratorios de Naos en el Instituto de Investigaciones Tropicales Smithsonian, el cual fue base de la tesis de maestría de R. Sánchez ejecutada en la Universidad de Panamá, y con apoyo obtenido de la beca DAAD. Se agradece a Pablo Gutiérrez y Dany Vásquez por la identificación de algunos especímenes, a Roderick Chiru en el Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas Servicios de Alta Tecnología (INDICASAT) por los análisis físicoquímicos de las aguas.

REFERENCIAS

Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Almería 2: 203-213.

Alba-Tercedor, J. & A. Sánchez Ortega. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el Hellawell (1978). *Limnetica* 4:51-56.

Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). 2004. Primer Informe de Monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de Panamá Años 2002-2003. Autoridad Nacional del Ambiente, Dirección Nacional de Protección de la calidad ambiental; Laboratorio de Calidad del agua, Publicación N° LCA-RM-03-01. 119 p.

Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). 2008. Parque Nacional Altos de Campana.
<http://www.anam.gob.pa/areas%20protegidas/parque%20altos%20de%20campana.htm>

Beadle, L. 1974. *The Inland Waters of Tropical Africa*. 2 Edición. 1981. Longman, Lonon. 475 p.

Benstead, J. & C.M. Pringle. 2004. Deforestation alters the resource base and biomass of endemic stream insects in eastern Madagascar. *Freshwater Biology* 49: 490-501.

Benstead, J., M. Douglas & C. Pringle. 2003. Relationships of stream invertebrate communities to deforestation in Eastern Madagascar. *Ecological Applications* 13: 1473-1490.

Eaton, Andrew D., L. Clesceri & A. Greenberg. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (19th ed.), American Public Health Association, Washington, DC, USA. 1000 p.

Goethals, F. 2002. Data collection concerning macrobenthos. European Aquatic Modelling Network (EAMN). Science press, Bélgica. 82 p.

Harrison, A. 2006. Northeastern Africa Rivers and Streams. pp. 219-256. *In* C. Cushing, K. Cummins y G. Minshall (eds.). *River and stream ecosystems of the world*. University of California Press, Berkeley, USA.

Hellawell, J.M. 1978. Biological surveillance of rivers. Water Research Center, Stevenage. 332 p.

Kasangaki, A., L. Chapman & J. Balirwa. 2008. Land use and the ecology of benthic macroinvertebrate assemblages of high-altitude rainforest streams in Uganda. *Freshwater Biology* 53: 681-697.

Kampa, E., V. Artemiadou, & M. Lazaridou. 2000. Ecological quality of the River Axios during spring and summer. *Journal of Zoology*. 130: 21-77.

Klemm, D., P. Lewis, F. Fulk & J. Lazorchak. 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA.600/4-90/030, Environmental Monitoring systems Laboratory, office of modeling, monitoring systems and quality assurances, office of research and development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA.

Merrit, R.W. & K.W. Cummins. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/ Hunt Publ., Dubuque, Iowa. 862 p.

Ministerio Nacional de Ambiente y Energia (MINAE). 2007. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales: Capitulo IV: Monitoreo Biológico. *La Gaceta Diario oficial* 178: 3-4.

Posada, J., G. Roldan & J. Ramirez. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas en la cuenca Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 48(1): 59-70.

Pringle, C. & J. Benstead. 2001. Effects of logging on tropical river ecosystems, pp. 305-325. *In* R. Fimbel, A. Grahal y J. Robinson (eds.). *The cutting edge: conserving wildlife in logged tropical forest*. Columbia University Press, New York, NY.

Ramirez, A. & C.M. Pringle. 1998a. Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland neotropical stream, Costa Rica. *Hydrobiologia* 386: 19-26.

Ramirez, A. & C.M. Pringle. 1998b. Use of both and drift sampling techniques to assess tropical stream invertebrate communities along an altitudinal gradient, Costa Rica. *Freshwater Biology* 39: 359-373.

Richards, C., R. Haro, L. Johnson & G. Host. 1997. Catchment and research-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits. *Freshwater Biology* 37: 219-230.

Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN, Medellín, Colombia. 217 p.

Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia, Medellín. 170 p.

Rosenberg, D. & V.H. Resh. 1993. *Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall publishers, New York. 488 p.

Sánchez, R. 2008. Diversidad y estructura de la comunidad de insectos acuáticos en el río Capirra, Panamá. Tesis de Maestría, Universidad de Panamá, Entomología. 102 p.

Springer, M., A. Ramirez & P. Hanson, (eds). 1999. *Artrópodos de agua dulce de Costa Rica. Borradores de claves de identificación*. Universidad de Costa Rica. (Mimeografiado).

Sutherland, B., J. Meyer & E. Gardiner. 2002. Effects of land cover on sediment regime and fish assemblage structure in four southern Appalachian streams. *Freshwater Biology* 47: 1791-1805.

Towns, D. 1981. Effects of artificial shading on periphyton and invertebrates in a New Zealand stream. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 15: 185-192.

Trayler, K. & J. Davis. 1998. Forestry impacts and the vertical distribution of stream invertebrates in southwestern Australia. *Freshwater Biology*, 40: 331-342.

Recibido febrero de 2010, aceptado noviembre de 2010.



PROPUESTA DE UN MODELO MATEMATICO PARA CALCULAR EL CALENTAMIENTO DE CONDUCTORES ELECTRICOS

Dorindo Elam Cárdenas Estrada

Universidad Politécnica de Catalunya: Certified Fire Protection Specialist (CFPS), miembro de National Fire Protection Association, U.S.A. (NFPA); Universidad Tecnológica de Panamá / Ingeniería Atlántico, S.A.
email: dcardenas@i-atlantico.com, de.cardenas@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo de exponer los fundamentos físicos teóricos y resultados experimentales que se han obtenido luego de 4 años de investigación y experimentación con incendios en conductores eléctricos. El estudio se basa en el concepto de la transformación de energía eléctrica en térmica, en el momento de la conducción eléctrica, lo que comúnmente se conoce como "efecto Joule". Se presenta una revisión del estado del arte de la ciencia en lo que corresponde a la investigación de modelos de calentamiento de conductores y aplicaciones de modelado que podrían ser utilizadas en ingeniería de protección contra incendios y electricidad, para crear avances en la comprensión de hechos. Se propone la hipótesis que los incendios que tienen como fuente de energía primaria un elemento eléctrico, no necesariamente inician cuando existe un arco eléctrico o un corto circuito, sino que pueden iniciar mucho antes, cuando éste elemento se calienta por el efecto Joule y éste calor es el suficiente para encender algún material alrededor o afectar alguna parte del mismo elemento conductor. Se ofrece un análisis científico general de la forma como se generan los incendios de causas eléctricas y se propone como resultado de la investigación un nuevo modelo matemático, con el cual se genera un aporte en el campo científico de la electricidad y la ciencia de la protección contra incendios.

PALABRAS CLAVES

Modelo matemático, corriente eléctrica, triángulo del fuego, ignición, resistividad.

ABSTRACT

This paper has the purpose of exposing the physical theoretical foundations and experimental results that have been obtained after 4 years of research and experimentation with fires in electrical conductors. It is based on the concept of transformation of electric power in thermal, in the moment of the electrical conduction, which commonly is known as "Joule Effect". A review of the state of the art is presented, concerning the models research of heating of conductors and applications of modeling that might be used in fire protection engineering and electricity, to create advances in the comprehension of facts. It is proposed the hypothesis that fires that take place with an electric element as a primary source of energy, not necessarily initiate when an electric arc or short circuit exists, but they can initiate long before, when this element is heated according to the Joule Effect and this is enough for ignite some material around or to affect some part of the conductor element itself. A scientific general analysis is given on the way fires are generated the by electrical causes, and a new mathematical model is proposed as a contribution to the scientific field of electricity and fire protection science.

KEYWORDS

Mathematical model, electric current, triangle of fire, ignition, resistivity.

INTRODUCCIÓN

El continuo avance tecnológico de nuestros días implícitamente ha dado como resultado la utilización de una cantidad cada vez mayor de energía eléctrica. Este avance trae consigo múltiples efectos secundarios contraproducentes, entre los que se muestran de forma clara aquellos que afectan directamente al medio ambiente; pero también se pueden determinar aquellos que aunque parecieran no actuar continuamente, producen afecciones aleatorias contra la seguridad humana y el ambiente, en muchos casos desastrosas. hablamos de los incendios, los cuales tienen su origen siempre en una fuente de energía, y esta fuente de energía en una gran cantidad de casos es eléctrica.

Algunas predicciones apuntan a crecimientos energéticos mundiales del 50% en 10 a 15 años; siendo la tendencia global marcada en todas las regiones, y no solo en Iberoamérica, sin embargo se puede ver que

el crecimiento de consumo energético de países iberoamericanos es muy acelerado; por ejemplo el de España es uno de los mayores de Europa (Lecuona & Rodríguez, 2005), y Latinoamérica tiene tasas de crecimiento igualmente muy altas, lo que se asocia con la incidencia de incendios por causas de energía eléctrica dando como resultado el alto porcentaje de incidencias que se tiene también en éstas últimas.

Los reportes mas confiables de incendios, publicados por NFPA, incluyen la recapitulación de causas líderes en incendios domésticos (en hogares de E.U.A.); y entre 1999 y 2002; los equipos de distribución eléctrica e iluminación se posicionaron en el tercer lugar con el 9% de las causas, luego de los equipos identificados de cocina con el 20% y los equipos identificados de calefacción con el 11%. (Hall & Cote, 2008). Sin embargo nótese que una gran parte de estos equipos de calefacción son también “equipos eléctricos” (aquellos que trabajan por resistencias eléctricas), y su falla y producción de calor en caso de un incendio, podría computarse también a la electricidad.

Los posibles medios para evitar éstos hechos requieren de conceptos innovadores que proporcionen soluciones viables que puedan ser desarrolladas de forma práctica para su implementación en la vida real. Por esta causa hemos visto la necesidad de investigar una posible solución, considerando ésta investigación como una indagación original planificada que persigue descubrir un nuevo conocimiento, que en nuestro caso es de modelado para efectos de diseño, y una nueva comprensión en el ámbito científico y tecnológico que proporcionará un desarrollo a la aplicación de los resultados de la investigación (Blázquez, 2005), en el área de la ingeniería eléctrica, ingeniería de diseño, e ingeniería de protección contra incendios.

Un posible medio de mitigación de estas fallas, sería la aplicación de una metodología de diseño de proyectos que considere las posibles fuentes eléctricas de calor en los proyectos, como un renglón de cálculo en su modelo y desarrollo. El único inconveniente en éste momento para la implementación de un sistema o metodología de diseño que considere las fuentes eléctricas de calor en los proyectos de edificación, es la inexistencia de un modelo matemático que pueda ser aplicado de forma práctica en el diseño; ajustándose a condiciones como la geometría del conductor, las características eléctricas de

voltaje, corriente y resistividad del mismo, las características del medio ambiente que lo rodea, etc.

Por ello proponemos este nuevo modelo de ecuaciones para análisis de termoconductividad en conductores eléctricos, utilizando medios matemáticos efectivos con base en hechos físicos y las condiciones específicas de cada conductor.

1. Bases físicas teóricas del nuevo modelo

Lo fundamental aquí es comprender los hechos físicos. Un incendio de causas eléctricas no escapa del esquema general de *ignición* ni del esquema general de *incendio*; y lo menciono de esta forma porque muchas personas confunden los términos y al mencionar cualquiera de ellos se piensa en lo mismo; “en algo que se quema”, sin embargo aunque se habla de eventos relacionados, cada uno de ellos tiene sus condiciones y características propias.

Cuando hablamos de “*ignición*”, nos referimos al estado inicial de la generación del *incendio* (estado transitorio inicial), fenómeno que lleva mas de cien años en estudios (Babrauskas, 2007), y aunque quedan varios puntos sin entender acerca del mismo, ya ha sido formalizada su definición; y cuando hablamos de *incendio*, es el estado desarrollado del evento, el cual en ocasiones es modelado como “estado estable”, pero en el caso de un fuego (refiriéndose al incendio no controlado), muy difícilmente se llega a una condición que pueda ser representada dignamente por un modelo de estado estable, ya que el mismo se define de forma general como un proceso de oxidación rápido automantenido y acompañado por la producción de calor y luz en intensidades variables (Cote & Percy, 1993).

En teoría de incendios, las representaciones de estos estados se dan por medio de lo que se conoce como *triángulo del fuego* y *tetraedro del fuego*. En palabras sencillas el *triángulo del fuego* esta constituido por 1.) Un combustible, 2.) Una fuente de calor o temperatura suficiente; y 3.) Oxígeno. Las literaturas que han incluido un cuarto elemento principal en esta descripción de elementos fundamentales para el fuego, han considerado 4.) Una *reacción en cadena desinhibida*, por medio de la cual se mantiene la combustión; sin embargo este cuarto punto solo es tomado en cuenta realmente como una necesidad para

mantener el incendio vivo una vez ha comenzado (o sea cuando está en su ideológico “estado estable”).

Como se aprecia en las imágenes siguientes, el triángulo del fuego trata de representar la ignición o una “chispa” mientras que el tetraedro del fuego trata de representar el incendio o “fuego desinhibido”.

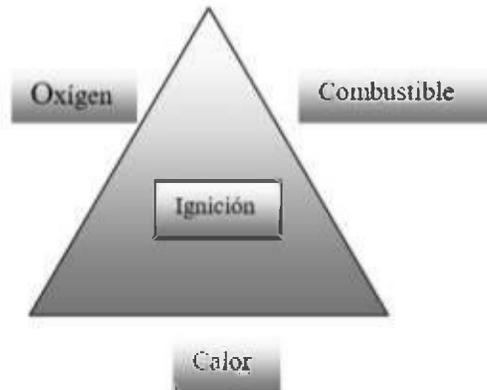


Fig. 1. Representación gráfica del “Triángulo del Fuego” para describir la combinación de los elementos necesarios para llevar a cabo la ignición.



Fig. 2. Representación gráfica del “Tetraedro del Fuego” para describir la combinación de los elementos necesarios para tener un fuego mantenido. Esta “ignición” es un proceso transitorio, en muchos casos muy inestable, que puede terminar muy pronto, con lo que solo se obtiene “un chispazo”. En caso de líquidos y sólidos a este estado se le llama *punto de inflamación (flashpoint)* (Drysdale, 1985). Cuando el fuego

se mantiene por si solo sin apagarse, se considera que ha salido de la simple inflamación y ha llegado al *punto de fuego (firepoint)* (Kanury, 2002) dentro del proceso de *ignición* y luego que esto se da, si aún se mantiene vivo, ha de convertirse en un *incendio*, y el mismo perdurará hasta que se rompa alguno de los eslabones del *tetraedro del fuego*. La aparición de la "*reacción en cadena desinhibida*" (Friedman, 1991), implica la aparición de llamas y la liberación de mucho más calor (Simmons, 2002).

Cuando la ignición es por causas eléctricas; se dan dos opciones para llegar a ella. La primera, es que la fuente de calor sea un arco eléctrico formado; y la segunda, es que la fuente de calor sea un elemento o dispositivo eléctrico resistivo caliente por termoconducción (Ryan, & Chubb, 1991).

La primera opción se ha estudiado ampliamente, dando como resultado el desarrollo de tecnologías tipo rompe-arco o "breaker" (Milatovich, 2008), y tecnologías digitales y de estado sólido con sistemas de control de lazos mucho más precisos (General Electric, Industrial 2010). También se han desarrollado, aplicaciones específicas tales como los interruptores por falla a tierra (GFCI: Ground Fault Current Interrupters); por falla de arco (AFCI: Arc Fault Circuit Interrupters); y los interruptores por escape de corriente (LCDI: Leakage Current Detection and Interruption) (Faulconer & Faulconer, 2010).

