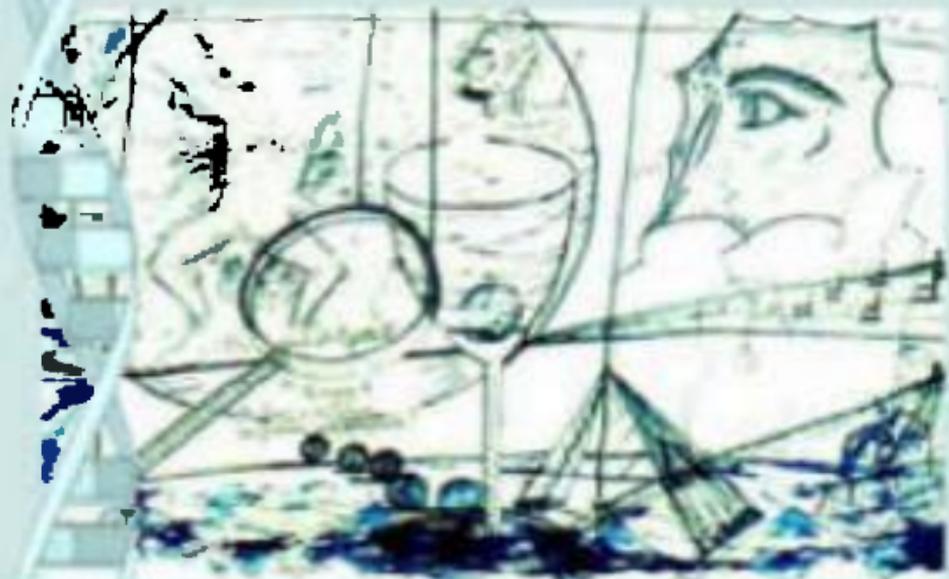


ISSN 1808-8092



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

# TECNOCIENCIA



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



**DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LAS GÓNADAS DE LA CHERNA ROJA: *EPINEPHELUS ACANTHISTIUS* (SERRANIDAE) CAPTURADAS EN EL PARQUE NACIONAL COIBA, PACÍFICO PANAMEÑO**

**Leysi Del Carmen Díaz Madrid, Ángel Javier Vega y Yolani A. Robles P.**  
Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas.  
E-mail:angeljv@cwpanama.net

**RESUMEN**

Se recolectaron las gónadas de 23 individuos de *E. acanthisti* en giras al PNC, durante septiembre de 2009 y febrero de 2010. Las gónadas fueron removidas, medidas y asignadas a un estadio de madurez según criterios macroscópicos. Posteriormente fueron fijadas por 24 horas en solución FAAC. A cada gónada se le cortó una sección central del lóbulo derecho, la cual fue deshidratada y embebida en parafina para realizar cortes histológicos de 3  $\mu$  de espesor que fueron teñidos con hematoxilina y eosina, y examinadas bajo el microscopio. Se identificaron 14 ovarios y nueve testículos. Las gónadas son órganos pares, que variaron en peso, tamaño y forma según aumentó su grado de madurez, las pequeñas eran alargadas y flácidas, mientras que las maduras tenían aspecto globoso, compactas, con abundante irrigación sanguínea. En los ovarios se observaron ovocitos poliedros. Macroscópicamente, los testículos se presentaron en desarrollo y las hembras presentaron seis ovarios en desarrollo, cuatro desarrollados y cuatro maduros. *E. acanthisti* es una especie protógina monándrica; ontogenéticamente todos los machos se clasificaron como completos y todas las hembras como maduras, estas últimas presentaron estadios microscópicos maduro inactivo, maduro inactivo avanzado y maduro activo. También se identificaron cinco fases del ciclo ovocitario: cromatino nucleolar, perinucleolar, vesículas vitelinas, glóbulos vitelinos y núcleos migratorios; y tres formas de reabsorción ovocitaria: ovocitos previtelogénicos fragmentados, atresia y cuerpos amarillos, las tres presentes en las hembras y sólo cuerpos amarillos en los machos.

## **PALABRAS CLAVES**

*Epinephelus acanthistius*, desarrollo gonadal, desarrollo ovocitario, reproducción en chernas, Parque Nacional Coiba.

## **ABSTRACTS**

A total of 23 *E. acanthistius* gonads were collected between September 2009 and February 2010 during monthly trips to the Coiba National Park. Gonads removed from the groupers were measured to be macroscopically assigned to a level of maturity. They were fixed for 24 hours in FAAC solution. The middle section of the right lobe of each gonad was dehydrated and embedded in paraffin. 3  $\mu\text{m}$  thick microtome slices were stained with hematoxylin and eosin and examined under a light microscope. We identified nine testes and 14 ovaries. The gonads were bilobed bodies and varied in shape, size, and weight according to their degree of maturity. The smaller ones were elongated and flacid, while the mature ones were globular, compacted, and with abundant blood irrigation. The ovaries showed polyhedral oocytes. Macroscopic examination of testis revealed nine gonads under development. Six female gonads were under development, four developed, and four in mature state. Ontogenetically all males were classified as complete, while females were classified as mature. Mature females were further classified as: resting mature (six gonads), advanced resting mature (four gonads), and mature (four gonads). *E. acanthistius* is a protogynus species (all fish begin as females and males develop from females that have changed sexes). Microscopic analysis of the females showed three stages of development: mature inactive, advanced mature inactive, and mature active. It was identified five phases in the oocyte developmental cycle: chromatin nucleolus, peri-nucleolus, yolk vesicles, yolk globules, and migratory nucleus. Also, three mechanisms for oocyte reabsorption: fragmented pre-vitellogenic oocytes, atresia, and yellow bodies were recognized. These three mechanisms were found on females, while males showed only yellow bodies.

## **KEYWORDS**

*Epinephelus acanthistius*, gonadal development, ovocitaria development, reproduction of grouper, Coiba National Park.

## **INTRODUCCIÓN**

Muchos autores han puesto su atención en estudios reproductivos en diferentes especies de peces de interés comercial (Dell' Arciprete *et al.*, 1987; González & Lugo, 1997, Samoilys & Roelofs, 2000, McIlwain *et al.*, 2006, Mahmoud, 2009; Oliveira *et al.*, 2011), incluso han desarrollado modelos estandarizados para la identificación de las fases del ciclo reproductivo que se utilizan comúnmente en la ciencia

pesquera (Brown-Peterson *et al.*, 2011), haciendo hincapié en que el conocimiento de los patrones sexuales, ciclos gonadales y épocas de desove en las especies objetivo, son requeridos para realizar un manejo apropiado de las pesquerías.

En especies hermafroditas, la identificación de algunos individuos, especialmente los intersexos, sólo se logra mediante el análisis histológico de las gónadas evidenciando que la microscopía es una herramienta indispensable de apoyo y validación a las evaluaciones macroscópicas y que ayuda a despejar dudas sobre la interpretación realizada por métodos macroscópicos (García-Cagide & García, 1995; Mackie & Lewis, 2001).

Los serránidos son un grupo importante en pesquerías (Aburto-Oropesa *et al.*, 2008), aportando volúmenes importantes dentro de la pesca artesanal con destino a la exportación (Vega, 2006; Vega *et al.*, 2011). A pesar de esto, es muy poco lo que se conoce sobre la biología reproductiva de las especies explotadas en el Pacífico Oriental Tropical, por lo que en el presente trabajo se describen las características macro y microscópicas de las gónadas de la cherna roja, *Epinephelus acanthistius*.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Entre septiembre de 2009 y febrero de 2010, se recolectaron las gónadas de 23 individuos de *Epinephelus acanthistius*; capturados en aguas del Parque Nacional Coiba, Pacífico de Panamá (Fig. 1). Los ejemplares capturados fueron medidos en su longitud total (cm) y pesados (g) para luego ser abiertos ventralmente para extraer las gónadas, las cuales fueron pesadas (g) y caracterizadas según color, consistencia, forma e irrigación sanguínea, para asignar los estadios de madurez a nivel macroscópico, según escala modificada a cinco criterios con base en Laevastu (1971), Dell' Arciprete *et al.*, (1987) y Mcllwain *et al.*, (2006):

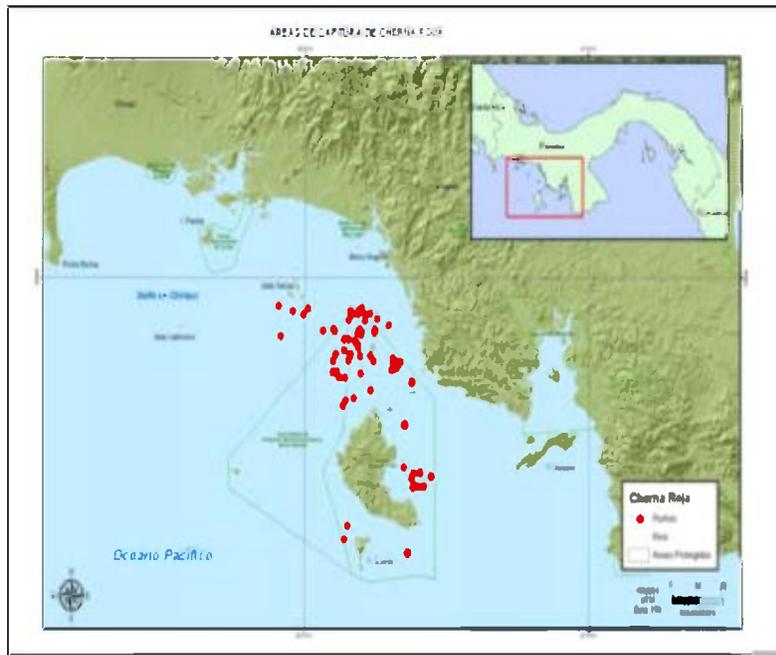


Fig. 1. Golfo de Chiriquí. Los puntos rojos indican los sitios de muestreo para la Cherna roja: *Epinephelus acanthistius*. Las muestras de gónadas fueron obtenidas de peces capturados en el Parque Nacional Coiba. Fuente Vega *et al.*, 2011.

Estadio I. (Indiferenciado): gónadas muy pequeñas, no se puede distinguir el sexo.

Estadio II. (En Desarrollo): Se puede distinguir el sexo, mediante la forma y color de las gónadas, estas son pequeñas, de consistencia flácida y ocupan  $\frac{1}{4}$  de la longitud de la cavidad abdominal.

Estadio III (Desarrollado): Ovarios anaranjados-rojizos con huevos opacos visibles a simple vista, testículos blanco-rojizos ocupando  $\frac{2}{4}$  de la cavidad abdominal.

Estadio IV (Maduro): gónadas ocupan  $\frac{3}{4}$  de la longitud total de la cavidad abdominal, ovarios de color rosáceo, amarillo o naranja, de aspecto granular con huevos transparentes a translúcidos, testículos blancos a crema.

Estadio V (Desovado): Ovas y testículos flácidos, contraídos cerca de la mitad de la cavidad abdominal; en hembras, con restos de huevos opacos y vasos sanguíneos rotos.

Posteriormente, las gónadas fueron depositadas en envases plástico y fijadas utilizando FAACC (formalina, ácido acético glacial y cloruro de calcio anhidro) (Mackie, 2000, Samoilys & Roelofs, 2000). Pasadas 24 horas, se cortó un fragmento de la sección media del lóbulo derecho de cada gónada, el cual fue deshidratado e incluido en parafina; se efectuaron cortes transversales de 3 $\mu$  de espesor y se tiñeron con hematoxilina y eosina, para la obtención de los preparados histológicos (Samoilys & Roelofs, 2000; Ferreira *et al.*, 2004).

Las placas fueron examinadas bajo la luz de un microscopio óptico en 4x, 10x y 40x y se tomaron microfotografías. La escala de madurez gonadal se confeccionó con base en los criterios para identificar los estadios de desarrollo de las hembras en *Plectropomus leopardus* donde se reconocen cinco estadios que se diferencian por el nivel de desarrollo gametogénico (Samoilys & Roelofs, 2000). El ciclo ovocitario fue descrito con base en Lucano *et al.* (2001) donde se reconocen siete estadios basados en los cambios citológicos del ovocito.

## RESULTADOS

**Macroscopía:** Se identificaron 14 hembras y nueve machos. Las gónadas de *E. acanthistius* son órganos pares, separados anteriormente y unidos en su extremo posterior, de color rosáceo translucido a anaranjado y consistencia flácida a globosa, según aumentó su grado de madurez.

**Testículos:** Los nueve machos, con longitudes entre 59.4 y 76.2 cm, presentaron sus gónadas en desarrollo (estadio 2). Los testículos fueron órganos pequeños y alargados, de consistencia muy flácida y coloración rosácea translúcida, con mínima irrigación sanguínea. El peso de la gónada osciló entre 2.2 y 5.1 g y su longitud promedio fue de 6 cm, aproximadamente (Fig. 2).

### Ovarios

**Ovario en desarrollo "2":** Seis individuos entre 41.5 y 70.2 cm de longitud total, presentaron estas gónadas. Consistieron en órganos pequeños, alargados y de color rosáceo, consistencia flácida y capilares sanguíneos poco evidentes. Las gónadas pesaron entre 0.4 y

7.2 g y midieron 4 cm, aproximadamente. No se observaron ovocitos a simple vista (Fig. 3).

**Ovario desarrollado “3”:** Se presentó en cuatro individuos entre 58.3 y 80.1 cm de longitud total. Su coloración fue anaranjada, de mayor tamaño que el estadio “2”, consistencia firme y forma elíptica. Sus pesos oscilaron entre 7.4 y 32.2 g y midieron 6.0 cm, aproximadamente. Se observaron ovocitos poliedros (Fig. 3).

**Ovario maduro “4”:** Se presentó en cuatro individuos entre 59.3 y 76.5 cm de longitud total. Estos ovarios aumentaron considerablemente su tamaño y su peso en relación a los estadios anteriores; su consistencia fue compacta y su aspecto globoso, su longitud se aproximó a 12 cm y el peso osciló entre 48.2 y 85 g. Los ovocitos se tornaron más diferenciados a los del estadio 3 y la vena ovárica se observó fuertemente pronunciada, con irrigación sanguínea prominente (Fig. 3).



Fig. 2. Estadio macroscópico en testículo de *E. acanthistius*. Estadio “2” en desarrollo. Escala modificada de Laevastu (1971) y McIlwain et al. (2006). Presentan forma alargada, consistencia flácida y mínima irrigación sanguínea.



Fig. 3. Estadios macroscópicos de los ovarios de *E. acanthistius*: estadio "2" en desarrollo, estadio "3" desarrollado y estadio "4" maduro. Escala modificada de Laevastu (1971) y McIlwain et al. (2006).

### Microscopía

**Testículos:** se observó agregación de túbulos seminíferos, revestida de epitelio germinativo en diferentes grados de espermatogénesis, lo cual sugiere un tipo de reproducción asincrónica o parcial. También se identificaron pequeñas porciones de tejido conectivo intertubular, tejido sanguíneo y fibras de tejido muscular liso dispersas. En los bordes del corte, apreciamos mayor proporción de tejido conectivo denso, también vasos sanguíneos y abundantes cuerpos amarillos. Según su desarrollo ontogenético todos los machos se clasificaron como completos (Fig. 4).

**Ovarios:** en sección transversal se observó tejido conectivo, fibras de tejido muscular liso y vasos sanguíneos que apoyan la formación de crestas o láminas llamadas lamelas, las cuales albergan numerosas ovogonias. Según su desarrollo ontogenético, las catorce hembras se consideraron maduras. En cuanto al desarrollo sexual, identificamos seis ovarios en estadio maduro inactivo, cuatro en estadio maduro inactivo avanzado y cuatro en estadio maduro activo.

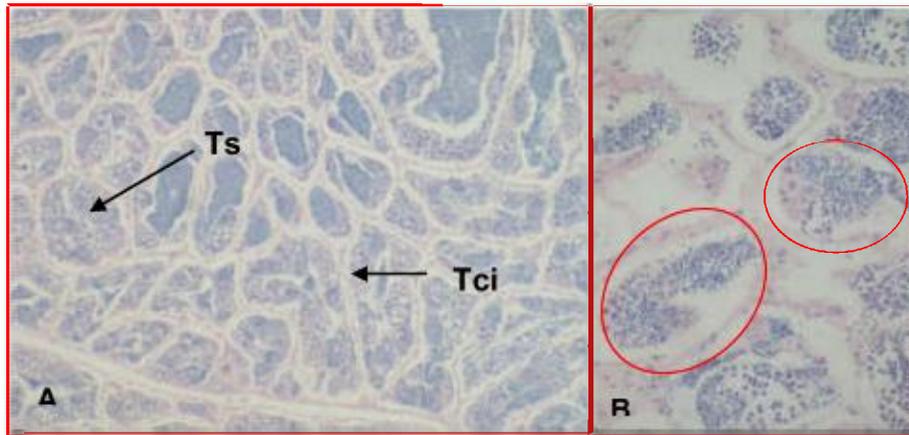


Fig. 4. Macho completo de *E. acanthistius*. A: Gónada dominada (>50%) por tejido testicular. Ts= túbulo seminífero, Tci= tejido conectivo intertubular. Objetivo: 10x. B: epitelio germinativo en diferentes grados de espermatogénesis. Objetivo 40x.

**Estadio Maduro Inactivo:** se observó únicamente ovocitos previtelogénicos de diversas formas y tamaños, embebidos en lamelas compactas y organizadas. También observamos comúnmente cuerpos amarillos y ovocitos previtelogénicos fragmentados (Fig. 5a).

**Estadio Maduro Inactivo Avanzado:** Se presentaron formas vitelogénicas incipientes y poca vitelogénesis secundaria; sin embargo, estuvieron dominados por ovocitos previtelogénicos. La expansión de las lamelas fue notoria, los cuerpos amarillos, ovocitos previtelogénicos fragmentados y ovocitos atrésicos fueron comunes pero no siempre estuvieron presentes (Fig. 5b y c).

**Estadio Maduro Activo:** se presentaron ovocitos en todos los estadios de desarrollo, sin embargo dominaron los ovocitos vitelogénicos, especialmente los glóbulos vitelinos que proliferaban por toda la gónada. También exhibieron amplias lamelas. Los ovocitos previtelogénicos fragmentados y los ovocitos atrésicos fueron comunes, mas no siempre estuvieron presentes (Fig. 5d).

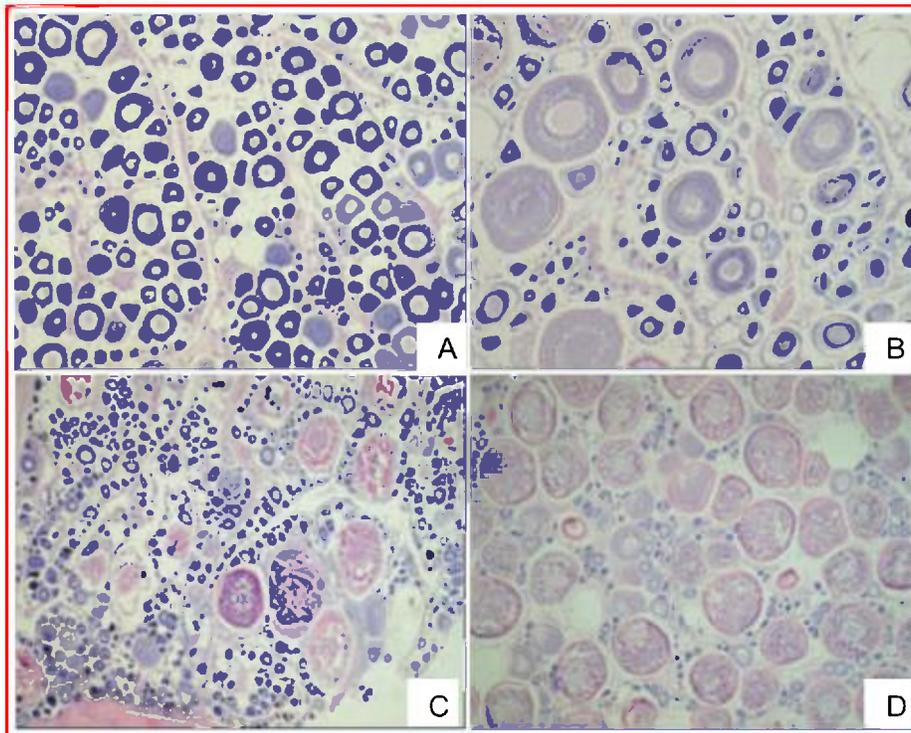


Fig. 5. Estadios microscópicos de desarrollo del ovario de *E. acanthistius*. **A:** Ovario maduro inactivo. Objetivo 10x, se observan ovocitos previtelogénicos de diversas formas y tamaños con citoplasmas muy basófilos. **B:** Ovario maduro inactivo avanzado. Objetivo 10x, posee ovocitos con formaciones vitelinas incipientes. **C:** Ovario maduro inactivo avanzado. Objetivo 4x, presenta pocos ovocitos vitelogénicos. **D:** Ovario maduro. Objetivo 4x, dominio de ovocitos en segunda fase de crecimiento.

**Ciclo ovocitario:** con base en los cambios citológicos específicos identificamos cinco fases ovogénéticas y tres formas de reabsorción ovocitaria:

**Fase 1: Ovocitos cromatina nucléolo (CN):** fueron las células más simples y de menor tamaño identificadas en los ovarios, con apariencia redondeada y basófila. Con un núcleo esférico central de gran tamaño y nucléolo central (Fig. 6a).

**Fase 2: Ovocitos Perinucléolos (PN) (tempranos PNT/ tardíos PNTA):** ovocitos de diferentes tamaños y formas (ovales, angulares), sus nucléolos se encontraban en contacto con la envoltura nuclear, el citoplasma fue homogéneo y menos basófilo que los ovocitos cromatina nucléolo. Las células foliculares fueron poco evidentes, sólo en algunas regiones se observaron sus núcleos. Estos ovocitos estuvieron presentes en los ovarios de todas las hembras y conjuntamente con los ovocitos CN abarcaron el mayor porcentaje de los ovarios de las hembras maduras inactivas (Fig. 6b).

Los perinucléolos tempranos y tardíos se diferenciaron por su grado de desarrollo, los tardíos fueron mayores en tamaño y en proliferación de nucléolos periféricos, mientras que los tempranos algunas veces se tornaron más basófilos.

**Fase 3: Ovocitos alveolos corticales (AC):** de forma esférica, con vesículas que iniciaron la deposición de sustancias en el citoplasma, nucléolos hacia la periferia del núcleo, la zona pelúcida más gruesa y las células foliculares se hicieron más evidentes. Encontramos vesículas vitelinas en los estadios: maduro inactivo avanzado y maduro (Fig. 6c).

**Fase 4. Ovocitos Glóbulos vitelinos (GV):** células grandes, de forma esférica, núcleo de contornos irregulares debido a la acumulación de reservas en el citoplasma, con unos cuantos nucléolos en su periferia, citoplasma completamente cubierto de gránulos y vesículas de vitelo con apariencia de pequeñas gotas de aceite, zona pelúcida engrosada y células foliculares bien definidas con pequeños núcleos ovoides (Fig. 6d).

**Fase 5. Núcleos migratorios (NM):** etapa más avanzada identificada en los ovarios estudiados. Los cambios ocurrieron a nivel citoplasmático, el núcleo inició su migración hacia el polo y en algunas zonas se apreció la fusión de los glóbulos vitelinos (Fig. 6e).

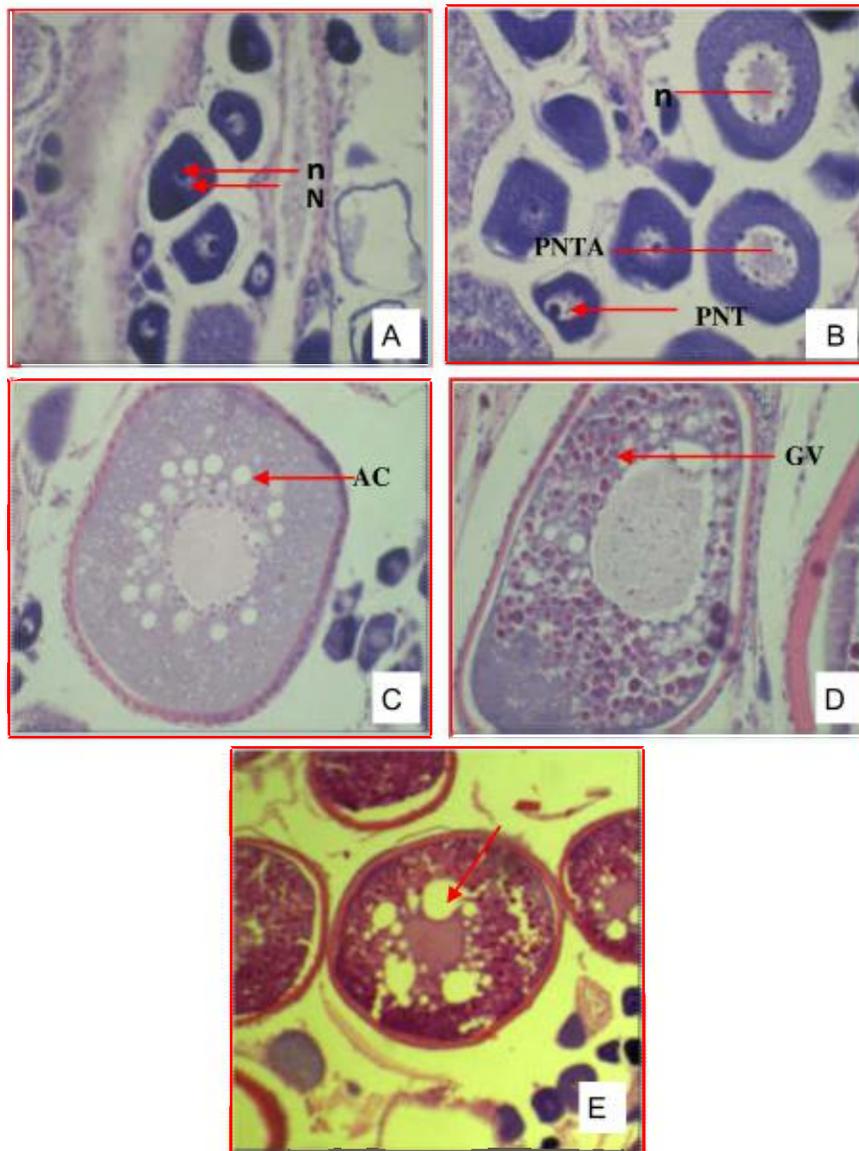


Fig. 6. Desarrollo ovocitario de *C. acanthistius* **A:** Ovocitos en fase de cromatina nucléolo (CN), citoplasma fuertemente basófilo, núcleo (N) y nucléolo (n). **B:** Ovocitos en fase de perinucleolos (tempranos -PNT) y (tardíos -PNTA) nucléolos periféricos (n). **C:** Ovocito en fase de alveolos corticales, se aprecia las vesículas (AC). **D:** Ovocito en fase de glóbulos vitelinos (GV), el citoplasma se encuentra cubierto de glóbulos de vitelo (flecha). **E:** Ovocitos en fase de núcleo migratorio. La flecha indica la gota lipídica producto de la fusión de los gránulos de vitelo. Imágenes A, B, C y D: objetivo: 40x imagen E: objetivo 10x.

**Reabsorción ovocitaria:** se observaron ovocitos en degeneración, producto de que no fueron desovados. Se presentaron cuatro diferentes casos (Fig. 7):

**Ovocitos previtelogénicos fragmentados:** se observaron restos de ovocitos perinucleólos.

**Atresia:** se caracterizó por la desintegración nuclear, disolución de la zona p **Leysi Del Carmen Díaz Madrid** elúcida y reabsorción de las vesículas y glóbulos con ovocitos vitelogénicos. Este fue un fenómeno común, observado en ovarios inactivo avanzado y maduro.

**Cuerpos amarillos:** pequeñas manchas de color amarillento y apariencia oleosa presentes en testículos y ovarios.

**Folículos post ovulatorios:** se observó un conjunto de células granulosa que presentaron diferentes grados de absorción y fueron propias del estadio activo.

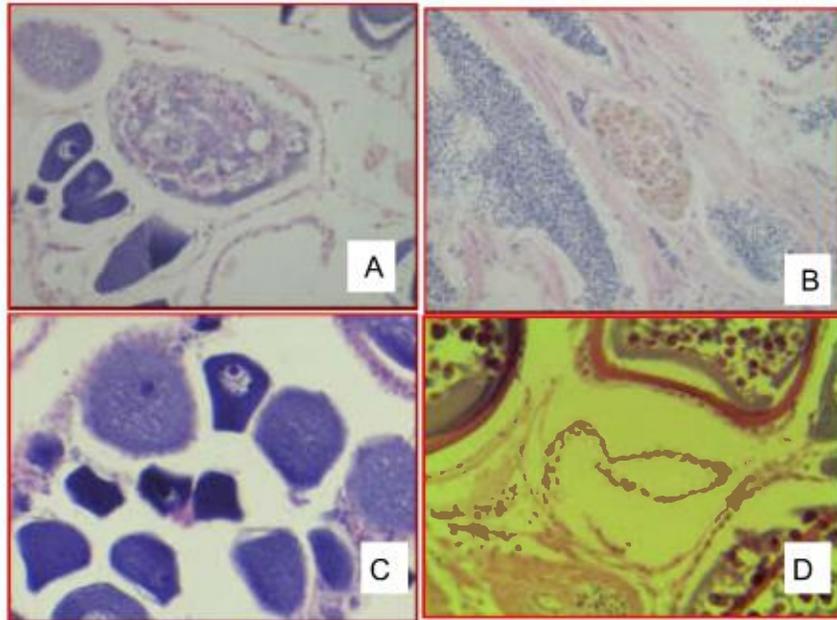


Fig. 7. Reabsorción ovocitaria. A: Atrecia, B: cuerpo café, C: Ovocitos previtelogénicos fragmentados, D: Folículo pos ovulatorio. Objetivo: 40x.

## DISCUSIÓN

*E. acanthistius* presentó desarrollo asincrónico de los ovarios y ovocitos en varios estadios de desarrollo en las gónadas, lo que la ubica como una especie con desoves parciales o fraccionados y reproducción continua (Wallace & Selman, 1981; Samoily & Roelofs, 2000). La estructura anatómica de la gónada es similar a la descrita para otras especies de serránidos (Dell' Arciprete *et al.*, 1987; Shapiro *et al.*, 1993; Erisman *et al.*, 2008) y al igual que *Cephalopholis urodeta*, posee estructuras gonadales características de especies monándricas (Nakay & Sano, 2002), las cuales no presentan machos primarios (Sadovy & Shapiro, 1987). Los testículos examinados pertenecían a machos secundarios, ya que al desarrollarse a partir de ovarios maduros conservaron la forma lamelar y el lumen. Otro aspecto a considerar es que los machos aparecieron en tallas superiores a los 40 cm de longitud total, siendo todos los individuos inferiores a esta tallas hembras (A.J. Vega: datos no publicados).

Los testículos analizados pertenecían a machos completos, puesto que estaban constituidos totalmente por tejido testicular (Adams, 1996 en Samoily & Roelof, 2000). En el caso de las hembras, los ovarios analizados pertenecían a hembras maduras, ya que exhibían rasgos de actividad reproductiva previa, tales como: paredes gonadales gruesas y reabsorción ovocitaria (Samoily & Roelofs, 2000).

Todos los ovarios que presentaron el estadio macroscópico en desarrollo, presentaron el estadio microscópico maduro inactivo y todas las gónadas que presentaron el estadio macroscópico maduro, presentaron el estadio microscópico maduro activo. Sin embargo, las gónadas que presentaron el estadio macroscópico desarrollado poseían características microscópicas intermedias a los estadios microscópicos maduros inactivo y maduro activo y por esta razón se asignó el estadio microscópico “maduro inactivo avanzado”, que coincide con lo que Mackie (200) identifica como ovario en estadio de maduración para *Epinephelus rivulatus*.

En la literatura existen diversas escalas para describir el desarrollo ovocitario en peces teleósteos, donde todas concuerdan en el crecimiento progresivo del ovocito y en los cambios estructurales que ocurren en dicha célula (Samoily & Roelofs, 2000; Lucano *et al.*,

2001; Shein *et al.*, 2004; Mahmoud, 2009). No obstante, difieren en el número de fases representadas, lo que se atribuye a las derivaciones tempranas o tardías de las fases descritas por los autores. Así, existen clasificaciones de nueve fases en *Plectropomus leopardus* (Samoilys & Roelofs, 2000), siete para *Lutjanus peru* y *Epinephelus septemfasciatus* (Lucano *et al.*, 2001; Shein *et al.*, 2004) y seis para *Epinephelus aerolatus* y *Lethrinus nebulosus* (Mahmoud, 2009). Basado en los trabajos mencionados, las fases de desarrollo propuestas para *E. acanthistiis* son seis (cromatino nucleolar, perinucleolar, vesículas vitelinas, glóbulos vitelinos, núcleos migratorios y ovocitos hidratados) de las cuales observamos cinco.