La segunda opción, no ha sido tan estudiada; y el modelado matemático general de la misma debe considerar un análisis tanto de la fuente generadora, como del medio ambiente que la rodea. Un análisis matemático que podría aplicarse con algunos ajustes como una opción para analizar conductores eléctricos, sería el propuesto por Mowrer (Mowrer, 2007), pero por si solo sería aplicable únicamente a conductores cilíndricos y sin la generación interna de calor causada por el efecto Joule en el conductor.

La metodología de modelado en la ciencia del fuego, se divide en dos grandes ramas, el modelado físico y el modelado matemático; por su parte el modelado físico se subdivide en modelos a escala y modelos fuera de escala; mientras que el modelado matemático se subdivide en modelos deterministas y modelos probabilistas. Recientemente se han

utilizado mucho los modelos computacionales de fluido dinámico CFD (Computational Fluid Dynamics) (Cox & Kumar, 2002), los cuales proveen un formato para el modelado de incendios generales donde se utilizan tres principios elementales; el de conservación de la masa, la segunda ley de Newton, y el de conservación de la energía; expresados como ecuaciones matemáticas generalizadas en sus formas integrales o diferenciales parciales, las cuales son frecuentemente referidas como “ecuaciones de Navier-Stokes” (Beyler et al., 2008).

Para nuestro caso específico, utilizaremos un modelo matemático de tipo determinista o determinístico (Wikipedia, 2010), basado en ecuaciones físicas comprobadas, aplicadas a nuestra necesidad y modificadas teórica y experimentalmente de acuerdo a los resultados de nuestra investigación.

2. Resultados de la Investigación y Experimentación

A finales del siglo pasado, la ingeniería de protección contra incendios era desarrollada de forma muy empírica, dando como resultado que solo el 25% del desarrollo de ésta ingeniería tuviese una base en las ciencias fundamentales (Friedman, 1990). En el presente la investigación científica en la ingeniería de incendios se ha incrementado mucho; y nosotros proponemos un grano mas, al presentar el modelado del comportamiento térmico de los conductores, utilizando una forma de la ecuación diferencial de difusión de calor con generación interna; definida para determinar la transferencia de calor en cualquier volumen con generación interna de calor (Welty et al., 2001), la cual puede ser expresada como:

$$\nabla^2 T + \frac{g}{k} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad [1]$$

Donde $\nabla^2 T$ es el Laplaciano de la temperatura.

$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$ es la una característica definida llamada “difusividad térmica” que tiene dimensiones de [longitud²/tiempo]

ρ es la densidad del cuerpo con dimensiones de [masa/volumen]

C_p es el calor específico a presión constante con dimensiones de [energía/(masa-temperatura)].

k es la conductividad térmica con dimensiones de [energía/(tiempo-longitud-temperatura)]

g es la generación interna de calor relacionada a la energía interna del sistema, con dimensiones [energía/(tiempo-volumen)] ó [potencia/volumen], la cual es la única función que hay que definir desde el punto de vista eléctrico y donde ha repercutido el verdadero trabajo del modelado en nuestra investigación, pues es quien representa al conductor eléctrico.

La anterior ecuación ha sido utilizada en diversos campos de la ciencia y la ingeniería durante años; ahora proponemos aplicarla para la termoconducción de conductores eléctricos, definiendo para ella la fuente generadora de calor como la electricidad por efecto Joule en el conductor, expresada matemáticamente de una forma precisa, a través de nuestro modelo.

El efecto Joule se puede modelar de forma sencilla en un conductor óhmico ideal e isotrópico, al multiplicar el cuadrado de la corriente por la resistencia del conductor y por el tiempo que permanece la corriente fluyendo a través del conductor (Kraus & Carver, 1973). Recordemos que matemáticamente la energía disipada por este efecto en ésta clase de conductor es:

$$W = I^2 R \cdot t \quad [2]$$

donde W es la energía disipada, o sea aquella que se convierte en calor, y la anterior ecuación es denominada la *Ley de Joule*.

I es la corriente eléctrica en el conductor

R es la resistencia eléctrica del conductor

t es el tiempo que pasa mientras fluye la corriente a través del conductor.

En el caso de un conductor cualquiera con una resistencia no uniforme respecto al tiempo en el que el mismo es sometido al paso de la corriente (que es la mayor parte de los casos reales) podría expresarse la Ley de Joule como:

$$W = \int I^2 \cdot R \cdot dt. \quad [3]$$

y utilizando la ley de Ohm podemos expresar:

$$W = \int V \cdot I \cdot dt \quad [4]$$

El punto clave del modelo está entonces en definir de una forma real esta resistencia del conductor, directamente relacionada al “voltaje de perdida” reflejado en el mismo, la cual no es constante a lo largo del conductor como se asume muchas veces, ni tampoco tiene una disposición de incremento linealizada. Comúnmente se asume un factor de incremento térmico constante, en una propiedad intrínseca del material conductor llamada “resistividad”, que es el inverso de una propiedad física llamada “conductividad” definida como la capacidad del material para conducir cargas libres (Reitz & Milford, 1967). La función de resistividad puede expresarse en función de la temperatura según la ecuación 5.

$$\rho_c = m \cdot (T - T_o) + \rho_{co} \quad [5]$$

Esta ecuación es aplicable a un evento general de conducción donde el rango de valores a estudiar esté muy lejano a cero en la escala térmica; por lo que referenciamos a un valor inicial, que llamamos ρ_{co} , que se da en un valor de temperatura $T_o \neq 0$, que generalmente es el valor de diseño o valor de referencia del elemento eléctrico estudiado. La figura 3 representa gráficamente la ecuación ec 5

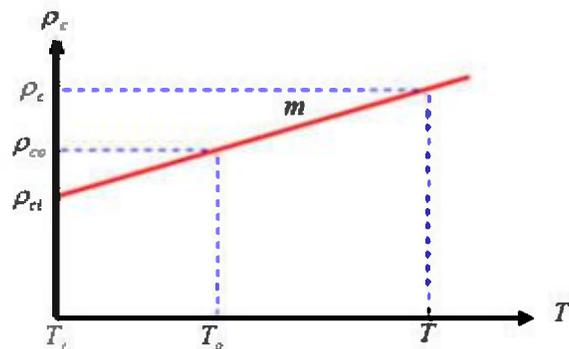


Fig. 3. Representación gráfica de una función ρ_c linealizada, y corregida para que la temperatura inicial sea cualquiera diferente de cero.

La definición de m , puede realizarse con base en evidencias físicas como:

$$m = \rho_{co} \cdot \alpha \quad [6]$$

donde α es la función característica de incremento térmico del material en unidades de $\frac{1}{^\circ C}$ ó $\frac{1}{^\circ F}$ ó $\frac{1}{K}$ ó $\frac{1}{^\circ R}$, y ρ_{co} ya se tiene tabulada por medio de la experimentación para muchos materiales (Sapiensman, 2010).

En nuestra investigación encontramos que la función α sólo puede modelarse como constante en pocos casos cuando las características del material así lo permiten, y eso es en un rango de valores muy controlado; pero de forma general debemos considerar que la misma función podría tener variaciones con la temperatura a la que es sometido el material, por lo cual debe ser una función dependiente de T , con lo que nuestra primera proposición de cambio es en ese sentido.

$$\rho_c = \rho_{co} \cdot \left[1 + \int_{T_o}^T \alpha_{(T)} \cdot dT \right] \quad [7]$$

Como paso siguiente realizamos una corrección a la definición clásica de la resistencia del conductor, adjuntando la anterior ecuación de la siguiente forma:

$$R = \frac{\rho_c \cdot L}{A_p} = \frac{\rho_{co} \cdot L}{A_p} \cdot \left[1 + \int_{T_0}^T \alpha_{(T)} \cdot dT \right] \quad [8]$$

Donde L es la longitud del conductor y A_p es la sección transversal del mismo.

Sin embargo el conductor puede cambiar sus propiedades de resistividad e incluso su sección transversal a lo largo de su desarrollo longitudinal, situación que modelamos y consideramos en nuestra investigación, y realizando el desarrollo matemático de las condiciones modeladas, encontramos que un elemento diferencial de conductor puede modelarse como:

$$dR = \frac{\rho_{co(T_0)}}{A_p} \cdot dl + \frac{\rho_{co(T_0)}}{A_p} \cdot \int_{T_0}^T \alpha_{(T)} \cdot dT \cdot dl \quad [9]$$

Donde puede reemplazarse a A_p por una función de corrección $A_p \cdot \text{función_de_corrección} = A_{p(L)}$ que se escriba en función de las variaciones de sección del conductor a lo largo de su longitud, con lo que la resistencia del conductor tendrá una parte totalmente en función de la temperatura de diseño (o de referencia) T_0 y una parte en función de los incrementos térmicos y la longitud, ésta última será la variación por temperatura real de la resistencia del conductor presentada por la ecuación *ec 10*.

$$R_{(T,L)} = R_{(T_0,L)} + R_{(T_0,L)} f_{(T,L)} = R_{(T_0,L)} + \Delta R_{(T,L)} \quad [10]$$

$$= \int_0^L \frac{\rho_{co(T_0,L)}}{A_{p(L)}} \cdot dl + \int_0^L \int_{T_0}^T \frac{\rho_{co(T_0,L)} \cdot \alpha_{(T,L)}}{A_{p(L)}} \cdot dT \cdot dl$$

Al combinarse las ecuaciones *ec 3*, *ec 10* y la ecuación general de potencia instantánea real disipada en el conductor que presentamos como:

$$P_c = \frac{dW}{dt} \quad [11]$$

Se desarrolla obteniendo:

$$P_{c(T,L)} = \int_0^L \frac{\rho_{co(T_0,L)} \cdot I^2_{(T_0,L)}}{A_{p(L)}} \cdot dl + \int_0^L \int_{T_0}^T \frac{\rho_{co(T_0,L)} \cdot \alpha_{(T,L)} \cdot I^2_{(T,L)}}{A_{p(L)}} \cdot dT \cdot dl \quad [12]$$

Donde ρ_{co} es la resistividad del material a la temperatura de referencia T_0 (por lo general la temperatura de diseño del conductor) y en función también de la longitud L que tenga el conductor (solo si hay cambios en el material).

$\alpha_{(T,L)}$ es la función de incremento térmico en función de la temperatura y longitud del conductor.

$I_{(T,L)}$ es la función de corriente que pasa a través del conductor, en función de la temperatura y la longitud del conductor (pues se puede inyectar o sacar corriente a lo largo del mismo).

$A_{p(L)}$ es el área transversal del conductor a cada punto de la longitud L
 T_0 es la temperatura de referencia o temperatura de diseño del conductor.

T es la temperatura a la que realmente se encuentra el ambiente del conductor, bajo las condiciones reales.

L, dl representan la longitud del conductor y se consideran posibles cambios de características a lo largo de la misma.

La anterior ecuación *ec 12* es la base de nuestro modelo, y nos da la potencia disipada con una precisión muy alta, por unidad de área transversal del conductor. Al ser probada experimentalmente, la diferencia entre los valores predichos por el modelo respecto de los medidos fueron inferiores al 0.1% en las zonas de mayor disipación (cuando hay peligros de incendio por calentamiento).

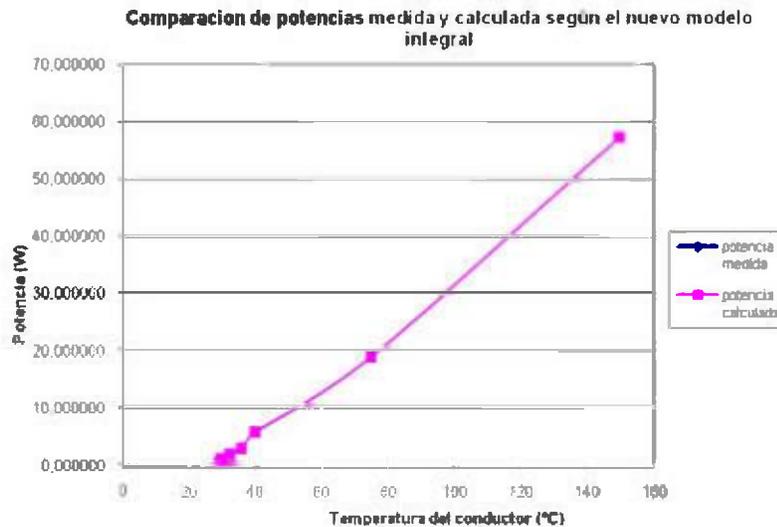


Fig. 4. Muestra la comparación entre las potencias medidas y calculadas según el modelo integral presentado por en 4 pies de conductor 24 AWG. Obsérvese que la potencia calculada está en todo momento casi perfectamente sobre la línea descrita por las mediciones experimentales. A los 150 °C el cable comenzó a quemar su propio aislante, disipando más de 55 watts usando fuente DC, por cada 4 pies de cable.

El experimento preliminar que diseñamos tiene como base un circuito muy sencillo, mostrado en la imagen 5, y con lo cual se probó el comportamiento de algunos cables comerciales, conectados en serie con los elementos limitadores de corriente (resistores de potencia y potenciómetro) y con una fuente de energía eléctrica. El protocolo de experimentación consistió en dar diferentes niveles de resistencia predeterminados para cada prueba, utilizando los resistores y potenciómetro; a fin de ver lo que sucedía con los voltajes, corrientes y temperaturas en el cable y sus alrededores, bajo diferentes condiciones

de carga predeterminadas, incrementando la misma hasta llevar el cable a la falla de su aislante. El voltaje de pérdida en el cable se midió con un medidor eléctrico de alta precisión en las terminales del conductor; la medida de corriente se tomó con otro medidor conectado antes del regreso de la fuente, y se utilizó una moderna cámara termográfica Flir i-60 que registró en tiempo real las temperaturas del conductor en los diferentes estados.

El ambiente externo al cable fue controlado a 29 °C y humedad relativa 50-60%. Para seleccionar cada anotación de temperatura se dejó que el conductor estuviese bajo la condición de carga prediseñada para cada medición por lo menos por medio minuto a forma de ver que se tomara una medida cercana al estado estable de cada condición. Por medio de los datos recopilados se pudo medir la pérdida de potencia instantánea en el cable bajo cada condición de carga, y verificar el calentamiento real del mismo, el cual no fue lineal y dio prueba de las variaciones de su resistividad.

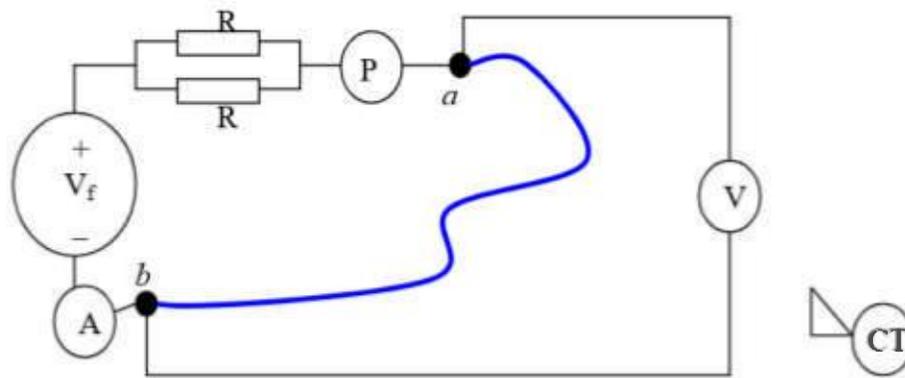


Fig. 5. Representación gráfica del circuito de pruebas experimentales. El conductor a probar se encuentra entre los terminales *a* y *b*. Las simbologías utilizadas representan:

- R: resistores de alta potencia en la configuración requerida para cada caso.
- P: potenciómetro de alta potencia.
- V: medidor de voltaje de alta precisión.
- A: medidor de corriente de alta precisión.
- V_f : fuente de energía eléctrica de alta amperidad.
- CT: cámara termográfica de última generación.

Sumado a esto y llegando un poco mas lejos, con el simple hecho de dividir la ecuación de potencia presentada por la longitud del conductor, tendríamos una ecuación de generación de potencia eléctrica convertida a calor por unidad de volumen, que es precisamente lo que necesitamos para definir la g de la ecuación *ec 1*, con lo cual quedaria propuesta como se indica en la ecuación *ec 13*.

$$g = \frac{\rho_{col(T_0,L)} \cdot I^2(T_0,L)}{A_{p(L)}} + \int_{T_0}^T \frac{\rho_{col(T,L)} \cdot \alpha_{(T,L)} \cdot I^2(T,L)}{A_{p(L)}} \cdot dT \quad [13]$$

3. Conclusiones y Líneas Futuras de Investigación

La necesidad de modelar en ingeniería de incendios es parte del trabajo diario del profesional que se desarrolla de forma seria en ésta ciencia; ya que aún hoy se tienen muchas incógnitas para la comprensión de los diferentes tipos de incendios, y la forma mas conveniente de encontrar respuestas a las mismas, es por medio de la investigación científica y en una gran parte de aplicaciones esa investigación debe ser por medio del modelado; pues es muy difícil, peligroso y costoso realizar experimentación destructiva en múltiples eventos para recopilar información, por lo que la información experimental que se recopila, es en base a pocos experimentos controlados, de los cuales se extrae la mayor cantidad de información medible posible, y de allí en adelante se modela. Luego estos modelos se aplican a eventos reales a escala, y se observa la similitud de las predicciones.

A futuro en nuestra investigación, tenemos la intención de experimentar con una mayor cantidad y variedad de conductores, para ajustar aún más la precisión de las ecuaciones y hacerlas prácticas, realizando versiones mas sencillas de las mismas que puedan despreciar condiciones no necesarias en algún caso, de forma que puedan ser utilizadas de manera práctica para el diseño de protección contra incendios y el diseño eléctrico de los sistemas en la edificación.

Para ello considero necesario primeramente contar con una localidad segura, a prueba de fuego, arcos eléctricos y con ambiente controlado, donde se puedan hacer pruebas destructivas de cables eléctricos comerciales que requieren del manejo de altos amperajes, pues mientras mas grueso es el conductor a probar, mayores cargas y

mayores riesgos representa, sumado a fuentes eléctricas mas costosas, que son las que suministrarán las cargas de la prueba.

Esta clase de estudios son los que pueden llevar a determinar mejoras en el uso y aplicaciones de los diferentes sistemas de conducción de potencia eléctrica para nuevos diseños e instalaciones, y pueden incluso dar fundamento científico a investigaciones de incendios eléctricos relacionados con el cableado y sistemas de conducción de potencia eléctrica en las instalaciones actuales.

REFERENCIAS

Babrauskas, V. 2007. "Ignition: A Century of Research and an Assessment of Our Current Status", *Journal of Fire Protection Engineering*, Vol 17, N° 3 (), pp 165-183, doi: 10.1177/1042391507059434.

Blázquez, A. 2005. "Innovación en Construcción: Teoría, Situación, Perspectivas y otras consideraciones", *Informes de la Construcción*, Vol 57, pp 111-132, doi: 10.3989/ic.v57.i499-500.487.

Beyler, C.L., P.J. DiNemo, D.J. Carpenter. 2008. "Introduction to Fire Modeling", *Fire Protection Handbook*, 20th Edition, National Fire Protection Association, Quincy Massachusetts, pp 3-93 a 3-105.

Cote, A. & B. Percy. 1993. *Principios de Protección Contra Incendios*, p. 45, NFPA y CEPREVEN, España.

Cox, G. & S. Kumar. 2002. "Modeling Enclosure Fires Using CFD", *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd edition, Society of Fire Protection Engineers, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, pp 3-194 3-218.

Drysdale, D. 1985. *An Introduction to Fire Dynamics*, pp 197. John Wiley & Sons, Chichester-NewYork-Brisbane-Toronto-Singapore.

Faulconer, J. & Mike Faulconer; *The HomeTeam Inspection Service* [en línea] URL: <http://www.kansascity-homeinspections.com/home-owners-2.html> [consulta: 8 de abril de 2010].

Friedman, R. 1990. "Fire Protection Engineering - Science or Art?"; *Journal of Fire Protection Engineering*, Vol 2, Nº 1, pp 25-32, doi: 10.1177/104239159000200103.

Friedman, R. 1991. "Teoría de la Extinción del Fuego", *Manual de Protección Contra Incendios*, 17va edición, MAFPRE, National Fire Protection Association, España, pp 1-81 1-91 / 81 - 91.

General Electric. Industrial; [en línea] URL:
<http://www.geindustrial.com/products/manuals/GEH-6273E.pdf>
[consulta: 15 de marzo de 2010].

Hall, John R. Jr. & E. Cote Arthut. 2008. "An Overview of the Fire Problem and Fire Protection". *Fire Protection Handbook*, 20th Edition, National Fire Protection Association, Quincy Massachusetts, pp 3-14 a 3-15.

Kanury, A. M. 2002. "Ignition of Liquid Fuels", *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd edition, Society of Fire Protection Engineers, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, pp 2-188 2-199.

Kraus, J.D. & K.R. Carver. 1973. *Electromagnetics*, pp 112-113, McGraw-Hill & Kogakusha LTD, Tokyo and other cities.

Lecuona, A., M. Izquierdo & P. Rodríguez. 2005. "Investigación e Impacto Ambiental de los Edificios. La Energía"; *Informes de la Construcción*, Vol. 57, Nº 498, pp 47-61, doi: 10.3989/ic.2005.v57.i498.477.

Milatovich, R. M. 2008. "Electrical Systems and Appliances", *Fire Protection Handbook*, 20th Edition, National Fire Protection Association, Quincy Massachusetts, pp 8-127 8-173.

Mowrer, F. W. 2007. "Thermal Response to Fire of Insulated Cylindrical Steel Elements", *Journal of Fire Protection Engineering*, Vol 17, Nº 2, pp 129-143, doi: 10.1177/1042391506069337.

Reitz, J. & F. J. Milford. 1967. *Foundations of Electromagnetic Theory*, pp. 127-130, Addison Wesley Publishing Company, Massachusetts & other cities.

Ryan, R.W. & M. Chubb. 1991. "Riesgos en las Instalaciones de los Edificios", *Manual de Protección Contra Incendios*, 17va edición, MAFPRE, National Fire Protection Association, España, pp 6-179 6-190 / 1273 - 1284.

Sapiensman [en línea] URL:

<http://www.sapiensman.com/electrotecnia/electrotecnia1.htm>

[consulta: 7 abril 2010].

Simmons, R.F. 2002. "Premixed Burning", *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd edition, Society of Fire Protection Engineers, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, pp 1-144 1-154.

Welty, J.R., C.E. Wicks & R.E. Wilson. 2001. *Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa*, pp. 304 – 396, Limusa – Wiley, México.

Wikipedia; [en línea] URL:

http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_determin%C3%ADstico

[consulta 25 de abril de 2010].

Recibido abril de 2010, aceptado octubre de 2010.



ANÁLISIS DE VOCALIZACIONES DE DOS ESPECIES DE MONOS AULLADORES PANAMEÑOS (*ALOUATTA COIBENSIS* Y *ALOUATTA PALLIATA*): ATELIDAE), REPÚBLICA DE PANAMÁ

Pedro G. Méndez-Carvajal

Fundación Pro-Conservación de los Primates Panameños (FCPP), 0816-07905, Panamá, República de Panamá. fcprimatespanama@gmail.com

RESUMEN

Ladridos y coros de dos especies de monos aulladores, *Alouatta coibensis trabeata* y *Alouatta palliata aequatorialis*, fueron analizados para comparar las bandas de frecuencias de sus llamadas. Se encontró diferencias significativas en número de bandas y en máximas frecuencias. Mayormente, *A. coibensis* produjo series más largas de ladridos en comparación con *A. palliata*, así también, los *coibensis* presentaron influencia de hembras en la emisión de los ladridos contrario a los *palliata*. Se encontró diferencias entre ambas especies en cuanto a la duración, intervalos de tiempo, y número de frecuencias. En ambas especies, las hembras participaron en los coros y en algunas ocasiones tomaron el liderazgo en el inicio de los duelos de coros intragrupal al amanecer. Se consideró algunas características de las vocalizaciones que pueden estar siendo afectadas por actividades antropogénicas. Se provee información básica de vocalización de *A. coibensis* dado que ha sido muy poco estudiado, y se presentan datos de espectrogramas de otras especies de *Alouatta* para comparaciones generales.

PALABRAS CLAVES

Vocalización, monos aulladores, *Alouatta coibensis*, *Alouatta palliata*, Panamá.

ABSTRACT

Barks and choruses of *Alouatta coibensis trabeata*, and *Alouatta palliata aequatorialis*, were analyzed to compare the frequency bands within their calls. Significant differences were found in number of frequency bands and maximum frequency. Further, *A. coibensis* produced longer series of barks than did *A. palliata*, unlike *palliata*, *coibensis* females contributed to bark series. Choruses differ between the two forms in total duration, time intervals, and frequency numbers. In both species, females participated in and sometimes took a leading role in daybreak choruses duels with other groups. We consider some characteristics of the howler vocalization that can be affected by anthropogenic activities. This study provides basic information on the previously little-known vocalizations of *A. coibensis*, and spectrogram data of other species of the *Alouatta* genus that could be generally compared.

KEYWORDS

Vocalization, howler monkeys, *Alouatta coibensis*, *Alouatta palliata*, Panama.

INTRODUCCIÓN

Las vocalizaciones fuertes son una característica prominente del comportamiento de los monos aulladores (Jones & van Cantfort, 2007); estos pueden aullar en grupos o en solitario y de igual forma en diferentes horas del día, especialmente al amanecer y al atardecer (Sekulic, 1982; Whitehead, 1987). A este comportamiento se le atribuyen diferentes funciones, incluyendo la defensa territorial (Moynihan, 1967; Baldwin & Baldwin, 1976). Se piensa que la vocalización juega un papel importante en la evolución de los Primates humanos y no humanos (Cowlshaw & Dunbar, 2000). Los Primates han mostrado una variedad de vocalizaciones relacionadas con la obtención de alimento, evadir depredadores, y la selección sexual (Asensio & Gómez-Marín, 2002; Wich & Nunn, 2002; Kitchen *et al.*, 2003; McComb & Semple, 2005). La gama de vocalización en Primates es amplia (e.g., humanos, gibones) (Mitani & Stuht, 1998; Wilden *et al.*, 1998; Kitchen *et al.*, 2003), pero los aulladores son los únicos monos del Nuevo Mundo que pueden producir coros con un alcance de más de un kilómetro de distancia. Partiendo de que ésta actividad vocal juega un papel de gran importancia en el diario vivir de estos monos, es importante comprender más a fondo si existen patrones específicos en sus llamadas y cómo su vocalización puede

verse afectada en lugares en proceso de fragmentación. El comportamiento vocal de una gran variedad de Primates no-humanos ha sido estudiado (Eisenberg, 1976; Boinski & Campbell, 1995; Becker *et al.*, 2003; Riley, 2005), y en los aulladores, el énfasis ha sido el estudio de sus interacciones entre machos, hembras e infantes (Chivers, 1969). Los análisis de la estructura del sonido han sido de utilidad en la sistemática del género *Alouatta* (Sekulic & Chivers, 1986; Oliveira & Ades, 2004). Whitehead (1985, 1987, 1995) utilizó algunas variables en sus llamadas para dividir cinco especies de *Alouatta* en dos grupos distintos: El grupo “*palliata*”, el cual es relativamente bien estudiado, y el grupo “no-*palliata*”, el cual es poco conocido. Aparentemente, la mayoría de las diferencias en su vocalización parecen estar correlacionadas con las diferencias en la estructura social de los grupos (Cornick & Markowitz, 2002; Kitchen, 2004). En este estudio, comparo los coros y llamadas individuales de un miembro del grupo de los “no-*palliata*” el *A. coibensis trabeata* de la Península de Azuero y un miembro del grupo de los “*palliata*”, el *A. palliata aequatorialis* de Chucantí, provincia del Darién. Tomando en consideración que las vocalizaciones del primero no han sido estudiadas ni descritas anteriormente (Whitehead 1987, 1995). También comparo sus vocalizaciones con otras especies del mismo género.

MÉTODOS

Área de estudio

Se observó y grabó a dos poblaciones de monos aulladores en estado silvestre de la especie *Alouatta coibensis trabeata*, localizada en el Distrito de Ocú, Llano Grande, provincia de Herrera en la región norte de Azuero (07°59'48" N y 80°41'37" O). El Distrito de Ocú incluye Llano Grande, con parches de bosque fragmentado, y con un área total de 6.45 km². La composición vegetal es más que todo pajonal y potrero con pocos fragmentos de bosque unidos por cercas vivas compuestas por árboles de 10 a 15 metros de altura. También se hicieron grabaciones en La Miel, Distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos (07°59'48" N y 80°41'37" O), estas representaron al grupo no-*palliata* (Méndez-Carvajal, 2005, 2008). Para el grupo *palliata* se analizó a dos poblaciones de *Alouatta palliata aequatorialis*

localizadas en la provincia del Darién, en la Reserva Natural Chucantí, Panamá (08°47'16.5" N, y 078°27'01.4" O) y la parte central de Panamá, Gamboa (09°07'16.27"N, 079°42'10.64"O), Parque Nacional Soberanía (Fig.1). Las vocalizaciones se obtuvieron en estación seca (Enero a Mayo) de 2007, 2008 y 2009 para la zona de Azuero y visitas en Abril y Mayo a Gamboa y Darién para estación seca y principios de estación lluviosa en los años 2007 al 2009, logrando un esfuerzo de 1,476 horas de muestreo (Cuadro 1). El habitat en Darién es de Bosque Humedo Pre-Montano, con árboles de 15-30 metros de altura, es un bosque de 3 km²., rodeado de actividad ganadera y conectado con gran masa boscosa perteneciente a la serranía del Majé (Méndez-Carvajal *et al.*, 2010). El área de Gamboa es de Bosque Tropical Lluvioso con tierras bajas y semi-montañosa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Población de monos aulladores comparados en este estudio.

Especies	Tamaño medio de grupo	Cantidad de grupos por área	Abundancia relativa (ind/km ²)	Tamaño poblacional estimado	Área de estudio	Área de bosque (km ²)
<i>A. coibensis trabeata</i>	23.8*	11	40.4	265	Ocú, Herrera	6.46
<i>A. coibensis trabeata</i>	7.6**	10	92.6	76	La Miel, Los Santos	0.82
<i>A. palliata aequatorialis</i>	14.2**	6	28.4	85	Chucantí, Darién	3
<i>A. palliata aequatorialis</i>	11.3	3	n/i	n/i	Gamboa, Panamá	4

*sobrepasa el tamaño normal de grupo, **tamaño normal de grupo, n/i: no hay información.