### **CONCLUSIONES**

La caracterización de los estadios micro y macroscópicos de las gónadas permite establecer criterios para reconocimiento de hembras y machos a través de la revisión macroscópica de las gónadas y poder interpretar con mayor precisión la relación entre lo observado macroscópicamente y las características del desarrollo gonadal y ovocitario. En este sentido, la descripción presentada permitió mayor certeza en los análisis cualitativos de los estudios reproductivos en una especie hermafrodita.

### **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación se realizó gracias al financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt), la Fundación Marviva y Conservación Internacional, dentro del marco del proyecto “Estudios biológico pesqueros en el Golfo de Chiriquí”. Se agradece a la Dra. Celia Eva Cotero, del Centro de Investigación Pesquera de Ensenada, México por la verificación de las descripciones microscópicas de las gónadas. Igualmente se agradece a los técnicos de campo Fernando Quezada y Olmedo Quintero, así como a las empresas exportadores en Puerto Remedios, Chiriquí por facilitar el uso de sus instalaciones.

## REFERENCIAS

- Aburto-Oropeza, O., B. Erisman, V. Valdéz-Ornela & G. Danemann. 2008. Serránidos de Importancia Comercial del Golfo de California: Ecología, Pesquerías y Conservación. Ciencia y conservación. Volumen 2008 (1): 1-23.
- Brown-Peterson, N., D. Wyanski, F. Saborido-Rey, B. Macewicz & S. Lowerre-Barbieri. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, management, and Ecosystem Science* 3: 52-70.
- Dell' Arciprete, P. H. E. Christinsen & J. M. Díaz De Astarloa. 1987. Observaciones sobre el ciclo reproductivo del mero, *Acanthistius brasiliensis* (Serranidae, Pisces). *Rev. Invest. Des. Pesq.* 7: 67-84.
- Erisman, B. E., J. A. Rosales-Casián & P. A. Hastings. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environ. Biol. Fish.*, 82: 23-33.
- Ferreira, T. S., B. F. Padovani & P. I. Pereira. 2004. Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 2(1): 19-30.
- García-Cagide, A. & T. Garcia. 1995. Reproducción de *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca venenosa* (Pisces: Serranidae) en la plataforma cubana. *Rev. Biol. Trop.* 44(2) B 771-780.
- González, L & T. Lugo. 1997. Ovogénesis de *Lutjanus purpureus* Poey, 1867 (Pisces: Lutjanidae) de la región Oriental de Venezuela. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 26, 53-60.
- Laevastu, T. 1971. Manual de métodos de biología pesquera. Editorial Acribia, España. FAO, 243 p.
- Lucano, G., M. Villagrán, S. Ramírez & T. López. 2001. Histología de los ovocitos de *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1992) (Pisces: Lutjanidae). *Ciencias Marinas* 27(3): 335-349.

Mackie, M. 2000. Reproductive biology of the halfmoon grouper, *Epinephelus rivulatus*, at Ningaloo Reef, Western Australia. *Environmental Biology of Fishes*, 57: 363-376.

Mackie, M. & P. Lewis. 2001. Assessment of gonad staging systems and other methods used in the study of the reproductive biology of narrow-barred Spanish mackerel, *Scomberomorus commerson*, in Western Australia. *Fish. Res. Rep. West. Aust.*, 136: 1-32.

McIlwain, J., G. V. Hermosa, M. Claereboudt, H. S. Al-Oufi & M. Al-Awi. 2006. Spawning and reproductive patterns of six exploited finfish species from the Arabian Sea, Sultanate of Oman. *Journal of Applied Ichthyology*, 22 (2): 167–176.

Mahmoud, H. 2009. Gonadal maturation and histological observations of *Epinephelus areolatus* and *Lethrinus nebulosus* in Halaieb/Shalatién area “Red Sea”, Egipt. *Global Veterinaria*, 3 (5): 414-423.

Nakay, T. & M. Sano. 2002. Evidence of protogynous hermaphroditism in the darkfin hind *Cephalopholis urodeta* (Serranidae) at Iriomote Islan, southern Japan. *Fisheries science*, 68: 697-699.

Oliveira, M., R. Leao De Moura, R. Bastos, F. Filho & C. Minte-Vera. 2011. Spawning patterns of commercially important reef fish (Lutjanidae and Serranidae) in the tropical western South Atlantic. *Scientia Marina* 75 (1).

Sadovy, Y. & D. Shapiro. 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia*, 1: 136-156.

Samoilys, M. A. & A. Roelofs. 2000. Defining the reproductive biology of a large serranid, *Plectropomus leopardus*. *CRC Reef Research Technical Manual* 31, 36pp.

Shapiro, D. Y., Y. Sadovy & M. A. McGehee. 1993. Periodicity of sex change and reproduction in the red hind, *Epinephelus guttatus*, a protogynous grouper. *Bulletin of Marine Science*, 53 (3), 1151-1162.

Shein, N. L., H. Cruda, T. Arakawa, K. Mizuno & K. Soyano. 2004. Ovarian development and final oocyte maturation in cultured sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus*. Fisheries science, 70: 360-365.

Vega, A. J. 2006. Estado de las pesquerías en el Parque Nacional Coiba y en la zona de influencia. Consultoría para el Plan de Manejo del PNC. ANAM – STRI. Panamá. 34 p.

Vega, A.J., Y.A. Robles P. & R. Cipriani. 2011. Estudios biológico pesqueros en el Golfo de Chiriquí, Pacífico de Panamá. Informe final de investigación. UP-Senacyt-Marviva-CI. 311 p.

Wallace, R. & K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleost. Rev. Amer. Zool. 21:325-343.

*Recibido abril de 2012, aceptado agosto de 2012.*



## EPIDEMIOLOGÍA MOLECULAR DE AISLADOS CLÍNICOS DE *Pseudomonas aeruginosa* EN EL COMPLEJO METROPOLITANO HARMODIO ARIAS MADRID

Yamilka Díaz<sup>1</sup>, José Ángel Núñez<sup>1</sup>, Brenda de Mayorga<sup>1</sup>, Fidel Jaramillo<sup>2</sup>, Olga Chen<sup>2</sup>, M. de Paredes<sup>3</sup>, Magaly de Chial<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Depto. de Microbiología y Parasitología. <sup>2</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Depto. De Genética y Biología Molecular.

<sup>3</sup>Complejo Hospitalario Arnulfo Arias. Caja del Seguro Social.

contacto: Magaly de Chial. Tel. 69117688. email:msdechial@yahoo.com.mx

### RESUMEN

Para el estudio de la epidemiología molecular de *Pseudomonas aeruginosa* se obtuvieron 53 aislados de diferentes áreas anatómicas de pacientes del Complejo Metropolitano Harmodio Arias Madrid de la Caja del Seguro Social. Los aislados de *P. aeruginosa* fueron obtenidos durante un periodo de 1 año y fueron identificados fenotípicamente mediante el perfil bioquímico obtenido con la prueba de API 20NE (Bio Mérieux, Bruselas, Bélgica) y la sensibilidad de las cepas a antibióticos mediante un antibiograma que verificó la sensibilidad a estos. El diagnóstico molecular se realizó utilizando los genes de los receptores de pioverdina *fpvA*, los cuales fueron amplificados mediante la técnica de Multiplex-PCR. Los resultados en este estudio demostraron la baja sensibilidad de las pruebas fenotípicas ya que 39 aislados de un total de 53 pudieron ser identificados como *P. aeruginosa* por medio del sistema API 20E representando un 74% de las cepas analizadas. Igualmente mediante los antibiogramas se encontraron diferencias en la susceptibilidad a los agentes antimicrobianos y que reflejan cambios importantes en el perfil de susceptibilidad antimicrobiana a quinolonas. Todos los aislados fueron identificados con algunos de los genes de los receptores de pioverdina. La disponibilidad las secuencias de los receptores de pioverdina *fpvA* de *P. aeruginosa* han permitido estandarizar una técnica rápida para el siderotipaje de las cepas y sobre todo para cepas que no producen pioverdina y que por ende no pueden detectarse a través de métodos de cultivo convencionales. Esta técnica en este estudio ha demostrado su mayor especificidad y rapidez, en comparación con la prueba de API 20NE y el antibiograma.

## **PALABRAS CLAVES**

*P. aeruginosa*, epidemiología molecular, API 20 NE, antibiograma, genes de receptores de pioverdina.

## **ABSTRACT**

To study the molecular epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa*, 53 isolates from different anatomic areas from patients of the Complejo Metropolitano Armodio Arias Madrid de la Caja del Seguro Social, were obtained and analyzed. The isolates of *P. aeruginosa* were obtained during a period of 1 year and were phenotypically identified by biochemical analysis carried out with the API 20NE (Bio Merieux, Brussels, Belgium) and antibiotic sensitivity of the strains as well. Molecular diagnosis was performed using Multiplex-PCR of the pyoverdin receptor genes FPVA. This study showed low specificity of phenotypic tests in use since 39 isolates from a total of 53 could not be identified as *P. aeruginosa* by using the API 20E system, representing 74% of the strains tested. Differences in susceptibility to antibiotics were found compare to previous studies, especially major changes in the antimicrobial susceptibility profile of quinolones were observed. All isolates were identified with any of the pyoverdin receptor genes. The availability of sequences of the pyoverdin receptor *fpvA* genes of *P. aeruginosa* allowed us to standardize a rapid technique for the siderotyping of all the isolated strains. This is extremely important for strains that do not produce pyoverdin, which cannot be detected by conventional culture methods. Our study showed that this test has demonstrated to be specific and rapid, when it was compared with the API 20NE test and the conventional antimicrobial sensitivity tests.

## **KEYWORDS**

*P. aeruginosa*, molecular epidemiology, API 20 NE, antibiogram, pyoverdine receptor genes.

## **INTRODUCCIÓN**

*Pseudomonas aeruginosa* es una bacteria gram negativa aeróbica, con forma de bastón y con un flagelo ubicado polarmente. Dentro del grupo de bacterias pseudomonales fluorescentes, pertenecientes al grupo I de ARNr, es la única reconocida como patógeno humano (De Vos *et al.*, 2001). *P. aeruginosa* es un microorganismo ubicuo en el ambiente y el mayor patógeno oportunista en los nosocomios. Es un patógeno oportunista en ciertos pacientes inmuno-comprometidos como fibrosis cística, quemados, infecciones nosocomiales y cáncer (Speert, 2002; Pirmay *et al.*, 2000, 2002; Campana *et al.*, 2004). Posee la habilidad de colonizar una gran cantidad de nichos y utilizar una gran cantidad de compuestos

ambientales como fuente de energía (Lyczak *et al.*, 2000; Goldberg, 2000).

Los brotes de infecciones nosocomiales constituyen un serio problema en los centros médicos. Aunque los hongos, virus y parásitos pueden causar estas infecciones, las bacterias constituyen la causa principal de éstas. En los hospitales el uso de catéteres, ventiladores, desinfectantes e instrumentos médicos proveen un medio óptimo para la adquisición de infecciones nosocomiales de manera que los esfuerzos para prevenir y controlar el problema son difíciles de lograr. En adición la emergencia de cepas multiresistentes a drogas complica el control de la infección nosocomial (Aendekerk *et al.*, 2005).

*P. aeruginosa* es naturalmente resistente a muchos antimicrobianos de uso habitual en la práctica clínica, debido a la barrera de permeabilidad ofrecida por su membrana externa de lipopolisacáridos, plásmidos de resistencia antimicrobiana, y otros factores como las alteraciones de las topoisomerasas, alteraciones de las porinas y bombas de eflujo (Vila J., 2002; Aendekerk *et al.*, 2005).

Las infecciones graves y nosocomiales por *P. aeruginosa* requieren generalmente un tratamiento antimicrobiano asociado con el fin de lograr un mayor efecto bactericida y reducir la aparición de resistencia a ellos. Los antimicrobianos con efecto antipseudomonal incluyen aminoglucósidos (amikacina, gentamicina), cefalosporinas de 3ª (ceftazidima, cefoperazona) y 4ª generación (cefepime), monobactámicos (aztreonam), carbapenemos (imipenem, meropenem), fluoroquinolonas (ciprofloxacina) y penicilinas de espectro ampliado (ticarcilina, carbenicilina, ticarcilina/ácido clavulánico, piperacilina, piperacilina/tazobactam, mezlocilina) (Silva *et al.*, 1995, Zambrano & Herrera, 2004).

En países industrializados las infecciones nosocomiales afectan un 5-10% de pacientes hospitalizados (2 millones de pacientes/año en Estados Unidos) y tienen un impacto considerable en términos de la Salud Pública (contribuyendo al incremento de la morbilidad y mortalidad). En términos económicos consumen de un 15-20% del presupuesto del hospital, sobre todo porque una bacteria que haya sido adquirida durante hospitalización y que ha desarrollado resistencia a drogas puede permanecer en el paciente por mucho tiempo.

El diagnóstico de *P. aeruginosa* se realiza usualmente a través de técnicas de tipificación fenotípica. Esta bacteria ha sido caracterizada fenotípicamente mediante técnicas como el API 20E (Biomerieux, Bruselas, Bélgica), por su perfil de sensibilidad a los antibióticos y mediante pruebas de serotipaje entre otras. Aunque las técnicas de tipificación fenotípicas son útiles para entender la epidemiología de las infecciones agudas, éstas están limitadas por su capacidad discriminatoria y por su incapacidad para agrupar aislados bacterianos que no están relacionados fenotípicamente pero que son genéticamente homólogos.

Las técnicas de tipificación molecular son altamente específicas y son útiles para diferenciar cepas de pacientes con infecciones crónicas en donde el fenotipo bacteriano es variable (Speert, 2002). Entre los métodos moleculares usados para tipificar *P. aeruginosa* están los elementos repetitivos basados en PCR, PFGE, enzimas de restricción, ribotipificación, y RFLP (Speert, 2002). Recientemente se ha utilizado con éxito la técnica de Multiplex-PCR con secuencias parciales de los genes de receptores de pioverdina para la tipificación molecular de esta bacteria (de Chial, *et al.*, 2003, Winstanley *et al.*, 2005, Osayande, 2009, Pozuelo *et al.*, 2010).

*P. aeruginosa*, bajo condiciones limitantes de hierro, produce agentes quelantes de hierro llamados sideróforos (Neiland, 1982). La pioverdina es el principal sideróforo debido a su gran afinidad por el ión férrico. Se han identificado tres pioverdinas estructuralmente diferentes y para cada una de ellas es requerido un receptor específico (Cornelis *et al.*, 1989, Budzikiewicz, 1993, 1998, 2001, Cornelis *et al.*, 2002). La pioverdina es esencial para la virulencia de *P. aeruginosa* en ratones modelo con quemaduras (Litwin *et al.*, 1993, Meyer *et al.*, 1996, Hanfield *et al.*, 2000). Recientemente, secuencias de los genes del receptor de la ferripioverdina permitieron apreciar su conservación entre diferentes aislados clínicos usando un PCR multiplex (de Chial *et al.*, 2003). Cada cepa probada parece producir solamente un único receptor lo que significa que sus genes son conservados (Meyer *et al.*, 1997, Poole *et al.*, 1993).

Esta observación permite una rápida identificación de aislados de *P. aeruginosa* que inclusive no producen pioverdina como por ejemplo aquellas observadas en cepas de fibrosis cística (de Chial *et al.*, 2003). Así, al usar marcadores moleculares de estos receptores la determinación del genotipo podría ser altamente específica, porque como regla general todas

las cepas pertenecientes a un grupo genómico bien definido producen una pioverdina idéntica (Fuchs *et al.*, 2001, Meyer, 2000 y Meyer *et al.*, 2002). En Panamá existe la necesidad de iniciar estudios epidemiológicos moleculares para caracterizar las diferentes cepas de *P. aeruginosa*. Estudios polifásicos basados en pruebas de susceptibilidad a antibióticos y la utilización de genes de pioverdina como marcadores moleculares, podrían ser una herramienta sumamente útil para determinar que cepas de *P. aeruginosa* son responsables de brotes infecciosos en pacientes ingresados en el Hospital de la Caja de Seguro Social así como a otras instituciones de salud.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Análisis Microbiológico:** Las bacterias fueron aisladas de muestras clínicas por medio de procedimiento estándares durante el año 2006. Cincuenta y tres muestras mixtas de *P. aeruginosa* provenientes del Laboratorio de Microbiología de la Caja de Seguro Social fueron analizadas. Inicialmente los aislados fueron sembrados en Agar Cetrimida (AC) (Scharlau Chemie S.A., España) específico para *P. aeruginosa* y en Agar Acido Casamino Bacto (CAA) (Becton, Dickinson Company, Estados Unidos) para la producción de pioverdina, por 24 horas a 37°C. Todas las cepas fueron almacenadas en el medio CAA con glicerol al 50%.

Igualmente las cepas fueron identificadas mediante el perfil bioquímico obtenido con la prueba de API 20NE (Bio Mérieux, Bruselas, Bélgica). El sistema API 20 NE cubre 61 taxa de bacterias gram-negativas, no enterobacterias. La prueba fue realizada de acuerdo a las instrucciones del fabricante (Bio Mérieux, Bruselas, Bélgica). La asimilación de los sustratos fue leída después de 24 a 48 horas. La interpretación de los resultados fue realizada después de 48 horas utilizando el software de identificación, versión 6.0. Las cepas fueron clasificadas a nivel de especie, género o no identificación (baja discriminación). De acuerdo a las instrucciones del fabricante la identificación de las cepas a nivel de especies fue dividida en cuatro subgrupos: excelente ( $\geq 99\%$  de identificación y valor de T de  $\geq 0.75$ ); muy buena identificación ( $\geq 99\%$  de identificación y valor de T de  $\geq 0.5$ ); buena ( $\geq 90\%$  de identificación y valor de T de  $\geq 0.25$ ); aceptable ( $\geq 80\%$  de identificación y valor de T de  $\geq 0.00$ ).

La sensibilidad de las cepas fue realizada mediante un antibiograma que verifica la susceptibilidad o resistencia a los antibióticos como: Amikacina, Aztreonam, Cefepime, Ceftazidime, Ciprofloxacina, Imipenem, Meropenem, Piperacilina, Piperacilina-Tazobac y Tobramycin.

**Detección Molecular:** La extracción de ADN se realizó de acuerdo a la metodología para bacterias gram negativas de Chen y Kuo (1993). El Multiplex-PCR fue realizado con 3 juegos de cebadores necesarios para la identificación de los genes de los tres tipos de receptores de pioverdina en *P. aeruginosa* (de Chial *et al.*, 2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis Microbiológico y Molecular:** Cincuenta y tres cepas de *Pseudomonas aeruginosa* fueron aisladas de diferentes partes del cuerpo de pacientes hospitalizados en el Hospital del Complejo metropolitano Harmodio Arias Madrid (Cuadro 1). Todas las cepas crecieron en Agar AC y en el Agar CAA crecieron las cincuenta y tres cepas y solo seis cepas no produjeron pioverdina en este último (Cuadro 1).

La designación de *P. aeruginosa* utilizando la prueba fenotípica de API 20E (Bio Mérieux, Bruselas, Bélgica) fue posible para 39 del total de los 53 (74%) aislados categorizada como excelente, muy buena, buena y aceptable. Catorce de las muestras no fueron identificadas como *P. aeruginosa* (Cuadro 1). Aunque este sistema fenotípico ha contribuido a un manejo más efectivo de los pacientes, permitiendo la identificación de la bacterias de relevancia clínica rápida y específica, tienen ciertas limitaciones: (i) no todas las cepas dentro de especies pueden exhibir una característica en particular, (ii) la misma cepa puede exhibir resultados diferentes al repetir la misma prueba y (iii) las base de datos correspondientes son limitadas. Específicamente, bacterias no fermentadoras obtenidas de pacientes con fibrosis cística pueden ser problemáticas debido a las variaciones fenotípicas y tasa de crecimiento baja debido a la presión antimicrobiana significativa que estos organismos encuentran en los pulmones de estos pacientes (Bosshard *et al.*, 2006).

Para la prueba de susceptibilidad a antibióticos la tabla 2 muestra sensibilidad de los 53 aislados investigados. Para las pruebas de antibiograma se utilizaron ocho antibióticos: Para la amikacin los aislados mostraron un 75.47% de susceptibilidad y un 24.53% de resistencia que contrastan con los resultados encontrados (Zambrano & Herrera, 2004) que reportaron un porcentaje de resistencia de *P. aeruginosa* para amikacin de 36.8%. Para Cefepime, hubo un 69.56% de susceptibilidad y un 8.69% de resistencia, en cambio para Ceftazidime hubo un porcentaje de resistencia de 23.07%. La Ciprofloxacina es una quinolona para la cual en 1994 Silva *et al.* encontraron una baja resistencia en 64 cepas de *P. aeruginosa* aisladas en dos centros hospitalarios; en cambio Zambrano & Herrera (2004), observó una baja susceptibilidad frente a este antimicrobiano, sin embargo nuestros resultados fueron de un 33.96% de resistencia y un 63.06% de susceptibilidad. Tales diferencias con respecto a nuestros resultados evidencian cambios importantes en el perfil de susceptibilidad antimicrobiana a quinolonas; siendo la Ciprofloxacina el antibiótico al que los aislados de *P. aeruginosa* mostraron mayor resistencia, de todos los utilizados en este estudio. Nuestros aislados mostraron una baja resistencia a Imipenem (17.30%), así como a Meropenem (15.21%), siendo este último antibiótico al que *P. aeruginosa* presentó mayor susceptibilidad (82.60%). Para Piperacilina y Piperacilina-Tazobac, los aislados mostraron un porcentaje de resistencia de 28.84% y 28% respectivamente. En un estudio previo Piperacilin-Tazobac presentó una resistencia de 6.8% (López *et al.*, 2002), la cual es mucho mas baja que la obtenida en este trabajo.

Los patrones de susceptibilidad a agentes antimicrobianos tienen poco poder de discriminación debido a que la resistencia antimicrobiana está bajo una tremenda presión selectiva en las instituciones de salud y a que frecuentemente está asociada con elementos genéticos móviles (transposones, plásmidos). Cambios en el antibiograma también pueden reflejar mutaciones puntuales espontáneas como las que han sido observadas para fluoroquinolonas. De manera que algunos aislados que están epidemiológicamente relacionados y son genéticamente indistinguibles pueden manifestar diferentes susceptibilidades antimicrobianas debido a la adquisición de nuevo material genético en el tiempo o pérdida de plásmidos. Contrariamente, aislados no relacionados pueden tener perfiles de

resistencia indistinguibles, que pueden representar la adquisición del mismo plásmido por especies múltiples (Tenover *et al.*, 1997).

La tipificación molecular del receptor de Pioverdina de los 53 aislados revela que el alelo más común es *fpvA I* (24 aislados, 45%) y *fpvAIII* (20 aislados, 38%). Esta distribución de los tipos de pioverdina entre los aislados se diferencia de las anteriormente reportados donde el fenotipo de más alto nivel de prevalencia fue el de tipo II de pioverdina (De Vos *et al.*, 2001, Pirnay *et al.*, 2002, Winstanley *et al.*, 2005) mientras que en este estudio solo 9 aislados (17%) presentaban el gen para *fpvAIII*. En estos estudios la explicación concerniente a esta particularidad en la frecuencia mayoritaria del tipo II de pioverdina o bien la ausencia de aislados que producen el tipo III de pioverdina se debió a la prevalencia de un tipo particular de clon que circulaba en el ambiente hospitalario (De Vos *et al.*, 2001). La presencia de clones negativos para la producción de pioverdina se debe a la preferencia en estos pacientes por este tipo de clon y la adquisición de hierro ocurre entonces a través de otro sideróforo de menor afinidad por el hierro que es pioquelina una vez que el receptor está presente (De Vos *et al.*, 2001).

La disponibilidad de estas secuencias de los receptores de pioverdina *fpvA* de *P. aeruginosa* (de Chial, *et al.*, 2003) han permitido entonces estandarizar una técnica rápida para el siderotipaje de las cepas y sobre todo para cepas que no producen pioverdina y que por ende no pueden detectarse a través de métodos de cultivo convencionales. La especificidad, rapidez y sensibilidad de esta técnica se ha demostrado en este estudio en comparación con la prueba de API 20NE y el antibiograma. En los resultados obtenidos se puede apreciar esto ya que en las pruebas fenotípicas, un 27% de las cepas analizadas no son reconocidas como *P. aeruginosa*, mientras que al ser analizadas molecularmente, presentan uno de los tres genes que se están amplificando.

Se hace necesario entonces la implementación de esta técnica en nuestros centros hospitalarios como una técnica exacta y rápida para la identificación de *P. aeruginosa*.

**Cuadro 1.** Crecimiento de las cepas en los medios utilizados para su identificación (AC y CAA), resultados obtenidos en la prueba API 20E y de la identificación con los genes *fpvA*. El número de código asignado según registros en el Hospital. P+ (secreción de pioverdina); P- (no secreción de pioverdina).

Nº de muestra	Código	Agar cetrinida (AC)	Casaminosida CAA	API 20E	Receptor FPVA	Parte Anatómica
1	106	P-	P+	+	2	Úlcera pie
2	10732	P-	P+		1	Tejido muñón
3	10692	P+	P+		2	Catéter
4	318	P-	P+		3	Úlcera
5	320	P-	P-		1	Secreción Endotraqueal
6	355	P-	P+		2	Úlcera Pie
7	471	P-	P+	+	3	Secreción Endotraqueal
8	465	P-	P-	0%*	1	Secreción Bronquial
9	502	P-	P+	0%	3	Secreción Endotraqueal
10	586	P+	P+	+	3	Catéter Femoral
11	663	P+	P+	+	1	Secreción herida quirúrgica
12	793	P+	P+	0%*	3	Fisura Faringocutánea
13	831	P-	P+	+	3	Secreción Endotraqueal
14	1296	P+	P+	+	3	Secreción herida quirúrgica
15	1333	P+	P+	+	1	Úlcera corneal
16	1352	P-	P-	+	1	Secreción nasal
17	1290	P+	P+	+	1	Catéter Femoral
18	1282	P-	P-	+	3	Secreción Gastrostomía
19	1377	P-	P-	+	3	Secreción herida
20	1477	P+	P+	+	3	Punta de catéter
21	1368	P-	P-	+	1	Secreción oído derecho
22	1365	P-	P+	+	3	Herida Pie
23	1504	P-	P-	+	2	Secreción endotraqueal
24	1517	P-	P+	+	1	Secreción pie
25	1638	P-	P+	+	3	Orina
26	1424	P-	P-	0%*	1	Espujo
27	1655	P-	P+	+	1	Úlcera pie
28	1617	P+	P+	+	1	Secreción orificio de Catéter
29	1891	P-	P-	+	2	Secreción Endotraqueal
30	2140	P-	P-	+(0%)	3	Punta de catéter
31	2142	P-	P-	+	3	Secreción de Herida Quirúrgica
32	2150	P-	P+	+	2	Secreción Tobillo

33	2176	p-	P+	+	1	Catéter venoso Central
34	2196	p-	P+	+	3	Secreción Endotraqueal
35	2206	p-	P-	+	1	Úlcera Maleolar
36	2251	p-	P-	+	3	Biopsia de hueso
37	2270	p-	P-	+(0%)	2	Secreción de Tobillo
38	2275	P+	P+	+	3	Secreción de Tobillo derecho
39	2256	p-	P+	+	3	Catéter Venoso
40	2400	p-	P+	+	3	Secreción de pie
41	2599	p-	P-	0%*	1	Secreción Gastrostomía
42	2674	p-	P-	0%	1	Secreción Herida Quirúrgica
43	2883	P+	P-	0%*	1	Secreción ocular
44	2897	P+	P+	+	3	Catéter Venoso
45	3456	P+	P-	0%*	1	Secreción de pie
46	3471	P+	P-	+	1	Secreción Endotraqueal
47	3489	P+	P-	+	1	Secreción Endotraqueal
48	3526	P+	p-	0%	1	Secreción pie izquierdo
49	3529	P+	P-	0%	1	Secreción de orificio peritoneal
50	3598	P+	P+	0%	2	Secreción Herida Quirúrgica
51	3602	p-	P+	0%	2	Herida Abdominal
52	2635	p-	P+	+	1	Úlcera de pie
53	1665	P+	P+	+	1	Secreción pie izquierdo

Cuadro 2. Susceptibilidad de los aislados clínicos de *P. aeruginosa* a diferentes antibióticos.

# muestra	AMK	AZI	CEF	CEFT	CU	WAP	MER	FP	PIP	ICGA	Parte Anatómica
1	16%	30.2%	-	12%	4%	<0.5%	-	>25%	-	3%	Úlcera de pie
2	>64%	>32%	-	>72%	>4%	>1%	-	>25%	-	>1%	Tejido Músculo
3	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	-	Catéter
4	>64%	30.2%	-	>32%	>4%	>16%	-	>25%	-	>1%	Úlcera
5	>64%	-	16%	16%	>4%	16%	16%	<0.5%	32%	-	Secreción Endotraqueal
6	>64%	-	8%	16%	4%	>1%	>16%	>25%	4%	-	Úlcera Pie
7	<0.5%	-	16%	<0.5%	>4%	8%	8%	<0.5%	16%	-	Secreción Endotraqueal
8	<0.5%	-	>32%	>8%	>4%	<0.5%	<0.5%	>25%	>12%	-	Secreción Bronquial
9	<0.5%	-	16%	<0.5%	>4%	8%	>16%	<0.5%	16%	-	Secreción Endotraqueal
10	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	-	Catéter Femoral
11	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	-	Secreción de Herida quirúrgica
12	8%	4%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	-	<0.5%	-	<0.5%	Fibra Faringocutánea
13	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	>4%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	-	Secreción Endotraqueal
14	>64%	-	16%	16%	>16%	8%	<0.5%	32%	16%	-	Secreción de Herida quirúrgica
15	>2%	-	16%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	64%	64%	-	Úlcera corneal
16	<0.5%	-	8%	<0.5%	>4%	<0.5%	<0.5%	>25%	>12%	-	Secreción nasal
17	<0.5%	-	16%	16%	<0.5%	<0.5%	4%	64%	64%	-	Catéter Femoral
18	<0.5%	-	16%	16%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	-	Secreción Gastrointestinal
19	<0.5%	-	8%	<0.5%	<0.5%	>16%	>16%	<0.5%	32%	-	Secreción larval
20	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	-	Punta de catéter
21	>64%	>32%	-	>32%	4%	>1%	-	>25%	-	>1%	Secreción oído derecho
22	<0.5%	-	<0.5%	16%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	>25%	32%	-	Herida de Pie
23	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	-	Secreción endotraqueal
24	<0.5%	-	16%	<0.5%	>4%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	32%	-	Secreción pie
25	-	-	-	-	<0.5%	-	-	-	-	<0.5%	Oreja
26	>64%	-	>64%	>32%	>4%	>1%	>16%	>25%	64%	-	Esputo
27	>64%	-	>32%	>32%	>4%	>1%	<0.5%	>25%	>12%	-	Úlcera pie
28	<0.5%	-	8%	<0.5%	7%	<0.5%	>12%	16%	16%	-	Secreción Orificio de Catéter
29	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	32%	-	Secreción Endotraqueal
30	8%	-	<0.5%	>32%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	>25%	64%	-	Punta de catéter
31	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	16%	-	Secreción Herida quirúrgica
32	32%	-	16%	16%	<0.5%	<0.5%	>2%	>25%	32%	-	Secreción tobillo
33	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	16%	-	Catéter Venoso Central
34	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	32%	-	Secreción Endotraqueal
35	>64%	-	16%	>32%	>4%	<0.5%	<0.5%	16%	32%	-	Úlcera-Maleolar
36	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	-	Ritopía de hueso
37	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	>4%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	-	Secreción de tobillo
38	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	16%	32%	-	Secreción de Tobillo derecho
39	<0.5%	-	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	-	Catéter Venoso
40	<0.5%	-	8%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	32%	32%	-	Secreción -pie

41	<4a	-	<4a	<3a	<0.5a	<4a	<4a	>250a	10a	-	Secreción- Quintrotomía
42	<4a	-	<4a	<5a	<0.5a	<4a	<4a	16a	16a	-	Sec. Herida Quirúrgica
43	8a	<4a	-	<3a	<0.5a	<4a	-	<3a	-	1a	Secreción ocular
44	<4a	-	<4a	<3a	<0.5a	<4a	<4a	<4a	10a	-	Canal Venoso
45	<4a	-	<4a	<5a	>4a	<4a	<4a	<4a	10a	-	Secreción pie
46	<3a	-	4a	<5a	<0.5a	<4a	<4a	16a	10a	-	Secreción Endotracheal
47	<4a	-	<4a	<3a	<0.5a	<4a	<4a	16a	10a	-	Secreción Endotracheal
48	16a	-	16a	>5a	>4a	<4a	<4a	>250a	64a	-	Sec.pie izquierdo
49	<3a	-	<4a	<4a	<0.5a	<4a	<4a	16a	10a	-	Secreción Orificio peritoneal
50	<4a	-	<4a	<4a	<0.5a	<4a	<4a	<4a	16a	-	Secr. Herida quirúrgica

## REFERENCIAS

Aendekerck, S., SP. Diggle, Z. Song, N. Høiby, P. Cornelis, P. Williams & M. Cámara. 2005. The MexGHI-OpmD multidrug efflux pump controls growth, antibiotic susceptibility and virulence in *Pseudomonas aeruginosa* via 4-quinolone-dependent cell-to-cell communication. *Microbiology*. 151:1113-25.

Bosshard, P., R. Zbinden, S. Abels, B. Böddinghaus, M. Altwegg & E. C. Böttger. 2006. 16S rRNA gene sequencing versus the API 20 NE system and the VITEK 2 ID-GNB card for identification of nonfermenting Gram-negative bacteria in the clinical laboratory. *J. Clin. Microbio.* Vol. 44 (4): 1359-1366.

Budzikiewicz, H. 1993. Secondary metabolites from fluorescent *Pseudomonas*. *FEMS Microbiol. Rev.*104:209-228.

Budzikiewicz, H. 1998. Peptide siderophores from the bacterial genus *Pseudomonas*. In: *Advances in Biotechnology*, Edit.Askok Pandey,Educational Publishers & Distributors, New Delhi, India. pp 157-171.

Budzikiewicz, H. 2001. Siderophores of human pathogenic fluorescent pseudomonads. *Curr.Top.Med.Chem.* 1:1-6.

Campana, S., G. Taccetti, N. Ravenni, I. Masi, S. Audino, B. Sisi, T. Repetto, G. Döring & M. de Martino. 2004. Molecular epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia* complex and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in a cystic fibrosis center. *J Cyst Fibros.* 3(3):159-63.

Chen, W. & T. Kuo. 1993. A Simple and Rapid Method for the Preparation of Gram Negative Bacterial Genomic DNA. *Nucleic Acids Research*. 21(9): 2260.

Cornelis, P., D. Hohnadel & J.M. Meyer. 1989. Evidence for different pyoverdine-mediated iron uptake systems among *Pseudomonas aeruginosa* strain. *Infect. Immun*. 57:3491-3497.

Cornelis, P. & S. Matthijs. 2002. Diversity of siderophores-mediated iron uptake systems in fluorescents *Pseudomonas*: not only pyoverdines. *Environ. Microbiol*. 12:787-798.

deChial, M., B. Ghysels, S. Beatson, V. Geoffroy, J.M. Meyer, T. Pattery, C. Baysse, P. Chablain, Y.N. Parson, C. Winstanley, S. Cordwell & P. Cornelis. 2003. Identification of type II and tipe III pyoverdine receptors from *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbiology*.8:1095-1103.

De Vos, D., M. de Chial, C. Cochez, S. Jansen, B. Tummler, J.M. Meyer & P. Cornelis. 2001. Study of pyoverdine type and production by *P. aeruginosa* isolated from patients with cystic fibrosis: prevalence of type II pyoverdine isolates and accumulation of pyoverdine negative mutations. *Arch. Microbiol*. 175: 384-388.

Fuchs, R., M. Schäfer, V. Geoffroy & J.M. Meyer. 2001. Siderophores –A powerful tool for the characterization of pyoverdines. *Curr. Top. Med. Chem*. 1:31-57.

Ghysels, B., B.T. Min Dieu, S.A. Beatson, J.P. Pirnay, U.A. Ochsner, M.L. Vasil & P. Cornelis. 2004. FpvB, and alternatipe type I ferrypyoverdine receptor of *P. aeruginosa*. *Microbiology*. 150:1671-1680.

Goldberg, J.B. 2000. *Pseudomonas*: global bacteria. *Trends Microbiol*. 8:55-57.

Handfield, M., D.E. Lehoux, F. Sanschagrín, M.J. Mahan, D.E. Woods & R.C. Levesque. 2000. In Vivo-Induced Genes in *Pseudomonas aeruginosa*. *Infect Immun*. 68(4): 2359–2362.

Litwin, C.M. & S.B. Calderwood. 1993. Role of iron in regulation of virulence genes. *Clin.Microbiol.Rev.*6:137-149.

López, O., N. Tuhay, A. Gauna, H. Ramirez. 2002. *Pseudomonas aeruginosa*. Resistencia a Betalactámicos e inhibidores de Betalactamasa (Piperacillin\_Tazobac). *Revista de Postgrado de la Cátedra de Medicina* - N° 121.

<http://med.unne.edu.ar/revista/revista121/pseudomonas.htm>.

Lyczak, J.B., C.L. Cannon & G.B. Pier. 2000. Establishment of *Pseudomonas aeruginosa* infection: lesson from a versatile opportunist. *Microbes and infection.*2:1051-1060.

Meyer, J.M., D. Hohnadel, A. Khan & P. Cornelis. 1990. Pyoverdine-facilitated iron uptake in *Pseudomonas aeruginosa*: immunological characterization of the ferripyoverdine receptor.

Meyer, J.M., A. Stintzi, D. De Voz, P. Cornelis, R. Tappe, K. Taraz, & H. Budzikiewicz. 1997. Use of siderophores to type pseudomonads: the tree *Pseudomonas aeruginosa* systems. *Microbiology.*143:35-43.

Meyer, J.M. 2000. Pyoverdine: pigments; siderophores and potential taxonomic markers of fluorescent *Pseudomonas* species. *Arch.Microbiol.*174:135-142.

Meyer, J.M., V.A. Geoffroy, N. Baida, L. Gardan, D. Izard, P. Lemanceau, W. Achouak, N.J. Palleroni. 2002. Siderophore typing, a powerful tool for the identification of fluorescent and nonfluorescent pseudomonads. *Appl Environ Microbiol.* 68(6):2745-53.

Neiland, J.B. 1982. Microbial iron compounds. *Ann. Rev. Biochem.* 50:715-731.

Osayande, J.O. 2009. Use of Polymerase Chain Reaction for the Determination of about 2.5 kb fpvA and fpvB Gene Sequences in *Pseudomonas aeruginosa* Strains. *The Internet Journal of Microbiology.* 7 Number 2. DOI: 10.5580/18ce.

Pirnay, J.P., D. De Voz, C. Cochez, F. Bilocq, J. Pirson, M. Struelens, L. Duinslaeger, P. Cornelis, M. Zizi & A. Vanderkelen. 2003. Molecular epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* colonization in a burn unit: Persistence of a multidrug – resistant clone. *Clinical microbiology*.41: 1192-1202.

Pirnay, J.P., D. De Voz, C. Cochez, F. Bilocq, A. Vanderkelen, M. Zizi, B. Ghysels, & P. Cornelis. 2002. *Pseudomonas aeruginosa* displays an epidemic population structure. *envirom.microbiol*.4:898-911.

Pirnay, J.P., D. De Voz, L. Duinslaeger, P. Reper, C. Vandenvelde, P. Cornelis & A. Vanderkelen. 2000. Quantitation of *Pseudomonas aeruginosa* in wound biopsy samples: from bacterial culture to rapid real – time polymerasa chain reaction. *Crit.Care*. 4:255-261.

Poole, K., S. Neshat, K. Krebes & D. E. Heinrichs. 1993. Cloning and nucleotide sequence analysis of the ferripyoverdine receptor *fpv* A of *Pseudomonas aeruginosa*. *J Bacteriol*.175:4597-4604.

Pozuelo, M. J., P. A. Jiménez, A. D. Valderrey, A. Fernández- Olmos, R. Cantón & R. Rotger. 2011. Polimorfismo de los genes *mucA* y *fpvA* en *Pseudomonas aeruginosa* de pacientes con fibrosis quística: coexistencia de variantes genéticas en el mismo paciente. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 29(1):26–31.

Silva, J., N. Herrera & V. Prado. 1995. Actividad comparativa *in vitro* de 6 fluoroquinolonas sobre bacterias patógenas de origen clínico. *Rev Chil Infect*. 12: 40-7.

Speert, D.P., M.E. Campbell, D.A. Henry, R. Milner, F. Taha, A. Gravelle, A.G. Davidson, L.T. Wong & E. Mahenthiralingam. Epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* in cystic fibrosis in British Columbia, Canada. 2002. *Am J Respir Crit Care Med*. 1;166(7):988-93.

Tenover, F., R. Arbeit, R. Goering, the molecular typing working group of the Society for Healthcare Epidemiology of America. 1997. How to select and interpret molecular typing methods for

epidemiological studies of bacterial infections: a review for healthcare epidemiologists. SHEA position paper. Vol 18 (6): 426-437.

Vila J., M. F. 2002. [Interpretative reading of the non-fermenting gram-negative bacilli antibiogram]. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2002. 20(6):304-10.

Winstanley, C., S.B. Kaye, T.J. Neal, H. Chilton, S. Miksch, C. Hart, A. & the Microbiology Ophthalmic Group. 2005. Genotypic and phenotypic characteristics of *Pseudomonas aeruginosa* isolates associated with ulcerative keratitis. *J Med Microbiol*. 54:519-526.

Zambrano, A., & N. Herrera. 2004. Susceptibilidad antimicrobiana de cepas de *Pseudomonas aeruginosa* aisladas en el laboratorio del Hospital Regional Dr. Leonardo Guzmán de Antofagasta, Chile. *Rev Chil Infect* 2004; 21 (2): 117-124.

*Recibido abril de 2012, aceptado septiembre de 2012.*



## MARIPOSAS PAPILIONOIDEA Y HESPERIOIDEA (INSECTA: LEPIDOPTERA) DE LA ISLA MAJÉ, COMARCA GUNA DE MADUNGANDÍ, PANAMÁ

Alonso Santos Murgas<sup>1</sup>, Rafael A. Muñoz M.<sup>2</sup>, Miguel A. Osorios A.<sup>3</sup>, Raúl Carranza<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología, Universidad de Panamá, República de Panamá. <sup>4</sup> Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Panamá, República de Panamá. E-mail: <sup>1</sup>santosmurgasa@gmail.com, <sup>2</sup>ramm03@hotmail.com, <sup>3</sup>car029@yahoo.com.

### RESUMEN

Este estudio da a conocer la diversidad y abundancia de la superfamilia Papilionoidea y Hesperioidea en la Isla Majé, Comarca Guna de Madungandí, Provincia de Panamá. El análisis de datos se realizó mediante el índice de riqueza de Margalef (D), Shannon (H') y el índice de similitud de Morisita. Se capturaron 144 individuos, ubicados en 56 especies, el mayor número de especies lo presentó la familia Nymphalidae (39 especies) seguida por Hesperiidae (6 especies), Pieridae (5 especies), Riodinidae (3 especies), Papilionidae (2 especies) y por último Lycaenidae con una especie. La mayor diversidad de mariposas se registró en enero del 2010 con 31 especies, seguida de septiembre 2009 con 28 especies. El mes que presentó la mayor abundancia fue septiembre 2009 con 72 individuos; seguido de enero 2010 con 57 individuos. Las especies más abundantes fueron del género *Heliconius*, representando el 9.2%. La diversidad de especies puede explicarse por la gran variabilidad fisiográfica y diversidad florística en el área, así como las diferentes zonas de vida que generan una alta heterogeneidad de hábitat y paisaje, los cuales se caracterizan por un grado específico de agregación y contraste.

### PALABRAS CLAVES

Diversidad, abundancia, Hesperiidae, Lycaenidae, Nymphalidae, Papilionidae, Pieridae, Riodinidae.

## **ABSTRACT**

This study presents the diversity and abundance of the superfamily Papilionoidea and Hesperioidea in the Majé Island located at Comarca de Madungandi, province of Panama. For data analyses, the wealth of Margalef (D), Shannon index (H') and the similarity index of Morisita were calculated. A total of 144 individuals were captured, belonging to 56 species from 6 different family, where Nymphalidae family contains more species (39 species) followed by Hesperidae (6 species), Pieridae (5 species); Riodinidae (3 species); Papilionidae (2 species) and Lycaenidae (1 specie). The greatest diversity of butterflies species was recorded in January 2010 (31 species), followed by September 2009 (28 species). Nevertheless the month that presented more abundance was September 2009 since 72 individuals; then January 2010 showed the second abundance with 57 individuals. Heliconius genus was the most abundant species, representing 9.2%. Our data suggest that the diversity of species follows the large physiographic variability and floristic diversity in the area, as well as, the different life zones that generate a high heterogeneity in the landscape by different types of habitat, which are characterized by a specific degree of aggregation and contrast.

## **KEYWORDS**

Diversity, abundance, Hesperidae, Lycaenidae, Nymphalidae, Papilionidae, Pieridae, Riodinidae.

## **INTRODUCCIÓN**

Las mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) es uno de los grupos de insectos más conocidos porque atrae la atención de las personas y de los coleccionistas con sus espectaculares colores, es muy rico en especies y presenta una gran diversificación en los ecosistemas terrestres (Grimaldi & Engel 2005).

Este grupo de insectos son reconocidas potencialmente como grupo indicador ecológico valioso, por su abundancia, diversidad, facilidad de encuentro y manejo en campo, por su estabilidad espacio-temporal y porque las mariposas (en comparación con otros grupos de insectos) presentan niveles de diversidad manejables y se trata de un grupo taxonómicamente bien estudiado para el trópico (Brown, 1991; Kremen, 1991; Sparrow *et al.*, 1994; Constantino, 1996; Maes, 1999; Palacio & Constantino, 2006).

Las Papilionoidea y Hesperioidea en particular, se destacan dentro de los Lepidoptera por su diversidad en la región Neotropical, que

contiene el 35 % de la riqueza de lepidópteros del mundo (Lamas, 2004; Betancur-Viglione, 2009). Estas superfamilias se caracterizan por sus hábitos defoleadores en sus etapas inmaduras. Los últimos registros de especies de lepidópteros diurnos para Panamá, depositados en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild de la Universidad de Panamá (1984) y publicado por (Santos & Cambra, 2003) datan de extensos muestreos de mariposas realizados por Gordon B. Small. La diversidad de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae en Panamá es de aproximadamente 550 especies (DeVries, 1978; Santos & Cambra, 2003); sin contar las demás familias de la Papilionoidea: Riodinidae y Lycaenidae; y las especies de la Superfamilia Hesperoidea. La diversidad de mariposas Papilionoidea de Panamá es muy parecida a la de Costa Rica, con 543 especies en (DeVries, 1987).

Las mariposas en general son muy sensibles a los cambios de temperatura, humedad y radiación solar que se producen por disturbios en su hábitat, por lo cual el inventario de sus comunidades, haciendo uso de las medidas de diversidad y riqueza, representa una herramienta válida para evaluar el estado de conservación o alteración del medio natural (Kremen *et al.*, 1993; Fagua, 1999). Este estudio describe la diversidad y abundancia de especies de las Superfamilias Papilionoidea y Hesperoidea en la isla Majé ubicada en el lago Bayano dentro de la Comarca Guna de Madungandí, Provincia de Panamá.

## **METODOLOGÍA**

### **Ubicación del área de estudio:**

El trabajo se realizó en la Isla Majé, ubicado dentro del lago Bayano en la Comarca Guna de Madungandí (Fig. 1). Esta Isla se formó por el embalse del Río Bayano, con la construcción de la represa Bayano en 1976, el lago fue creado con el fin de obtener energía hidroeléctrica para el país. La isla tiene una superficie aproximada de 1,433 hectáreas contiene bosques y gran variedad de animales silvestres. Con una precipitación media anual de 2,535.5 mm; con una temperatura media anual de 25°C y una humedad relativa de 85°C (IRHE, 1992).

Se realizaron cuatro giras a la isla, de tres días continuos de muestreo, en los siguientes meses: septiembre y octubre 2009 en el lugar de la

isla con las coordenadas (9° 7' 55.19"N, 78° 49' 32.72"W); noviembre 2009 en el lugar de la isla con las coordenadas (9° 8' 19.48"N, 78° 50' 26.89"W) y enero 2010 en el lugar de la isla con las coordenadas (9° 14' 16"N, 78° 45' 27"W).

#### **Metodología en campo y laboratorio:**

Para realizar los muestreos de las mariposas, se utilizaron los dos siguientes tipos de atrayentes en las trampas de mayas suspendidas (Fig. 2-3): a) Mezcla licuada con de plátanos o guineos (banana) maduros y ron, colocada en vasijas plásticas a orillas de los senderos de áreas abiertas; b) Sal mineral concentrada disuelta en agua, y colocada en paños de tela humedecidos con la solución salina.

Las colectas manuales de las mariposas fueron realizadas con redes entomológicas con mango largo en diferentes transectos de 100m a lo largo de los senderos, ubicados dentro de la isla Majé. Se escogieron sitios en el campo donde se observaban las florescencias y fructificación de las plantas dentro del bosque y a lo largo de los senderos en áreas abiertas. Una vez capturadas se procedía a inmovilizarlas con un firme apretón a nivel del tórax (Fig. 4). Posteriormente se colocaban en sobres de papel de acuerdo al tamaño de las mariposas (Fig. 5). En el laboratorio las mariposas eran colocadas en una cámara húmeda (agua + fenol 10%) por 48 horas, para que el montaje en los extensores resultaran más fácil. Transcurrido este tiempo, las mariposas fueron montadas en alfileres entomológicos sobre extensores de madera (Fig. 6). Posterior al secado, las muestras fueron etiquetadas, identificadas y depositadas en la colección de referencia del Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, de la Universidad de Panamá (Fig. 7 y 8). Para el análisis de datos se calculó el índice de riqueza de Margalef (D), Shannon (H') y el índice de similitud de Morisita.

La identificación de los especímenes colectados fue realizada con la ayuda de la literatura, (Chacón & Montero, 2007); (De Vries, 1987, 1997) y la colección de Lepidoptera identificada por Gordon B. Small, depositada en la colección nacional de referencia del Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, de la Universidad de Panamá. Para el listado taxonómico de la Hesperioidea y Papilionoidea colectada en Isla Majé, seguimos la clasificación presentada en Mielke (2004).

Lamas (2004), Robbins & Lamas (2004), Callahan & Lamas (2004), Lamas *et al.* (2004).



Fig. 1. Mapa del área de Estudio.



Fig. 2-8. Metodología de campo y laboratorio.

## RESULTADOS

En total se capturaron 144 individuos, ubicados en 56 especies (Cuadro 1), con mayor representación en la familia Nymphalidae (39 especies) seguida por Hesperiidae (6 especies), Pieridae (5 especies); Riodinidae (3 especies); Papilionidae (2 especies) y por último Lycaenidae con una especie. La mayor diversidad de mariposas se registró en el mes de enero del 2010 con 31, seguida del mes de septiembre 2009 con 28 especies, ( $H' = 3.14$  y  $2.9$ ) y ( $D = 7.66$  y  $6.31$ ). El mes que presentó la mayor abundancia fue septiembre de 2009 con 72 individuos; seguido del mes de enero 2010 con 57 individuos (Fig. 9). Con respecto al análisis de similitud de Morisita, enero 2010 y septiembre 2009 fueron los meses de colecta que compartieron la mayoría de las especies (Fig. 10).

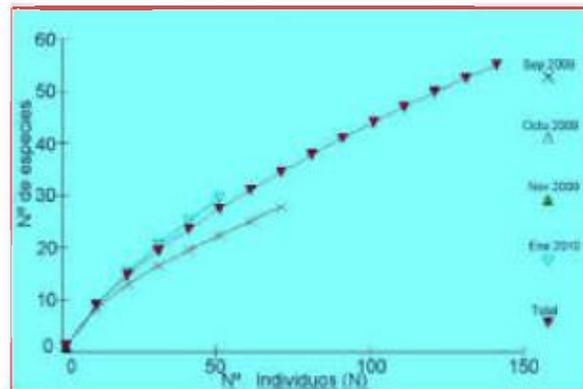


Fig. 9. Curva de acumulación de especies de mariposas en Isla Majé.

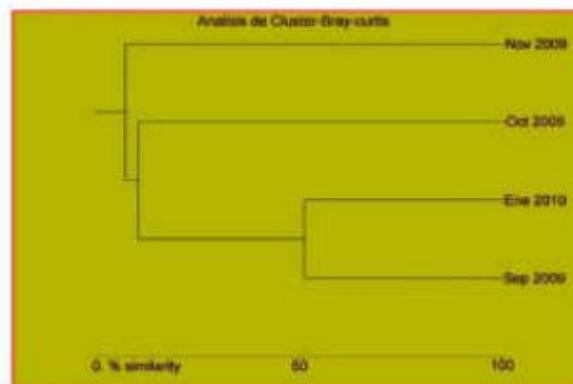


Fig. 10. Análisis de Clúster de similitud entre las especies durante las fechas de colectas.

Cuadro 1. Especies de mariposas Papilionoidea y Hesperioidea colectadas en Isla Majé, Comarca Guna de Madungandi, Panamá.

Taxonomía		Fechas de colecta				
Familias	Especies	Sep. 2009	Oct. 2009	Nov. 2009	Ene. 2010	Total
Hesperiidae	<i>Achlyodes busirus heros</i> (Cramer, 1779) Fig. 1a				1	1
	<i>Anastrius meliboea</i> (Godman y Salvin, 1894)				1	1
	<i>Astraptes anaphus</i> (Cramer, 1777) Fig. 2a	1			1	2
	<i>Astraptes</i> sp. Fig. 3a	1				1
	<i>Hyalotyrus nelsus</i> (Linnaeus, 1758)	1				1
	<i>Xenophanes mixus</i> (Stoll, 1780) Fig. 4a				1	1
Lycaenidae	<i>Pseudolycaena damo</i> (H. Druce, 1875)				1	1
Nymphalidae	<i>Dynamine mylitta mexicana</i> (Cramer, 1779)				1	1
	<i>Hamadryas feronia ferulenta</i> Fru., 1916 Fig. 5a	1				1
	<i>Nica flavilla</i> (Doubleday, 1849) Fig. 6a				?	?
	<i>Pyrrhogyra neaerea hyp</i> God. & Sal., 1884 Fig. 7a	1				1
	<i>Pyrrhogyra otolais otolais</i> God. & Sal., 1884 Fig. 8a				1	1
	<i>Consul fabius</i> Cramer, 1776 Fig. 9a				2	2
	<i>Memphis pithyusa</i> (R. Felder, 1869) Fig. 10a	1				1
	<i>Agraulis vanillae</i> (Linnaeus, 1758) Fig. 11				1	1
	<i>Dryas iulia</i> Fabricius, 1775 Fig. 12	1				1
	<i>Eueides aliphera</i> Stichel, 1913 Fig. 13				1	1
	<i>Eueides isabella</i> (Stoll, 1781) Fig. 14				1	1
	<i>Heliconius antiochus</i> (Linnaeus, 1767) Fig. 15				1	1
	<i>Heliconius erato petiverana</i> (E. Do., 1847) Fig. 16	6		1	4	11
	<i>Heliconius erilla claudia</i> God. & Sal., 1881 Fig. 17	9	1		9	19
	<i>Heliconius hecale melicerta</i> H. Bates, 1866 Fig. 18			1		1
	<i>Heliconius melpomene</i> H. Bates, 1866 Fig. 19	8		1	5	14
	<i>Philaethria dido</i> (Linnaeus, 1763) Fig. 20				1	1
	<i>Hypothyris lycaste</i> (Fabricius, 1793) Fig. 21	1				1
	<i>Melinaea idea</i> (C. Felder & R. Felder, 1862) Fig. 22	1			2	3
	<i>Adelpha bastioides</i> (H. Bates, 1865) Fig. 23	1			1	2
	<i>Adelpha celeria</i> (H. Bates, 1864) Fig. 24				2	2
	<i>Antirrhoea multiades</i> (Fabricius, 1793) Fig. 25			1		1
	<i>Caligo illioneus centralis</i> (Cramer, 1775) Fig. 26			1		1

Cuadro 1. Especies de mariposas Papilionoidea y Hesperioidea colectadas en Isla Majé, Comarca Guna de Madungandi, Panamá.

Taxonomía		Fechas de colecta				
Familias	Especies	Sep. 2009	Oct. 2009	Nov. 2009	Ene. 2010	Total
	<i>Morpho amathones centralis</i> Stau., 1887 Fig. 27			1		1
	<i>Morpho peleides hydorina</i> Butler, 1872 Fig. 28			1		1
	<i>Morpho peleides undervata</i> Butler, 1872			1		1
	<i>Morpho peleides</i> (Butler, 1872)			1		1
	<i>Opsiphanes cassina</i> C. & F. Felder, 1862 Fig. 29	1				1
	<i>Opsiphanes tamarindi</i> Fel. & Fel., 1861 Fig. 30	3				3
	<i>Chiosyne lactina</i> (Geyer, 1837) Fig. 31		1			1
	<i>Colobura dirce</i> (Linnaeus, 1758) Fig. 32	1				1
	<i>Siproeta stelenes biplagiata</i> (Fra., 1907) Fig. 33	1				1
	<i>Cissia guinare</i> (Butler, 1870) Fig. 34				1	1
	<i>Euptychia westwoodi</i> Butler, 1867 Fig. 35				1	1
	<i>Magneuptychia libye</i> Linnaeus, 1767	1	1			2
	<i>Pierella luna luna</i> (Fabricius, 1793) Fig. 36	1		1		2
	<i>Taygetis andromeda</i> God. & Sal., 1881 Fig. 37	1			1	2
	<i>Taygetis kerea</i> Butler, 1896 Fig. 38	4				4
	<i>Taygetis salvini</i> Staudinger, 1888 Fig. 39	1				1
Papilionidae	<i>Heracles thoas neacles</i> (Rot. y Jor.), 1906 Fig. 40	7			1	8
	<i>Parides eurtumedes myiotes</i> (H. Bates, 1861) Fig. 41	5	1		2	8
Pieridae	<i>Aphurissa statira</i> (Cramer, 1777) Fig. 42				1	1
	<i>Eurema nise</i> Cramer 1775 Fig. 43	1			1	2
	<i>Appias drusilia</i> (Cramer, 1777) Fig. 44				1	1
	<i>Itaballia demopriule</i> Jol. & Tal., 1928 Fig. 45	9			6	15
	<i>Itaballia pandosia kicaha</i> (Resakirt, 1863) Fig. 46	2	1		1	4
Riodinidae	<i>Charis hermodora</i> Felder 1861	1				1
	<i>Mesene stilaris</i> Godman & Salvin, 1878 Fig. 47				1	1
	<i>Sabera</i> sp.				1	1
Número de individuos por meses de muestreo		72	5	10	5?	144
Número de especies por meses de muestreo		28	5	10	31	





## DISCUSIÓN

En la isla Majé las especies de familia Nymphalidae representan el 32% de las 123 especies estimadas por Santos y Cambra (2003) para el Parque Nacional Darién (PND); Papilionidae 14 % de las 14 especies para el PND y Pieridae con 33 % de las 15 especies registradas para el PND.

Si consideramos la superficie del PND de 597,000 hectáreas, el cual es el sitio al este más próximo al área de estudio y del cual se tiene información publicada y podemos comparar; este número de especies es relativamente bueno, ya que el área de la isla Majé es sólo el 0.24 % (1,433 hectáreas) en comparación con el del PND. Este porcentaje de especies puede explicarse por la gran variabilidad fisiográfica y diversidad florística en el área, así como las diferentes zonas de vida que generan una alta heterogeneidad en el paisaje, constituido a su vez, por distintos tipos de hábitat, los cuales se caracterizan por un grado específico de agregación y contraste.

En cuanto a la abundancia relativa, tres de las seis especies más abundantes pertenecen al género *Heliconius*, de la familia Nymphalidae, ha sido descrita como la familia más diversa dentro de las mariposas diurnas con 7250 especies, de las cuales aproximadamente el 42% de ellas son neotropicales (García-Robledo, *et al.*, 2002). Las especies de este género se encuentran bien distribuidas desde el nivel del mar hasta los 1,200 m, donde se encuentran sus principales plantas hospederas (Cucurbitaceae y Passifloraceae) (De Vries, 1987).

La incidencia de una alta diversidad y abundancia de Nymphalidae, tanto dentro del bosque, como en los bordes del bosque en las dos zonas mayormente muestreadas en la isla Majé, puede reflejar que éstos hábitats son óptimos para especies como *Heliconius erato petiverata* Doubleday, 1847; *Heliconius ethilla claudia* Godman & Salvin, 1881 y *Heliconius melpomene melpomene* (Linnaeus, 1758) las cuales frecuentan plantas de las familias Cucurbitaceae y Passifloraceae, frecuentes en zonas de transición entre bordes de bosque e interior del bosque, en comparación a las especies de bosque las cuales están asociadas a estructuras de vegetación más desarrollada y de composición florística diversa.

Tobar (2000) propone una tendencia de especies de mariposas generalistas en hábitats perturbados o con algún tipo de perturbación o transformación, mientras que las especies de bosque, tienden a ser especialistas y prefieren hábitats con estructuras de vegetación más complejas. En este estudio, el bosque en isla Majé presenta reductos de parches con diferentes estados de sucesión secundaria y pastizales, lo cual probablemente deriva en una alta heterogeneidad en los estratos y posibilita un mayor número de microhábitat para algunas especies, como *Heliconius erato*, *Taygetis andromeda* y *T. salvini* indicadoras de bosques secundarios (Alvarez, 1993; Andrade, 1998), donde vuela a la altura del estrato herbáceo y rasante, el cual aprovecha debido a su coloración críptica para pasar desapercibidas junto a la hojarasca del suelo; *Chlosyne lacinia* indicadora de áreas abiertas y pastizales (Torres *et al.*, 2007).

Este estudio representa un primer paso para el conocimiento de la diversidad y abundancia en diferentes épocas del año de las mariposas diurnas Papilionoidea y Hesperioidea en la isla Majé; al observar la Figura 9 nos damos cuenta que la curva de acumulación de especies aun no se ha estabilizado, por lo que consideramos que pueden existir muchas más especies de mariposas diurnas en la isla. Cabe concluir también que las especies encontradas son propias del bosque secundario y bordes de bosque. Es importante futuros estudios de monitoreo de éstas especies y sus relaciones tróficas dentro de los diferentes ecosistemas en la isla Majé.

#### AGRADECIMIENTOS

Dra. Enilsa de Cedeño, Directora del Instituto de Estudios Nacionales (IDEN) (gestión 2008-2009), por permitirnos participar del Proyecto Kuna de Madungandi y proveer los fondos para las giras y materiales de campo. Profesor Ms.C. Ricardo Parker, Decano (2008-2011) de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, por haber apoyado en otorgarnos los permisos correspondientes para participar y asistir a las diferentes giras al campo; al Dr. Diomedes Quintero A., Director del Museo de Invertebrados G. B. Fairchild de la Universidad de Panamá, por colaborar en el depósito de especímenes colectados; Roberto Cambra T. por la ayuda en la identificación de algunas especies de mariposas; a los estudiantes en especial a Elizabeth

Aguirre, Noemi G. León, Maryorie De León, Julissa Lombardo y a todos el personar de guía y ayudante de la Comarca Kuna de Madungandi por brindarnos el apoyo durante el trabajo de campo.

## REFERENCIAS

Álvarez, J. 1993. Inventario de las mariposas (Lepidoptera: *Rhopalocera*). Con anotaciones ecológicas, para dos zonas del Departamento de Risaralda, Colombia. Tesis de pregrado, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia. 204 p.

Andrade, M. G. 1998. Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 22(84): 407-421.

Betancur-Viglione, M. G. 2009. Listado de los Papilionoidea y Hesperoidea del Uruguay (Insecta: Lepidoptera). *Revista de Lepidopterología (SHILAP)* 37 (145): 23-40.

Brown, K. S., Jr. 1991. Conservation of neotropical paleoenvironments: Insects as indicators. En: Collins, N. M & J.A. Thomas (Eds), *Conservation of Insects and their Habitats*. Press, London, pp.349-404.

Callahan, C. J. & G. Lamas. 2004.- 99. Riodinidae-Necyria: 148-149 (en) Lamas, G. (ed.) *Atlas of the Neotropical Lepidoptera, Checklist*, part. 4A, Hesperioidea-Papilionoidea. Ass. Trop. Lepid., Gainesville.

Constantino, L. M. 1996. Ciclos de vida y plantas hospederas de lepidópteros con potencial económico en condiciones de colinas bajas del Chocó biogeográfico. II Seminario. *Investigación y Manejo de Fauna para la Construcción de Sistemas Sostenibles*. INCIVA, U. Javeriana, IMCA, CIPAV, WWF, Instituto von Humboldt. Cali, marzo 28-30. Memorias. 15 pp.

DeVries, P. J. 1987. *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History*. Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 327 págs.

DeVries, P. J. 1997. The Butterflies of Costa Rica and their Natural History. II: Riodinidae. Princeton University Press, New Jersey, pp. 288.

Fagua, G. 1999. Variación de las mariposas y hormigas de un gradiente altitudinal de la cordillera Oriental (Colombia). *Insectos de Colombia*. 2: 318–363.