Procedimiento

Se llevaron a cabo grabaciones a menos de 100 metros de los grupos de aulladores y también se tomaron grabaciones filmicas desde una distancia menor a 10 metros entre el investigador y el animal focal. Todas las grabaciones se hicieron tomando en cuenta la dirección del viento, los posibles errores de eco y los ruidos externos vecinos al área

tomando referencia de estudios relacionados (Brockelman & Ali, 1987). Delineamos mapas de reconocimiento de los grupos y sus localidades utilizando un GPS Etrex Venture HC (Garmin). En cada sitio acampamos al menos a 100 metros de distancia de algunos grupos para estudiar y filmar comportamiento mientras se grababan los sonidos. Después del amanecer, observamos de cerca a los grupos y contamos su estructura social. Separamos sólo dos tipos de vocalizaciones: 1) coros 2) ladridos. Nuestras grabaciones fueron realizadas con una grabadora Sony WM-D6C stereo cassette (CrO₂) y un micrófono Audio-Technique AT815a (Gannon & Foster, 1996). Realizamos videos de los grupos y fotos para obtener datos extras y comprender cuándo y cómo se relacionaban los eventos vocales con las actividades de los monos observados. Para esto, utilizamos una cámara filmadora digital DCR-TRV280 NTSC y una cámara digital Nikon Coolpix S4. Las condiciones del clima fueron consideradas. Para obtener los espectrogramas, se utilizó el programa Syrinx Sound Analysis (<http://www.syrinxpc.com>). Para comparar las bandas sonoras en estos resultados con otros estudios se utilizó cintas previamente grabadas para otras especies de monos aulladores, tales como: *A. belzebul*, *A. caraya*, *A. fusca*, *A. pigra*, y *A. seniculus*. Se analizaron las grabaciones completas de cada una de estas especies incluyendo las nuestras, y se midió digitalmente cada una de sus bandas, obteniendo patrones, promedios y distancias entre frecuencias de sonido para cada especie de aullador (Cuadro 2). Las mismas fueron reproducidas en una grabadora OTARI MX 5050 análoga Reel-to-Reel de pantalla (Cuadro 2).

RESULTADOS

Se grabó un total de 360 minutos de sonidos de los monos aulladores en nuestras zonas de estudio. Se midió la frecuencia media de cada banda acústica y se les asignó un número para cada una y en cada tipo de llamada (Cuadro 2). Donde la densidad del bosque fue baja, el acceso a las tropas fue fácil, y los sonidos ambientales tuvieron un efecto mínimo en el espectrograma sobrepasando el nivel de 1 kHz. El nivel de 1 kHz es uno de los más significativos en las bandas acústicas encontradas en al menos cuatro especies del Género *Alouatta* (Whitehead, 1987).

Alouatta coibensis

Nuestras grabaciones recaudaron 41 coros y 47 ladridos que fueron aptos para ser considerados en nuestras evaluaciones. *A. coibensis* mostró dos tipos de bandas tanto para sus coros como para sus ladridos distinguiéndolos de otros *Alouatta*. La frecuencia más baja cayó en el promedio de 0.456 kHz (0.411-0.469 kHz de rango, 0.02 SD, n=9), mientras que su frecuencia más alta obtuvo promedio de 0.938 kHz (0.860-1.042 kHz de rango, 0.08 SD, n=9) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de número de bandas de frecuencias (kHz) encontradas en coros de monos aulladores.

Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Fuente
<i>A. belzebul</i>	0.77	1.08	1.33	1.63	1.97	2.29	2.58	3.24	3.84	4.36	0	0	0	A
<i>A. caraya</i>	0.41	0.61	1.13	1.39	1.65	2.00	2.37	2.95	3.23	3.77	4.22	0	0	A
<i>A. coibensis</i>	0.46	0.85	1.09	1.45	1.56	1.96	2.18	2.39	2.71	3.04	0	0	0	B
<i>A. fusca</i>	0.46	0.82	1.43	1.64	2.21	2.55	3.14	3.47	4.10	4.56	0	0	0	A
<i>A. palliata</i>	0.42	0.90	1.35	1.88	1.99	3.07	3.69	4.15	4.78	5.17	0	0	0	B
<i>A. pigra</i>	0.48	0.85	1.12	1.40	1.64	2.01	2.39	2.78	3.22	3.58	3.96	4.52	5.06	A
<i>A. seniculus</i>	0.46	0.75	0.62	0.89	1.35	1.65	1.83	1.92	2.80	0	0	0	0	A

Códigos: A = Museo de Historia Natural de Florida (FLMNH-División de Aves); B= Presente estudio.

Nota: Las columnas representan el número de bandas presentes en cada coro y los valores son la frecuencia promedio en kHz.

Ladridos de *A. coibensis*

A. coibensis obtuvo una tasa de 68.39 ladridos/minuto (6-21 rango, 4.2 SD, n=28) y pudo mantenerse ladrando por más de 40 minutos, acortando sus intervalos entre ladrido con promedio de 0.47seg. (0.29-0.78 de rango, 0.08 SD, n=38). Reconocimos dos patrones de ladridos en esta especie. El primer tipo de ladrido es un “uh” usualmente compuesto por dos bandas sonoras, aunque pueden llegar a siete, con máxima frecuencia de 1.02 kHz, la cual considero un sonido agudo

(Fig. 2). Este sonido es repetido con una tasa de 1 a 1.5/seg., y es utilizada como una señal de alarma en presencia de un macho intruso, fuego, cazadores, perros o nuestra propia presencia. El segundo tipo de ladrido es un “uh” compuesto por dos bandas con intervalos de 0.41seg. (0.23-0.55 de rango, 0.07 SD, n=20). Para este tipo de ladrido, las emisiones son separadas en bloques de 5 a 6 “uh”, con un silencio de intervalo de 3.9 seg., en promedio, y periodos más largos que oscilan en los 5 a 6 seg., normalmente precediendo a un coro o simplemente interrumpido por un “uh” en medio del bloque de ladridos (~3 a 6 seg., por silencio entre cada bloque de ladridos). En este tipo de ladrido, las primeras tres bandas descienden en forma de una pirámide en el espectrograma (Fig. 2). Para estos ladridos de tipo 2, es posible encontrar prolongaciones en las bandas que ayudan a precipitar los coros. La mayoría de estas prolongaciones dentro de los ladridos tipo 2, son sonidos agudos, producidos por hembras dentro del grupo (Fig. 3).

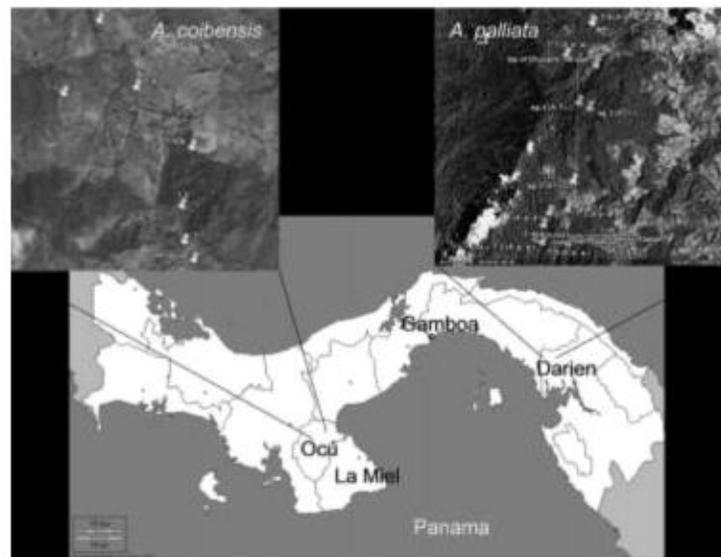


Fig. 1. Localización de *A. coibensis* y *A. palliata*.

Descripción de los coros de amanecer y de atardecer de *A. coibensis*

Los coros de amanecer comenzaron con el grupo más numeroso en un coro corto, seco y tajante (Fig. 3). Normalmente son dos períodos

marcados de interacción de coros, los primeros comienzan entre las 04:00-05:00 hrs., y el segundo periodo una hora más tarde entre las 05:40-06:30 hrs. Los coros producidos en Azuero son mayormente de inicio y final del día, y no es muy común la vocalización del medio día como la realizan los monos aulladores del resto de Panamá (Ej. Gamboa y Parque Nacional Soberanía). Los coros de amanecer en Azuero son de un promedio de 5.8 bandas de frecuencia entre un rango de 2 a 10 bandas, (2.4 SD, n=27), con una duración promedio de 5.9 seg. (2.5-18 seg. de rango, 4.1 SD, n=27) (Fig. 4). Los coros de atardecer presentan variaciones en su hora de iniciar entre las 17:40 a las 18:00 hrs. El promedio de los coros de atardecer son de 7.3 bandas de frecuencia (4 a 10 de rango, 1.8 SD, n=8) y una duración de 5.5 seg. (2 a 11 de rango, 2.9 SD, n=8).

Alouatta palliata

Se logró 20 coros de excelente calidad para esta especie, así también 40 secuencias de ladridos. *A. palliata* presentó 5 a 10 bandas remarcables (Fig. 4 y 5). Fue característico el obtener más de 5 bandas de frecuencia en sus ladridos y coros. Las frecuencias bajas fueron de 0.42 kHz (0.33 a 0.46 de rango, 0.05 SD, n=7) y altas de 5.17 kHz (5.0 a 5.26 de rango, 0.1 SD, n=4).

Ladridos de *A. palliata*

Se obtuvo dos patrones de ladridos para *A. palliata*. El primero es un “uh” repetitivo de 9.3 bandas (8-10 de rango, 0.8 SD, n=262), siendo fuertes en el primero, segundo y cuarto tono con frecuencias de 0.37 kHz (0.33-0.42 de rango, 0.02 SD, n=5), el segundo de 0.88 kHz (0.83-0.91 kHz, 0.03 SD, n=5), y el cuarto de 2.1 kHz (2.1-2.2 de rango, 0.03 SD, n=5) (Fig. 2). Frecuencias de estas bandas fueron en los siguientes ordenes ascendentes: 1) 0.37 kHz, 2) 0.88 kHz, 3) 1.4 kHz, 4) 2.1 kHz, 5) 3.2 kHz, 6) 3.5 kHz, 7) 4 kHz, 8) 4.6 kHz, and 9) 5.0 kHz (Fig.2 y 3). Los ladridos fueron fuertes con bajos tonos, y de largas repeticiones con 1.6 ladridos/seg. (11-34 de rango, 6.4 SD, n=27), e intervalos de 0.34 seg. (0.23-0.58 seg. de rango, 0.08 SD, n=15). La duración fue de más de tres minutos y dependiendo de su actividad, iba disminuyendo en tiempo entre cada ladrido. El segundo ladrido fue consistente en un “uh” con la misma cantidad de bandas de frecuencias encontradas en el primer patrón de ladrido, pero agrupado en bloques de 17.3 ladridos (9-28 rango, 6.8 SD, n=9), con intervalos

de silencio con un promedio de 3.5 seg. (0.9-6.7, 1.8 SD, n=8). Bandas sin prolongación ni alaridos de las hembras fueron reportadas en estos resultados. (Fig. 2 y 3).

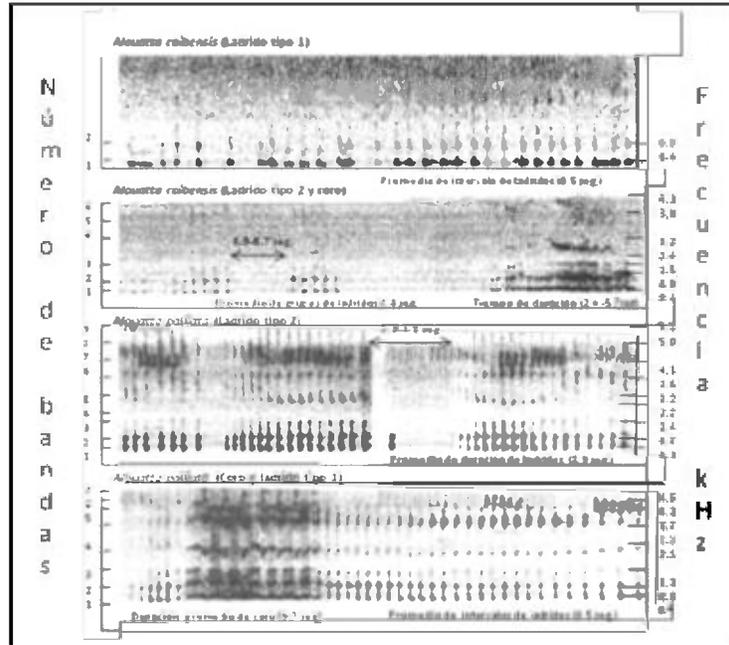


Fig. 2. Espectrograma presentando los dos tipos de ladrillos y coros de *Alouatta coibensis* (grupo no-palliata) y *Alouatta palliata* (grupo palliata).

Coros de amanecer y atardecer de *A. palliata*

Los coros de amanecer en *A. palliata* comenzaron entre las 05:20-05:30 hrs., y dejaron de ser escuchados a las 07:30 hrs. *A. palliata* normalmente evitaba emitir fuertes aullidos si hubiera una lluvia torrencial, o cuando la temperatura bajaba a menos de 29 °C. La mayor parte del tiempo, los aulladores comenzaron sus aullidos por segunda vez a las 10:00 hrs (cinco horas después de la salida del sol), y también libraron batallas de coros con grupos vecinos de gran tamaño, mientras que los grupos pequeños evitaron entonar coros al mismo tiempo pasando casi desapercibidos. Los aulladores fueron activos en casi todos los días soleados, algunas veces con vocalizaciones extra a lo largo del día posiblemente a causa de la interacción con grupos de monos arañas negros *Ateles fusciceps rufiventris*, los cuales fueron altamente expresivos con sus constantes llamadas a todas horas del día.

Los coros del amanecer para *A. palliata* obtuvieron un promedio de 8.1 bandas, marcadas de 4-10 de rango, 0.8 SD, n=7, con períodos de duración de 8.2 seg. (4.3-12.5 seg. de rango, 2.9 SD, n=7). Los coros fueron sincronizados con prolongaciones cortas en las bandas de frecuencia y reverberaciones entre ladridos repetitivos de tipo 1 (Fig. 3). La participación de las hembras también fue común pero no marcado como en *A. coibensis* (Fig. 3). En estos la hembra también jugó un papel importante en la estimulación del inicio y final de las batallas de coros. Para estos eventos, las llamadas de las hembras obtuvieron un promedio de duración de 1.4 seg. (0.9-1.8 de rango, 0.4 SD, n=3) (Fig. 3).

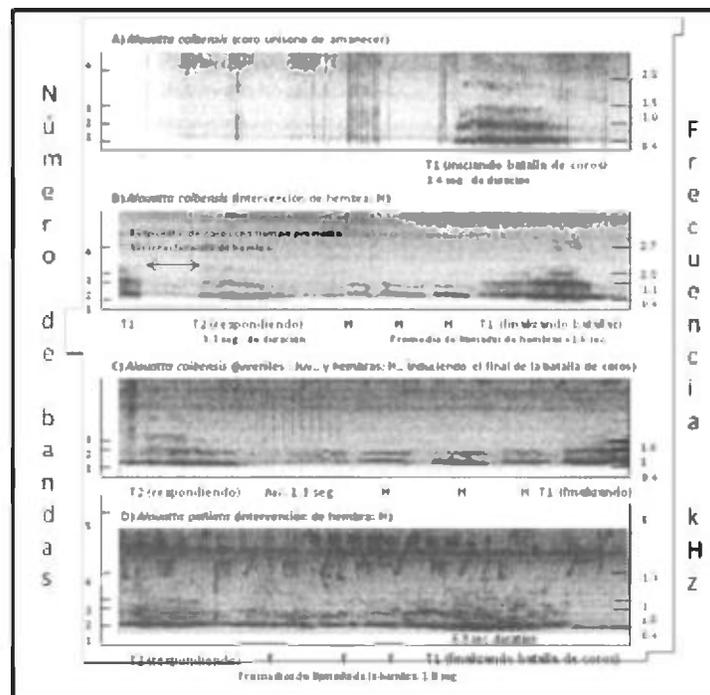


Fig. 3. El espectrograma muestra diferencias entre el sonido ambiental al tiempo de la grabación. Diferencias entre las expresiones de los coros vocalizados entre *A. coibensis* y *A. palliata*: A) Coro de amanecer *A. coibensis*, B) Coro regular de batalla entre dos grupos *coibensis*, C) Coro regular de batalla entre dos grupos *coibensis* y alaridos de hembra influenciando la respuesta del grupo D) Situación similar de alaridos de hembra influenciando los coros de *palliata*. Cigarras y *Turdus grayi* vocalizando (1.3-5 kHz).

DISCUSIÓN

La vocalización en los monos aulladores ha sido analizada en diferentes perspectivas para describir la estructura de sus llamadas (Carpenter, 1934; Baldwin & Baldwin, 1976; Eisenberg & Morton, 1978), coordinación de sus tropas (Boinski & Campbell, 1995), espectrogramas (Whitehead, 1995), tasa de coros de amanecer por períodos (Cornick & Markowitz, 2002), respuestas a depredadores (Gil-da-Costa *et al.*, 2003; Asensio & Gómez-Marín, 2002), comportamiento y defensa (Wich & Nunn, 2002; Teixeira da Cunha & Jalles-Filho, 2007), reproducción y territorialismo (Kitchen, 2004), entre otras. El uso de bandas de frecuencias para analizar coros y ladridos por patrones de acústica, no ha sido comunmente utilizado para analizar vocalizaciones de primates no-humanos (pero véase Galler, 1967). Aunque algunas de las frecuencias y bandas podrían ser imperceptibles en el espectrograma dado la topografía del habitat, fragmentación del bosque y humedad, se ha podido obtener información importante para determinar patrones de bandas de frecuencia para cada especie. Es remarcable para análisis posteriores a nivel de vocalización, utilizar equipos similares con alta calidad y realizar las grabaciones a iguales distancias y parámetros que el utilizado en este estudio. Nuestros resultados demuestran que *A. coibensis* y *A. palliata* parecen similares en sus patrones de ladridos y expresiones de coros, con una tendencia fuerte a lo que fue el grupo *palliata* descrito por Whitehead (1995). Sin embargo, la cantidad de sus bandas de frecuencias en las vocalizaciones difieren en composición. *A. coibensis* expresó 2-7 bandas en sus ladridos, mientras que *A. palliata* obtuvo 5-10, así también ambos comparten los mismos tipos de ladridos en términos de defensa y espacio. Las bandas altas de frecuencias en *A. palliata* habrían sido reportadas anteriormente de 6 kHz y fué eventualmente detectada para momentos de tensión del animal en sus actividades (Ej., presencia de depredadores y defensa) (Baldwin & Baldwin, 1976). La mayor similitud entre *A. coibensis* y *A. palliata* cae en que presentan los mismos tipos de ladridos (ladrido tipo 1 y tipo 2 descritos en este estudio) y su similitud en la primera banda de frecuencia (la más baja) la cual arrojó diferencia no significativa ($t=1.93$, $d.f.=13$; $0.05 < p < 0.07$). Aunque similares en éstas variables, los espectrogramas revelaron una diferencia significativa entre sus segundas bandas de frecuencia ($t= -1.32$; $d.f.=12$; $0.05 < p < 0.2$), como bien en su número total de armónicos

detectados ($t=1.64$; $d.f.=6$; $0.15 < p < 0.05$) (Fig.4 y 5). Los intervalos entre ladridos fueron de 0.41 seg., para *A. coibensis* mientras que *A. palliata* obtuvo 0.34 seg., aunque ambos pueden variar dependiendo del tipo de ladrido descrito en los resultados. Así, para los ladridos de tipo 2, las emisiones fueron separadas por bloques diferentes con grupos de ladridos de 5 a 6 “uh” con tonos ascendentes y descendentes para *A. coibensis*. Contrario a esto *A. palliata* presentó bloques más largos con promedios de 17.3 ladridos por bloque, sin presencia de tonos ascendentes y descendentes, y con intervalos de silencio entre bloques de al menos 3.5 seg. Es importante notar que no hubo mezcla de sonidos de hembras en los ladridos de machos, ó al menos los ladridos de *A. palliata* fueron más graves en tono que el sonido armonioso de los *A. coibensis*, los cuales presentaron mayor variación en sus frecuencias de ladridos. *A. coibensis* presentó un promedio de duración en coros de 5.9 seg., mientras que *A. palliata* obtuvo duración de 8.2 seg. Es importante notar que los coros de amanecer de *A. coibensis* comenzaban más temprano que los de *A. palliata*, y en ambos patrones de coros las hembras jugaron un papel en la estimulación a los coros, tanto en períodos de respuesta, aceleración como también en finalización de las batallas grupales. La influencia de hembras en la actividad de coros había sido reportada en el pasado para *A. palliata*, solamente como una observación anecdótica en la Isla de Barro Colorado, Panamá por Baldwin & Baldwin (1976), y para *A. pigra* en Belize por Kitchen (2004). Por la amplitud de los coros y la intervención de las hembras encontrado en este estudio, mis resultados podrían apoyar la hipótesis de Carpenter (1934) y Altmann (1959), quienes propusieron que las respuestas de los coros en monos aulladores son relacionadas a la accesibilidad de las hembras a un grupo, adquisición de alimentos y determinación de espacio grupal, y podría también explicar el corto tiempo de duración y baja repetición de ladridos por bloques encontrados en *A. coibensis* comparado con aquellos de *A. palliata* si observamos las diferencias en sus composición grupal y el paisaje en el que viven. Los coros extremadamente fuertes han sido considerados en previos estudios como de alta importancia, ya que estos ofrecen mayor probabilidad de supervivencia para los vastagos de las hembras de un grupo, dependiendo del número de machos adultos en el mismo (Treves, 2001; Teixeira da Cunha & Jalles-Filho, 2007). *A. coibensis* también presentó diferencias entre sus coros de amanecer y de atardecer. Este

último fué de mayor número de bandas de frecuencia y de mayor duración para *A. coibensis*, lo cual pudo haber sido relacionado a una delimitación territorial dado el paisaje fragmentado, misma conclusión encontrada en Belize con los monos aulladores *A. pigra* (Horwich & Gebhard, 1983). Otras emisiones de ladridos a horas de la noche (00:24 hrs.) fueron obtenidas para *A. coibensis* durante las lunas llenas, pero esto está más relacionado a la actividad de cacería que se vive en el área de Azuero, en donde se practica la caza aprovechando la claridad lunar, igual observaron Baldwin & Baldwin (1976) y Geissmann (2003). *A. palliata* mostró una tasa alta de ladridos y actividad de coros durante el día mientras los monos arañas vocalizaron en el bosque de Chucantí, Darién, resultados que contradicen las observaciones de Whitehead (1989) en donde se encontró que los monos aulladores tienden a disminuir sus actividades vocales al ser simpátricos con monos arañas.

Otras evaluaciones para las demás especies del Género *Alouatta*

Según nuestra evaluación a las grabaciones facilitadas por el Museo de Historia Natural de Florida (FMNH), en relación a otras especies de monos aulladores del Neotrópico, las especies de aulladores se agruparon por su banda 1 en *A. caraya*, *A. palliata* y *A. belzebul* como un grupo en común, mientras que *A. seniculus*, *A. coibensis* y *A. fusca* compartieron el segundo grupo relacionado, quedando alejado el *A. pigra*. El mono aullador con mayor banda de frecuencia tanto en coros como en ladridos fue el *A. pigra* con 13 bandas y una frecuencia de 5.06 kHz para un coro regular, seguida por *A. caraya* con 11 bandas. Existen posibles diferencias en estas bandas que podrían ser utilizadas en términos de taxonomía para relacionar especies cercanas filogenéticamente pero se necesitará más grabaciones y estudios específicos para cada una de estas especies. El estudio de la anatomía auditiva y los órganos fonadores de cada especie, así como la influencia de las bandas de frecuencia sonoras podrían ayudar a comprender mejor los mecanismos de comunicación entre Primates no-humanos y estos a su vez ayudar en planes de conservación. (Cuadro 2).

Conservación e influencias antropogénicas en la vocalización de los monos aulladores

Los asentamientos humanos cercanos a las poblaciones de aulladores pueden estar interfiriendo en su comportamiento, sobre todo en la tasa de vocalización. Para este estudio, los habitats fueron más que todo fragmentos de bosque y los grupos estuvieron distribuidos en parches boscosos, interconectados con cercas vivas y bosque de galería. Para estas poblaciones de aulladores, los encuentros con el ser humano son frecuentes, dado que viven alrededor de potreros y fincas de cultivos (sobre todo en Azuero). Los monos aulladores no siempre responden a una alteración exterior con ladridos tipo 1, sino que muchas veces evitan la atención de observadores quedando en silencio. Otros aulladores por el contrario son estimulados a emitir coros al sentir la vibración de los vehículos pesados que transitan en lugares cercanos a carreteras, puentes y árboles en donde descansan. Estimulación de ladridos de aulladores por actividad de perros de cacería y seres humanos podrían acelerar los rangos normales de emisión de ladrido tipo 1 con alta probabilidad de crear tensión, a lo cual, su ladrido podría incluso ser extendido por más de una hora. Es conocido que el acto de emitir ladridos es demandante en energía, a su vez que los monos aulladores son animales que requieren gran parte de su tiempo (50% en *A. coibensis*) para realizar un metabolismo adecuado y mantener la energía necesaria para sus otras actividades. Tomando esto en consideración, es importante reconocer que la fragmentación y actividad antropogénica no solo atenta contra el gasto energético de los aulladores, sino también promueve falsas interpretaciones de comunicación intragrupal, la cual incluye a su vez señales de ubicación de grupos, y de estructura grupal. La alta actividad defensiva podría provocar incremento en agonismo intragrupal, deficiencia de natalidad, y repercusión en la gestación de los aulladores entre otras anomalías.

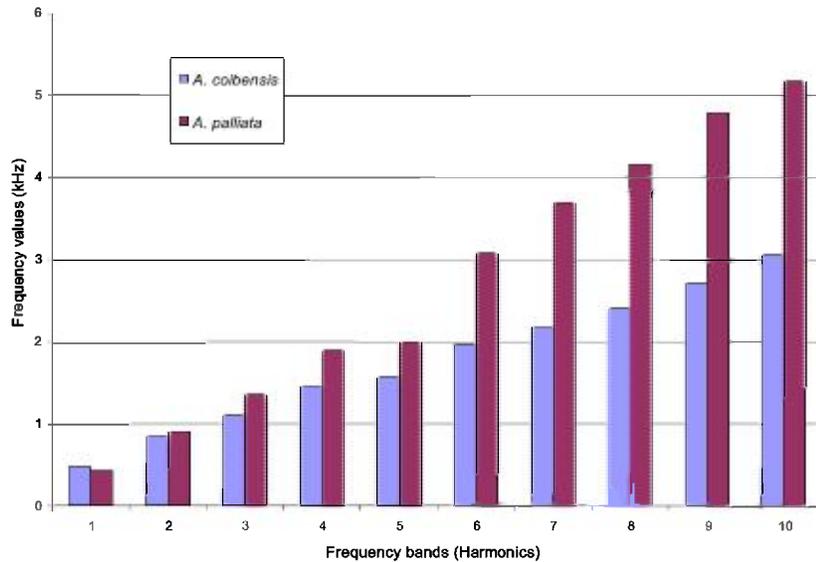


Fig. 4. Variación en kHz de la intensidad en la emisión de los coros de amanecer entre *A. coibensis* y *A. palliata*.

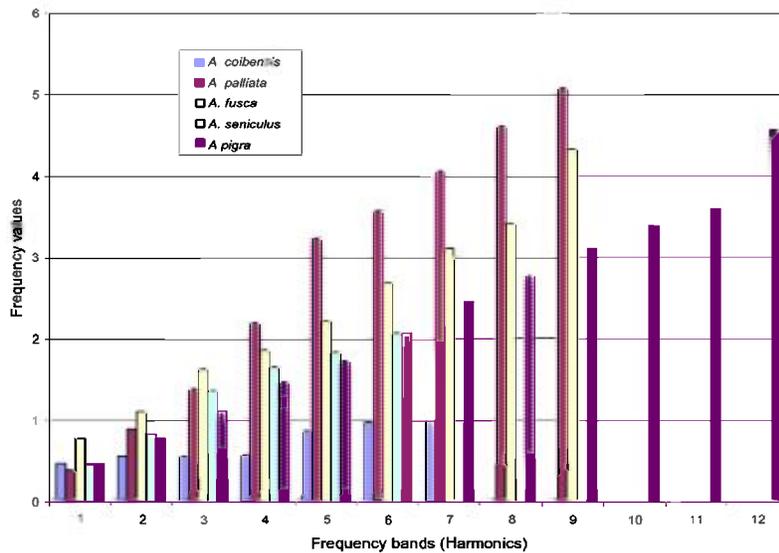


Fig. 5. Frecuencias de ladridos obtenidas del análisis de espectrograma a cinco especies de monos aulladores. En la gráfica, *A. fusca* y *A. palliata* parecen tener similitudes en intensidad y número de bandas, *A. seniculus* presenta pocas bandas a diferencia del resto de los aulladores, *A. pigra* ostenta mayor número de bandas y *A. coibensis* el menor valor de intensidad en sus bandas de frecuencia sonora.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Tom Webber, por el apoyo logístico y de redacción en este proyecto, así también al Museo de Historia Natural de Florida. También a John Burt por facilitar el programa de Syrinx para analizar los espectrogramas, a James Whitehead, Chuck Cichra, y Wanda Garfield por el apoyo revisando el manuscrito. Se agradece a Ivelisse Ruiz-Bernard, Somaly Silva, Valeria Franco, Glenis De León, Yarelis González, y Anastasio González. Así también a Guido Berguido y David Menguisama, por su ayuda en la colecta de datos en la zona de Azuero, Darién y Gamboa. Especial agradecimiento a Juan Carlos Serio Silva y Fernando González-García del Instituto de Ecología AC, Xalapa, Veracruz, México, por sus comentarios al manuscrito. Este proyecto fue patrocinado por Idea Wild, Primate Conservation Inc., Advantage Tour Panama, y fondos personales.

REFERENCIAS

- Altmann, S. A. 1959. Field observations on a howling monkey society. *J. Mammal.* 40:317-330.
- Asensio, N. & F. Gómez-Marín. 2002. Interspecific interactions and predators avoidance behavior in response to Tayra (*Eira barbara*) by mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Primates* 43: 339-341.
- Baldwin, J.D. & J.I. Baldwin. 1976. Vocalizations of howler monkeys (*Alouatta palliata*) in southwestern Panama. *Folia Primatol.* 26: 81-108.
- Becker, M.L., E.H. Buder & J.P. Ward. 2003. Spectrographic description of vocalizations in captive *Otolemur garnettii*. *Int. J. Primatol.* 24:415-446.
- Boinski, S. & A.F. Campbell. 1995. Use of trill vocalizations to coordinate troop movement among white-faced capuchins a 2nd field test. *Behaviour* 11-12:875-901.

Brockelman, W. & R. Ali. 1987. Methods for surveying and sampling forest primate populations. In: Marsh, CW, Mittermeier RA, Alan RL (eds). Primate Conservation in the Tropical Rain Forest, New York, pp 23-62.