García-Robledo, L., M. Constantino, M. Dolores & G. Kattan. 2002. Mariposas comunes de la cordillera Central de Colombia. Feriva, Colombia. 130 p.

Grimaldi, D. & M.S. Engel. 2005. Evolution of the Insects. Cambridge University Press: xv + 755 pp.

Chacón, G. I. & J. Montero. 2007. Mariposas de Costa Rica Editorial INBio. 366 pp.

Kremen, C. 1991. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural area monitoring. *Ecology Applications* 2: 203-2217.

Kremen, C., R. K. Cowel, T. L. Erwin, D. D. Murphy, R. F. Noss & M. A. Sanjayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: Their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7 (4): 796-808.

Lamas, G. & G. B. Small. 1992. Catalogue of the Nymphalinae of Panama (Lepidoptera: Nymphalidae), págs. 554-566. *En*: Quintero, D. & Aiello, A. (eds.). *Insects of Panama and Mesoamerica*. Oxford University Press, Oxford. 692 págs.

Lamas, G. 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera. Checklist: Part 4A. Hesperioidea, Papilionoidea: XXXVI + 439 pp. Association for Tropical Lepidoptera, Gainesville.

Lamas, G., C. J. Callahan, M. M. Casagrande, T. H. Mielke, W. Pyrez, R. K. Robbins & A. L. Vilorio. 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera - Checklist: part 4ª Hesperioidea-Papilionoidea. Scientific Publications: Florida, Gainesville, Estados Unidos. 439 p.

Maes, J. M. 1999. Insectos de Nicaragua. Secretaría Técnica. BOSAWAS, MARENA, Managua, Nicaragua. 3 volúmenes. 1900 pp.

Mielke, O. H. 2004. 95 HesperIIDae (en) Lamas, G. (ed.) Checklist of Neotropical Lepidoptera, Part 4<sup>a</sup>: 26-84. ATL + Scient publ., Gainesville, Fl.

Palacio, M. & L. M. Constantino. 2006. Diversidad de Lepidópteros Rhopalocera en un gradiente altitudinal en la Reserva Natural El Pangan, Nariño, Colombia. Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural 10: 258-278.

Robbins, R.K. & G. Lamas. 2004. Family Lycaenidae (en) Lamas, G. (ed.). *Atlas of Neotropical Lepidoptera*, Checklist: Part 4 A. Hesperoidea- Papilionoidea. Association for Tropical Lepidoptera, Gainesville. 439 pp.

Santos, M. A., & T. R. Cambra. 2003. Mariposas del Parque Nacional Darién: Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera) depositadas en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panama. *Tecnociencia* 5(2): 23-33.

Sparrow, H. R., T. D. Sisk, P. R. Ehrlich & D. Murphy. 1994. Techniques and guidelines for monitoring neotropical butterflies. *Conservation Biology*. 2 (3): 800-809.

Tobar, L. 2000. Diversidad de mariposas (Lepidoptera: *Rhopalocera*) en la parte alta del río Roble (Quindío, Colombia). Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 182 p.

Torres, M., S. Arana & M. J. Maes. 2007. Especies de las Familias Saturniidae, Sphingidae, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae (Lepidoptera); Scarabaeidae (Coleoptera) y su Potencial uso como Indicadores de Perturbación en la Reserva Biológica Indio Maiz. *Revista Nicaraguense de Entomología* N°. 67 suplemento 2: 1-36.

*Recibido abril de 2012, aceptado octubre de 2012.*





**ESTUDIO DE DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS EN CUATRO HÁBITATS DE TRANSICIÓN ASOCIADOS A UNA PLANTACIÓN DE TECA (*TECTONA GRANDIS*) DENTRO DE LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ, LAS PAVAS, CHORRERA, PANAMÁ**

**Pedro Méndez-Carvajal**

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), ECOFOREST (Panamá), S.A.,

Afiliación actual: Fundación Pro-Conservación de los Primates Panameños (FCPP),  
E-mail:fcprimatespanama@gmail.com

**RESUMEN**

La Cuenca del Canal de Panamá ha sido influenciada por diferentes plantas invasivas, en particular *Sacharum spontaneum*, una hierba agresiva del sureste de Asia, que ha colonizado espacios abiertos de bosque y consecuentemente bloqueado su conectividad. Para aminorar estos problemas y utilizar el recurso de espacio, Ecoforest (Panamá) S.A. plantó árboles de teca (*Tectona grandis*), de tal manera que se pudiera sacar provecho de los espacios abiertos con pajonales y generar a su vez un dividendo para instituciones privadas y al gobierno panameño. Dado que las plantaciones requieren la remoción de pajonales y bosque pionero, se considero el estudio de la diversidad de mamíferos en cuatro tipo de hábitats: bosque nativo, plantación de teca, paja mixta y paja quemada. En este trabajo queremos enfocar la dinámica de una comunidad de mamíferos interactuando en cuatro hábitats después de la introducción de la teca y la remoción del pajonal. Se monitoreo en base a transecto de línea, redes de niebla, observaciones diurnas y nocturnas, rastros, y trampeo, por un periodo de seis meses de Abril a Septiembre de 2002. Se logró un total de 23,425 horas de esfuerzo y se encontró un total de nueve Órdenes de mamíferos. Se encontró una diversidad de 31 especies para la teca, 23 especies para el bosque nativo, 10 especies para el pajonal mixto y 16 especies utilizando el pajonal quemado. Encontramos que los venados, ocelotes y saños utilizan la teca como corredor para pasar de un lado de bosque nativo al otro, mientras que la paja canalera fue utilizada como refugio por especies presa como venados colablanca, conejos pintados y muletos. La paja quemada presentó preferencia de otros depredadores como el tigrillo congo. Aunque la plantación de teca obtuvo mayor

cantidad de especies, la misma se relaciona al efecto donador del bosque nativo. Encontramos también animales como el conejo poncho, conejo pintado, y conejo muleto como los más afectados por la remoción de la paja canalera y la quema de la misma. La paja aparentemente había sido adoptada por estas especies como una zona de evasión de depredadores, por lo que su remoción elimina puntos clave de cría, y de refugio para estos animales. Recomendando mantener pequeños parches de bosque nativo en medio de las plantaciones de teca y mantener los pajonales como zona de amortiguamiento en los bordes del lago Gatún para aminorar el efecto de la teca en la diversidad de mamíferos de esta zona dentro de la Cuenca del Canal.

### **PALABRAS CLAVES**

Panamá, Mamíferos, *Tectona grandis*, *Sacharum spontaneum*, Canal de Panamá, Diversidad.

### **ABSTRACT**

The Panama Canal Watershed has been influenced by different invasive plants, in particular, *Sacharum spontaneum*, an aggressive grass from Southeast Asia that has colonized forest gaps blocking forest connectivity. To improve these problems, teak trees (*Tectona grandis*) were planted by ECOFOREST (Panama) S.A., to better utilize grass land spaces and generate essential income for private institutions and the Panamanian government. Due to the fact that these plantations will require removing extended areas with grass and pioneer forest, mammal diversity was studied in four habitats: native forest, teak plantation, mixed-grass and burned grass. In this study, we aim to understand how the mammal community will interact with the four dynamic habitats after this initiative. We monitored mammals by transect line, mist-nets, diurnal and nocturnal observations, tracks and trapping, for a period of six months from April to September 2002. This survey invested a total of 23,425 sampling hours, and found a total of nine Orders of the Mammalia group, being present in the total survey area. In teak plantation, 31 species were observed, 23 species for native forest, 10 species for mixed grass and 16 species reported for burned grass. We found deer, ocelots and peccaries using the teak as a corridor to cross between patches of native forest to another, while grasses were used as a refuge and resting sites for white-tail deer, pacas, and rabbits. Burned grass habitat showed presence of other predators like jaguarondi. Although teak plantation apparently obtained higher mammal diversity, it is highly influenced by the surrounded native forest, which acts as a donor habitat. We found capybaras, deer, agouties, pacas and rabbits were the groups more affected by the process of removing grassland. This is likely due to diminishing refuge sites, hence exposing them to predators in the new introduced habitat. We recommend the maintenance of native patches and mixed-grass habitat buffer zone in areas near the border of the Gatun Lake and between the teak parcels, to diminish the effect of the teak into the mammal community at the Panama Canal Zone.

## **KEYWORDS**

Panama, mammals, *Tectona grandis*, *Sacharum spontaneum*, Panama Canal, Diversity.

## **INTRODUCCIÓN**

La Cuenca del Canal de Panamá ha sido foco de los primeros estudios científicos en Bosques Tropicales en toda la región Neotropical, desde los primeros esfuerzos de la construcción del Canal en Panamá (Heckadon-Moreno, 2001). Dichos proyectos incluyeron trabajos relacionados a ecología tropical y a enfermedades del trópico como la malaria y fiebre amarilla (Soper *et al.*, 1933). A partir de 1923, el Monumento Natural Isla Barro Colorado (MNIBC) ha sido considerado un territorio de estudio biológico altamente protegido conformado por la mayor expansión isleña en el Canal de Panamá ubicada en la zona central y reforzada en su conservación con cinco penínsulas: Gigante, Bohío, Peña Blanca, Buena Vista y Frijoles (Leight & Windsor, 1992). De éstas, sólo la península Gigante colindando con el pueblo de Las Pavas, está cerca de población humana y ésta proximidad la hace un punto interesante de estudio ya que la interacción de la fauna nativa de Península Gigante, contrasta con extensiones de pastizales y siembras que realizan los lugareños en la zona limítrofe con la reserva natural (Heckadon-Moreno, 2001). Uno de los estudios más sobresalientes relacionados a esta interacción de actividad agrícola y fauna nativa ha sido la introducción de la teca (*Tectona grandis*) como proyecto de reforestación y monocultivo maderable exótico para en cierta forma aprovechar los espacios abiertos que la Cuenca del Canal de Panamá posee, invadido por una también exótica caña de azúcar silvestre (*Saccharum spontaneum*), mejor conocida en Panamá como paja canalera (Piedra-Marín, 2006).

En este trabajo se evaluó el efecto de la remoción de paja canalera establecida desde la década de los 70's (Leight & Vermej, 2002; Piedra-Marín, 2006), en la diversidad de mamíferos de cada uno de los hábitats de transición para el establecimiento de la teca; de paja canalera, paja quemada hasta bosque de teca. La paja canalera es una especie invasiva de alta resistencia y proliferación que ha causado el bloqueo de conectividad entre los bosques nativos del Canal, su presencia se considera inservible y en algunos casos de riesgo por su

posible efecto de autoinmisión para la estación seca (Dalling & Denslow, 1998). Se conoce que en algunos países como Nepal, las extensiones de pastizales por *S. spontaneum* e *Imperata cylindrica*, son catalogadas como no de buen uso para aves y mamíferos (Whitmore, 1984).

El estudio de la diversidad de mamíferos presentes en estos cuatro hábitats interactivos dentro de la Cuenca Canalera será importante para comprender cómo proyectos similares podrían afectar otros lugares con interacción similar de fauna y flora en Centro y Sur América. Los mamíferos son considerados importantes en la ecología del bosque tropical, como dispersores de semillas, polinizadores y contribuyentes con ello de la continuidad de los bosques, aportando también gran importancia como fuente de proteína para mantener las cadenas alimenticias de presa a depredador (ANAM, 1999). El estudio del impacto de un proyecto de esta índole, dentro de un hábitat nativo, es siempre de gran utilidad para evaluar el aspecto positivo o negativo que deja una plantación exótica en nuestro ecosistema (Méndez-Carvajal *et al.*, 2003).

## **MÉTODOS**

### *Área de estudio*

El estudio se llevó a cabo en el corregimiento de Las Pavas, Distrito de La Chorrera, provincia de Panamá. La zona de estudio abarca la parte central oeste de la Cuenca del Canal de Panamá y posee Bosque Tropical Lluvioso con pastizal mezclado. En esta zona interaccionan las poblaciones humanas cercanas a la Península Gigante del Monumento Natural de Isla Barro Colorado (Fig. 1). El proyecto es una concesión autorizada por la Autoridad Interoceánica Regional de Panamá (ARI), la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) y el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI). La reforestación de teca (*Tectona grandis*) en la zona de las Pavas se inició desde 1999 a lo cual su plantación más vieja era solo de tres años al momento de realizarse este estudio. La evaluación de diversidad de mamíferos comprende al ecosistema boscoso de borde del Lago Gatún, el pueblo de Escobal, la Bahía de Aguas Claras, y la isla de Barro Colorado con límite Norte: Represa de Cañito, El Lirio, Santa Clara y Lago Gatún, límite Sur; Lago Gatún, Escobal, Bahía de

Trinidad, Caña Gigante y el pueblo de Las Pavas; como límite Este, el Lago Gatún, el pueblo de Huile, Nuevo Emperador y parte Oeste del Polígono Balboa (Fig. 1).



Fig. 1. Mapa del sitio de estudio. Muestra la ubicación de los senderos utilizados. Las Pavas, Chorrera, Panamá. (Isq.): Cuenca del Canal de Panamá y paisaje mixto (der.): Transectos para cada zona de estudio: Celeste: Plantación de Teca; Amarillo: Bosque Nativo; Rojo: Paja Quemada, Blanco: Paja Mixta.

Las Pavas posee 23.65 km<sup>2</sup> de paja canalera *S. spontaneum* que ha sido remplazada por teca *T. grandis*. A partir de una extensión de 30.25 km<sup>2</sup> de paja al inicio del proyecto, se quemó y replantó con teca, dejando así un remanente actual de paja con solo un 6.6 km<sup>2</sup> mezclada con pequeños parches de bosque nativo. Las fuentes de agua encontradas en el área de estudio provienen de Río Gigantito y quebrada Las Pavas. Las Pavas poseen una temperatura de 26° C para dentro del bosque nativo y de 32° C para la zona de pajonal, pudiendo llegar al máximo de temperatura de 42° C en lugares donde el alto de cada penca superase los 3 metros. La precipitación pluvial se reporta para la zona con promedios entre 1,858 a 2,500 mm anuales. Las estaciones climáticas prevalecientes en el área son dos, una estación seca que abarca los meses entre Enero hasta mediados de Mayo, y una estación lluviosa que comprende los meses desde mediados de Mayo

hasta finales de Diciembre (Navas *et al.*, 2001). La topografía es formada mayormente por suelo volcánico y tectónico, con sedimentación, como se ha descrito para la Isla de Barro Colorado (Wong *et al.*, 1995). Las Pavas posee una extensión plana con pequeñas elevaciones como Cerro Gigante, el cual está localizado en la zona central de la estación científica de la empresa ECOFOREST (Panamá) S.A., región denominada como “Globo Central” (Fig. 1.), descripción de hábitats en Cuadro 1.

#### *Censo de mamíferos*

Las observaciones fueron realizadas durante seis meses desde Abril hasta Septiembre 2002, dentro de cinco días por mes para permitir tiempo suficiente entre cada visita y evitar la influencia del observador en el uso de los hábitats. Aplicamos cuatro métodos convencionales utilizados para censos de mamíferos: 1) transecto de línea, 2) presencia/ausencia, 3) trampeo y 4) redes de niebla (Cuadro 2).

**Transecto de línea:** Establecimos ocho transectos (dos para cada hábitat) para reconocer mamíferos presentes en el bosque nativo, paja quemada, paja mixta, y plantación de teca. Los transectos fueron recorridos todas las mañanas y tardes a partir de las 6:00-9:00 hrs, y 16:00-19:00 hrs, cada día se trabajó en un sendero diferente sin repetición, así, dos observadores diferentes para dos senderos diferentes fueron habilitados. Intercambiamos la revisión de transectos en esta forma: Primer día: BN-1, BT-1; segundo día: BN-2/BT-2; tercer día: PQ-1/PM-1; cuarto día: PQ-2/PM-2. Identificamos las especies observadas, tiempo, y distancia del observador. Se identificó cuando fue posible, edad, sexo, y número de individuos. Las densidades fueron calculadas utilizando la ecuación ecológica siguiente:  $n/2LW$ , donde  $n$  es el número de individuos por especie encontrada,  $L$  es la longitud del transecto y  $W$  es el ancho del área observada (normalmente estandarizado a 20 m para cada sitio desde el centro del sendero hacia los lados) de acuerdo a Glanz (1992) y a Nichols & Conroy (1996). Los transectos fueron seccionados cada 20 m, donde se colocó una marca con cinta fluorescente para hacer una breve parada de 5 minutos en cada punto como una observación puntual. Así, cada transecto fue marcado y numerado hasta el número 50. Se utilizó un “buscador de rango” para calcular las distancias, una brújula y binoculares para desarrollar este método. Algunas observaciones

nocturnas fueron realizadas utilizando estos transectos para tener una breve idea sobre la presencia y actividad de los mamíferos nocturnos, pero estas fueron al azar.

Cuadro 1. Descripción de los hábitats muestreados. Las Pavas, Distrito de La Chorrera, Provincia de Panamá.

Tipo de Hábitat	Característica Física	Especies Vegetales Predominantes	Presencia de Hábitat Donador
<b>Bosque de Teca (BT)</b>	Parcelas #1 y #4 3 años 9 m de altura Dosel 90% cerrado Sotobosque limpio Realeo 2 Transectos de 1 km	<i>Tectona grandis</i>	Bosque Nativo Bosque Rivereño Lago Gatún
<b>Bosque Nativo (BN)</b>	15 años 18 m de altura Dosel 75% cerrado 2 Transectos de 1 km	<i>Astrocaryum standleyanum</i> , <i>Cecropia sp.</i> , <i>Dypterix panamensis</i> , <i>Gustavia superba</i> , <i>Ochroma pyramidale</i>	Bosque de teca (receptor) Rio Gigante
<b>Paja Quemada (PQ)</b>	No dosel No sotobosque Suelo quemado y tratado con herbicida Helechos eventuales 2 Transectos de 700 m	<i>Dyrcranopteris sp.</i>	Rio Gigante Paja sin quemar
<b>Paja Mixta (PM)</b>	No dosel No sotobosque Penca de 2.5 m Eventual bosque pionero de 10 m de altura. 2 transectos de 900 m	<i>Cecropia sp.</i> , <i>Cochlospermum vitifolium</i> , <i>Gustavia superba</i> , <i>Ochroma pyramidale</i>	Lago Gatún

**Trampeo:** Utilizamos los puntos marcados dentro de los transectos de línea como puntos de trampeo, organizando 25 trampas (Tomahawks, Havahard & Sherman), a través de cada transecto. El total de la distancia de las trampas fue de 25 metros tomando en cuenta que fueron colocadas cinco metros dentro del bosque a lo largo de cada punto de transecto, alternándolas en posición izquierda y derecha del

sendero principal de forma sucesiva. Algunas trampas fueron ubicadas a un metro del nivel del sotobosque, pero la mayoría fueron colocadas a ras del suelo. Utilizamos como cebo atractivo una mezcla de mantequilla de maní con semillas de girasol, hojuela de avena entre otras. Se utilizó las guías de mamíferos y claves de identificación de Méndez (1993) apoyando los criterios con fotos de la guía de mamíferos de Centro América y Sureste de México (Reid, 1997) y del Centro y Suramérica de Emmons (1997). Cada animal capturado fue fotografiado, datos de tamaño corporal, edad, sexo y peso fueron obtenidos. Todo animal capturado fue liberado una vez medido y pesado, en el sitio de su captura. Densidades fueron calculadas tomando en cuenta esfuerzo de muestreo.

Cuadro 2. Horas de esfuerzo de muestreo para cada hábitat aplicado en Las Pavas, Distrito de La Chorrera, Provincia de Panamá. Muestreo de abril a septiembre 2002. BT: Bosque de teca; BN: Bosque Nativo; PM: Paja mixta; PQ: Paja quemada.

Hábitat	Transecto	Trampeo	Redes	Huellas	Nocturno	Total
BT	22.4	4,800	103.25	20	20	5,936.75
BN	30.3	5,760	88.45	20	20	5,918.75
PM	20.3	5,280	67.05	20	20	5,465.65
PQ	20.1	6,000	44.25	20	20	6,104.35
Total	93.1	21,840	302.80	80	80	23,425.5

**Redes de niebla:** Utilizamos un máximo de cuatro redes de niebla de 12x2.5 m. Las redes fueron ubicadas al principio de cada transecto con una separación de 50 m y abiertas a las 19:30 hrs. Revisamos cada 15 minutos y cada captura fue identificada utilizando la clave taxonómica de murciélagos de Méndez (1985). Se tomaron datos de medidas del cuerpo, edad, sexo y peso, todo animal fue fotografiado y liberado. Las redes fueron cerradas entre las 00:30 o 01:30 hrs. Densidades fueron calculadas tomando en cuenta el número de individuos por esfuerzo de muestreo. Se cortó una pequeña porción del pelo de los animales capturados para reconocer su recaptura siguiendo Rudran & Foster (1996). Adicional al muestreo, y debido a la problemática de

hematófagos en el área, se realizaron algunas capturas extras en zonas estratégicas cercanas al establo de caballos, los vampiros capturados fueron eliminados, uno de ellos disecado y montado en un cuadro con información educativa para la comunidad.

**Presencia/ausencia:** Seleccionamos al menos tres puntos dentro del hábitat de estudio para colocar trampas de lodo (12 en total). Las trampas consistieron en un rectángulo de suelo macerado y aplanado para dejar una pista de lodo lo suficientemente suave para denotar cualquier animal que pasara y dejara su huella. El rectángulo fue de 100x50 cm, se colocó un atrayente de perfume en un poste central con yeso. Cada huella colectada fue medida de ancho y largo o fotografiada, colectada en molde de yeso y donada al final con el objetivo de dejar un material educativo para las personas que trabajan en el sitio. Las medidas fueron valiosas para identificar edad e individuos visitantes al área, se utilizó las guías de huellas de mamíferos de Reid (1997) y Galindo-Leal (2001). Densidades fueron calculadas utilizando el número de individuos por hora de exposición. Otros signos de presencia fueron obtenidos mediante detección de áreas de descanso, refugios, vocalización, excreta, pelo, o cualquier otro vestigio encontrado en el área de estudio.

**Análisis de resultados:** Se evaluó las densidades por individuo encontradas utilizando la ecuación de Glanz (1992) bajo los principios de Nichols & Conroy (1996), e índices de diversidad de Shannon-Weaver para comparar la diversidad de cada hábitat, un índice de Sorensen para reconocer disimilitudes y similitudes entre diferentes biotipos en base a resultados obtenidos con la plantación de teca (Shannon, 1948; Sorensen, 1948).

## **RESULTADOS**

### **Esfuerzo de Muestreo**

El esfuerzo de muestreo para observación directa por medio de transecto de línea, invirtió unas 93.1 hrs., en total, distribuidas en 30.3 hrs., para bosque nativo, 22.4 hrs., para el bosque de teca, 20.3 hrs., para paja mixta sin quemar y 20.1 hrs., para paja quemada. Estas horas de esfuerzo fueron invertidas en un promedio de 7.5 giras de observación para cada hábitat por seis meses de trabajo. Cabe destacar

que las observaciones se realizaron alternadas para reducir el error de paralaje de cada observador según lo recomendado por Wilson *et al.* (1996).

Para el método de trampeo de roedores y mamíferos pequeños se invirtió un total de 21,840 hrs., divididas en 5,760 hrs., para bosque nativo, 4,800 hrs., para bosque de teca, 5,280 hrs., para paja mixta sin quemar y 6,000 hrs., para paja quemada. El muestreo de murciélagos fue realizado en 303 horas red totales, repartidas en 88.45 hrs., para el bosque nativo, 103.25 hrs., para el bosque de teca, 67.05 hrs., para el pajonal sin quemar mixto y 44.25 hrs., para el pajonal quemado (Cuadro 2). Este esfuerzo se logró en 7.5 giras de cinco días realizadas por seis meses en total, destacando que las variantes en cuanto a esfuerzo de horas de trabajo en este tipo de muestreo se debieron a las fuertes lluvias que coincidieron con el trabajo de campo.

#### **Diversidad de mamíferos**

Durante los seis meses de estudio obtuvimos un total de nueve Órdenes, 20 Familias, 39 Géneros y 44 Especies de mamíferos para las cuatro áreas muestreadas. De éstas, tres especies de marsupiales, dos pilosos, un cingulado, 16 murciélagos, tres primates, seis carnívoros, tres artiodáctilos, nueve roedores y un conejo.

Analizando los resultados por hábitat, el bosque nativo obtuvo 7 Órdenes, 15 Familias, 21 Géneros, 23 Especies y un total de 140 individuos. El bosque de teca presentó 8 Órdenes, 16 Familias, 25 Géneros, 31 Especies y 114 individuos, siendo mayor en diversidad para cada variable mencionada excepto por el número de individuos capturados. El hábitat de paja mixta obtuvo 7 Órdenes, 10 Familias, 10 Géneros, 10 Especies y un total de 22 animales capturados en tanto que el pajonal quemado obtuvo una diversidad de 7 Órdenes, 12 Familias, 13 Géneros, 13 Especies y 16 individuos capturados (ver Cuadro 4 por detalles de densidades).

Para analizar la utilización de los hábitats se hizo una evaluación de la preferencia alimenticia de las especies y se obtuvo porcentajes de tendencia alimentaria por hábitat (Fig. 2). En paja quemada se obtuvo más mamíferos frugívoros, seguido por bosque nativo y plantación de teca. Murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*) fueron

capturados solamente en áreas abiertas de la plantación de teca y de igual forma obtuvo mayor categorías tróficas (Fig. 2, Cuadro 3). En general, la secuencia de mayor a menor de categorías tróficas encontradas en este estudio fue en el orden siguiente: omnívoros, insectívoros, carnívoros, folívoros, nectarívoros, y hematófagos. La mayor diversidad por hábitats en términos de Orden fue la plantación de teca, con nueve Órdenes, seguido del bosque nativo y el mismo valor para la paja quemada. El Orden con mayor diversidad fue el Chiroptera encontrado en bosque de teca con 15 especies diferentes, mientras que el Rodentia y Carnívora compartió el segundo lugar en el bosque nativo (Fig. 3). En murciélagos, el periodo de muestreo invertido fue suficiente para obtener una curva asintótica estable, exceptuando al bosque de teca en donde las especies se mantenían en aumento (Fig. 3).

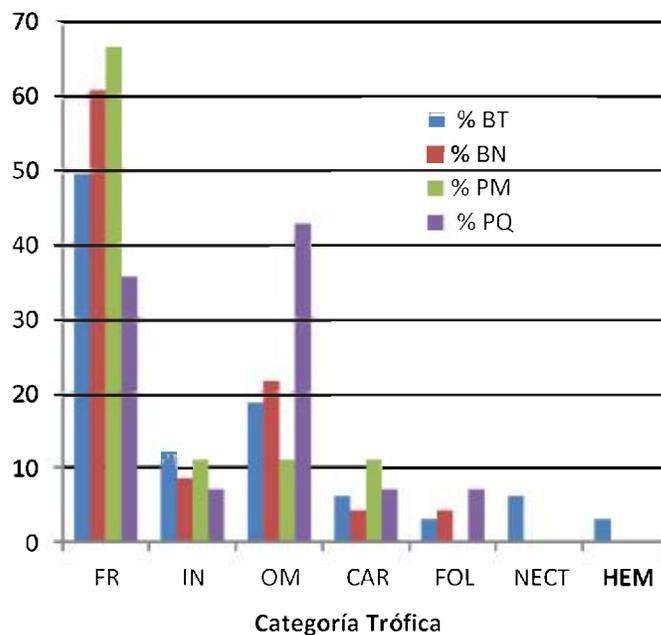


Fig. 2. Porcentajes de categorías tróficas por hábitats y sus respectivas comparaciones entre sí. Proyecto Las Pavas, Chorrera-Panamá. Abril a septiembre de 2002. FR: Frugívoro, IN: Insectívoro, OM: Omnívoro, CAR: Carnívoro, FOL: Folívoros, NECT: Nectarívoro, HEM: Hematófago.

Cuadro 3. Especies de mamíferos presentes en los cuatro tipos de hábitats muestreados para el área de las Pavas, Panamá. Abril a septiembre de 2002. BT: Bosque de teca, BN: Bosque nativo, PM: Paja mixta sin quemar, PQ: Paja quemada. X: demuestra la presencia de la especie en ese hábitat.

TAXÓN	BT	BN	PM	PQ
<b>Didelphimorphia</b>				
Didelphidae				
<i>Didelphis marsupialis</i>	X	X	X	X
<i>Phylander opossum</i>		X		
<i>Marmosa robinsoni</i>		X		
<b>Pilosa</b>				
Myrmecophagidae				
<i>Cyclopes didactylus</i>				X
<i>Tamandua mexicana</i>		X		
<b>Cingulata</b>				
Dasypodidae				
<i>Dasypus novemcinctus</i>	X	X	X	X
<b>Chiróptera</b>				
Phyllostomidae				
<i>Mycronictes minuta</i>	X			
<i>Lampronictes brachyotis</i>	X	X		X
<i>Phyllostomus discolor</i>	X			
<i>Glossophaga commissarisi</i>	X			
<i>Carollia castanea</i>	X			
<i>Carollia perspicillata</i>	X	X	X	
<i>Uroderma bilobatum</i>	X			
<i>Vampyroides caraccioli</i>	X	X		
<i>Vampyroides helleri</i>	X			
<i>Chiroderma villosum</i>	X			
<i>Artibeus watsoni</i>	X			
<i>Artibeus jamaicensis</i>	X	X		
<i>Artibeus intermedius</i>	X			
<i>Artibeus lituratus</i>	X	X		

Continuación Cuadro 3...

TAXÓN	BT	BN	PM	PQ
<i>Desmodus rotundus</i>	X			
Molossidae				
<i>Molossus molossus</i>	X			
<b>Primates</b>				
Calithricidae				
<i>Saguinus geoffroyi</i>	X	X	X	
Cebidae				
<i>Cebus capucinus</i>		X		
Atelidae				
<i>Alouatta palliata</i>		X		
<b>Carnívora</b>				
Procyonidae				
<i>Procyon lotor</i>	X			X
<i>Nasua narica</i>	X	X		
Mustelidae				
<i>Conepatus semistriatus</i>	X			X
<i>Lontra longicaudis</i>	X			
Felidae				
<i>Leopardus pardalis</i>	X	X		
<i>Puma yagouaroundi</i>			X	X
<b>Artiodactyla</b>				
Tayassuidae				
<i>Pecari tajacu</i>	X	X	X	X
<b>Cervidae</b>				
<i>Mazama americana</i>		X		
<i>Odocoileus virginianus</i>	X	X	X	X
<b>Rodentia</b>				
Sciuridae				
<i>Sciurus granatensis</i>	X	X		

Continuación del Cuadro 3...

TAXÓN	BT	BN	PM	PQ
<b>Rodentia</b>				
<i>Sciurus variegatoides</i>		X		
Muridae				X
<i>Oryzomys alfaroi</i>	X			X
<i>Zygodontomys brevicauda</i>			X	
<i>Sigmodon hirsutus</i>				
Hydrochaeridae				
<i>Hydrochaeris isthmus</i>	X			
Agoutidae				
<i>Cuniculus paca</i>	X	X	X	X
Dasyproctidae				
<i>Dasyprocta punctata</i>	X	X	X	X
Echimyidae				
<i>Proechimys semispinosus</i>		X		
<b>Lagomorpha</b>				
Leporidae				
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	X			
Total de especies por hábitat	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>13</b>

Cuadro 4. Abundancia relativa de las especies de mamíferos detectadas por diferentes métodos en el área de bosque de teca, Las Pavas. Abril a septiembre de 2002. Comparación con otros estudios similares. No. Ind.: Número de individuos observados, capturados o calculados por rastros, Ab/Rel: Abundancia relativa, P.Gig: Estudio en península Gigante (PMCC informe final 1999). BCI: Estudio realizado en isla Barro Colorado (Wright *et al.* 1994). \* Esta especie fue calculada en base a sus huellas (20 horas de observación rastro) \*\* Esta especie fue calculada por observación directa nocturna (20 horas de observación). (1) Primer reporte de esta especie para esta zona.