Carpenter, C.R. 1934. A field study of the behavior and social relations of howling monkeys (*Alouatta palliata*). Comp. Psychol. Monogr. 10:1-168.

Chivers, D.J. 1969. On the daily behavior and spacing of howling monkey groups. Folia Primatol 10:48-102.

Cornick, L.A. & H. Markowitz. 2002. Diurnal vocal patterns of black howler monkey (*Alouatta pigra*) at Lamanai, Belize. J. Mammal. 83:159-166.

Cowlshaw, G. & R. Dunbar. 2000. Primate Conservation Biology. The University of Chicago Press, USA.

Eisenberg, J.F. & E.S. Morton. 1978. Comparison of the long call in two species of *Alouatta*. National Zoological Park. Smithsonian Institution, Washington, D.C.

Eisenberg, J.F. 1976. Communications mechanisms and social integration in the black spider monkey *Ateles fusciceps robustus* and related species. Smithson. Contrib. Zool. 213: 1-108.

Gannon, W.L. & M.S. Foster. 1996. Recording mammal calls. In: Wilson DE, Cole FR, Nichols, J.D., Rudran, R., Foster, M.S. (eds). Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals, Smithsonian Institution Press, Washington, pp 311-326.

Galler, S.R. 1967. Marine bio-acoustic- the bridge between "useless" research and applied information. In: Tavolga WN (ed). Marine Bio-Acoustics, proceedings of the second symposium on marine bio-acoustics held at the American Museum of Natural History, New York. pp. 1-6.

Geissman, T. 2003. Tape-recording primate vocalizations. In: Setchell, J.M., Curtis, D.J. (eds). Field laboratory methods in primatology. pp 228-238.

Gil-da-Costa, R., A. Palleroni, M.D. Hauser, J. Touchton & J.P. Kelley. 2003. Rapid acquisition of an alarm response by a neotropical primate to a newly introduced avian predator. Proc. R. Soc. Lond. B. 270:605-610.

Horwich, R.H. & K. Gebhard. 1983. Roaring rhythms in black howler monkeys (*Alouatta pigra*) of Belize. Primates 24:290-296.

Jones, C.B. & T. van Cantfort. 2007. A schema for multimodal communication applied to male mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*). Folia Primatol. 78:166-185.

Kitchen, D.M., R.M. Seyfarth, J. Fischer & D.L. Cheney. 2003. Loud calls as indicators of dominance in male baboons (*Papio cynocephalus ursinus*). Behav. Ecol. Sociobiol. 53:374-384.

Kitchen, D.M. 2004. Alpha male black howler monkey responses to loud calls: effect of numeric odds, male companion behaviour and reproductive investment. Anim. Behav. 67:125-139.

McComb, K. & S. Semple. 2005. Coevolution of vocal communication and sociality in Primates. Biol Letters 1:381-385.

Méndez-Carvajal, P.G., I. Ruiz-Bernard, G. Berguido, & R. Aizprúa. 2010. Estudio poblacional de primates en la Reserva Chucantí, provincia del Darién, Panamá. Mesoamericana 14(2): 48.

Méndez-Carvajal, P.G. 2008. Distribution and conservation status of Azuero endemic primates, Azuero Peninsula, Panama. Master's Dissertation, Oxford Brookes University, UK, Oxford.

Méndez-Carvajal, P.G. 2005. Population study of Azuero howler monkey (*Alouatta palliata trabeata*), Herrera, Republic of Panama. Neotrop. Primates 13: 1-6.

Mitani, J.C. & Stuht, J. 1998. The evolution of nonhuman loud calls: Acoustic adaptations for long-distance transmission. *Primates* 39:171-182.

Moynihan, M.H. 1967. Comparative aspects of communication in New World primates: adaptive. In: Morris, D. (ed). *Primate Ethology*. Aldine Publishing Co., Chicago, Illinois. pp 236-266.

Oliveira, D.A.G. & Ades, C. 2004. Long-distance calls in Neotropical Primates. *An Acad. Bras. Cienc.* 76:393-398.

Riley, E.P. 2005. The loud call of the sulawesi tonkean macaque, *Macaca tonkeana*. *Trop. Biodivers.* 8:199-209.

Sekulic, R. & D.J. Chivers. 1986. The significance of call duration in howler monkeys. *Int. J. Primatol.* 7:183-190.

Sekulic, R. 1982. The function of howling in red howler monkeys (*Alouatta seniculus*). *Behaviour* 81:38-54.

Teixeira da Cunha, R.G. & Jalles-Filho, E. 2007. The roaring of southern brown howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans*) as a mechanism of active defense of borders. *Folia Primatol.* 78:259-271.

Treves, A. 2001. Reproductive consequences of variation in the composition of howler monkey (*Alouatta spp.*) groups. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 50:61-71.

Whitehead, J.M. 1995. Vox Alouattinae a preliminary survey of the acoustic characteristics of long-distance calls of howling monkeys. *Int. J. Primatol.* 16:121 – 144.

Whitehead, J.M. 1989. The effect of the location of a simulated intruder on responses to long-distance vocalizations of mantled howling monkeys, *Alouatta palliata palliata*. *Behaviour* 108: 73-103.

Whitehead, J.M. 1987. Vocally mediated reciprocity between neighboring groups of mantled howling monkeys, *Alouatta palliata palliata*. *Anim. Behav.* 35:105-117.

Whitehead, J.M. 1985. Long-distance vocalizations and spacing in mantled howling monkeys, *Alouatta palliata*. Doctoral dissertation, University of North Carolina, Chapel Hill.

Wich, S.A. & C.L. Nunn. 2002. Do male “long-distance calls” function in mate defense? A comparative study of long-distance calls in primates. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 52:474-484.

Wilden, I., H. Herzel, G. Peters & G. Tembrock. 1998. Subharmonic, biphonation, and deterministic chaos in mammal vocalization. *Bioacoustics* 9:171-196.

Recibido abril de 2010, aceptado enero de 2011.



PRIMEROS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN PARA PANAMÁ DE LOS GÉNEROS Y ESPECIES DE AVISPAS *Bohartella scapheutoides* MENKE, *Mellinus alpestris* FABRICIUS (HYMENOPTERA: CRABRONIDAE) Y *Alobevania gattiae* KAWADA & DEANS (HYMENOPTERA: EVANIIDAE)

Roberto A. Cambra T. y Alonso Santos M.

Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Estafeta Universitaria 0824, Universidad de Panamá, Panamá, República de Panamá.

E-mail: miuprcambra@yahoo.com

RESUMEN

Se registran por primera vez para Panamá los siguientes géneros y especies de avispas: *Bohartella scapheutoides* Menke, 1968 (Crabronidae), un espécimen colectado en Veraguas, Cañazas; *Mellinus alpestris* Cameron, 1890 (Crabronidae), dos especímenes colectados en Chiriquí, Parque Internacional La Amistad; y *Alobevania gattiae* Kawada & Deans, 2008 (Evaniidae), cuatro especímenes colectados en Los Santos, Reserva Forestal La Tronosa. Se presenta información sobre la diversidad de estos géneros y variabilidad morfológica en *Mellinus alpestris*.

PALABRAS CLAVES

Bohartella, *Mellinus*, *Alobevania*, Neotropical, Panamá.

ABSTRACT

New distribution records from Panama are the following genera and species of wasps: *Bohartella scapheutoides* Menke, 1968 (Crabronidae), one specimen collected from Veraguas, Cañazas; *Mellinus alpestris* Cameron, 1890 (Crabronidae), two specimens collected from Chiriquí, La Amistad International Park; and *Alobevania gattiae* Kawada & Deans, 2008 (Evaniidae), four specimens collected from Los Santos, La Tronosa Forest Reserve. Information about diversity of these genera and morphological variability on *Mellinus alpestris* is given.

KEYWORDS

Bohartella, *Mellinus*, *Alobevania*, Neotropical, Panama.

INTRODUCCIÓN

Menke (1968) erige el género Neotropical de avispas apoideas *Bohartella*; el cual está representado por dos especies: *B. scapheutoides* Menke, 1968 y *B. hypopsia* Menke & Vardy, 1980.

Menke (1996) revisa las especies Neotropicales de *Mellinus* Fabricius y reconoce nueve especies para Centro y Suramérica. Se han descrito 13 especies de *Mellinus* a nivel mundial (Fernández & Menke, 1999).

Deans & Kawada (2008) describen el género Neotropical de avispas evañidas *Alobevania* para incluir tres especies nuevas: *A. gattiae* Kawada & Deans, *A. tavaresi* Kawada & Deans y *A. Longisaeta* Kawada & Deans.

Los géneros *Bohartella*, *Mellinus* y *Alobevania* (Hymenoptera), aunque presentes en Centro y Suramérica, no han sido previamente registrados para Panamá. En el presente trabajo se dan los primeros registros de distribución para Panamá de estos tres géneros poco comunes en colecciones de museos.

LOS REGISTROS

Bohartella scapheutoides Menke, 1968.

Material examinado.- PANAMÁ: Veraguas, Cañazas, Corita de los Pérez, 22 mayo 2010, col. D. Pérez, 1 hembra (Fig. 1) colectada con plato amarillo [depositado en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá (MIUP)].

Distribución: *Bohartella* está presente en Costa Rica, Colombia, Venezuela, Ecuador, Brasil y Bolivia (Menke, 1968; Menke & Vardy, 1980; Vardy, 1987; Hanson & Menke, 1995). *Bohartella scapheutoides* ha sido previamente registrada para Colombia, Venezuela, Ecuador, Brasil y Bolivia (Menke, 1968; Menke & Vardy, 1980; Vardy, 1987). Este es el primer registro para Panamá del género *Bohartella* y de la especie *B. scapheutoides*.

Comentarios: El espécimen colectado en Panamá ha sido identificado utilizando la descripción de la especie presentada en Menke (1968). Vardy (1987) registra un espécimen de *B. scapheutoides* colectado en Bolivia con su presa: un saltamontes inmaduro (Acrididae).



Fig. 1. *Bohartella scapheutoides* Menke, vista dorsal.

Mellinus alpestris Cameron, 1890.

Material examinado.- Panamá: Chiriquí, Parque Internacional La Amistad, Jurutungo, 1800 msnm, 13-16 marzo 2006, col. A. Santos, 2 hembras. Los 2 especímenes fueron colectados con platos amarillos llenos con agua y detergente líquido (depositados en el MIUP).

Distribución: *Mellinus* se distribuye en el Nuevo Mundo desde Estados Unidos hasta Colombia y Venezuela (Siri & Bohart, 1974; Menke, 1996). *Mellinus alpestris* ha sido previamente registrada de México, Guatemala, El Salvador y Costa Rica (Menke, 1996). Este es el primer registro para Panamá del género *Mellinus* y de la especie *M. alpestris*.

Comentarios: Los especímenes colectados en Panamá han sido identificados utilizando la clave para especies Neotropicales de *Mellinus* presente en Menke (1996). Las hembras de *Mellinus* utilizan como presas a moscas que son capturadas cerca de las heces de mamíferos (Evans, 1989).



Fig. 2. *Mellinus alpestris* Cameron, vista dorsal.

Alobevania gattiae Kawada & Deans, 2008.

Material examinado.- Panamá: Los Santos, Tonosí, Reserva Forestal La Tronosa, col. R. Cambra, A. Santos: Provincia, 6-9 marzo 2007, 7° 22' N., 80° 39' O., 3 machos; Cerro La Tronosa, 14-17 agosto 2007, 7° 24' 02" N., 80° 33' 55" O., 1 macho. Los 4 especímenes fueron colectados con trampas Malaise (depositados en el MIUP).

Distribución: *Alobevania* está presente en Costa Rica, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Brasil (Deans & Kawada, 2008). *Alobevania gattiae* ha sido previamente registrada de 15 machos y 9 hembras colectados en Costa Rica, Colombia, Ecuador y Perú (Deans & Kawada, 2008). Este es el primer registro para Panamá del género *Alobevania* y de la especie *A. gattiae* (Fig. 3).

Comentarios: Los especímenes colectados en Panamá han sido identificados utilizando la clave de especies de *alobevania* presentada en Deans & Kawada (2008).



Fig. 3. *Alobevania gattiae* Kawada & Deans, vista lateral.

DISCUSIÓN

Alobevania se diferencia de todos los otros géneros de Evaniidae del Nuevo Mundo por la ausencia del lóbulo jugal en el ala posterior (Deans & Kawada, 2008). No se conocen sus hospederos, pero probablemente las larvas de estas avispas se desarrollan dentro de la ootecas de cucarachas depredando sus huevos, como lo indican todos los registros de crías para Evaniidae presentados en Deans (2005). En base a especímenes depositados en el MIUP y los trabajos de Cambra (2009), Deans & Kawada (2008) y Kawada & Azevedo (2007) reconocemos como presentes para Panamá los siguientes 7 géneros de Evaniidae: *Alobevania* Kawada & Deans, *Decevania* Huben, *Evania* Fabricius, *Evaniella* Bradley, *Evaniscus* Szépligeti, *Hyptia* Hilliger y *Semaemyia* Bradley.

Menke (1996) discute sobre la variabilidad morfológica (coloración, setación, forma del clípeo) en especímenes de *Mellinus alpestris*. Los dos especímenes colectados en Panamá presentan entre sí, la siguiente variabilidad morfológica en cuanto a coloración y escultura del tegumento: el espécimen de 8.5 mm de longitud corporal (Fig. 2) presenta una gran mácula amarilla mesal en el escutelo, una pequeña mácula amarilla en el mesopleuron por debajo de la fosa subalar alar, tergum tres con dos máculas amarillas transversas separadas entre sí mesalmente por tegumento negro en aproximadamente 0.5X el largo de una de ellas, tegumento a los lados del propodeum y mesopleuron no estriado; mientras que el espécimen de 12 mm de longitud corporal

presenta dos pequeñas máculas amarillas en el escutelo, ausencia de mácula amarilla en el mesopleuron, tergum tres con las dos máculas amarillas transversas separadas mesalmente por tegumento negro en aproximadamente 2X el largo de una de ellas, tegumento a los lados del propodeum y mesopleuron estriado. Al momento, consideramos estas variaciones de coloración y esculturación como intraespecíficas, hasta que el estudio de más especímenes, incluyendo machos, puedan demostrar lo contrario.

La presencia de *Bohartella* y *Mellinus* en Panamá aumentan a 57 los géneros de Crabronidae reportados para Panamá.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los coordinadores del Proyecto PROBIO-JICA por gestionar los dineros para la realización de las giras al campo y la compra de equipo; a Diomedes Quintero A., Universidad de Panamá, por costear los costos de la gira a Jurutungo; a Damaris Pérez por la colecta de especímenes.

REFERENCIAS

Cambra, R. A. 2009. Diversidad de escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva Forestal La Tronosa, con un inventario general de los insectos colectados. Págs. 93-95; 195-207. En: C. Garibaldi (ed.). *Evaluación de la biodiversidad en la Reserva Forestal La Tronosa, provincia de Los Santos, Panamá. Resultados Finales 2005-2008*. Proyecto PROBIO-Universidad de Panamá, UP/Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA.

Deans, A. R. 2005. Annotated catalog of the world's ensign wasp species (Hymenoptera: Evaniidae). *Contributions of the American Entomological Institute*, 34: 1-165.

Deans, A. R. & R. Kawada. 2008. *Alobevania*, a new genus of neotropical ensign wasp (Hymenoptera: Evaniidae), with three new

species: integrating taxonomy with the World Wide Web. *Zootaxa*, 1787: 28-44.

Evans, H. E. 1989. The mating and predatory behavior of *Mellinus rufinodus* Cresson (Hymenoptera: Sphecidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 65:414-417.