Especie	No. Ind.	Ab/Rel	P.Gig	BCI
<i>D. marsupialis</i>	2	4.16x10 <sup>-4</sup>	0.21	0.57
<i>D. novemcinctus</i> *	1	0.04		
<b>Trampas noche</b>		<b>4800</b>	<b>2800</b>	<b>2790</b>
Especie	No. Ind.	Ab/Rel	P.Gig	BCI
<i>M. minuta</i>	1	9.68x10 <sup>-3</sup>		
<i>L. brachyotis</i>	1	9.68x10 <sup>-3</sup>		
<i>P. discolor</i>	21	0.20		
<i>G. commissarisi</i>	2	0.01		
<i>C. castanea</i>	5	0.04		
<i>C. perspicillata</i>	12	0.11		
<i>U. bilobatum</i>	4	0.03		
<i>V. caraccioli</i>	6	0.05		
<i>V. helleri</i>	1	9.68x10 <sup>-3</sup>		
<i>Ch. villosum</i>	2	0.01		
<i>A. watsoni</i>	1	9.68x10 <sup>-3</sup>		
<i>A. jamaicensis</i>	17	0.16		
<i>A. intermedius</i>	2	0.01		
<i>A. lituratus</i>	11	0.10		
<i>D. rotundus</i>	1	9.68x10 <sup>-3</sup>		
<b>Horas red</b>		<b>103.25</b>		
Especie	No. Ind.	Ab/Rel	P.Gig	BCI
<i>S. geoffroyi</i>	4	0.17	0.10	0.07
<i>P. lotor</i> *	2	0.08		
<i>N. narica</i>	1	0.04	0.28	0.83
<i>C. semistriatus</i> *(1)	1	0.04	0.0	0.0
<i>L. longicaudis</i> *	1	0.04		
<i>L. pardalis</i> *	1	0.04		
<i>P. tajacu</i>	1	0.04	0.14	0.39
<i>O. virginianus</i>	1	0.04	0.09	<0.01
<i>S. granatensis</i>	2	0.08	0.18	0.13
<b>Horas de observación</b>		<b>22.4</b>		

Especie	No. Ind.	Ab/Rel	P.Gig	BCI
<i>Z. brevicauda</i>	1	2.08x10 <sup>-4</sup>		
<b>Trampas noche</b>		<b>4800</b>		
Especie	No. Ind.	Ab/Rel	P.Gig	BCI
<i>H. isthmus*</i>	2	0.10		
<i>C. paca</i>	1	0.04		
<i>D. punctata</i>	1	0.04	0.96	1.37
<i>S. brasiliensis**</i>	3	0.15		
<b>Horas de observación</b>		<b>22.4</b>		

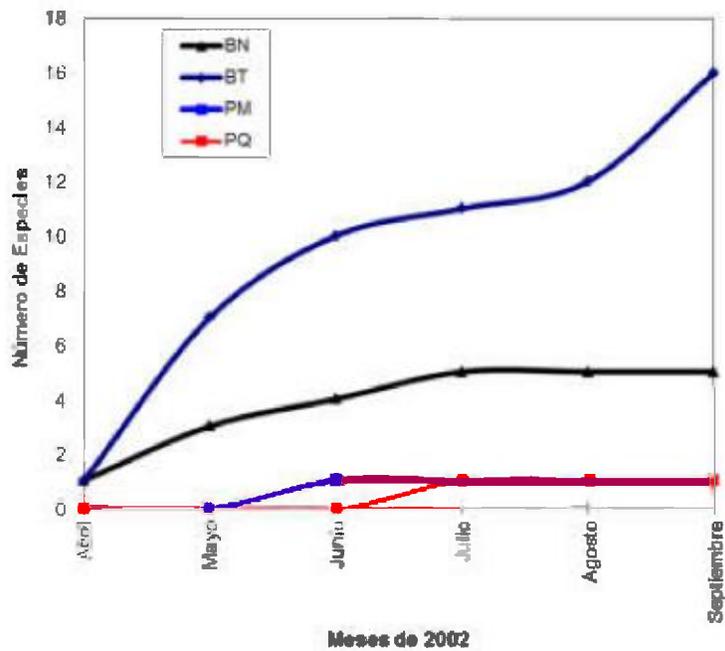


Fig. 3. Gráfico acumulado de especies de murciélagos obtenidos por hábitat. Proyecto las Pavas, Chorrera. Panamá. Abril a septiembre de 2002.

## DISCUSIÓN

Las Pavas mostró una alta diversidad con nueve de los 13 órdenes taxonómicos reportados en Panamá (Wilson & Reeder, 2005), similar cantidad fue observada en MNIBC y Península Gigante (Glanz, 1992). Aparentemente el bosque de teca estudiado fue uno de los más utilizados por los mamíferos del área presentando consecuentemente una alta diversidad comparado incluso con el bosque nativo. Estos resultados encontraron similitudes con trabajos realizados en el Santuario Silvestre de Parambikulam en Kérala, India, en donde los mamíferos medianos acortan las distancias caminando por sotobosque abierto de la teca para cruzar de un sitio a otro (Balakrishnan & Easa, 1986). Así, las evaluaciones de comunidades de mamíferos aquí presentes no deben ser tomadas como una riqueza exclusiva de cada hábitat sino más bien de cómo las especies presentes en el bosque nativo se distribuyen en cada hábitat dependiendo de lo que cada uno le ofrece. Otros estudios relacionados aseguran un efecto positivo de la plantación de teca para mamíferos grandes quienes utilizan el sotobosque abierto para migrar (ej. Elefantes) el cual podría ayudarlos a sobrevivir en la reserva del Valle Kilombero en Tanzania (Jenkins *et al.*, 2000, 2003).

Todos los hábitats censados (excepto por el bosque de teca), presentaron una alta diversidad de roedores, como bien ha sido encontrado en otros estudios en MNIBC (Wright *et al.*, 1994). En Borneo, los estudios del efecto de las plantaciones de Palma de Aceite y teca en los mamíferos pequeños (no voladores), consideran esta práctica de forma negativa, ya que conforman una barrera para el proceso de dispersión de pequeños roedores (Bernard *et al.*, 2009). En este estudio, los murciélagos fueron altamente representados en la plantación de teca, con 10 especies más que las capturadas en los demás hábitats, estos utilizando oportunamente el estrato medio del bosque de teca para volar alrededor y capturar insectos, o cruzar simplemente de un parche de bosque nativo a otro.

La abundancia de frugívoros y omnívoros fue marcada en el total del muestreo (Fig. 2). La presencia de *Leopardus pardalis* en el bosque nativo y la plantación de teca remarca a este depredador como el felino más dominante en el área, seguido por el tigrillo congo *Puma yagouaroundi* el cual apareció con mayor tendencia en las zonas de

pajonal. Ambos depredadores están posiblemente relacionados al tamaño de presas que pueden encontrar en sus hábitats (Moreno, 2002), por lo que mamíferos de tamaño medio fueron sus presas más abundantes. Existió un reporte anecdótico de jaguar *Panthera onca* y puma *Puma concolor* en el área, pero no fueron detectados por nuestros muestreos y su presencia fue considerada rara dado que son perseguidos por los cazadores del área. Más del 50% de los mamíferos encontrados fueron de hábitos frugívoros, lo que remarca la función del bosque nativo como donador de especies para los otros hábitats como bien establecen Conroy & Nichols (1996).

La paja canalera mixta sin embargo, fue utilizada como refugio y lugares de descanso para mamíferos herbívoros. Venados y conejos fueron detectados como usuarios comunes de estas áreas, refugios y excretas fueron encontrados asegurando su presencia y uso de este hábitat. Cambios de paisaje natural de esta índole, para introducción de teca, han diagnosticado efectos negativos en las poblaciones de animales nativos en otras partes del mundo, animales como zebras, alces africanos, y búfalos, se han visto afectados al ser suplantado el bosque por plantaciones exóticas, tal es el caso del Miombo en el Valle del Kilombo, Tanzania (Jenkins *et al.*, 2003).

Los muestreos en las zonas abiertas como paja mixta y paja quemada fueron influenciados negativamente en cuanto a la captura de murciélagos, debido al brillo lunar. Efectos similares se han sugerido en otros estudios como los citados por Fleming *et al.* (1972) y Kalko & Handley (2000). Esto en respuesta a un comportamiento de defensa para evitar ser atrapados por predadores nocturnos (Morrison, 1978). También varió mucho la captura en base a la intensidad de la lluvia en ciertos días, debido quizá a la influencia que ésta hace en la termorregulación de los murciélagos (Kunz, 1982, Araúz & Fuenmayor, 1998).

En total se invirtió unas 23,425 horas totales de esfuerzo de muestreo (Cuadro 2). La curva acumulativa para calcular la riqueza y abundancia de murciélagos por hábitat mostró una estabilidad alrededor del mes de junio. Sin embargo, el bosque de teca presentó un incremento severo en cuanto a especies de murciélagos cruzando el estrato medio al tiempo que la teca estuvo en floración entre los meses

de agosto y septiembre (Fig. 3). Esto pudo ser causado por un pico en la fructificación de especies de árboles en el bosque nativo circundante (Leight *et al.*, 1992) y la alta densidad de insectos en la estación, sobre todo para especies insectívoras y frugívoras, como bien es sugerido por Eisenberg & Thorington (1973). Ciclos reproductivos y la humedad relativa también pudo haber sido una variable importante (Jenkins *et al.*, 2003).

**Bosque de Teca:** La especie dominante encontrada en el hábitat de teca fue *Phyllostomus discolor*, diferente a otras comunidades de mamíferos en la parte norte del Canal de Panamá (Santamaría & Méndez-Carvajal, 2001). Por ejemplo en la provincia de Colón, donde *Carollia castanea* fue más abundante dentro de la teca según Domínguez & Chong (2002). Ambas especies han sido consideradas por otros autores como especies indicativas de bosque perturbado, no por su presencia pero si por su abundancia (Fenton *et al.*, 1987; 1992; Thies, 1998). Otra especie abundante en la teca fue *Lamproncyteris brachyotis*, murciélago insectívoro y dependiente del bosque nativo (Mora & López, 2002). Dado que la curva acumulativa de especies no llegó a estabilizarse en este hábitat, no se descarta que otras especies estén utilizando la teca como corredor.

Aunque se encontró presencia de mono tití *Saguinus geoffroyi*, debido a que el transecto de teca fue ubicado cruzando un pequeño bosque de galería dentro de la plantación de teca, no se debe considerar este dato como válido para evaluar la riqueza de especies de la teca en su totalidad. Otros estudios en la Península de Nicoya en Costa Rica han revelado abundancia de monos aulladores y capuchinos en una plantación de teca (Vallejo *et al.*, 2006), sin embargo, de acuerdo a la biología y requerimientos de dieta de estos dos primates, se hace difícil considerar que la teca por si sola pueda servir nutricionalmente a un solo individuo de mono aullador, aunque en Chiapas, México, se ha reportado casos de monos aulladores utilizando la teca y el árbol de laurel como soporte físico cuando la tala ha acabado con el bosque casi en su totalidad (com, pers. Ofelia Castillo-Acosta). Otros mamíferos fueron contabilizados en el bosque de teca sin tener una relación real con este bosque, la nutria *Lontra longicaudis* se identificó por huellas cercanas al bosque de galería que cruza la plantación de teca, siendo este animal omnívoro, es probable que se sirva del río para encontrar

sus alimentos (Quadros & Montheiro-Filho, 2001). La mayor razón por la que animales como venados colablanca *Odocoileus virginianus*, gatos solos *Nasua narica* y mapaches *Procyon lotor*, fueran encontrados en la teca se debe quizá a las interacciones sociales de reproducción y/o traslado. El venado colablanca fue atraído algunas ocasiones por la teca, solo en el momento en que la paja del sotobosque estuvo sin control. Un considerable número de venados fueron calculados por huellas utilizando la teca en horas de la noche. Aunque nunca vimos algún venado comiendo de la teca, existen reportes en Goa, India, de animales con similar sistema digestivo que descortezan la teca en respuesta a una carencia de fuente alimenticia en el área. Estos animales, como bisontes en la India, obtienen su fuente de minerales o proteínas con fibras que necesitan para su digestión eficaz (Suman & Shyama, 2009). Después de una dedicada evaluación, concluyo que de las 31 especies reportadas en la teca, solo 5 podrían utilizar este hábitat como residencia. Estos animales serían; el armadillo de nueve bandas *Dasyus novemcinctus*, la zarigüeya *Didelphis marsupialis*, el ñeque *Dasyprocta punctata*, el conejo muleto *Sylvilagus brasiliensis* y ratones como el *Zygodontomys brevicauda*.

**Bosque Nativo:** Para el bosque nativo, la rata semiespinosa o mocangú *Proechymis semispinosus* fue la más abundante, como bien se reporta para MNIBC por Wright *et al.*, (1994). De igual forma, se encontró similitudes con MNIBC en la abundancia de otros mamíferos como el mono aullador *Alouatta palliata*, ñeque *Dasyprocta punctata* y mono cariblanco *Cebus capucinus*, respectivamente (Wright *et al.*, 1994). Se registraron solamente depredadores de mediano tamaño, el ocelote *Leopardus pardalis* se encontró por huellas en varias ocasiones entre la zona de la teca y el bosque nativo relacionado a huellas de saínos *Pecari tajacu*. La población de mamíferos en bosque nativo obtuvo más animales arbóreos como zarigüeyas, osos hormigueros, ardillas, monos y murciélagos (13 a 23 especies). Mayormente estas especies ofrecieron pesos mayores a los 6 kg., sobrepasando la masa corporal promedio de las especies encontradas en la plantación de teca. La presencia de el puma *Puma concolor* y el jaguar *Panthera onca* son presumibles en el área, dada la extensión de su ámbito de acción y la cacería casual, ellos prefieren mantenerse lejos de las comunidades humanas (com., pers. Con Guarda Recursos de Las Pavas). Aunque la diversidad de bosque de teca vs bosque nativo demostró similitud, la

masa corporal de los mamíferos del bosque nativo y por ende su tamaño indica que este último alberga especies mayores y posee mayor capacidad de carga (Chandrasekar-Rao & Sunquist, 1996).

**Paja Mixta y Paja Quemada:** La relación de los dos sitios es estrecha, los dos hábitats poseen situaciones que podrían ser parte de la naturaleza del ciclo de regeneración de un espacio abierto del bosque en la Cuenca del Canal de Panamá. La paja mixta se caracterizó por pequeñas formaciones de bosque pionero con árboles predominantes como el guarúmo *Cecropia spp.*

Entre los mamíferos observados en esta paja mixta se encontró el conejo pintado *Cuniculus paca*, el ñeque *Dasyprocta punctata*, conejo muleto *Sylvilagus brasiliensis* y venado colablanca *Odocoileus virginianus*, todos utilizando la paja mixta como refugio como bien ha sido antes reportado por Sánchez & Gallina (2002). Los depredadores fueron visibles, estos dos hábitats presentaron tigrillo congo *Puma yagouaroundi* y mapaches *Procyon lotor* como los únicos depredadores detectados en ambos sitios. Solo dos murciélagos fueron capturados en estos hábitats, *Lampronnycteris brachyotis* y *Carollia perspicillata*, ambos considerados indicadores de zonas perturbadas (Winograd, 1995; Fenton *et al.*, 1992).

#### **Índices de diversidad y similitud**

Utilicé el índice de Shannon-Weaver (Zar, 1984) para calcular la diversidad de especies. Los hábitats más similares fueron el de bosque nativo y paja quemada por poseer índices de 1.08 y 1.07 respectivamente. El índice de Sorensen para comprender la similitud de hábitats con el bosque nativo, confirmó diferencia con una prueba de t con probabilidad  $p=0.0059$ .

#### **La perspectiva de la comunidad de los mamíferos con la plantación de teca**

Se observó que los mamíferos están utilizando estos cuatro hábitats, dos de ellos transitorios (paja mixta y paja quemada), una estacional de periodo largo y un bosque nativo como proveedor. Este estudio sugiere que la plantación de teca mantendrá menos especies de mamíferos entre más años pasen y más lejos se encuentre de los bosques nativos, obteniendo así un número reducido de especies sobre

todo de los órdenes Carnívora y Chiroptera. De forma similar se concluyó en el estudio de la teca con mamíferos nativos en la zona del Valle de Humedal del Kilombo en Tanzania (Jenkins *et al.*, 2003). La población de roedores pequeños podría incrementar, así también la de los predadores medianos como el tigrillo congo *P. yagouaroundi* podrían llegar a predominar sobre el ocelote *L. pardalis*. Especies como *Pteronotus parnelli*, *Carollia perspicillata*, *Carollia castanea*, y *Desmodus rotundus* incrementarán y dependiendo del uso colateral de la tierra, otras especies como *Diaemus youngi* podrían incursionar estos hábitats. Específicamente los grupos insectívoros serán predominantes. Especies de mayor tamaño como venados podrían mantenerse cerca debido a la facilidad de cruce entre parches de bosques y la gramínea que crece al pie del árbol de teca. Si la teca se mantiene a este entonces, asumo que se acabarán los refugios de paja canalera que aun quedan y esto disminuirá la densidad poblacional de animales presa como venado colablanca *O. virginianus*, conejo pintado *C. paca*, y ponchos *Hydrochaerys isthmus*, o al menos estas serán más susceptibles a los cazadores.

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación fue realizada en categoría de pasantía como parte de una iniciativa de cooperación por la Fundación ECOS S.A. y financiamiento de la Fundación AVINA. El proyecto se desarrollo gracias a la guía y ayuda de ECOFOREST (Panamá) S.A y el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) bajo supervisión de Richard Condit, Jean Marc Verjans y Ted Gullison. Por los comentarios, ayuda en bibliografía y espacio de oficina agradezco a Rafael Samudio y Jackeline Jiacalone del STRI. Agradezco el apoyo a Ricardo Moreno, Lidia Valencia, Rolando Pérez y Suzanne Lao del MNIBC y Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CTFS). De igual forma al equipo de ECOFOREST (Panamá) S.A., en particular a Ricardo Delvalle, Luis Carles, Omar Lastra, y a Vielsa, Celsio y Gilberto, los Guarda Recursos Eriberto, Evaristo, Chano, Alberto y Sra. Amada. Especial agradecimiento a estudiantes de biología que asistieron en este trabajo, Vilma Fernández y José Ponce de la Universidad de Panamá. Agradezco grandemente la colaboración de profesionales externos de la Universidad de Río Piedras, Puerto Rico, en especial a Ivelisse Ruiz-Bernard y María Fernanda Barberena, así

también a Diana Marsilio por su ayuda en la edición del resumen en Inglés.

### **CONCLUSIONES**

La diversidad de mamíferos en la teca resultó mayor que en la del bosque nativo, sin embargo, este último hábitat posee mayor capacidad para abastecer a los animales con requerimientos nutricionales. La paja mixta y la paja quemada revelan especies de mamíferos que son oportunistas y pueden utilizar estos hábitats como refugio y como lugar de descanso. Claramente el estudio demostró el efecto donador-receptor entre hábitats. La teca ofrece espacio abierto en su sotobosque con dosel cerrado, lo cual permite buen traslado de animales vía sotobosque, pero no permite traslado de animales arbóreos de tamaño mediano. La abundancia de insectos y reptiles que se encuentran en este medio de teca, podría favorecer en cierto modo a animales consumidores de estos grupos.

### **RECOMENDACIONES**

- Continuar estudios de mamíferos relacionados a plantaciones de teca, y estudiar sus cambios poblacionales por categoría trófica a largo plazo.
- Dado a la carencia de estudios de murciélagos en otras zonas relacionadas a la teca, se debería incorporar más estudios de murciélagos dado que son animales que pueden demostrar en periodos más cortos, cuanto han sido afectados por su dinámica poblacional.
- Las concesiones de teca deberían mantener una franja de amortiguamiento obligatoria de paja-bosque pionero mixto de al menos unos 20 metros de amplitud entre los bordes del canal. Esto favorecería a las especies que utilizan la paja canalera como refugio y que son a su vez especies presa para el hombre y para los demás depredadores del área.

### **REFERENCIAS**

ANAM. 1999. Dirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Plan de Manejo del Parque Nacional Soberanía. Basado en la labor del Colegio

de Biólogos de Panamá, con auspicio de la Fundación Natura, Panamá. 193 pp.

Araúz, A., & M.Q.D. Fuenmayor. 1998. Diversidad y Condición Reproductiva de los murciélagos del área de Fort Clayton. Tesis de licenciatura. Universidad de Panamá, Panamá. 97 pp.

Balakrishnan, M., & P.S. Easa. 1986. Habitat preferences on the larger mammals in the Parambikulam Wildlife Sanctuary, Kerala, India. *Biological Conservation*, 37(3):191-200.

Bernard, H., J. Fjeldsa, & M. Mohamed. 2009. A case study on the effects of disturbance and conservation of Tropical lowland Rainforest on non-volant small mammals in the North Borneo: Managements Implications. *Mammals Study*, 34(2):85-96.

Chandrasekar-Rho, A. & M.E. Sunquist. 1996. Ecology of small mammals in Tropical Forest habitats of southern India. *Journal of Tropical Ecology*, 12:561-571.

Dalling, J.W. & J.S. Denslow. 1998. Soil seed bank composition along a forest cronosequence in seasonally moist tropical forest, Panama. *J. Veg. Sci.*, 9: 669-678.

Domínguez, J.P. & M.L.L. Chong. 2002. Estudio preliminar de Chirópteros asociados a dos fincas forestales de *Tectona grandis* y parches de bosques adyacentes. VI Congreso Mesoamericano para la Biología y la Conservación. San José, Costa Rica. Mesoamericana. 6(3): 139.

Eisenberg, J.F. & R. Thorington. 1973. A preliminary analysis of a Neotropical mammal fauna. *Biotropica*, 5(3): 150-161.

Emmons, L.H. 1997. Neotropical Rainforest Mammals. A field guide. Second Edition. The University of Chicago Press. 307 pp.

Fenton, M.B., P.J. Racey & M.V. Rayner. 1987. Recent advances in the study of bats. Cambridge University Press. 470 pp.

Fenton, M.B., L. Acharya, D. Audet, M.B.C. Hickey, C. Merriman, M.K. Obrist, & D.M. Syme. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica*, 24(3): 440-446.

Fleming, T.H., E. Hooper & D. Wilson, 1972. Three Central American Bat Communities: Structure Reproductive Cycles, and Movement Patterns. *Ecology*. 53(4):555-569.

Galindo-Leal, C. 2001. Diseño y Análisis de Proyectos para el manejo y monitoreo de la diversidad biológica. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International. 104 pp.

Glanz, W. 1992. Fauna de Mamíferos terrestres de la isla Barro Colorado: Censos y cambios a largo plazo. En: *Ecología de un Bosque Tropical*. E. Leigh et al. (Eds). Presencia LTDA, Colombia. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, República de Panamá 547.

Heckadon-Moreno, S. 2001. *Panamá, Puente Biológico*. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, República de Panamá.

Jenkins, R, K. B., K. Roettcher, G. Corti, & E. Fanning. 2000. Large Mammals and Teak Plantations in the Kilombero Valley: Ecological monitoring of the effect of a new teak plantation on a large-mammal community in the Kilombero Valley, Tanzania. Frontier Tanzania Savanna Research Programme. The Society for Environmental Exploration, UK & The University of Dar es Salaam.

Jenkins, R.K.B., K. Roettcher & C. Graham. 2003. The influence of stand age of wildlife habitat use in exotic teak tree *Tectona grandis* plantations. *Biological Conservation*, 12(5):975-990.

Kalko, E.K. & Handley. 2000. Neotropical Bats in the Canopy Diversity Community Structure and Implications for Conservation Strategies (on prep.) 34 pp.

Kunz, T.H. 1982. Roosting Ecology. *Ecology of bats* (T.H. Kunz, Ed.). Plenum Press, N.Y. 425 pp.

Leight, E. & D.M. Windsor. 1992. Producción del bosque y regulación de consumidores primarios de isla de Barro Colorado. In: Ecología de un bosque tropical (eds); Egbert Leight, Jr., Stanley Rand, Donald Windsor. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, República de Panamá. Pp.179-190.

Leight, E. & G.J. Vermej. 2002. Does Natural Selection Organize Ecosystems for the Maintenance of High Productivity and Diversity? Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 709-718pp.

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

Méndez, E. 1985. Identificación de los grupos (Familias y Subfamilias) de Murciélagos Panameños. Publicación de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá.

Méndez, E. 1993. Los roedores de Panamá. Panamá, Edición Privada. 372 pp.

Méndez-Carvajal, P.G., J.M. Verjans & R. Condit. 2003. Mammal community diversity in four types of forests (Teak, native forest, grasslands and slash and burn grassland) Panama Canal Watershed, Panama. Annual meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC) and British Ecological Society (BES). Aberdeen University, Scotland, United Kingdom.

Mora, J.M., & L.I. López. 2002. La comunidad de murciélagos del Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica, VI Congreso Mesoamericano para la Biología y la Conservación, San José, Costa Rica. Mesoamericana 6(3):139.

Moreno, R.S. 2002. Ambitos hogareños, patrones de actividad y hábitos alimentarios de los ocelotes en isla de Barro Colorado, Panamá. VI Congreso Mesoamericano para la Biología y la Conservación, San José, Costa Rica. Mesoamericana. 6(3):139.

Morrison, D.W. 1978. Foraging Ecology and Energetics of the Frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 5:716-723.

Navas, N., V. Eyda, B.H. Cedeño. 2001. Estadística de Panamá, Dirección de Estadística y Meteorológica, 1998-1999. *Estadística de Panamá*, Censo. Pp. 57.

Nichols, J.D. & M.J. Conroy. 1996. Techniques for estimating abundance and species richness. In: *Measuring and Monitoring Biological Diversity, standard methods for mammals* (Eds.): Don E. Wilson, F. R. Cole, J.D. Nichols, R., Rudran & M. Foster. Smithsonian Institution Press, Washington and London. 177-234 pp.

Piedra-Marín, R. 2006. Tras cuatro años de cooperación...Alianza entre instituciones públicas y privadas genera innovaciones de desarrollo sostenible en el Canal de Panamá. *Recursos Naturales y Ambiente*, 45:127-129.

Quadros, J., & E. Montheiro-Filho. 2001. Diet of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis* In an Atlantic Forest, Santa Catarina State, Southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 36(1): 15-21.

Reid, F.A. 1997. *A field Guide to Mammals of Central American and Southest Mexico*. New York, Oxford University Press. 334 pp.

Rudran, R., & M.S. Foster. 1996. Conducting a survey to assess mammalian diversity. In: *Measuring and Monitoring Biological Diversity, standard methods for mammals* (Eds.): Don E. Wilson, F. R. Cole, J.D. Nichols, R., Rudran, & M. Foster. Smithsonian Institution Press, Washington and London. Pp.71-80.

Samudio, R. 2002. Mamíferos de Panamá. En: Ceballos, C. & Simonetti, J. *Diversidad y Conservación de los mamíferos Neotropicales*. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sánchez, R. & S.T. Gallina. 2002. Ecología del venado Bura en el desierto Chihuahuanense. VI Congreso Mesoamericano para la

Biología y la Conservación, San José, Costa Rica. Mesoamericana. 6(3):139.

Santamaría, E. & P. Méndez-Carvajal. 2001. Diversidad y Abundancia de Murciélagos en dos tipos de hábitats dentro del Parque Nacional Soberanía, Universidad de Panamá. Tesis de Licenciatura. 88 pp.

Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal, 27, 379-423 and 623-656.

Soper, F.L., H. Penna, E. Cardoso, J. Serafim Jr., M. Frobisher Jr., & J. Pinhero. 1933. Yellow fever without *Aedes aegypti*. Study of a rural epidemic in the Valle do Chanaan, Espirito Santo, Brazil, 1932. *Am. J. Hyg.*, 18, 555-587.

Sorensen, T.A. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter*, 5, 1–34.

Suman, D.G. & S.K. Shyama. 2009. Studies in the food and feeding habitats of Gaur: *Bos gaurus* H. Smith (Mammalia: Artiodactyla: Bovidae) in two protected areas of Goa. 1(2): 128-130.

Thies, W. 1998. Recourse and habitat use in two frugivorous bat species (Phyllostomidae: *Carollia perspicillata* and *Carollia castanea*) in Panama: Mechanism of Coexistence dissertation of PhD., University of Tubingen-Germany.

Vallejo, A., I. Gutiérrez, M. Chacón, W. Van Rooij, M. Serrano-Dávila, J.J. Campos-Arce & R. Villalobos. 2006. A case study commissioned by the Netherlands Environmental Assessment Agency. Hojancha, Nicoya Peninsula, C.R. 52 pp.

Whitmore, T.C. 1984. Tropical rain forests of the Far East. (2nd edition). Oxford University Press, Oxford. 352 + xvi pages.

Wilson, D.E., F. Russel Cole, J.D. Nichols, R. Rudran, & M. Foster. 1996. Measuring and Monitoring Biological Diversity; Standard Methods for Mammals. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. 409pp.

Wilson, D.E. & M. DeeAnn Reeder (editors). 2005. Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed), Johns Hopkins University Press, 2,142 pp.

Winograd, M. 1995. Indicadores ambientales para Latinoamérica y el Caribe. GASE (Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos). 85 pp.

Wong, M., J. Ventocilla & O. Acevedo. 1995. Un día en la isla de Barro Colorado, Panamá. Smithsonian Tropical Research Institute. 134 pp.

Wright, S.J., M.E. Gompper & B. De Leon. 1994. Are large predators keystone species in Neotropical Forest? The evidence from Barro Colorado Island. *Oikos*, 71:279-294.

***Recibido enero de 2012, aceptado octubre de 2012.***



## PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DEL MANGLAR DE *Rhizophora mangle* L EN EL CANAL ESTUARINO DE ISLA DE CAÑAS, PROVINCIA DE LOS SANTOS, REPÚBLICA DE PANAMÁ

**Edwin Antonio Rodríguez<sup>1</sup>, José Carlos Chang<sup>2</sup>, Italo Goti**

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas.

E-mail: <sup>1</sup> [guasimo25@hotmail.com](mailto:guasimo25@hotmail.com), <sup>2</sup> [changvivero@yahoo.es](mailto:changvivero@yahoo.es)

### RESUMEN

Se determinó la producción de hojarasca en un estudio del manglar de *Rhizophora mangle* L. del Refugio de Vida Silvestre Isla de Cañas distrito de Tonosí, Provincia de Los Santos en el pacífico panameño en tres parcelas de 10 m x 100 m, entre enero y abril, época seca, y entre julio y octubre, época lluviosa de 2007. Se instalaron 14 canastas colectoras de hojarasca por parcela, de 8 cm de alto, 50 cm de largo por 50 de ancho, con un área de (0,25m<sup>2</sup>). La productividad de hojarasca estuvo conformada principalmente por hojas. Para la estación seca las hojas constituyen el 63,62 % del peso seco total mientras que en la lluviosa el 72,16 %. Los valores de productividad total de hojarasca no presentan diferencia significativa entre las estaciones secas y lluviosas, y su tasa promedio de producción anual fue de a 12629 Kg/ha/año. La información obtenida es un aporte al conocimiento de los manglares del Refugio de Vida Silvestre Isla de Cañas y sirve de línea base para la creación de un plan de manejo integral. Se determina la productividad del bosque de *Rhizophora mangle* L., tomando en cuenta factores como los niveles de salinidad, temperatura, estructura, condiciones climáticas imperantes según la estación del año en Isla de Cañas, provincia de Los Santos, República de Panamá.

### PALABRAS CLAVES

Productividad primaria, Manglar, *Rhizophora mangle*, Isla de Cañas, Hojarasca, Parcelas.

## **ABSTRACT**

Production of *Rhizophora mangle* was studied in a monoespecific mangrove in Isla de Cañas, Los Santos, Panamanian Pacific, in three plots of 10 m x 100 m, between January and April, dry season, and July and October 2007, rainy season. It was collected 14 litter trapping per plot of 0.25 m<sup>2</sup>. The litter fall consisted mainly of leaves, in the dry season it was 63.62 % of the total dry weight while in the rainy season 72.16 %. The mean annual production was 12 629 kg/ha/year, and the total productivity values of litter fall have no significance difference between seasons. Moreover, it was consider factors such as salinity, temperature, structure, climatic conditions according to the season in Isla Cañas. This information adds to the knowledge of mangrove Wildlife Refuge Isla Cañas, and serves as a baseline for creation of a comprehensive management plan.

## **KEYWORDS**

Primary productivity, Cañas Island, stubble, plot of land mangrove.

## **INTRODUCCIÓN**

Los manglares se encuentran entre los ecosistemas tropicales más importantes, tanto en términos de productividad primaria como por ser área de crianza, alimentación y protección de numerosas especies de interés comercial (Hernández-Alcántara & Solis-Weiss, 1995).

Los árboles de mangle actúan como el componente primordial del ecosistema estuarino, convirtiendo todo el conjunto en uno de los de mayor tasa de productividad primaria bruta sobre la tierra, por lo tanto, constituyen la base del continuo flujo de exportación e importación de materias orgánicas y nutrientes, lo que ha valido para considerarlos como ecosistemas abiertos (Lugo & Snedaker, 1974).

El ecosistema de manglar se considera como una de las más importantes fuentes de producción primaria ubicada en la interface tierra firme-mar abierto, caracterizado por cierta diversidad taxonómica y el grado de desarrollo del rodal. La biomasa se determina a partir de la hojarasca, ya que parte sustancial de la productividad de hojarasca neta se convierte en hojas, flores, fruto y estipulas, que eventualmente caen al suelo, y este flujo de materia orgánica representa uno de los más importantes aportes del manglar a

las cadenas alimentarias del estuario (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983).

La producción primaria de los bosques de manglar se relaciona con la estructura fisiográfica del bosque, así como con el régimen hídrico al que esté sujeto, la influencia de marea, los vientos y en general las características climáticas y edáficas (Lugo & Snedaker, 1974).

Los manglares son considerados como el elemento estructural más importante y fuente de la producción primaria, la conservación deliberada de los mismos es el principal requisito para asegurar la productividad sostenida y la estabilidad del medio ambiente (Villalobos *et al.*, 1996).

El papel más destacado de los manglares es la producción de hojarasca y detritos, los cuales son exportados durante el proceso de flujo y reflujos hacia el ambiente marino cercano a la costa. Por medio de un proceso de descomposición microbiana y enriquecimiento microbianos, las partículas de detritos llegan a ser un recurso nutritivo de alimentos para gran cantidad de animales marinos. Adicionalmente, los materiales orgánicos solubles que resultan de la descomposición dentro del bosque, también ingresan al ambiente cercano a la costa, donde se tornan disponibles a una variedad de consumidores filtradores del mar y del estuario, así como necrófagos bentónicos. La materia orgánica exportada del hábitat de manglar es aprovechada de una forma u otra, incluye la utilización por parte de los habitantes de los lechos de hierbas submarinas y de los arrecifes de coral que puedan existir en el área. Mientras que el papel de los manglares en la producción y mantenimiento de la pesca costera es un hecho aceptado (Snedaker & Getter, 1985).

Villalobos *et al.* (1996) sugieren que aunque los manglares pertenezcan a un mismo tipo fisiográfico no quiere decir que se produzca la misma cantidad de hojarasca, lo que sugiere que la mayor o menor producción de materia orgánica puede depender de otros parámetros como diámetro, altura, dirección del viento o grado de precipitación del área.

En el esquema general de caída de hojarasca para los manglares descrito por Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Lacerda *et al.* (2001), las hojas son el principal componente con porcentajes entre el 70-80% del peso seco total.

La producción de hojarasca de los manglares varía de acuerdo con diversos factores, tales como la amplitud y penetración de la marea, estructura del bosque, niveles de salinidad en el suelo, subsidios de agua dulce, condiciones climáticas imperantes, latitud, entre otros (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983; Saenger & Snedaker, 1993, Lacerda *et al.*, 2001).

La producción anual de hojarasca de un manglar ha sido estimada en cerca de 800 g/m<sup>2</sup> en los manglares de Florida, lo que representa un tremendo potencial alimenticio, por otro lado en los manglares de Guapi, en la costa pacífica de Colombia, donde el bosque es más denso y no está sujeto a fluctuaciones climáticas, la producción neta de hojarasca se ha calculado en cerca de 1500 g/m<sup>2</sup>/año, resulta en casi el doble de la producción de los manglares de Florida. La producción en el Pacífico colombiano debe ser muy similar a la de los manglares del Pacífico de Panamá, ya que las especies son las mismas y los factores ambientales son similares (D' Cruz & Kwiecinski, 1979).

En Panamá se ha calculado, según estudios realizados en el área de Chame, una producción de hojarasca de 970 g/m<sup>2</sup>/año; en estero Baúles, Chiriquí 945,08 g/m<sup>2</sup>/año, en manglares del Parque Nacional Sarigua 1193,50 g/m<sup>2</sup>/año y en el estero Bayano en Santa Ana de Los Santos un total por año de 1575,75 g/m<sup>2</sup>/año, (Villalobos *et al.*, 1996). Entre un 20 y un 40 % de su productividad se convierte en hojarasca: hojas, flores, ramas y estípulas que caen al medio (Cintrón & Shaeffer-Novelli, 1983).

A través de este trabajo se pretende determinar la productividad del bosque de *Rhizophora mangle* L tomando en cuenta factores como los niveles de salinidad, temperatura, estructura, condiciones climáticas imperantes según la estación del año en Isla de Cañas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

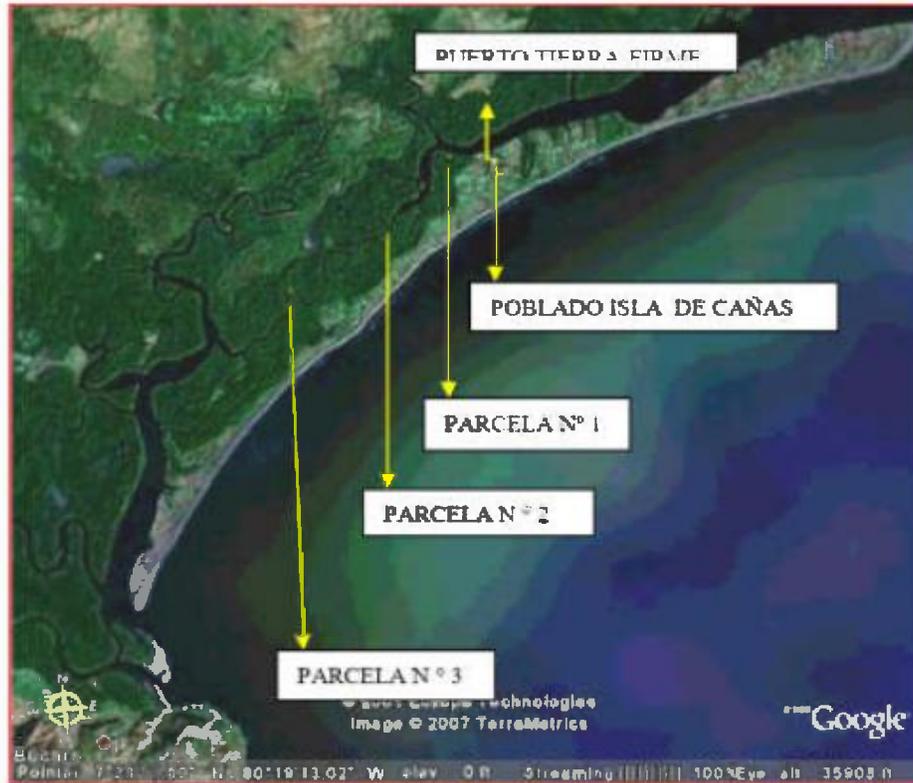


Fig. 1. Ubicación de las parcelas de estudio en el estero de Isla de Cañas en el distrito de Tonosí, Provincia de los Santos.

Este estudio se realizó en el Refugio de Vida Silvestre Isla de Cañas en la Provincia de Los Santos, República de Panamá, (Fig.1), entre las coordenadas 7° 22' 45" y 7° 25' 45" N, 80° 15' 30" y 80° 21' 32" O.

Hacia el área continental, frente a la Isla, la zona de manglar es de unos 18 Km. De longitud y en algunos puntos tiene una anchura de 5 Km, aparte de *Rhizophora mangle* se encuentran otras especies como *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Pelliciera rhizophorae* (Arosemena, 1996).

En la Isla no encontramos ríos ni quebradas, está rodeada por la desembocadura de los ríos Tonosí, uniéndose a él los ríos Limón, Viejo, Cañas, Cigua y el río Infiernillo. Las aguas de éstos ríos separan a la isla de tierra firme y forman un estero que en su parte más ancha mide aproximadamente 500 m y en la más angosta 100 m (Ramos & Medina, 2002).

Se seleccionaron en el manglar 3 sitios al azar a lo largo del canal estuarino que separa tierra firme de la Isla para realizar el muestreo: tomando en cuenta las condiciones de acceso durante todo el periodo que duró el estudio de campo tanto en marea alta como en marea baja.

Se marcaron tres parcelas según la metodología empleada por Melo & Vargas (2003), con las siguientes dimensiones de área 10 m x 100 m (0.1 ha) los cuales delimitaban parcelas rectangulares las cuales facilitarían los cálculos posteriores.

Para este estudio se instalaron 14 canastas colectoras de hojarasca por parcela, de 8 cm de alto, 50 cm de largo por 50 de ancho, con un área de (0,25 m<sup>2</sup>) confeccionadas con tablas de madera y fondo con malla sintética de 1 mm<sup>2</sup> de apertura. Las trampas se colocaron a una altura de 1,60 m, sobre la superficie del agua en marea alta de sicigia sostenidas y atadas por cuerdas al tronco de árboles de *Rhizophora mangle* L.

Las trampas se colocaron en enero de 2007 en las tres parcelas, mensualmente la hojarasca de cada canasta fue colectada por separado en bolsas plásticas rotuladas para ser transportadas al Laboratorio de Biología del Centro Regional Universitario de Los Santos (CRULS). En el laboratorio se secaron a 70 °C hasta temperatura constante aproximadamente, 72 horas. (Fig. A8). El material recolectado fue secado y seleccionado por componentes: hojas, estípulas, ramas y cortezas, flores y frutos.

La productividad se estimó con base en la caída de hojarasca en los meses de muestreo, con esta información se realizaron los siguientes cálculos: a) media mensual del total de caída de hojarasca y de cada

uno de sus componentes ( $\text{g/m}^2$ ) y b) producción diaria de caída de hojarasca y tasa promedio anuales. Con el propósito de determinar el comportamiento temporal (estación seca y estación lluviosa) de la caída de hojarasca y sus componentes, se graficaron las tasas promedio, para explorar posibles relaciones de causalidad para las tendencias temporales en la caída de hojarasca, se correlacionaron de manera simple las tasas mensuales junto con algunas variables abióticas: acumulados mensuales de precipitación, velocidad del viento, brillo solar (medidos en las estaciones meteorológicas de Tonosi y Los Santos (ETESA, 2007)).

Con los datos obtenidos se determinó la productividad primaria del manglar en la Isla y se comparó con otros manglares de Panamá y de América.

Los datos de productividad estacional no se pudieron normalizar por lo que se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

## RESULTADOS

### Producción de hojarasca

La producción promedio de hojarasca en el bosque de *Rhizophora mangle* L. en Isla de Cañas, registró el mayor valor en la parcela P3 con  $3,87 \text{ g/m}^2/\text{d}$ , seguida de las parcelas 1 y 2 con  $3,59 \text{ g/m}^2/\text{d}$  y  $3,20 \text{ g/m}^2/\text{d}$ , respectivamente. Como promedio general de las tres parcelas se obtuvo  $3,55 \text{ g/m}^2/\text{d}$ .

La producción de hojarasca durante la estación seca registró el mayor valor de  $3,68 \text{ g/m}^2$  en el mes de febrero, mientras que en la estación lluviosa se registró en agosto y septiembre con valores de  $4,32 \text{ g/m}^2/\text{d}$  y  $3,98 \text{ g/m}^2/\text{d}$ , respectivamente. El pico máximo de producción anual se registró en agosto. (Fig.2).

El patrón de producción de hojarasca de *Rhizophora mangle* L. en el ecosistema de manglar en Isla de Cañas para cada uno de sus componentes: hojas, estípulas flores, ramas y frutos, mostró a las hojas como principal componente, tanto en la estación seca como en la lluviosa (Fig. 2).

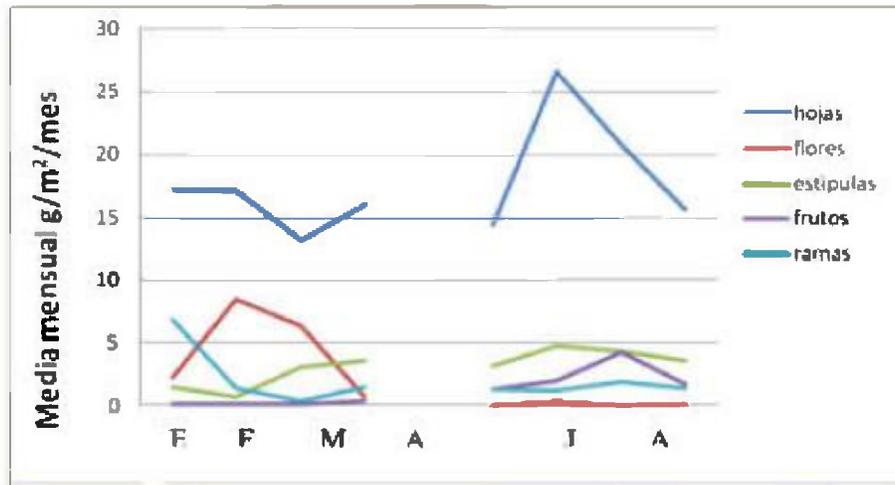


Fig. 2. Media mensual de los componentes de la Hojarasca (Hojas, estipulas, flores, ramas y frutos de *Rhizophora mangle* L. en Isla de Cañas.

Para la estación seca las hojas constituyen el 63,62 % del peso seco total; las flores, el 17,44 %; las estipulas, 8,63 %; ramas, 9,79 % y frutos, 0,53 %, durante la estación lluviosa las hojas constituyen el 72,16 % del peso seco total; las flores, el 0,73 %; las estipulas, 14,55 %; ramas, 5,23 % y frutos, 7,33 %. (Fig. 2).

Agosto y septiembre son los meses de mayor productividad de hojarasca, pero de acuerdo con el método de Gabriel a pesar de que octubre es el mes más lluvioso del año, la producción de hojas (Fig. 3) y de hojarasca en total es similar a la de los meses de marzo y abril que son meses de la estación seca del año.

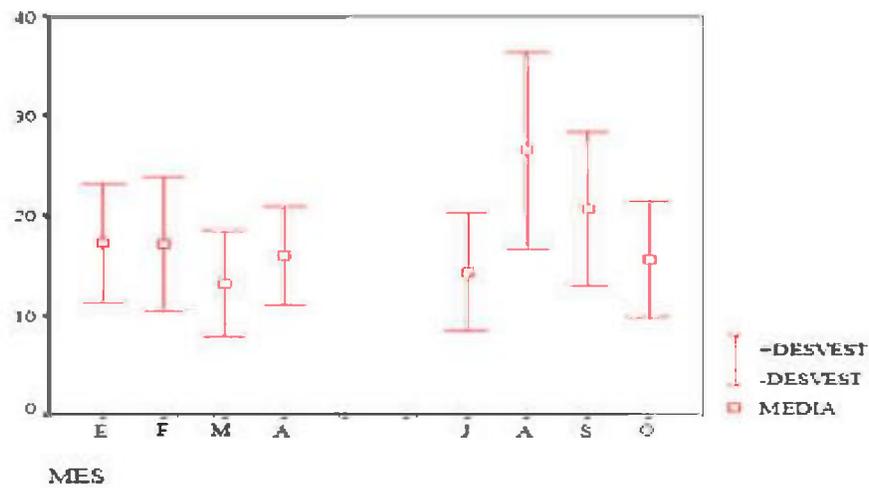


Fig. 3. Distribución del promedio  $\pm$  desviación estándar, del peso de hojas por mes de *Rhizophora mangle* L. en Isla de Cañas.

La producción anual de hojarasca que registró el bosque de manglar en Isla de Cañas durante esta investigación fue de 1262,9 g/m<sup>2</sup>/año lo que corresponde a 12629 Kg /ha/año.

#### Análisis estadístico

Se realizó la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de la varianza, la cual indicó la necesidad del uso de estadística no paramétrica.

La prueba de U de Mann-Whitney indicó que no existe diferencia significativa en la producción de hojarasca entre la estación seca y la estación lluviosa. (U= 343615.000 y p = 0.773).

La prueba de Kruskal Wallis indicó que no existe diferencia significativa en la producción de hojarasca entre parcelas. (H= 2,270 y p= 0,321).

Los valores calculados de correlación de la productividad media de hojarasca con brillo solar, precipitación, velocidad del viento y salinidad para la estación seca y lluviosa nos muestran que no existe correlación entre las variables investigadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Coeficiente de Correlación de Spearman (r) (p) entre la productividad media mensual de hojarasca y algunos parámetros meteorológicos y fisicoquímicos por estación en Isla de Cañas 2007.

PRODUCTIVIDAD MEDIA MENSUAL DE HOJARASCA	Estación Seca				Estación Lluviosa			
	B.S.	P.	V. V.	S (ups)	BS	P.	V. V.	S.
	0,400 0,300	-0,775 0,113	0,632 0,184	-0,400 0,300	-0,211 0,395	0,000 0,500	-258 0,371	0,000 0,500

Nota: B.S. = Brillo solar, P. = Precipitación, V.V.= Velocidad del viento, S (ups) = Salinidad.

## DISCUSIÓN

La producción de hojarasca en Isla de Cañas, no presentó picos definidos, por lo cual no se destacan variaciones drásticas a lo largo del periodo de estudio, lo cual indica un comportamiento relativamente estable entre los meses de muestreo; de igual manera, entre estaciones no mostró variación. Además, entre parcelas no existe diferencia significativa en cuanto a la productividad de hojarasca, lo que nos lleva a pensar que existe homogeneidad en la producción de hojarasca en el bosque de *Rhizophora mangle* L. en Isla de Cañas y esto se puede atribuir al hecho de ser rodales monoespecíficos.

Las lluvias no afectaron de manera esencial la productividad de hojarasca, lo que se sugiere con la correlación de Spearman para la estación lluviosa, contrario a lo encontrado para la producción de hojarasca en el manglar de Liborio (Grimaldo & Medina, 1984 y Gómez, 1984), quienes señalaron una aparente relación con la pluviosidad y la salinidad, donde a mayor pluviosidad y menor salinidad mayor producción de hojarasca, también Hernández &

Mullen (1979) en los manglares de Guapi, Colombia, señalan que la producción de hojarasca aumentó durante los meses de mayor precipitación y Escallon & Rodríguez (1982) en el Parque Nacional Natural Sanquianga, Colombia, registraron que la producción de hojarasca aumentó durante los meses de menor precipitación.

Sin embargo, Palacios & Vargas (1991) en estudios realizados en Cabo Manglares, Colombia, no encontraron relación entre la productividad de hojarasca y los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad del viento y brillo solar tal como ocurre en el presente estudio.

El promedio diario de productividad de hojarasca en Isla de Cañas correspondió a  $3,55 \text{ g/m}^2/\text{d}$ , valor ligeramente inferior a lo reportado en los manglares de Guapi de  $3,86 \text{ g/m}^2/\text{d}$  (Hernández & Mullen, 1979); sin embargo, superior a  $2,5 \text{ g/m}^2/\text{d}$  reportado para *R. mangle* L. en los manglares de Chame (Grimaldo & Medina, 1984), y también al valor registrado en el estero el Conchalito de  $1,84 \text{ g/m}^2/\text{d}$  (Félix *et al.*, 2006).

El valor de producción anual de hojarasca de *Rhizophora mangle* L. en el ecosistema de manglar en Isla de Cañas es de  $1262,9 \text{ g/m}^2/\text{año}$ , mientras que estudios realizados en el Estero Bayano, Santa Ana, Los Santos, para la misma especie, muestran una productividad de  $1123,01 \text{ g/m}^2/\text{año}$ , por otro lado en Sarigua, Herrera, se registró una productividad de  $184,75 \text{ g/m}^2/\text{año}$ , y en estero Baules, Chiriquí de  $293,55 \text{ g/m}^2/\text{año}$  INRENARE (1996) y para el manglar de Chame reportan una productividad neta anual de  $921,7345 \text{ g/m}^2/\text{año}$  Grimaldo y Medina (1984). En la Florida se reporta según D' Cruz & Kwiecinski. (1979).  $800 \text{ g/m}^2/\text{año}$ , sin embargo, para la costa pacífica de Colombia se reporta  $1500 \text{ g/m}^2/\text{año}$  (Hernández & Mullen, 1979).

Al comparar la producción anual por hectáreas del manglar de *Rhizophora mangle* L. en Isla de Cañas de  $12,629 \text{ Kg/ha/año}$ , esta es ligeramente superior a  $9,198 \text{ Kg/ha/año}$  reportado por (Gómez, 1984) para el estuario de Puerto Liborio en Chame; sin embargo, es ligeramente inferior con respecto al Manglar de Guapi, según lo reportado por (Hernández & Mullen, (1979), lo que coincide con

D'Croz & Kwiecinski (1979), quienes mencionan que la producción en el pacífico colombiano debe ser muy similar a la de los manglares del pacífico de Panamá, ya que las especies son las mismas y los factores ambientales son similares.

La hojarasca registró como componente principal las hojas con valores de 63.62 % y 72.16 % del peso seco, durante la estación seca y lluviosa, respectivamente, lo que coincide con lo señalado para el estero el Conchalito (Félix *et al.*, 2006), y afirmado por Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Lacerda *et al.* (2001), quienes señalan que las hojas son el principal componente de la hojarasca en porcentajes entre 70-80 % del peso seco total.

El componente flores registró el 17,44 % en la estación seca y el 0,73% durante la lluviosa, esto es un indicador importante para señalar que en Isla de Cañas la especie *Rhizophora mangle* L. registró su pico mayor de floración en la estación seca, lo que caracteriza la fenología de la misma en el área de estudio.

El componente estipula registró, para la estación seca y la lluviosa, los valores de 8,63 %, y 14,55 %, respectivamente, esto coincide con el comportamiento de este componente en los manglares de la Isla San Andrés, donde registró para la época seca una caída mínima, mientras que para la época de lluvias estos valores se incrementaron; además señalan que las estipulas son una medida importante de la productividad, ya que dentro del material caído son una muestra de la producción de hojas nuevas por parte de la planta (García *et al.*, 2002).

Las ramas constituyeron en la estación seca el 9,79 % y en la lluviosa se registró el 5,23 %, durante la estación seca se ejerce la acción de los vientos alisios en el área con lo que podemos asociar el desprendimiento de material vegetativo que puede ser la causa del incremento de este componente en la estación seca.

Los frutos, en la hojarasca, representaron en la estación seca el 0,53 % y en la lluviosa 7,33 %, esto nos indica un comportamiento contrario al de las flores, lo cual es esperado, dado que posterior a la

fertilización de las flores se forman los frutos por lo que su presencia se acentúa en la estación lluviosa.

### **CONCLUSIONES**

Se profundiza el conocimiento de los manglares del refugio de vida silvestre Isla de Cañas y se establece una línea de base para un plan de manejo integral.

### **REFERENCIAS**

Arosemena, F. 1993. Manejo y conservación de tortugas marinas en Isla Cañas, Provincia de Los Santos, Panamá. *Rev. Cultural Lotería*. 15-32 pp.

Cintrón, G. & Y. Schaeffer-Novelli. 1983. Introducción a la ecología del manglar. UNESCO, Montevideo, 109 p.

D' Cruz, L. & B. Kwiecinski. 1979. Contribución de los manglares a las pesquerías de la Bahía de Panamá. *Rev. Biol. Trop.* 28(1):13-29.

Escallon, CH. & M. Rodríguez. 1982. Introducción al estudio del ecosistema de mangles en el Parque Nacional Natural Sanquianga. Departamento de Nariño. Tesis de grado. Universidad Nacional Colombia. 85 p.

ETESA. 2007. Servicio de Hidrometeorología.

Félix, E., O. Holguín, A. Hernández & F. Flores. 2006. Producción Primaria de los mangles del Estero el Conchalito en Bahía de La Paz (Baja California Sur). *Universidad Autónoma de Baja California. México. Ciencias Marinas.* 32:53-63.

García, I., J. Gaviria, M. Prada & R. Álvarez. 2002. Producción de hojarasca de los manglares de la Isla de San Andrés, Caribe colombiano. *Colombia. Rev. Biol. Trop.* 50 (1). 273-291.

Gómez, N. 1984. Balance de nitrógeno y fósforo en un manglar de la costa de la bahía de Panamá. Tesis de licenciatura Universidad de Panamá. 62 p.

Grimaldo, M.del C. & L. E. Medina. 1984. Contribución nutritiva de los manglares a la zona costera del Golfo de Panamá. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. 73 p.

Hernández-Alcantara, P. & V. Solis-Weiss. 1995. Algunas comunidades macrobentónicas asociadas al manglar (*Rhizophora mangle*) en Laguna Términos, Golfo de México Rev. Biol. Trop. 43(1-3):117-129.

Hernández, A. & K. Mullen. 1979. Productividad Primaria neta en un Manglar del Pacífico Colombiano. en: "Memorias del Seminario sobre el Pacífico Colombiano", Universidad del Valle. Colombia. 664-685 pp.

INRENARE. 1996. Diagnóstico y Evaluación de las actividades dentro de las cuencas en las áreas del proyecto manejo, conservación y desarrollo de los manglares Panamá. OIMT. 1-28 pp.

Lacerda, L.D., J.E. Conde, B. Kjerfve, R. Álvarez-León & J. Polania. 2001. American mangroves: 1-62. En Lacerda, L.D (Ed.). Mangrove ecosystems. function and management. Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hong Kong, London, Milan, Paris, Tokyo, 292 p.

Lugo, A.E. & S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves .Ann. Rev. Ecol. Syst, 5: 39-63.

Melo, O. & R. Vargas. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima. Colombia. 183 p.

Palacios, M.A. & E.Vargas. 1991. Determinación de la productividad primaria del manglar en Cabo Manglares. Costa pacífica colombiana. Boletín Científico. CCCP. Colombia. 2: 50-68.

Ramos, E. & M. Medina. 2002. Seminario de Guías Turísticas. Refugio de Vida Silvestre Isla Cañas. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. Panamá.

Saenger, P. & S.C. Snedaker. 1993. Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall. *Oecologia*, 93:293-299.

Snedaker, S. & C. Getter. 1985. Costas. Pautas para el manejo de los recursos costeros. Research Planning Institute, Inc. South Carolina. 286 p.

Villalobos, R., J. Justavino, D. Enriquez, A. González, M. Sáez, H. Mendoza, O. Ruiz & I. Goti. 1996. Evaluación preliminar de la producción de hojarasca en las Áreas de Chame, Azuero y Chiriquí. INRENARE Panamá. 31 p.

*Recibido febrero de 2012, aceptado octubre de 2012.*



## APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL (AF), EN EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA

<sup>1</sup> Gonzalo L. Carrasco O. y <sup>2,3</sup> Marisela del C. Castillo G.

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Departamento de Estadística, Centro de Investigación y Consultoría Estadística.  
E-mail: [gcarrasco27@hotmail.com](mailto:gcarrasco27@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Programa de maestría en Estadística Aplicada. E-mail: [Microcystissp@hotmail.com](mailto:Microcystissp@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Programa de Maestría en Microbiología Ambiental.  
E-mail: [Microcystissp@hotmail.com](mailto:Microcystissp@hotmail.com)

### RESUMEN

La calidad del agua está definida por una serie de características físicas, químicas y biológicas. En los conjuntos de datos de calidad de agua, las variables o grupos de variables se relacionan, y desde magnitudes diferentes presentan similitudes. Esto podría ser porque más de una se rige por el mismo principio, permitiendo evaluar el funcionamiento en un sistema acuático. En el presente estudio se simplificó el conjunto de variables: temperatura, pH, transparencia, turbiedad, nitratos, ortofosfatos, fósforo y nitrógeno total, clorofila a, radiación solar, oxígeno disuelto y microcistinas; que determinan la calidad de agua en los sitios de muestreo, Gamboa (643343E; 1007468N) y Paraiso (651144E; 997879N), ubicados en el embalse Gatún, con el objetivo de encontrar grupos homogéneos de variables que expliquen la calidad de agua desde una dimensión reducida. Esto se realizó mediante la aplicación del análisis factorial como método de análisis multivariante. Se realizaron mediciones en campo y se colectaron muestras para análisis de laboratorio. Los muestreos se realizaron durante febrero a mayo y julio a diciembre de 2009. Un total de doce (12) variables de calidad de agua fueron medidas. Los resultados sugieren que la aplicación del análisis factorial extrae cinco (5) factores que consiguen explicar un 73.06% de la varianza de los datos originales, con lo cual se logra reducir y resumir doce variables a cinco factores que representan las nuevas variables de calidad de agua.

## **PALABRAS CLAVES**

Calidad de agua, análisis factorial, homogeneidad de variables.

## **ABSTRACT**

Water quality is defined by a series of physical, chemical and biological characteristics. In a group of data with several water quality variables, the variables or the set of variables often change or move together. This may occur because more than one variable is governed by the same principle and they may be measuring the behavior of a system. This study simplified a set of variables that determine water quality in two sampling points located in Gatun Lake, to find homogeneous sets of variables that better explain water quality at the sampling points. This was conducted by applying factor analysis as a multivariate analysis method. Field analyses were performed and samples were collected for laboratory analysis. Sampling was conducted during the periods from February to May and July to December 2009. A total of twelve (12) water quality variables were measured. Results show that the multivariate analysis method extracted five (5) factors that explain 73,06% of the variance from the original data; a reduction from twelve to five variables was achieved where the new five variables represent the new water quality variables.

## **KEYWORDS**

Water quality, factorial analyses, homogeneity of variables.

## **INTRODUCCIÓN**

El agua dulce es un recurso limitado y su calidad está bajo presión constante. Calidad de agua es el término utilizado para describir las condiciones físicas, químicas y biológicas que tiene un cuerpo de agua en un punto y tiempo dado (ANAM, 2006). Concentraciones de diferentes elementos, tales como, metales pesados, hidrocarburos, nutrientes, detergentes, temperatura, pH, turbiedad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos en suspensión, entre otros, son ejemplos de variables que determinan la calidad del agua.

Ventajosamente, los conjuntos de variables de calidad de agua a menudo “se mueven juntas”; es decir, comparten información desde dimensiones diferentes. Por ejemplo, la turbiedad, la transparencia del agua y los sólidos en suspensión son variables disimiles con unidades

diferentes, que sugieren acerca de la “claridad del agua”. El color y la turbiedad son dos conceptos que difieren entre sí, se tratan conjuntamente, ya que interfieren en la transmisión de la luz en las aguas naturales y, por consiguiente, regulan los procesos biológicos que en ella se realizan (Roldan, 2008).

La disponibilidad de equipos de instrumentación sofisticados para medición y análisis de calidad de agua, permite medir decenas de variables, en ocasiones de forma simultánea. Cuando esto sucede, se puede tomar ventaja de esta redundancia de información para simplificarla mediante la aplicación de análisis estadísticos multivariantes que sustituyan un grupo de variables por una nueva y sola variable. La aplicación de análisis multivariantes resultan ser métodos estadísticos requeridos para determinar la contribución de varios factores (visualizar los datos que poseen muchas variables), en un simple evento o resultado (Pérez, 2004). Algunas de las técnicas de reducción de dimensiones que ofrecen los paquetes estadísticos son: el análisis de componentes principales, escalamiento óptimo, análisis de correspondencias y el análisis factorial.

En el presente estudio, se utilizó el análisis factorial porque los datos utilizados cumplían con los supuestos requeridos del modelo, además este, permite hacer rotaciones que facilitan la interpretación de las variables en caso de que la solución inicial no es del todo clara y porque la mayoría de los paquetes estadísticos disponibles cuentan con este análisis. El análisis factorial (AF), se suele utilizar en la reducción de los datos para identificar un pequeño número de factores que explique la mayoría de la varianza observada en un número mayor de variables manifiestas (Pérez, 2008).

El objetivo de esta investigación era encontrar grupos homogéneos en variables de calidad de agua de dos sitios del embalse Gatún (Gamboa y Paraiso), partiendo de doce mediciones realizadas durante el 2009. Se busca seguir el principio de parsimonia, el cual establece que la solución más simple suele ser la mejor.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los registros utilizados para el análisis, corresponden a las mediciones de los parámetros físico-químicos y biológicos que determinan la calidad de agua en los sitios de muestreo, Gamboa (643343; 1007468) y Paraiso (651144; 997879), ubicados en el embalse Gatún.

Se colectaron tres (3), muestras en cada sitio a un metro de la superficie. El muestreo se realizó de manera sistemática cada siete días hasta completar los catorce primeros días del mes; durante febrero a mayo y julio a diciembre de 2009. Se estableció un horario de muestreo entre las 11:00 am a 2:30 pm. En campo, se realizaron mediciones *in situ* con la sonda multiparamétrica YSI, modelo 556 MPS la cual fue previamente verificada y/o calibrada en laboratorio. Se emplearon envases apropiados para cada muestra (vidrio, plástico de polipropileno, etc.). Las muestras colectadas fueron puestas en neveras con hielo hasta su transporte al laboratorio. El acceso a los sitios se realizó via terrestre.

Se colectaron muestras para realizar determinaciones analíticas en el laboratorio de la Unidad de Calidad de Agua, División de Agua del Canal de Panamá, además, muestras para análisis de nitrógeno y fósforo total fueron colectadas y preservadas ( $H_2SO_4$  al 20%), enviadas y analizadas en el laboratorio de la Universidad Tecnológica de Panamá, contratado por el canal de Panamá.

Las metodologías de análisis corresponden a las descritas en el Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF, 21ª Edición). (Cuadro 2). Un total de doce (12), parámetros de calidad de agua, los cuales incluyen: temperatura ( $^{\circ}C$ ), pH, transparencia (m), turbidez (NTU), nitratos (mg/l), ortofosfato (mg/l), fósforo total (mg/l), nitrógeno total (mg/l), clorofila ( $\mu g/l$ ), radiación solar (Langley), toxina (microcistina,  $\mu g/l$ ), y oxígeno disuelto (mg/l), fueron medidos en campo y laboratorio.

Cuadro 2. Métodos analíticos empleados según parámetros de calidad de agua.