Fernández, F. & A. S. Menke. 1999. Primer registro del género *Mellinus* (Hymenoptera: Sphecidae) en Colombia. *Caldasia*, 21(1): 110-111.

Hanson, P. E. & A. S. Menke. 1995. The sphecid wasps (Sphecidae). Págs. 621-649. En: Hanson, P. E. & I. D. Gauld (eds.), *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford University Press, 893 p.

Kawada, R. & C. O. Azevedo. 2007. Taxonomic revision of the neotropical ensign wasp genus *Decevania* (Hymenoptera: Evaniidae). *Zootaxa*, 1496: 1-30.

Menke, A. S. 1968. New South American genera and species of the tribe Bothynostethini. *Acta Zoologica Lilloana*, 22: 89-99.

Menke, A. S. 1996. Neotropical *Mellinus*: A review (Hymenoptera: Sphecidae). *Memoirs of the Entomological Society of Washington*, 17:125-141.

Menke, A. S. & C. R. Vardy. 1980. A synopsis of the tribe Scapheutini (Hymenoptera: Sphecidae). *Papeis Avulsos de Zoologia*, 34: 73-85.

Siri, M. L. & R. M. Bohart. 1974. A review of the genus *Mellinus* (Hymenoptera: Sphecidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 50: 169-176.

Vardy, C. R. 1987. Three new taxa of Neotropical Larrinae (Hym., Sphecidae) and a new prey record. *Entomologists' Monthly Magazine*, 123: 99-105.

Recibido agosto de 2010, aceptado enero de 2011.



A SCIENTIFIC NOTE ON THE PRESENCE OF DINOFLAGELLATE PERIDINIUM QUINQUECORNE ABÉ IN THE GULF OF MONTIJO, PANAMA

Carlos E Seixas G.

Universidad de Panamá, Centro Regional de Veraguas.

Email: carlosseix@hotmail.com

ABSTRACT

Between April 14 and 22, 2009, the Aquatic Resources Authority (ARAP) and the National Environment Authority (ANAM) reported the occurrence of massive fish kill between Puerto San Antonio (17N 0475382-UTM 0867216) and the mouth of San Pablo River (17N 0478225-UTM 0867609) in the gulf of Montijo. The affected areas were Membrillal and Palitos Island, Pajarón, Pixbae and Zurrone (Fig.1). Affected fishes were mostly corvine and sardine. Samples of water were collected by local fishermen and transported for identification to the biology laboratories of the University of Panamá at Veraguas. No scientific criterion was applied to the collecting and transport of samples. Samples revealed the presence of *Peridinium quinquecorne* Abé on floating detritus.

KEYWORDS

Red tide, harmful algal bloom (HAB), massive fish kill, dinoflagellates.

RESUMEN

Entre el 14 y el 22 de abril de 2009, la Autoridad de los Recursos Acuáticos (ARAP) y la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), reportaron la ocurrencia de un episodio de muerte masiva de peces entre el puerto San Antonio (17N 0475382-UTM 0867216) y la desembocadura del río San Pablo (17N 0478225-UTM 0867609) en el golfo de Montijo. Las áreas afectadas fueron las islas Palitos y Membrillal, Pajarón, Pixbae y Zurrone (Fig. 1). Los peces afectados fueron principalmente corvinas y sardinas. Las muestras de agua fueron recolectadas por pescadores

locales y transportadas a los laboratorios de biología de la Universidad de Panamá en Veraguas. Las muestras revelaron la presencia de *Peridinium quinquecorne* Abé en el detrito flotante.

PALABRAS CLAVES

Mareas rojas, floraciones de algas nocivas, FAN, muerte masiva de peces, dinoflagelados.

P. quinquecorne is an armored dinoflagellate characterized by four prominent antapical spines and angular shape (Fig. 2). Balech (1974) transferred the species to *Protoperidinium* genus as *Protoperidinium quinquecorne* but taxonomically its generic position is still controversial. The thecal plate arrangement is pp. x, 3', 2a, 7'', 5c, 5''', 2''''', 4s. *P. quinquecorne* has a wide geographical distribution in neritic and estuarine waters, forming blooms in different areas of the world. Gárate-Lizárraga et al. (2006) reported frequent blooms in Bahía de La Paz, Baja California Sur between May and July and Proença et al. (2006) reported it at Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brazil. Faust et al. (2005) identified *P. quinquecorne* in floating detritus at Douglas Cay and The Lair in Belize also forming red tides too. Horstmann (1980) stated that *P. quinquecorne* tolerate temperatures up to 30°C and forms blooms in eutrophic and polluted brackish environment which tend to disappear when temperatures drop sharply. Blooms of *P. quinquecorne* can be associated with low dissolved oxygen levels in the water and can cause fish kill in confined areas because there is no oxygen left for the fish to use (Gárate-Lizárraga and Muñetón-Gómez, 2008). This scientific note is the first report of *Peridinium quinquecorne* Abé in the gulf of Montijo, but it remains to be demonstrated if the massive fish kill observed was caused by this organism.

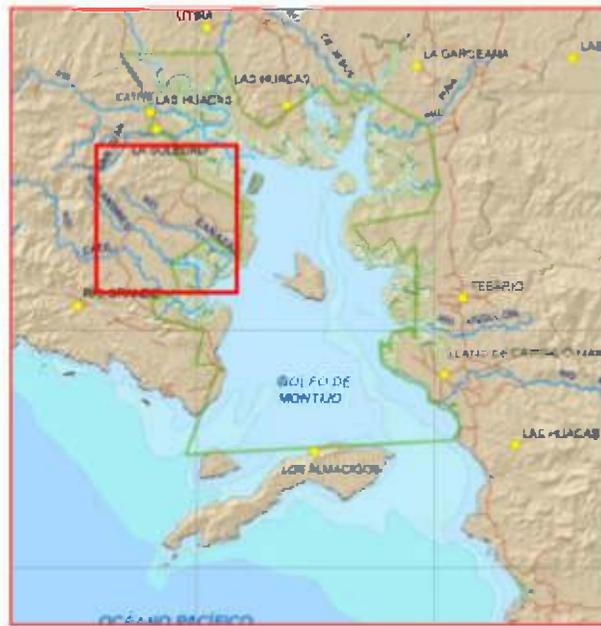


Fig.1. Areas affected by massive fish kill in the gulf of Montijo, Panamá.
(Source: Water Center for the Humid Tropics of Latin America and the Caribbean, CATHALAC).

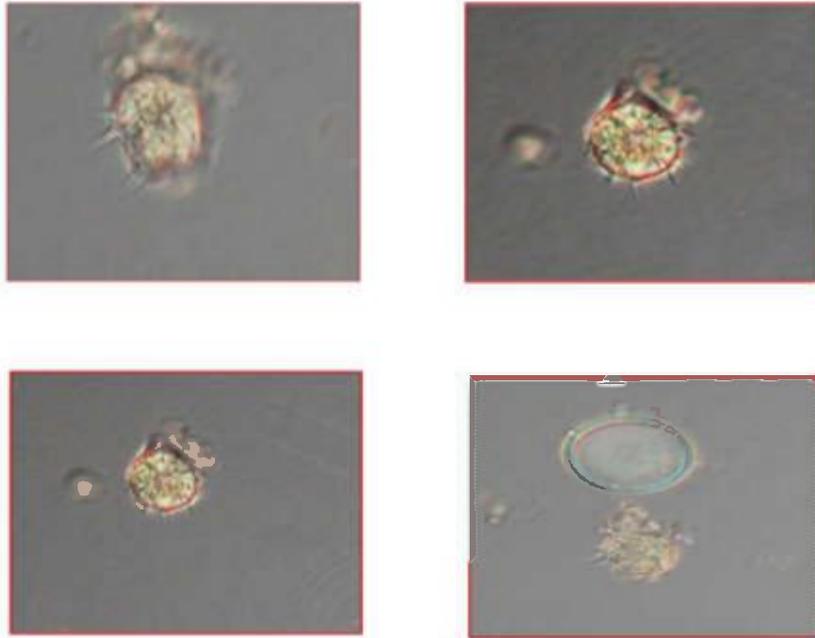


Fig.2. The armored dinoflagellate *Peridinium quinquecorne* Abé as observed in water samples of affected areas.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank the support of Dr. Alfredo Soler and Edilberto Aguilar of the Biology School of the University of Panama.

REFERENCES

- Abé, T. H. 1981. Studies on the family Peridinidae: an unfinished monograph of the armored dinoflagellata. Spec. Pub. Seto. Mar. Biol. Lab. 6: 1-409.
- Balech, E. 1974. El género *Protoperidinium* Bergh, 1881 (*Peridinium* Ehrenberg, 1831, partim). Rev. Mus. Arg. Cienc. Nat. "B. Rivadavia". Hidrobiol. 4: 1-78.

Faust, M. A., R. W. Litaker, M. W. Vandersea, S. R. Kibler & P. A. Tester. 2005. Dinoflagellate diversity and abundance in two Belizean coral reef- mangrove lagoons: A test of margalef's Mandala. Atoll. Res. Bull. 534: 105-131.

Gárate-Lizárraga, I., C. J. Band-Schmidt, D. J. López-Cortés, J. J. Bustillos-Guzmán & M. S. Muñetón-Gómez. 2006. Harmful algal blooms along the Mexican Pacific coast (1878-2006). VII Reunión Internacional de Planctología, del 30 de Mayo al 3 de junio del 2006. Morelia, Michoacán (Book of Abstracts).

Gárate-Lizárraga, I. & M. S. Muñetón-Gómez. 2008. Bloom of *Peridinium quinquecorne* Abé in La Ensenada de La Paz, gulf of California (July 2003). Acta Botánica Mexicana, 83: 33-47.

Horstmann, U. 1980. Observations on the peculiar diurnal migration of a red tide Dinophyceae in tropical shallow waters. J. Phycol. 16: 481-485.

Proença, L. A., C. Odebrecht, L. L. Mafra-Junior & M. S. Tamanaha. 2006. Floração de *Peridinium quinquecorne* Abé na Ensenada de Balneario Camburiú, S. C. Simposio Latino-americano sobre Algas Nocivas, 2006. Book of Abstracts. Itajai, Santa Catarina, Brasil. 244 pp.

Recibido febrero de 2010, aceptado enero de 2011.



VALOR DE LA RESERVA FORESTAL FORTUNA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Víctor Martínez Cortés¹, Jacobo Araúz² y Jorge Mendleto³

¹Herpetólogo y Ofidiólogo, Departamento de Zoología, Universidad de Panamá.

²Ornitólogo y Mastozoólogo, Departamento de Zoología, Universidad de Panamá.

³Botánico, Departamento de Botánica, Universidad de Panamá.

RESUMEN

La Reserva Forestal Fortuna (RFF) se localiza en la región noroccidental de Panamá, a 1,200 msnm. En esta región la precipitación es de aproximadamente 4,000 mm/año y temperaturas promedio de 16 °C. Los diversos estudios de la flora y fauna demuestran que es una región donde existen numerosas especies endémicas o de distribución geográfica restringida, por lo que es necesario considerar Fortuna como un sitio de interés para la conservación. En este estudio se presentan algunos ejemplos de plantas y animales de interés especial, entre las cuales muchas no tienen respaldo legal para su protección. Por lo tanto, es necesario realizar esfuerzos para conocer la situación actual de la riqueza de especies en la región de Fortuna.

PALABRAS CLAVES

Biodiversidad, especie endémica, flora, fauna, Biosfera, Reserva Forestal.

ABSTRACT

The Reserva Forestal Fortuna (FFR) is located in Norwest of Panama, over 1,200 msnm. The precipitation is 4,000 mm/year and an average temperature of 16°C. There are some many endemic species in Fortuna according to several studies, for this is necessary to make consider this area as a special place to conserve. In this paper there are some examples of plant and animal interesting to the conservation even if they are not legally protected. Is necessary to make efforts to improve the knowledge about these species and region.

KEYWORDS

Biodiversity, endemic specie, plant, animal, Forest Reserve.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe preocupación por la pérdida de la biodiversidad que ocurre en las diferentes regiones del planeta. Es que la biodiversidad es una expresión del proceso evolutivo y ofrece numerosas oportunidades para solucionar los problemas actuales (alimentos, medicamentos, energía y otros). Por lo tanto, se han invertido muchos esfuerzos con el objetivo de conservar la biodiversidad. Un componente importante en los esfuerzos de conservación es la identificación de sitios críticos, donde existen altos niveles de biodiversidad enfrentando el riesgo de desaparecer.

La Reserva Forestal Fortuna se localiza en la región noroccidental de Panamá, a 1,200 m s.n.m (Fig. 1). Es una región muy húmeda, con precipitaciones de 4,000 mm/año y temperaturas promedio de 16 °C. Las características climáticas resulta de la reserva favorece la existencia de una interesante riqueza biológica y numerosas especies de distribución geográfica restringida. Atendiendo el interés de esta región para la conservación de especies de la flora y fauna, este documento tiene como objetivo dar a conocer su importancia por la presencia de especies endémicas y de distribución geográfica restringida.



Fig. 1. Localización de la Reserva Forestal Fortuna.

MÉTODOS

Consiste en la aplicación de métodos estándares para muestreos. También es una revisión de información publicada por diversos investigadores de la riqueza de flora y fauna en la reserva. Además, se ha utilizado la experiencia en campo de los autores.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

En la actualidad no se conoce con exactitud la cantidad de especies de plantas en la Reserva pero se han observado numerosas especies resultado del trabajo de botánicos y zoólogos. A continuación se presentan algunas especies reportadas en la reserva (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ejemplos de la fauna de interés, presentes en la Reserva Forestal Fortuna, y su estado de conservación.

Especie	Estado de Conservación			Recomendacion
	UICN	CITES	EPLN	
Clase Amphibia				
• Oophaga arborea (Dendrobates)	CR	II	-	Mantener estado
• Oophaga spectosa (Dendrobates)	CR	II	-	Mantener estado
• Istmothyla (Hyla) gracieae	CR	-	-	Mantener estado
Clase Reptilia				
• Anolis (Dactyloa) casidae	CR	-	-	Mantener estado
• Anolis fortunensis	CR	-	-	Mantener estado
• Atropoides picadoi	EN	-	-	Adecuar estado
Clase Aves				
• Nothocercus bonaparter	-	-	EN	Adecuar estado
• Chamaepetes unicolor	LR	-	EN	Adecuar estado
• Cephalopterus glabricollis	VU	-	VU	Adecuar estado
Clase Mammalia				
• Sturnira mordax	-	-	-	Adecuar estado
• Peromyscus nudipes	-	-	-	Adecuar estado
• Londra longicauda	VU	I	-	Adecuar estado

Abreviaturas: UICN = Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza. CITES = Convenio sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre. EPLN = Especie Protegida por Legislación Nacional. CR = Peligro Critico. EN = En Peligro.

Anfibios y reptiles

La herpetofauna de la Reserva Forestal Fortuna es variada e interesante, ya que presenta numerosas especies raras. Algunas de estas especies son de distribución restringidas o endémicas para la región de Fortuna. Algunas de estas especies se encuentran protegidas por acuerdos internacionales por lo que se hace necesario un estudio sobre la situación de las poblaciones de dichas especies. A continuación se presentan algunos comentarios para la herpetofauna (anfibios y reptiles) confirmados para la Reserva Forestal Fortuna.

Oophaga arborea. Ésta es una rana pequeña (longitud aproximada 20 22 milímetros). El patrón dorsal y ventral es de manchas amarillas vividas sobre fondo marrón o negro (Fig. 2). Habita en boques nubosos, sobre árboles altos que presentan abundantes bromelias y otras epifitas. Es necesario realizar estudios para verificar su existencia en el área y el estado de conservación de su población.

Oophaga speciosa. Éste es uno de los dendrobátidos más llamativo por su color (algunos rojos y otros rojo naranja) y de tamaño muy pequeño (longitud 27 mm). Presenta glándulas productoras de alcaloides, que utiliza como defensa contra sus depredadores (Fig. 3). Esta rana de hábito terrestre y se ha observado en un área muy restringida, adyacente al cauce superior de la quebrada de Arena. Posiblemente se encuentre presente en el Bosque Protector de Palo Seco y el Parque Internacional La Amistad. La población de esta especie está declinado peligrosamente, al punto que algunos investigadores la consideran extinguida.

Istmiolyta gracieae. Esta es una rana de talla mediana (longitud 33 a 41 mm), de color marrón a veces bronceado, con dos líneas dorso lateral de color blanco amarillo (Fig. 4). Habita en los bosques nubosos y suele concurrir a las charcas al atardece y en las noches, donde se les ubica al vocalizar. Esta especie ha sido registrada en Cerro Colorado y Fortuna, ambos sitios en la provincia de Chiriquí.

Oedipina (Oedopinola) fortunensis. Ésta es una pequeña salamandra descrita recientemente en el área de la Reserva, tiene una longitud aproximada de 33 mm. Se diferencia de *O. savagei* del sureste costarricense por sus numerosos dientes, su tercer dedo de la pata es menos alargado, diente pre maxilar largo, mayor longitud y diferente patrón de coloración (Fig. 5).



Fig. 2. *Oophaga arborea*.
Foto: V. Martínez



Fig. 3. *Oophaga speciosa*.
Foto: V. Martínez.



Fig. 4. *Istmothyla graciosa*.
Foto: V. Martínez.



Fig. 5. *Oedipina (Oedopina) fortunensis*.
Foto: Cortesia Köhler, Ponce y Batista. 2009.

Atropoides picadoi. Esta especie de serpiente venenosa se ha registrado en Costa Rica y en Panamá (sector de Fortuna) por Victor Martínez Cortés M.Sc. en 1983. Es de constitución robusta y puede medir más de un metro de longitud (Fig. 6). Habita el sotobosque en bosques nubosos ubicados por encima de los 1000 msnm, donde existan pocas actividades antropogénicas. De acuerdo a la literatura es una especie activa durante el día y la noche y se alimenta de pequeños mamíferos, ranas, sapos y lagartijas.

Anolis (Dactyloa) casilda. Este saurio (lagartija) fue descrito para Fortuna en 1992 (Rev. Biol. Trop. 39:255-262). Posteriormente fue encontrada por Victor Martínez Cortés M.Sc. en la concesión minera en Cerro Colorado, Chiriquí. Habita en bosques nubosos por encima de los 1000 msnm. Es una lagartija de aproximadamente 100 mm de longitud y se caracteriza por presentar bandas dorso lateral de color marrón sobre fondo verdoso (Fig. 7).

Anolis fortumensis. Fue descrita como especie nueva para Fortuna en 1993. La longitud de cabeza y tronco en los machos excede los 47 mm y en hembras los 46 mm. Se caracteriza por poseer el área dorso lateral de color marrón claro u oscuro hasta amarillento, con manchas marrones. El saco gular (papada) es de color naranja con líneas amarillas. El tercio basal es rojizo (Fig. 8).



Fig. 6. *Atropoides picadoi*. Foto: V. Martínez.



Fig. 7. *Anolis (Dactyloa) casilda*. Foto cortesía Köhler, Batista, 2009.



Fig. 8. *Anolis fortunensis*. Foto cortesía: Köhler, Batista, 2009.

Aves y mamíferos

Las especies que se presenta se consideran endémicas binacionales (Panamá – Costa Rica), y su distribución geográfica está asociadas al Complejo Ecorregional de Talamanca (Cuadro 1).

A continuación se presentan algunas aves y mamíferos de interés conocidos para la RFF acuerdo a los estudios de Angehr (2003).

Nothocercus bonapartei. Esta es un ave conocida comúnmente como tinamú serrano y su distribución geográfica se localiza al norte de Sur América (Fig. 9). Su hábitat son los bosques ubicados en zonas frías y húmedas. En Panamá se le localiza en las tierras altas de la provincia de Chiriquí, sobre los 1500 msnm. Las poblaciones de esta especie están siendo afectadas por la destrucción de su hábitat y el uso intensivo de plaguicidas.

Chamaepetes unicolor. Esta ave es conocida comúnmente como pava negra (Fig. 10). Su distribución geográfica es restringida a Panamá y Costa Rica, donde se le encuentra en bosques montanos. En Panamá se le ha observado en las tierras altas de Chiriqui, Bocas del Toro y Coclé, principalmente entre los 900 y 2500 msnm.

Cephalopterus glabricollis. Esta ave es conocida comúnmente como ave sombrilla cuellinuda (Fig. 11). Su distribución geográfica se limita a Costa Rica y Panamá, en los bosques húmedos entre 900 y 2100 msnm. En Panamá se le ha observado en Chiriqui, Bocas del Toro y Veraguas.

Sturnira mordax. Este es un murciélago conocido comúnmente como murciélago hombriamarillo de Talamanca (Fig. 12). Su distribución geográfica está restringida a Panamá y Costa Rica, habitando áreas montañosas ubicadas entre 600 y 2700 msnm.

Peromyscus nudipes. Este es un roedor conocido comúnmente como ratón volcánico patiblanco (Fig. 13). Su distribución geográfica se restringe a Panamá y Costa Rica. En Panamá se le ha observado en la región del Volcán Barú y sector oeste de la Cordillera Central.

Londra longicaudis. Esta especie es conocida comúnmente como gato de agua (Fig. 14). Su distribución geográfica es amplia (neotropical), ocupando zonas que van desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm. Se encuentra bajo fuerte presión por parte de cazadores y la contaminación de las aguas donde habita.



Fig. 9. Tinamú serrano (*Nothocercus bonapartei*).



Fig. 10. Pava negra (*Chamaepetes unicolor*).



Fig. 11. Ave sombrilla cuellinuda (*Cephalopterus glabricollis*).



Fig. 12. Murciélago hombriamarillo de Talamanca (*Sturnira mordax*).

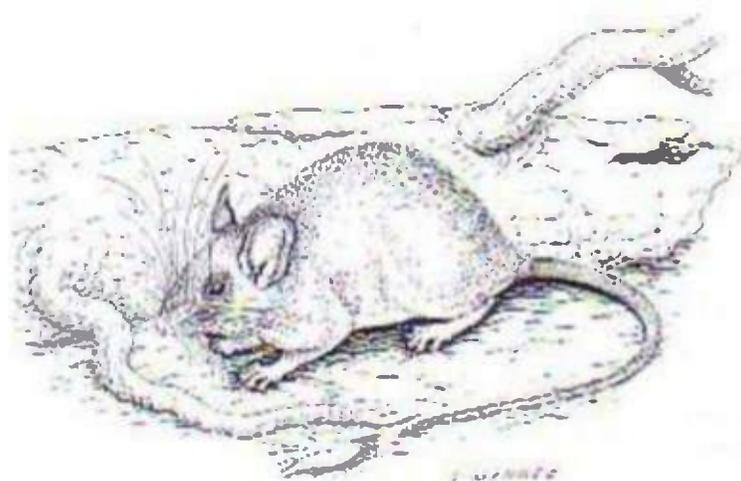


Fig. 13. Ratón volcánico patiblanco (*Peromyscus nudipes*).



Fig. 14. Gato de agua (*Lontra longicaudis*).

Plantas

Las especies de plantas que se encuentran en la RFF son aquellas que han desarrollado la capacidad para habitar terrenos muy húmedos y temperaturas inferiores a los 16 °C. La reserva se localiza en la zona de vida Bosque Pluvial Premontano, según el sistema de Holdrige. Bajo estas condiciones, la vegetación presenta numerosas especies de distribución restringida y en algunos casos son endémicas para la región de Fortuna. A continuación se presentan algunas especies consideradas de interés por se de distribución geográfica restringida.

Drimys granadensis. Este árbol es conocido comúnmente como canelo de monte, quiebra muela y aji de páramo (Fig. 15). Esta especie pertenece a la Familia Winteraceae, donde se encuentra como único Género *Drimys*. Aunque su distribución geográfica es neotropical en Panamá es difícil de encontrar. Esta especie se asocia con bosques nubosos en terrenos medianamente altos.

Ticodendron incognitum. Ese árbol pertenece a la Familia Ticodendraceae, la cual presenta esta sola especie (Fig. 16). Estos árboles se encuentran en los bosques húmedos montanos y su distribución geográfica va desde México a Panamá, por lo que se le considera una especie mesoamericana. En Panamá, esta especie se ha reportado en los bosques de tierras altas en las provincias de Bocas del Toro, Chiriquí y Coclé.

Erythroxylum macrophyllum. Estos son árboles pequeños que muy posiblemente migraron desde Sur América (Fig. 17). En Panamá se encuentra en bosques maduros localizados sobre los 1200 msnm en las provincias de Chiriquí, Coclé, Panamá y Veraguas. Esta especie es poco conocida en nuestro país, por lo que no tiene utilidad. Sin embargo, existe en este Género otra especie (*E. coca*) que tiene sustancias utilizadas como estimulante y medicinal.



Fig. 15. *Drimys granadensis*. Foto Heike Betz. Tomado de WWW.fielduseum.org.



Fig. 16. *Ticodendron incognitum*.
Foto: Robin Foster.
Tomado de www.fieldmuseum.org.



Fig. 17. *Erythroxyllum macrophyllum*.
Foto: Robin Foster.
Tomado de www.fieldmuseum.org.

CONCLUSIONES

Existen numerosas especies de la fauna y flora en la región de Fortuna, algunas de las cuales son endémicas de la región o de distribución geográfica restringida. Sin embargo, muchas de estas especies no tienen un respaldo legal para su protección por lo que se encuentran expuestas a diversas presiones. La destrucción de bosques y la contaminación de las fuentes de agua colindantes con los bosques, están provocando la pérdida de numerosas especies.

Es necesario realizar una serie de estudios de flora y fauna para determinar las especies presentes en la región de Fortuna y la situación actual de sus poblaciones. Así mismo, analizar las diferentes presiones que existen sobre esta riqueza de especies que representa un potencial disponible para atender diversas necesidades.

REFERENCIAS

Anfibios y reptiles

Adames, A. J. 1977. Evaluación Ambiental y Efectos del Proyecto Hidroeléctrico Fortuna. Informe Final. Revista Lotería (Panamá). 538pp.

Köhler, G. 2003. Reptiles de Centroamérica. Herpeton, Verlag Elke Kholer. 368pp.

Köhler, G. 2008. Reptiles of Central America. Herpeton, Verlag Elke Köhler. II ed. 400pp.

Martínez C., V. 1983. Panamá: Nuevo ámbito de distribución para la serpiente venenosa *Bothrops picadoi* (Dunn). ConCiencia (Panamá). 10:26-27.

Martínez C., V. 1984. Investigación preliminar de los anfibios (Salientia) de Quebrada de Arena y áreas adyacentes. Provincia de Chiriquí. Listado anotado. Natura (Panamá). 4(1):30-33.

Martínez C., V., N. Palma & L. Villar. 1991. Aspectos zoogeográficos y herpetológicos de *Hyla gracieae*: Hylidae de Panamá. Scientia (Panamá). 6(1):45-53.

Myers, C. W. & W. E. Duellman. 1982. A new species of *Hyla* from Cerro Colorado, and other tree frog records and geographical notes from western Panama. Amer. Mus. Novitates. No. 2752. 32pp.

Myers, C. W., J. W. Daly & V. Martinez. 1984. An arboreal poison frog (*Dendrobates*) from western Panama. Amer. Mus. Novitates. No. 2752. 32pp.

UICN/WWF. 1999. Listas de Fauna de Importancia para la Conservación en Centroamérica y México. 230pp.

Villa, J., L. D. Wilson & J. D. Johnson. 1988. Middle American Herpetology. A bibliographic Checklist. Univ Miss. Press. 132pp.

Aves y mamíferos

Angehr, G. 2003. Directorio de áreas importantes para aves en Panamá. Sociedad Audubon de Panamá. BirdLife/Vogelbescherming Nederland. Imprelibros S.A. Panamá. 342 pp.

Gaceta Oficial Digital No. 26013 del 7 de abril de 2008. Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). República de Panamá

Larivière, S. 1999. *Lontra longicaudis*. Mammalian Species No. 609:1-5.

Matson, J.O. & T.J. McCarthy. 2004. *Sturnira mordax*. Mammalian Species No. 755:1-3.

Méndez, E. 1970. Los principales mamíferos silvestres de Panamá. Edición privada. Panamá. 283 pp.

Méndez, E. 1993. Los Roedores de Panamá. Impresora Pacífico S.A. 372 pp.

Olmos, M. & F. de Sousa. 1989. *Sturnira mordax* (Goodwin, 1938) Chiroptera: primer reporte para Panamá. Scientia (Panamá) 4:77-86.

Reid, F.A. 1997. A field guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press. New York, USA. 334 p.

Ridgely, R.S. & J.A. Gwynne. 1993. Guía de las aves de Panamá, incluyendo Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Primera edición en español. Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ANCON). Bogotá, Colombia. 614 pp.

Rodríguez, J.A. 2000. Las aves del propuesto Parque Nacional Santa Fe, Veraguas, Panamá. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional. Costa Rica. 84 pp.

Créditos de Imágenes

Tinamú serrano:

http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/resources/grzimek_birds/Tinamidae/Nothocercus_bonapartei.jpg/view.html

Pava negra: <http://aves.fotonaturaleza.net/Chamaepetes-unicolor.html>

Ave sombrilla cuellinuda:

<http://darnis.inbio.ac.cr/ubisen/FMPro?-DB=UBIPUB.fp3&-lay=WebAll&-error=norec.html&-Format=detail.html&-Op=eq&id=3202&-Find>

Murciélago hombriamarillo de Talamanca

<http://darnis.inbio.ac.cr/ubis/FMPro?-DB=UBIPUB.fp3&-lay=WebAll&-error=norec.html&-Format=detail.html&-Op=eq&id=1568&-Find>

Ratón volcánico patiblanco según Méndez, E. 1993.

Gato de agua

<http://www.google.es/imgres?imgurl=http://www.naturalia.org.mx/imagenesprog/educacion/mamiferos/NUTRIA.jpg>

Plantas

Araúz, J. 2007. La Reserva Forestal Fortuna y la conservación de la Biodiversidad. *Tecnociencia* 9(2): 137 – 146.

Correa, M. et al. 2004. Catálogo de las Plantas Vasculares de Panamá. Universidad de Panamá – STRI. 599 p.

Leigh, E. ¿Cómo influyen los cambios ambientales, pasados y presentes, en la organización de las comunidades ecológicas y la evolución de los organismos? In *Ecología y Evolución en los Trópicos*: 301 – 308. STRI.

Mass, P. & L. Westra. 1998. Familias de Plantas Neotropicales. Ed. A. R. G. Gatner Verlag Varduz / Liechtenstein. 315 p.

Mendieta, J. 2006. Diversidad de plantas en la Reserva Forestal Fortuna. *Tecnociencia* 8(2): 207 – 212.

Mendieta, J. 2005. La Reserva Forestal Fortuna y sus numerosas plantas endémicas. *Tecnociencia* 7(2): 179 – 183.

Mendieta, J. 2005. Importancia del bosque para el proyecto hidroeléctrico Fortuna. *Tecnociencia* 7(1): 149 - 155.

Smith, N. et al. 2003. Flowering Plants of the Neotropics. The New York Botanical Garden. 594 p.

Recibido febrero de 2010, aceptado marzo de 2011.