Parámetro	Método	Unidades de medida	Límite de detección
<sup>1</sup> Oxígeno disuelto	SM 4500-O C	mg/l	0,1 mg/l
N-Nitratos	SM 4500-NO <sub>3</sub> - E	mg/l	0,01 mg/l
P-Fosfatos	SM 4500-P E	mg/l	0,02 mg/l
Fósforo total	SM 4500-P D	mg/l	0,03 mg/l
Nitrógeno total	SM 4500-Norg-B	mg/l	0,03 mg/l
<sup>1</sup> pH	SM 4500-H+B	pH units	0,1 pH units
<sup>1</sup> Temperatura	SM 2550-A	°C	0,1°C
Turbiedad	SM 2130-B	NTU	0,05 NTU
<sup>1</sup> Transparencia	Profundidad de Secchi	m	0,1m
Clorofila a	SM 10200-H, modificación USEPA 445.0	µg/l	0,05 µg/l

<sup>1</sup> Mediciones *in situ*.

Las muestras para análisis de microcistinas fueron colectadas en envases de vidrio ámbar, y las mediciones se realizaron utilizando el método Quanti tube kit ET039 de Envirologix. Los registros de radiación solar fueron suministrados por la Sección de Recursos Hídricos de la División de Agua del Canal de Panamá, estos corresponden a la estación SRFAA, que se encuentra ubicada en Balboa, encima de la caseta próxima al mercado de abastos.

Se utilizó el análisis factorial como método de análisis multivariante; para reducir los datos a partir de las correlaciones y encontrar un número reducido de factores que lo expliquen. Las etapas comprendían la medición y captura de variables, posteriormente se computaron las correlaciones y se arreglaron en una matriz para extraer los factores.

Para una mejor interpretación de los resultados se efectuó la rotación ortogonal, varimax.

Se realizó una estandarización debido a que las variables de calidad de agua tienen distintas unidades. Todas las variables analizadas son cuantitativas continuas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estadística descriptiva

Al evaluar la dispersión de los datos originales mediante diagramas de caja para las variables de calidad de agua, se puede indicar que la radiación solar y el oxígeno disuelto son las características que presentan mayor variabilidad en los registros (Fig. 1 y 2). Nótese que las variables fósforo y nitrógeno total, además de la turbiedad, clorofila y microcistinas presentan valores atípicos y extremos (Fig. 1 y 2).

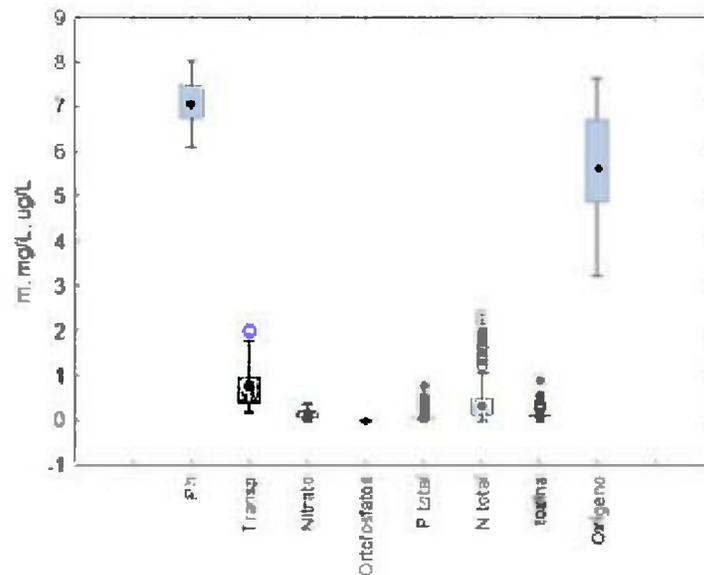


Fig. 1. Diagrama de caja de las variables de calidad de agua. Febrero-mayo y julio-diciembre, 2009.

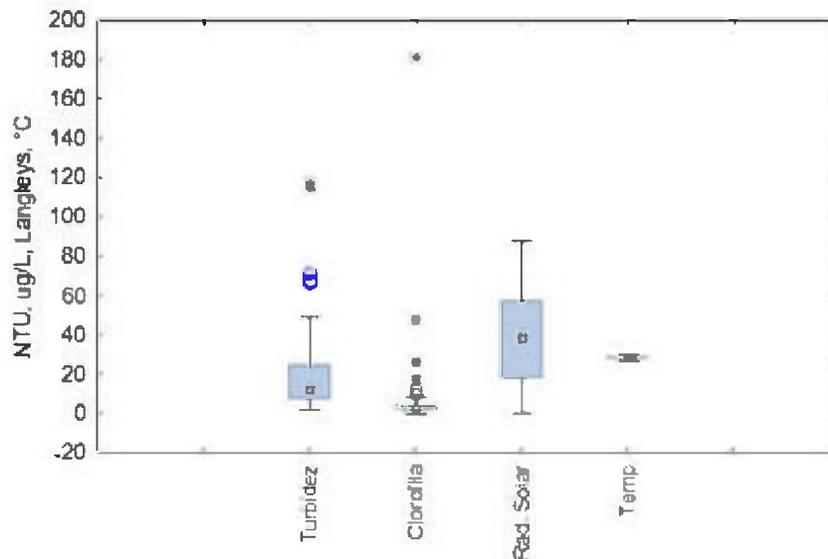


Fig. 2. Diagrama de caja de las variables de calidad de agua. Febrero-mayo y julio-diciembre, 2009.

El análisis factorial es conveniente cuando la matriz contiene grupos de variables que están fuertemente correlacionadas entre sí y donde los niveles de significancia entre las variables son significativos.

Para tener una idea preliminar de que el análisis factorial es aplicable; se evaluó la matriz de correlaciones. Esta nos indica que el diseño factorial es aplicable, ya que el determinante de la matriz está próximo a cero (0.008), lo que sugiere correlación entre las variables.

La prueba de esfericidad Bartlett contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones observada es en realidad la matriz identidad (Cuadro 1). Como el valor p, es menor que el alfa (establecido), 0,05, se rechaza la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones observada sea la matriz identidad. Por otro lado, la medida de bondad de ajuste KMO (Kaiser, Meyer, Olkin), se encuentra entre 0.5 y 0.75 por lo que la idea del análisis factorial es aceptable para este estudio.

Cuadro 1. Estadístico KMO y prueba de Bartlett para las variables de calidad de agua. Febrero-mayo y julio-diciembre, 2009.

<b>KMO y prueba de Bartlett</b>		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0.608
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	550.813
	gl	66
	Sig.	Tienda a cero

Cuadro 2. Comunalidades de la solución factorial para las variables de calidad de agua. Febrero-mayo y julio-diciembre, 2009.

Variables	Extracción
Temp.	0.794
pH	0.731
Transparencia	0.762
Turbidez	0.827
Nitrato	0.879
Ortofosfato	0.743
P total	0.688
N total	0.572
Clorofila	0.729
Rad. Solar	0.667
toxina	0.645
Oxígeno	0.73

Para llegar a la solución factorial, se ha utilizado el método de extracción denominado componentes principales. En el cuadro 2 se muestran las comunalidades asignadas inicialmente a las variables; esta comunalidad es la proporción de su varianza que puede ser

*Gonzalo I, C. O. y M. del C. Castillo G.*

explicada por el modelo factorial obtenido. Nótese, que las variables: P total (fósforo total), N total (nitrógeno total), Rad Solar (radiación solar), y la toxina son las menos explicadas; ya que el modelo sólo es capaz de reproducir el 68.8%, 57.2%, 66.7% y 64.5% respectivamente de su variabilidad original.

En el cuadro 3 de varianza total explicada se observa que hay 5 autovalores mayores que uno por lo que el procedimiento extrae 5 factores que consiguen explicar un 73.06% de la varianza de los datos originales. Con esta información podríamos pensar sobre el número idóneo de factores que deben extraerse y cumplir con el objetivo de reducir el número de dimensiones necesarias para explicar los datos.

Cuadro 3. Varianza total explicada de la solución factorial para las variables de calidad de agua. Febrero-mayo y julio-diciembre, 2009.

Componente	Varianza total explicada					
	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3.667	30.557	30.557	3.667	30.557	30.557
2	1.556	12.963	43.520	1.556	12.963	43.520
3	1.326	11.053	54.573	1.326	11.053	54.573
4	1.210	10.086	64.659	1.210	10.086	64.659
5	1.008	8.400	73.059	1.008	8.400	73.059
6	.907	7.562	80.622			
7	.725	6.038	86.659			
8	.589	4.910	91.569			
9	.474	3.950	95.519			
10	.249	2.075	97.594			
11	.176	1.467	99.060			
12	.113	.940	100.000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Comparando las saturaciones relativas de cada variable en cada uno de los 5 factores podemos indicar que el primer factor esta constituido por las variables pH, transparencia, turbidez, nitrato, ortofosfato y oxígeno, todas ellas saturan en un único factor porque constituyen un grupo

diferenciado de variables dentro de la matriz de correlaciones. El segundo factor recoge al grupo de variables N total (nitrógeno total), P total (fósforo total), y radiación solar. En el tercer, cuarto y quinto factor tenemos a las variables: temperatura, toxina y clorofila respectivamente conformadas por una sola variable y que se supone son independientes entre sí (Cuadro 4).

Cuadro 4. Matriz de componentes para las variables de calidad de agua. Febrero-mayo y julio-diciembre, 2009.

<b>Matriz de componentes</b>					
Variables	Componente				
	1	2	3	4	5
Temperatura	-.032	-.040	.827	.141	-.297
pH	-.649	.233	.281	-.381	.177
Transparencia	-.732	.073	-.349	.234	-.213
Turbidez	.712	.354	.264	-.290	.203
Nitrato	.883	-.202	.136	-.189	-.068
Ortofosfato	.820	-.066	-.221	-.044	.122
P total	.341	.491	.290	.396	-.298
N total	.087	-.733	.003	-.163	-.017
Clorofila	-.021	-.180	.245	.308	.736
Rad. Solar	.256	.668	-.289	.110	.244
toxina	.093	-.239	.071	.742	.157
Oxigeno	-.743	.098	.270	-.169	.260

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

a. 5 componentes extraídos

En ocasiones, los factores obtenidos en los diferentes tipos de análisis factorial no se traducen en una agrupación fácilmente interpretable de variables con significado; en este caso, la rotación mejora el significado e interpretación de los factores obtenidos originalmente (Martínez, Sánchez & Faulin, 2009). Se procedió a realizar la rotación

varimax, rotación ortogonal que asume que los factores generados son independientes unos de otros (no están correlacionados).

En la figura 2 se observa que lo ideal sería escoger dos factores, ya que el cambio o punto de inflexión se acentúa en el factor dos, sin embargo, se considera que la cantidad de varianza explicada por estos dos factores es muy baja (43.52%), por lo tanto, se escoge a los 5 factores que agrupan a las variables, explicando así el 73.06% de la varianza.

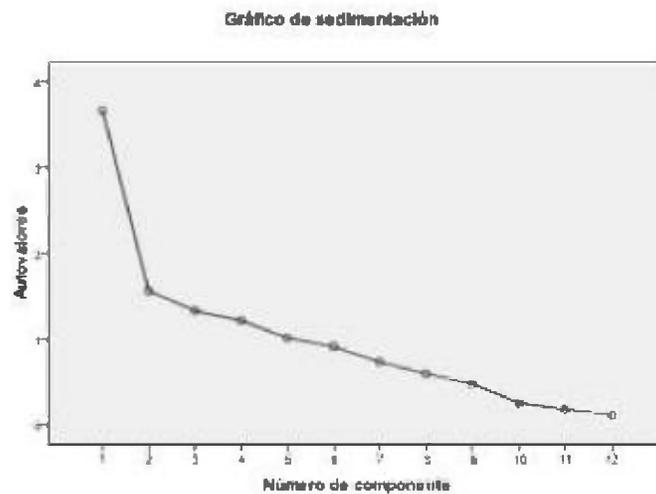


Fig. 2. Gráfico de sedimentación de la solución factorial. Febrero-mayo y julio-diciembre, 2009.

### Rotación

Comparando ambas soluciones factoriales: sin rotación y con rotación, podemos señalar que esta última ha mejorado en la saturación de las variables agrupadas. Por ejemplo, originalmente la variable pH estaba contenida en el primer factor con un puntaje de  $-0.649$ , después de la rotación esta ha sido colocada en el segundo factor con una puntuación de  $0.836$ , es decir, ha mejorado.

Después de la rotación, se excluyó a las variables pH y oxígeno del primer factor; la agrupación resultante contempla a las variables:

turbidez, transparencia, nitratos y ortofosfato. Esta agrupación puede ser etiquetada como “apariencia física del agua y su componente inorgánico” tratándose la apariencia física del agua como una condición visual apreciable (transparente, clara, turbia, muy turbia), y su componente inorgánico, como la carga de iones (en este caso: nitratos y ortofosfatos), asociada a las partículas en suspensión. Las mayores puntuaciones en este factor corresponden a las variables turbidez y transparencia (0.846 y -0.840 respectivamente), éstas son variables físicas medidas en el agua. El efecto es causado por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc. Por otra parte, los nutrientes, tales como nitratos y ortofosfato; en un cuerpo de agua, se presentan y aumentan considerablemente debido al arrastre de sedimentos por las lluvias en los suelos erosionados, por el vertimiento de contaminantes domésticos e industriales y por las actividades agrícolas que se den alrededor del embalse o de la cuenca.

El factor 2, el cual está compuesto por las variables pH y oxígeno, las cuales se encontraban en el factor 1 (sin rotación), son indicadores inmediatas (*in situ*), de las “condiciones de vida acuática” Estas variables (oxígeno y pH), son importantes para el soporte adecuado, protección y conservación de la vida acuática (Romero, 1999).

El factor 3, contiene a las variables radiación solar, nitrógeno total y fósforo total; esta agrupación nos revela variables que explican una “condición de eutrofización”. El concepto de eutrofización puede definirse como el proceso de sobreproducción de algas y macrófitos (que utilizan la energía solar para su fotosíntesis), en cuerpos de agua

enriquecidos con nutrientes; principalmente, nitrógeno y fósforo (Carlson, 1977). La eutrofización puede producir dificultades en los cuerpos de agua destinados a diversos usos: suministro de agua potable por alteración de sus propiedades organolépticas (olor, sabor), corrosión del equipo hidroeléctrico y distintos trastornos en los procesos de tratamiento potabilizador por disminución del oxígeno.

obstrucción en las bombas de succión de agua por exceso de vegetación acuática, etc. Aunque es un proceso que, de forma lenta, puede tener un origen natural, hoy en día es, fundamentalmente, de carácter cultural, acelerado por el aporte continuo de nutrientes (nitrógeno y fósforo total), de origen antropogénico.

El factor 4, esta conformado por la única variable: temperatura la cual es una variable que tiene implicaciones importantes en los procesos fisiológicos en los organismos, tales como metabolismo, respiración, fotosíntesis, y patrones de actividad y comportamiento. En este sentido, organismos de vida libre en las aguas naturales de ambientes relativamente estables aún considerando fluctuaciones en la temperatura, experimentan un amplio rango de temperatura, que varía con los periodos diurnos y de estacionalidad. El quinto factor, esta compuesto por las variables clorofila a y toxina (microcistina), se considera a esta agrupación como "potencial de riesgo" sobre la base de un crecimiento excesivo de microorganismos llamados algas y cianobacterias, organismos que poseen clorofila a; que pueden estar predominando en el cuerpo de agua. Algunos géneros de cianobacterias, tienen la capacidad de producir potentes toxinas, en este caso la microcistina, cuya presencia en el agua puede tener implicaciones negativas en cuanto a la salud del mismo ecosistema como al uso que se le da al agua.

Cuadro 5. Matriz de componentes rotados para las variables de calidad de agua. Febrero-mayo y julio-diciembre, 2009.

Variables	Matriz de componentes rotados <sup>a</sup>				
	Componente				
	1	2	3	4	5
Turbidez	.846				
Transp.	-.840				
Nitrato	.766				
Ortofosfato	.597				
pH		.836			
Oxígeno		.787			
Rad. Solar			.743		
N total			-.729		
P total			.551		
Temp.				.861	
Clorofila					.819
toxina					.633

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 10 iteraciones.

## CONCLUSIONES

Los métodos estadísticos multivariados, entre ellos análisis de factor y componentes principales se pueden utilizar para comprender la naturaleza compleja en cuestiones de calidad del agua y determinar variables que establezcan prioridades para mejorar la calidad del agua.

De un total de 12 variables originales se pudo reducir la base de datos a 5 factores que explican todas las variables de manera agrupada. Con esto se logra el objetivo de reducir la dimensión.

El análisis factorial es una herramienta muy poderosa que permitió analizar y agrupar a las variables de acuerdo a una explicación en

común. Las nuevas variables (factores), marcan escenarios naturales que ocurren en el ambiente, por ejemplo: los factores 1, 3 y 5. (aparición física del agua y sus componente inorgánico, condición de eutrofización y potencial de riesgo), agrupan variables que explican como se acarrea partículas (en este caso: iones: nitratos y ortofosfato), a través de la erosión y escorrentía a un cuerpo de agua (factor 1). Por otro lado, como la entrada de nutrientes, favorecida por la luz solar influye en el crecimiento excesivo de vegetación acuática lo que induce al proceso de eutrofización (factor 3), y como una concentración elevada de clorofila nos indica una sobrepoblación del fitoplancton que puede poner en riesgo la calidad del agua y por ende la salud del ecosistema (factor 5). Mientras que los factores 2 y 4, son más relacionados a variables que indican condiciones para el sostenimiento de la vida acuática (biota), desarrollada en el ecosistema.

#### REFERENCIAS

Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). 2006. Manual de curso de capacitación, Elaboración de las normas de calidad ambiental para aguas naturales. Calidad de aguas naturales características principales, su gestión y control. Contrato BID N° PAN61 – 2005, CSI Ingenieros. Panamá. Pág. 15.

Carlson. R. E., 1977. A trophic state index for lakes. Limnological Research, University of Minnesota, Minneapolis.

Eaton, D., S. Clesceri, A. Lenore & B. Grenn. 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. Publication office: American Health Association 1015 Fiftieth Street, NY Washington, DC 20005.

Martínez, M. A., A. Sánchez & J. Faulin. 2009. Bioestadística Amigable. 2<sup>da</sup> edición Ediciones Díaz de Santos. España, 919 págs.

Pérez, C. 2008. Técnicas de Análisis Multivariantes de Datos. Aplicaciones con SPSS. Pearson Education, S. A., Madrid, 2004.646 págs.

Pérez., C. 2004. Técnicas de Análisis Multivariantes de Datos., Aplicaciones con SPSS., Pearson, Prentice Hall. España. 646 págs.

Roldan, G. 2008. Fundamentos de limnología neotropical., Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.

Romero, J. 1999. Calidad del Agua. Segunda Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 276 págs.

*Recibido febrero de 2011, aceptado octubre de 2012.*



## FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE ÁFIDOS (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EN PLANTACIONES DE CITRICOS DE LA PROVINCIA DE COCLÉ, PANAMÁ

<sup>1,2</sup>Daniel Emmen, <sup>1,2</sup>Dora Quiros, <sup>2</sup>Alexis Vargas

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología y <sup>2</sup>Laboratorio de Estudios Biológicos de Plagas Agrícolas (Edificios de Laboratorios Científicos Lab.116, V.I.P.) Telefax.: 264-8441. E-mail: [emmen.daniel@gmail.com](mailto:emmen.daniel@gmail.com), [dquiros@gmail.com](mailto:dquiros@gmail.com)

### RESUMEN

Se realizaron 14 muestreos de áfidos en tres fincas de cítricos en la provincia de Coclé, entre enero y septiembre de 2002 revisando de 15 a 40 árboles por finca. Adicionalmente se colectaron los áfidos alados semanalmente con trampas amarillas de agua para determinar las fluctuaciones poblacionales de éstos y los datos se correlacionaron con la precipitación. Las especies de áfidos presentes fueron: *Aphis spiraecola*, *Toxoptera aurantii* y *T. citricida*. La especie de áfido más abundante en trampas amarillas fue *A. spiraecola* con un pico poblacional considerablemente alto en el mes de julio. Todas las especies presentaron infestaciones bajas durante casi todo el estudio.

### PALABRAS CLAVES

Cítricos, áfidos, trampa amarilla, *Aphis spiraecola*, *Toxoptera aurantii*, *T. citricida*, Panamá, Coclé.

### ABSTRACT

Fourteen surveys of aphids were conducted in three citrus farms in the province of Coclé, between January and September 2002 checking 15-40 trees per farm. Additionally, winged aphids were collected weekly with yellow water traps to determine their population fluctuations, and this data were correlated with rainfall. Aphid species present were: *Aphis spiraecola*, *Toxoptera aurantii* and *T. citricida*. The most abundant aphid species in yellow traps was *A. spiraecola* with an important

population peak in July. All species had low infestations throughout most of the study.

## KEYWORDS

Citrus, aphids, yellow pan water trap, *Aphis spiraecola*, *Toxoptera aurantii*, *T. citricida*, Panama, Coclé.

## INTRODUCCIÓN

Los cítricos constituyen uno de los cultivos frutales más importantes del mundo en términos de nutrición, generación de empleos y comercio. En la República de Panamá existen aproximadamente unos cuatro millones de árboles de cítricos, específicamente de naranja dulce o injertada, limón y toronja de los cuales cerca de 2.2 millones están en edad productiva generando un poco más de 2 millones de dólares anuales (Contraloría General de la República de Panamá 2000-2001). Un informe del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (2002) indica que del total de plantaciones de cítricos existentes, el 77.3% se localiza en las provincias de Coclé, Chiriquí, Panamá y Veraguas, áreas en donde se genera el 80% de la producción nacional. La provincia de Coclé, es actualmente una de las zonas con mayor producción ya que cuenta con 1,039, 875 árboles de cítricos de los cuales 387,570 están en edad productiva (Contraloría General de la República de Panamá 2001-2002). Se estimó que esta provincia tendría una producción de 1,552, 416 de cientos de naranja en el 2007 de acuerdo a los datos de producción de naranja de jugo de la Secretaría Técnica de Desarrollo de Mercados y Agronegocios- IMA (2006).

Como otros cultivos, los cítricos tienen muchos problemas de plagas y enfermedades. Varias especies de áfidos atacan los árboles de cítricos a nivel mundial (Blackman & Eastop, 1985; Yokomi *et al.*, 1994; Sonya, 2007; Halbert & Brown, 2011).

Los áfidos representados por más de 5000 especies (Remaudire & Remaudiere, 1997, Sonya, 2007), son insectos chupadores, pequeños, de consistencia suave, que pertenecen al orden Homóptera. Generalmente forman colonias numerosas de hembras partenogenéticas ápteras que se alimentan principalmente de las hojas tiernas, por lo que causan daños importantes en las plantas jóvenes. Cuando la población

es muy numerosa los insectos desarrollan alas y emigran a nuevos hospederos. Su forma de alimentación así como su alto ritmo de reproducción y la habilidad de los alados para migrar a grandes distancias, sitúan a los áfidos entre las plagas más frecuentes e importantes de los cultivos. Además del daño que ocasionan por la succión de la savia, también favorecen la formación de fumagina (película oscura producida por hongos del género *Capnodium*) que junto con la acción tóxica de las secreciones salivares que inyectan durante el proceso de alimentación, afectan el crecimiento de las plantas. Sin embargo la razón fundamental para el estudio y conocimiento de la afidofauna asociada a los cultivos de importancia económica y otras plantas se debe a su importancia como vectores de virus causantes de enfermedades. Entre estos, virus de la tristeza de los cítricos (CTV), es transmitido de manera semi-persistente por cuatro especies de áfidos: *Toxoptera citricida*, *T. aurantii*, *Aphis gossypii* y *A. spiraeicola*. La composición de las especies y la ocurrencia estacional difiere en cada área o país (Komazaki, 1994). Estos insectos pueden adquirir y transmitir el virus durante los sondeos que realizan con sus piezas bucales antes de alimentarse y durante el proceso de alimentación. Las especies virulíferas pueden transmitir el CTV hasta 24 horas después de su adquisición (Roberts *et al.*, 2001).

Debido a que no se conocía la fluctuación poblacional de las especies de áfidos encontrados en las áreas de producción de cítricos en Panamá, se realizó un reconocimiento preliminar de los mismos. Además se obtuvo información necesaria que permitiera detectar cambios en la fluctuación poblacional de las plagas y establecer registros estacionales para evaluar y sugerir planes de manejo.

Los objetivos de este trabajo de investigación fue el de determinar la diversidad de especies y la fluctuación poblacional de áfidos durante la época seca y lluviosa, dentro de las condiciones que presentaban los cultivos de cítricos en el área del Copé, Churuquita Grande y Toabré en la provincia de Coclé.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Ubicación y descripción del área de estudio***

Este trabajo se realizó desde enero a septiembre de 2002 en la provincia de Coclé, específicamente en tres fincas citricolas: Los Naranjos S.A., en Churuquita Grande (60 hectáreas), Inversiones Rumac, en Toabré (8 hectáreas), situadas entre los 180-200 m.s.n.m., en el distrito de Penonomé y en la finca Arrocha ubicada en Loma Bonita, El Copé, distrito de Olá (una hectárea), situada entre los 400-440 m.s.n.m. Todas las fincas poseen árboles de naranja dulce de 3-11 años de edad, injertados sobre patrones tolerantes al CTV. En la finca Los Naranjos se realizan prácticas agronómicas tales como poda de árboles, aplicación de abono sintético, insecticidas y herbicidas, mientras que en las fincas Inversiones Rumac y Arrocha no se utilizan agroquímicos sintéticos.

Para conocer la actividad de vuelo y las fluctuaciones poblacionales de los áfidos, se colocaron en la fincas de Churuquita Grande y El Copé, cinco trampas amarillas sobre soportes de madera a un metro de altura en las direcciones norte, sur, este, oeste y centro, con el fin de capturar los áfidos provenientes de cualquier dirección.

Las trampas amarillas consistían de platonos de plástico amarillos, circulares de 30 cm de diámetro y nueve de profundidad, provistos de rebosaderos tapados con malla para evitar la pérdida de especímenes por desbordamiento en la temporada lluviosa. Las trampas fueron llenadas con agua hasta 3/4 de su capacidad y se les añadió 10 mm de formalina para evitar la descomposición de los especímenes y 1 ml de detergente para disminuir la tensión superficial del agua y evitar la salida de los insectos de los recipientes. El material biológico colectado en las trampas cada semana durante el periodo de estudio, se preservó en alcohol al 70% anotando el sitio y fecha de colecta



Fig. 1. Colecta directa (captura manual), cortando brotes terminales con áfidos.

Para identificar los áfidos que colonizaban los árboles de cítricos, se realizaron 11 visitas a las fincas en estudio. En cada una de las fincas, se inspeccionaron al azar entre 15 y 40 árboles de cítricos por visita y se establecieron niveles de infestación (ausente, baja, media o moderada). Algunos brotes infestados con áfidos ápteros fueron cortados con ayuda de una tijera de podar (Fig. 1). El material biológico colectado se colocó en envases plásticos de cría y luego fueron colocados en una cámara bioclimática modelo Percival Scientific® con temperatura de 22- 26 °C, 80% de humedad relativa y fotoperiodo (fotofase) de 14hL/10hD con el fin de obtener individuos alados para poder identificar cada especie.

Las especies de áfidos fueron identificadas tentativamente en el laboratorio (Quirós, 1988) y algunos especímenes fueron posteriormente enviados a especialistas para su correcta identificación hasta género o especie.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los principales áfidos colectados en las fincas de cítricos estudiadas fueron: *Aphis spiraecola*, *Toxoptera aurantii* y *T. citricida*. En este estudio no se encontró *A. gossypii* en ninguna de las plantaciones estudiadas.

*Aphis spiraecola*: La hembra adulta áptera mide 1 a 2 mm de largo, es ovoide, de color verde, con cornículos, cauda y antenas marrón oscuro. Los alados poseen cabeza y tórax marrón a negro y abdomen verde con pequeñas manchas pardas en los costados. Las antenas de color marrón, alcanzan hasta la mitad de la longitud del cuerpo. Las ninfas son de color verde limón (Fig. 2 A y B). Esta especie fue denominada *A. citricola* por más de 10 años como fue propuesto por Eastop & Hille Ris Lambers (1976), pero Eastop & Blackman (1988) reportaron que *A. citricola* van der Goot es un sinónimo de *A. fabae*.

A partir de esta fecha, *A. spiraecola* ha sido el nombre usado para la especie que ataca los cítricos. Los daños producidos por *A. spiraecola* son debidos a la succión de savia que interrumpe el crecimiento de la planta y a la gran cantidad de melaza secretada, a partir de la cual se desarrolla la fumagina. Cuando se multiplica en los cítricos, deforma y enrolla las hojas desde el ápice hacia el peciolo y del haz hacia el envés.

*A. spiraecola* también es capaz de transmitir el virus de la tristeza y aunque su eficacia como vector no es muy alta, sus elevadas poblaciones en cítricos sugieren que probablemente tenga un cierto papel en la difusión de la enfermedad (Lee *et al.*, 1994).

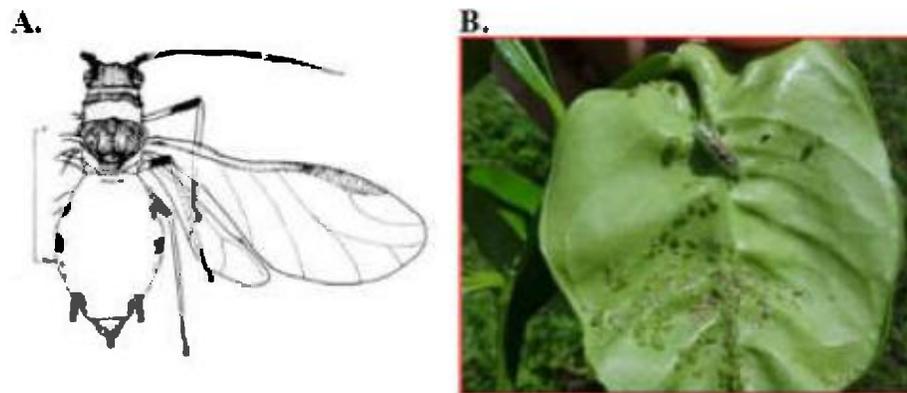


Fig. 2. Esquema de la vista dorsal de un adulto de *A. spiraecola* (A); *A. spiraecola* en diferentes estadios de vida sobre una hoja de cítrico (B).

*Toxoptera aurantii*: Miden 1,5 a 2 mm de largo, son ovoides, de color marrón oscuro, antenas marrón claro con extremo distal marrón oscuro, cornículos y cauda pequeños de color negro (Fig. 3 A y B). Las hembras aladas tienen el cuerpo completamente negro, las alas con una mancha característica en su borde anterior y la vena media con una sola bifurcación. En Panamá se encuentra principalmente sobre árboles y arbustos de los géneros *Citrus*, *Coffea*, *Theobroma* y *Elytraria*. Mundialmente se ha reportado sobre más de 120 especies de plantas (Blackman & Eastop, 1985).

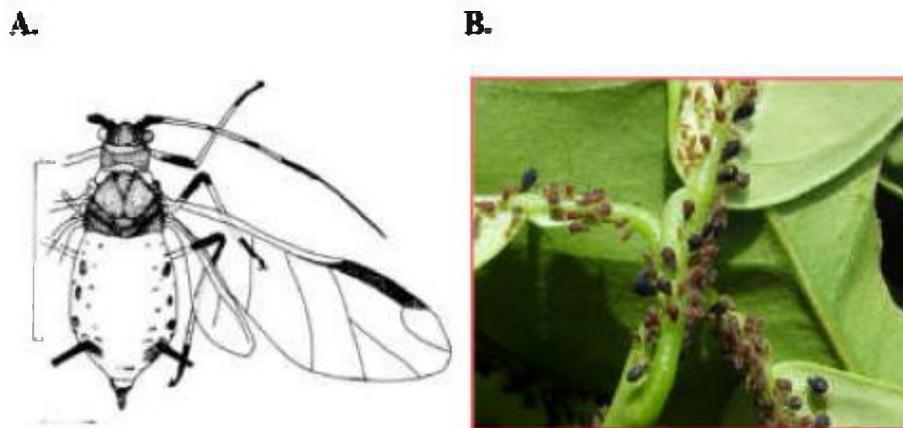


Fig. 3. Esquema de la vista dorsal de un adulto de *T. aurantii* (A); *T. aurantii* en diferentes estadios de vida sobre hojas de cítrico (B).

*T. citricida*: De color negro reluciente, similar a *T. aurantii* pero algo más grande, alados con el tercer segmento antenal totalmente negro, cuarto segmento de color claro, pterostigma de las alas anteriores ennegrecido y vena media (M) bifurcada dos veces. (Fig. 4 A y B). Aunque algunas veces ha sido reportado sobre plantas de otras siete familias botánicas vive casi exclusivamente sobre especies de la familia Rutaceae, especialmente *Citrus*. Es el vector más eficiente conocido del virus de la tristeza y otros virus que afectan los cítricos (Eastop, 1977; Halbert & Brown, 1996).

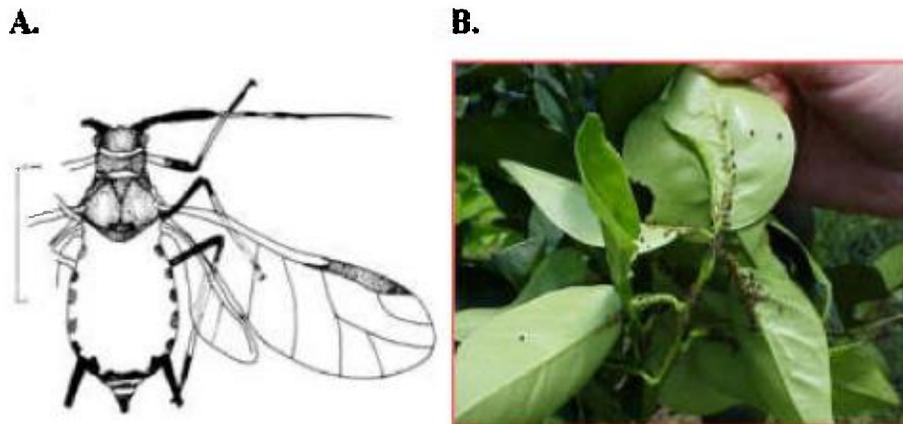


Fig. 4. Esquema de la vista dorsal de un adulto de *T. citricida* (A); *T. citricida* en diferentes estadios de vida sobre hojas de cítrico (B).

Las Figuras 5 y 6 ilustran gráficamente los datos agrupados por mes de colecta de los áfidos capturados en las trampas amarillas de las fincas de Churuqita Grande y El Copé. Como se puede observar *A. spiraecola* fue la especie con mayor número de individuos capturados tanto en la finca Los Naranjos (Churuqita Grande) como en la finca Arrocha (El Copé).

En la Figura 5 se observa que en la finca Los Naranjos (Churuqita Grande), el mayor pico poblacional de *A. spiraecola* y *T. aurantii* se encontró en el mes de julio, con otros picos de abundancia menos importantes o estando totalmente ausentes el resto del tiempo de estudio. De igual manera, el mayor número de individuos de la especie *T. citricida* sólo se observó en el mes de agosto.

En la finca Arrocha (El Copé), la mayor cantidad de individuos de *A. spiraecola* fueron capturados en el mes de julio, aunque se encontraron individuos de esta especie durante todos los meses de estudio (Fig. 6).

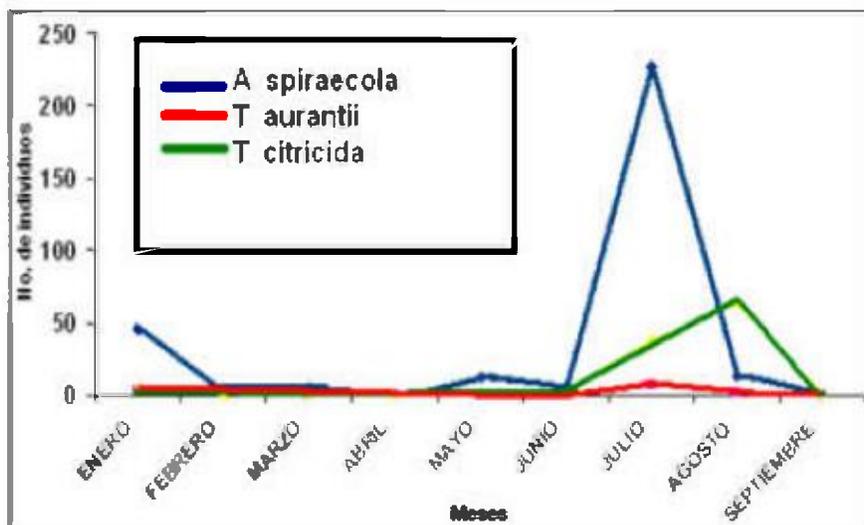


Fig. 5. Fluctuación poblacional de tres especies de áfidos colectadas con trampas amarillas en cítricos de la finca Los Naranjos, Churuquita Grande, de enero a septiembre de 2002.

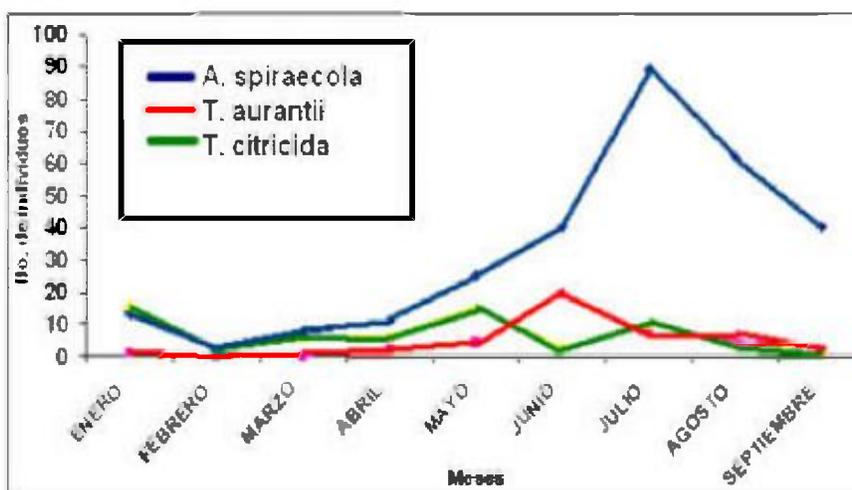


Fig. 6. Fluctuación poblacional de tres especies de áfidos colectadas con trampas amarillas en cítricos de la finca Arrocha, El Copé, de enero a septiembre de 2002.

En este mismo sitio de estudio, *T. aurantii* alcanzó un pico poblacional entre el mes de mayo a julio estando ausentes el resto del tiempo. *Toxoptera citricida* mostró tres picos poblacionales correspondientes a los meses de enero, mayo y julio.

Al analizar el efecto de la precipitación sobre las poblaciones de áfidos, se encontró que el incremento observado en el número de individuos de *A. spiraecola* y *T. citricida* a finales de julio y agosto ocurrió después del pico máximo de precipitación de inicios del mes de junio. De igual manera, cuando la precipitación aumentó nuevamente a inicios de septiembre, ocurrió un descenso en el número de individuos de las especies de áfidos colectadas (Fig. 7). Se ha encontrado en otros trabajos que después de intensos periodos de lluvias aparecen brotes nuevos en los hospederos y en la vegetación circundante lo que estimula la proliferación de las poblaciones de áfidos (Quirós & Fernández, 1997; Tsai *et al.*, 1999).

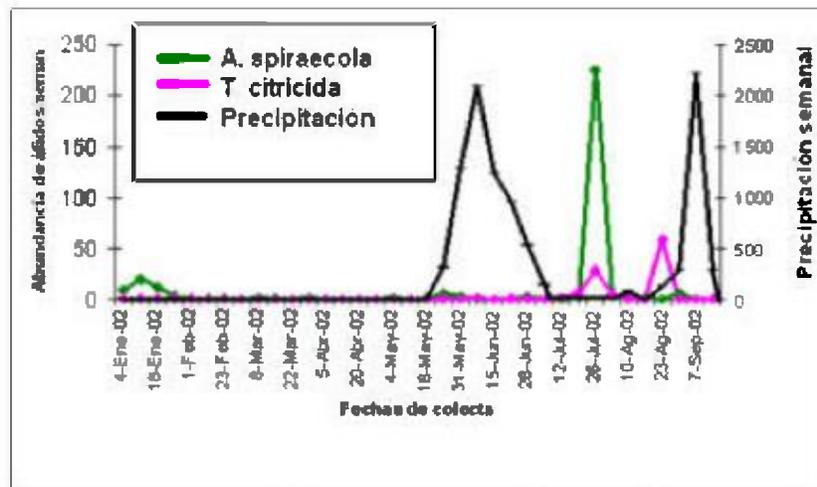


Fig. 7. Abundancia de *A. spiraecola* y *T. citricida* de acuerdo con la precipitación en la finca Los Naranjos (Churuquita Grande) de enero a septiembre de 2002.

Un total de 810 árboles de cítricos fueron muestreados manualmente, de los cuales 285 (35.2%) estuvieron ubicados en la finca Arrocha (El Copé), 220 (27.2%) en la finca Los Naranjos (Churuquita Grande) y 305 (37.6%) en la finca Inv. Rumac (Toabré). De este total se observaron 116 árboles infestados por áfidos, de los cuales 15 (12.9%) estaban ubicados en la finca Arrocha, 23 (19.8%) en Los Naranjos y 78 (67.2%) en la finca Inv. Rumac. Además, 477 brotes infestados por áfidos fueron colectados, de los cuales 24 (5%) estuvieron ubicados en la finca Arrocha, 102 (21.4%) en Los Naranjos y 351 (73.6%) en la finca Inv. Rumac. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categoría de infestación de *T. citricida* y *T. aurantii* encontradas en tres fincas de cítricos en Coclé. Febrero a septiembre de 2002.

MES	FINCAS		
	Los Naranjos	Inv. Rumac	Arrocha
Febrero	-----	inv	+
Marzo	nv	inv	+
Abril	-----	-----	+
Mayo	+	+	+
Junio	-----	+	+
Julio	+	+	+
Agosto	++	++	+
Septiembre	-----	-----	nv

nv = no se visitó, ----- = ausencia de áfidos, + = infestación baja (1-4 árboles con 1-3 brotes infestados con colonias de 10-60 áfidos), ++ = infestación media o moderada (7-26 árboles de cítricos con 4-6 brotes infestados con colonias de 61-120 áfidos).

Como resultado del monitoreo manual, es importante señalar que sólo se observaron colonias de *A. spiraecola* durante el mes de julio sobre un árbol de cítrico en la finca Los Naranjos (Churuquita Grande). La gran cantidad de individuos colectados en las trampas ubicadas dentro de los cultivos de cítricos probablemente provenían de la flora aledaña (hospederos secundarios) a las fincas de cítricos estudiadas, ya que se ha reportado que *A. spiraecola* coloniza a más de 17 familias de plantas en Panamá (Quirós, 1988).

Las infestaciones de *T. aurantii* y *T. citricida* observadas sobre los cultivos de cítricos en las tres fincas estudiadas, fueron relativamente bajas durante casi todo el estudio, excepto durante el mes de agosto en donde aumentaron notablemente hasta una categoría media de infestación (entre 61 y 120 áfidos) (Cuadro 1). Este aumento fue favorecido por la presencia de nuevos brotes tiernos a mediados de julio y durante el mes de agosto. Los áfidos se establecieron mayormente en las hojas jóvenes para alimentarse de la savia, lo cual favorece y asegura una rápida reproducción de sus poblaciones (Michaud & Browning, 1999). Los resultados obtenidos en este trabajo resultaron similares a los obtenidos por Gaona et al. (2000), en árboles de *C. sinensis* en México.

El bajo porcentaje de árboles y brotes infestados por áfidos encontrados en la finca Arrocha se debió posiblemente a que los árboles de cítricos en esta finca se encontraban en un terreno que carecía de las condiciones nutricionales óptimas para su cultivo por la falta de un manejo agronómico. Además, la edad de los árboles de cítricos (11 a 12 años de edad), fue otro factor que posiblemente no favoreció la disponibilidad de brotes terminales nuevos durante el estudio, los cuales constituyen el recurso alimenticio indispensable para la reproducción y proliferación de los áfidos.

En el caso de la finca Los Naranjos, a pesar de que el manejo agronómico que allí emplean y que contribuye a mantener árboles vigorosos y con brotes tiernos durante todo el año, el bajo porcentaje de árboles y brotes infestados que fueron observados se debió, posiblemente, a que en esta finca se hace uso de plaguicidas durante casi todo el año con el fin de controlar las densidades poblacionales de los áfidos y otros artrópodos sobre los cultivos de cítricos.

Por el contrario, en el caso de la Finca Inversiones Rumac (Toabré), el alto porcentaje de árboles y brotes infestados por áfidos se debió posiblemente a que en esta finca, en lugar de plaguicidas sintéticos se empleaban soluciones de concentrados orgánicos como repelentes que se aplican a los árboles de cítricos y con menos frecuencia (tres veces al año) que en la finca Los Naranjos.

En ninguna de las tres fincas estudiadas, las especies de áfidos causaron daños directos importantes a los cítricos, debido a que el número de individuos que se observó por cada árbol y brote de cítricos fue bajo durante casi todo el estudio (Cuadro 1). El bajo número de áfidos encontrados se debió a que, además de los factores abióticos antes señalados, existían factores bióticos, como los enemigos naturales, que ejercían un control natural sobre los áfidos. No obstante, cabe señalar que la infección por el virus CTV puede ocurrir con poblaciones reducidas del áfido (Roistacher & Bar-Joseph, 1987).

Se ha reportado comúnmente que *A. spiraecola*, *T. aurantii*, *T. citricida* y *A. gossypii* son las cuatro especies de áfidos más importantes que atacan a los cultivos de cítricos en el mundo (Lee *et al.*, 1994; Rocha-Peña *et al.*, 1995; Rocha-Peña *et al.*, 1998). Sin embargo, *A. gossypii* no se encontró en los cultivos de cítricos durante el tiempo que duró el estudio, posiblemente debido a que las plantaciones de café (Rubiaceae) y algunas plantas de la vegetación local próxima al área de estudio, brindaban a las poblaciones de esta especie mejores recursos alimenticios y de reproducción que los cítricos. Se ha reportado que *A. gossypii* es más común en tierras bajas del país donde coloniza varias especies de cucurbitáceas, solanáceas, malváceas y rubiáceas (Quirós, 1988).

## CONCLUSIONES

Se detectó la presencia de tres especies de áfidos en fincas de cítricos en la provincia de Coclé: *A. spiraecola*, *T. aurantii* y *T. citricida*. *A. spiraecola* fue la especie con mayor número de individuos capturados tanto en la finca Los Naranjos (Churuquita Grande) como en la finca Arrocha (El Copé).

En la finca de Churuquita Grande (Los Naranjos), los mayores picos poblacionales de *A. spiraecola* y *T. citricida* se encontraron en el mes de julio y de *T. aurantii* en el mes de agosto. En la finca del Copé (Arrocha), los mayores picos poblacionales de *A. spiraecola*, *T. citricida* y *T. aurantii* se encontraron durante los meses de julio, mayo y junio, respectivamente.

El incremento en el número de individuos de *A. spiraecola* y *T. citricida* ocurrió a finales de julio y agosto después del pico máximo de precipitación de inicios del mes de junio.

Las infestaciones de *T. aurantii* y *T. citricida* observadas sobre los cultivos de cítricos en las tres fincas estudiadas, fueron bajas durante casi todo el estudio, excepto durante el mes de agosto en donde aumentaron notablemente hasta una categoría media de infestación.

#### REFERENCIAS

Blackman, R.L. & V.F. Eastop. 1985. *Aphids on the World's Crops: An Identification Guide*. John Wiley & Sons. New York, NY. 210-214.

Contraloría General de la República de Panamá. 2001-2002. Dirección Nacional de Estadística y Censo. VI Censo Nacional Agropecuario.

Eastop, V.E. 1977. In: *Aphids as virus vectors*, Harris K.F., Maramorosh K. (eds.). In Harris K.F. Maramorosh K. (eds.), Academic Press, New York pp 4-62.

Eastop, V.F. & R.L. Blackman. 1988. The identity of *Aphis citricola* van der Goot. *Systematic Entomology*. 13: 157-160.

Eastop, V.F. & D. Hille Ris Lambers. 1976. *Survey of the World's Aphids*. Dr. Junk b.v., Publishers, The Hague. pp12-17.

Gaona G., G., E. R. Cancino & R. P. Martínez. 2000. Los pulgones (Homoptera: Aphididae) y sus enemigos naturales en la naranja *Citrus sinensis* (L.) en la zona centro de Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 81: 1-12.

Halbert, S.E. & L. G. Brown. 1996. *Toxoptera citricida* (Kirkaldy). Brown Citrus Aphid-Identification, Biology and Management Strategies. Fla. Dept. Agric. & Consumer Services Division of Plant Industry. 374: 1-5.

Halbert, S.E. & L.G. Brown. 2011. Brown citrus aphid *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Insecta: Hemiptera: Aphididae). Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Sevice, University of Florida. EENY-007. [http:// deis.ifas.ufl.edu](http://deis.ifas.ufl.edu).

IICA - Instituto de Mercadeo Agropecuario-Secretaría Técnica de Desarrollo de Mercados y Agronegocios. 2006. Estudio del mercado nacional de la naranja de jugo. República de Panamá. 90 pp.

Komazaki, S. 1994. Ecology of citrus aphids and their importance to virus transmission. *JARQ* 28: 177-184.

Lee, R. F., P. S. Baker & M. A. Rocha-Peña. 1994. Citrus tristeza virus (CTV). An introduction to current priorities, with special reference to the worsening situation in Central America and the Caribbean. *International Institute of Biological Control*. pp 197.

Michaud, J. P. & H. W. Browning. 1999. Seasonal abundance of the Brown Citrus Aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in Puerto Rico. *Fla. Entomol.* 82: 424-447.

Quiros, D.I. 1988. Áfidos (Homoptera: Aphididae) de Panamá. Tesis en Maestría. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Universidad de Panamá. pp 318.

Quiros, D. I., O. Fernández & R. Rodríguez. 1997. Actividad estacional de vuelo de áfidos en cultivos de papa en Panamá. *Scientia*. 12:157-175.

Remaudiere, G. & M. Remaudiere. 1997. Catalogue des Aphididae du monde. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 473 pp.

Roberts, P.D., R.J. McGovern, R.F. Lee & C.L. Niblett. 2001. Tristeza. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. pp-174.

Rocha-Peña, M.A., R. F. Lee, R. Lastra, C. L. Niblett, F. M. Ochoa-Corona, S. M. Garnsey & R. K. Yokomi. 1995. Citrus tristeza virus and its aphid vector *Toxoptera citricida*: Threats to citrus production in the Caribbean and Central and North America. *Plant Dis.* 79: 437-443.

Rocha-Pena, M.A., F.M. Ochoa-Corona, J.P. Martinez-Soriano, C.N. Roistacher & R.F. Lee. 1998. Citrus tristeza virus: events that occur before, during and after the disease epidemics. *Subtropical Plant Science*. 50: 26-36.

Roistacher, C. N. & M. Bar-Joseph. 1987. Aphid transmission of citrus tristeza virus: A review. *Phytophylactica*. 19: 163-167.

Sonya, B. 2007. Aphids in citrus, Deptt. of Agric. & Food. Govt. of West Australia. Note 242. 2039-10/07- ID 8599. ISSN 0726-934X: [www.agric.wa.gov.au](http://www.agric.wa.gov.au)

Tsai, J. H., R. F. Lee, Y. Liu & C. L. Niblett. 1999. Biology and control of brown citrus aphid (*Toxoptera citricida* Kirkaldy) and citrus tristeza. University of Minesota, U.S.A. 14 p.

Yokomi, R. K., R. Lastra, M. B. Stoetzel, R. F. Lee, S. M. Garnsey, T.R. Gottwald, M.A. Rocha-Peña & C. L. Niblett. 1994. Establishment of the brown citrus aphid *Toxoptera citricida* (kirkaldy) (Homoptera: Aphididae) in Central America and the Caribbean basin and its transmission of citrus tristeza virus. *J. Econ. Entmol.* 87: 1078-1085.

*Recibido diciembre de 2011, aceptado octubre de 2012.*



## ENEMIGOS NATURALES DE ÁFIDOS (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EN PLANTACIONES DE CITRICOS DE LA PROVINCIA DE COCLÉ, PANAMÁ

<sup>1,2</sup>Daniel Emmen, <sup>1,2</sup>Dora Quiros, <sup>2</sup>Alexis Vargas

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología y <sup>2</sup>Laboratorio de Estudios Biológicos de Plagas Agrícolas (Edificios de Laboratorios Científicos Lab.116, V.I.P.) Telefax.: 264-8441. E-mail: [emmen.daniel@gmail.com](mailto:emmen.daniel@gmail.com), [dquiros@gmail.com](mailto:dquiros@gmail.com)

### RESUMEN

Se realizaron muestreos de áfidos y sus enemigos naturales en tres fincas de cítricos en la provincia de Coclé, durante 14 fechas de colecta entre enero y septiembre de 2002. Se colectaron manualmente brotes infestados por áfidos junto con sus enemigos naturales en 15 a 40 árboles por finca. Para determinar las fluctuaciones poblacionales de los áfidos alados y sus depredadores adultos, éstos se colectaron semanalmente con trampas amarillas de agua y manualmente, cortando los brotes terminales. Los datos se correlacionaron con la precipitación. Los enemigos naturales encontrados fueron dos especies de Coccinellidae (*Scymnus* sp. y *Cycloneda sanguinea*), tres de Syrphidae (*Ocyrtamus gastrostactus*, *O. dimidiatus* y *Pseudodoris clavatus*), una de Chrysopidae (*Chrysopa* sp.) y el parasitoide *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Aphidiidae). La única especie depredadora de áfidos capturada en trampas amarillas fue *C. sanguinea*, presentando picos poblacionales máximos en el mes de enero. Se encontró una correlación baja entre las fluctuaciones poblacionales de áfidos y *C. sanguinea*.

### PALABRAS CLAVES

Cítricos, áfidos, depredadores, parasitoides, Coclé, Panamá.

### ABSTRACT

Samples of aphids and their natural enemies were carried out in three citrus farms in the province of Coclé during 14 collection dates between January and September

2002. Shoots infested with aphids and their natural enemies were collected manually in 15 to 40 trees per farm. To determine the population fluctuations of winged aphids and their adult predators, they were collected weekly with yellow pan traps and by manual collection. The data was correlated with rainfall. Natural enemies were two species of Coccinellidae (*Scymnus* sp. *Cycloneda sanguinea*), three species of Syrphidae (*Ocyrtamus gastrostactus*, *O. dimidiatus* and *Pseudodorus clavatus*), one species of Chrysopidae (*Chrysopa* sp.) and the parasitoid *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Aphididae). The only predator species of aphids captured in yellow traps was *C. sanguinea* with maximum population peaks in January. A low relationship between the population fluctuations of aphids and *C. Sanguinea* was found.

## KEYWORDS

Citrus, aphids, predators, parasitoid, Coclé, Panama.

## INTRODUCCIÓN

Los árboles de naranja son los frutales más cultivados y sus frutos los más consumidos y distribuidos en todo el mundo constituyendo así uno de los cultivos más importantes del mundo por su gran valor nutricional y por los empleos que genera su comercialización (PROMOSA-RAIA, 2002).

En Panamá la mayor parte de la producción de naranjas se obtiene de plantaciones dispersas sin prácticas de fertilización y control de plagas y en las que tampoco se seleccionan los cultivares. De las plantaciones existentes, un 77.3% se localiza en las provincias de Coclé, Chiriquí, Panamá y Veraguas, regiones en las que se genera el 86% de la producción nacional (Contraloría General de la República de Panamá 2000-2001).

A pesar de que la provincia de Coclé, es una de las áreas del país en donde se encuentra distribuido el virus de la tristeza de los cítricos (CVT), es actualmente una de las zonas con mayor producción ya que cuenta con 1,039,875 árboles de cítricos de los cuales 355,351 están en edad productiva (Contraloría General de la República de Panamá 2001-2002) con una producción proyectada para el 2007 de 1,522,416 cientos (IICA-IMA, Secretaría Técnica de Desarrollo de Mercados y Agronegocios, 2006).

La tristeza de los cítricos (CTV), es una enfermedad viral transmitida de manera semi-persistente por cuatro especies de áfidos (D'Onghia, 2005; Halbert & Brown, 2011). Estas especies son consideradas importantes vectores de este virus. De las cuatro especies vectoras del CTV, en Panamá se han encontrado *Toxoptera citricida* (áfido negro de los cítricos), *Toxoptera aurantii*, y *Aphis spiraecola* (Quirós & Emmen, 2006). Un adecuado programa de manejo de plagas en un cultivo implica la selección racional de medidas de control que aseguren resultados económicos, ecológicos y sociales favorables (Metcalf & Luckmann, 1994). Una de las tácticas empleadas en el desarrollo de un programa de manejo integrado, es la identificación de los enemigos naturales de una plaga.

Los áfidos tienen un número considerable de enemigos naturales entre los que se encuentran varias especies de depredadores dentro de los órdenes Coleoptera (Coccinellidae), Diptera (Syrphidae), Neuroptera (Chrysopidae), así como parasitoides del orden Hymenoptera (Michaus & Browning, 1999; Sonya, 2007; Halbert & Brown, 2011; Yoldas *et al.*, 2011).

Este estudio se realizó para recolectar información cuantitativa y cualitativa en forma sistemática que permita hacer evaluaciones y sugerencias para un mejor manejo de las plagas de áfidos y sus enemigos naturales, en relación con las condiciones ambientales, especialmente la precipitación, en los cultivos de cítricos de la provincia de Coclé.

Adicionalmente, los resultados obtenidos servirán de referencia para la implementación de un programa de control biológico contra los áfidos, especialmente contra el áfido negro, *T. citricida* en las fincas de cítricos, inicialmente en la provincia de Coclé y posteriormente en el resto del país.

Los objetivos de este trabajo de investigación fueron el de determinar la diversidad de las especies de insectos considerados enemigos naturales de áfidos y su fluctuación poblacional durante la época seca y lluviosa del año, dentro de las condiciones que presentaban los cultivos de cítricos en el área del Copé, Churuquita Grande y Toabré, en la provincia de Coclé. Además, se estableció una colección de referencia

para identificar enemigos naturales de los áfidos encontrados en los cultivos de cítricos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Este trabajo se realizó desde enero a septiembre de 2002 (18 muestreos en total), en la provincia de Coclé, específicamente en tres fincas de naranja (*Citrus sinensis*), ubicadas en Churuquita Grande y Toabré en el distrito de Penonomé y en Loma Bonita, El Copé, distrito de Olá. Todas las fincas poseen árboles de naranja dulce de 3-11 años de edad, injertados sobre patrones tolerantes al CTV. En la finca ubicada en Churuquita Grande se llevan a cabo prácticas agronómicas tales como poda de árboles, aplicación de abono sintético, insecticidas y herbicidas. Por lo general, en la finca de Toabré los árboles de cítricos son tratados con abono orgánico y se hacen aplicaciones con soluciones de concentrados orgánicos repelentes. Por otro lado, en la finca de El Copé no se emplean prácticas agronómicas ni se aplican plaguicidas.

Para conocer la relación ecológica entre los áfidos y sus enemigos naturales, mediante sus fluctuaciones poblacionales, se colocaron cinco trampas amarillas de agua sobre soportes de madera a un metro de altura en las direcciones norte, sur, este, oeste y centro en las fincas de Churuquita Grande y El Copé. Esto se hizo con el fin de capturar los áfidos y sus enemigos naturales provenientes de cualquier dirección (Fig. 1A). El material biológico colectado en las trampas semanalmente se preservó en alcohol al 70% registrando el sitio, variedad y fecha de colecta.

Con el fin de incrementar la captura de insectos depredadores y parasitoides de áfidos asociados a *C. sinensis*, también se utilizaron dos trampas Malaise colocadas en la finca de Toabré y de El Copé (Fig. 1B).

**A. Trampa amarilla.**



**B. Trampa Malaise.**



**Fig. 1. Métodos de captura de áfidos y sus enemigos naturales. Trampa amarilla para la captura de áfidos alados en medio de un cultivo de naranja (A). Trampa Malaise (de intercepción) para la captura de todo tipo de insectos alados asociados al cultivo de naranja (B).**

Para identificar los enemigos naturales (larvas, pupas y adultos) de los áfidos que colonizaban los árboles de cítricos, se realizaron 18 visitas (muestras) a las fincas en estudio, inspeccionando al azar de 15 a 40 árboles por visita. Los brotes terminales infestados con áfidos fueron cortados con ayuda de una tijera de podar para colectar y se registraron las pupas y larvas de sirfidos, de crisópidos y de coccinélidos que se alimentaban de los áfidos. Los áfidos parasitados que se encontraron en estado de momia dentro de las colonias, también fueron colectados y colocados en la cámara bioclimática en el laboratorio para obtener los adultos de los parasitoides.

El material biológico colectado se depositó en envases plásticos de cría y luego colocado en una cámara bioclimática con temperaturas entre 22- 26 °C, 80% de humedad relativa y fotoperiodo de 14hL/10hD. Las larvas depredadoras se alimentaron de áfidos inmaduros y adultos que se capturaron en los brotes de cítricos o con *A. gossypii* criados en el laboratorio.

Los áfidos, así como sus enemigos naturales: depredadores y parasitoides adultos emergidos, fueron preservados e identificados posteriormente en el laboratorio por medio de claves taxonómicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los enemigos naturales encontrados en las áreas de estudio pertenecen a seis especies de depredadores y un parasitoide: *Scymnus* sp. y *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae); *Ocyptamus gastrostactus*, *O. dimidiatus* y *Pseudodorus clavatus* (Diptera: Syrphidae) y *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae). Se detectó al braconido *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Aphidiidae) como parasitoide primario de áfidos.

Entre los enemigos naturales de los áfidos en los cultivos de cítricos estudiados se colectaron manualmente un total 199 larvas depredadoras de áfidos, de los cuales 73.9% (147) fueron de sirfidos (*Ocyptamus gastrostactus*, *O. dimidiatus* y *Pseudodorus clavatus*) 12.6% (25) de crisópidos (*Chrysopa*) y 13.5% (27) de coccinélidos (*Scymnus* y *Cycloneda sanguinea*). Además, en el área de estudio se colectaron nueve pupas de sirfidos; 16 momias de *T. citricida* y 27 depredadores adultos, de los cuales 96.3% (26) fueron de coccinélidos y 3.7% (1) fueron de crisópidos. En las trampas Malaise se capturaron adultos de *C. sanguinea* y de *Pseudodorus clavatus*.

Los Syrphidae afidófagos adultos son moscas vistosas que frecuentemente se encuentran en las flores alimentándose del polen. La larva es del tipo vermiforme (Fig. 2A), con mandíbulas en forma de garfios paralelos y retráctiles modificados para perforar a su presa (Borror *et al.*, 1989).

Las larvas de Chrysopidae afidófagos (Orden Neuroptera) son del tipo campodeiforme. Sus mandíbulas son en forma de hoz y están adaptadas para atrapar y perforar la presa y succionar su contenido. Algunas especies se cubren el dorso con basura, lo que les da una apariencia críptica (Fig. 2B). (DeBach, 1977).

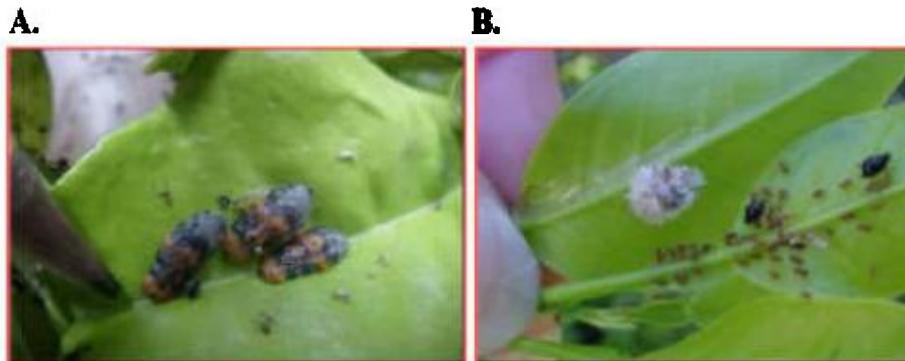


Fig. 2. Larvas de *Ocyrtamys gastrostactus* (Syrphidae) consumiendo áfidos sobre una hoja de cítrico (A). Larva de Chrysopidae y áfidos ápteros en una hoja de cítrico (B).

Los Coccinellidae adultos son escarabajos de colores brillantes rojo o anaranjado y a menudo con manchas oscuras en los élitros. La larva está cubierta con diminutos tubérculos (pelos o espinas). Tanto las larvas como los adultos son voraces depredadores de áfidos, a los que buscan activamente, aunque incluyen en su dieta a otros insectos. (Clausen, 1972; Halbert & Brown, 2011; Yoldas *et al.*, 2011).

Un parásito que mata al organismo donde se hospeda es llamado parasitoide. La mayoría de los parasitoides conocidos pertenecen al orden Hymenoptera. Los áfidos atacados por parasitoides presentan una morfología especial conocida como momia que se forma cuando la larva ha pasado al estado de pupa luego de haber consumido el interior de su presa dejando sólo su integumento (Ramirez & Zuluaga, 1995).

La Figura 3 ilustra gráficamente los datos agrupados por mes de colecta del material insectil (áfidos y *C. sanguinea* adultos), capturados en las trampas amarillas de las fincas de Churuquita Grande y El Copé. Tanto *A. spiraecola* como *T. aurantii* presentaron un pico poblacional importante en el mes de julio (Fig. 3 A, B, D, E), mientras que *T. citricida* parece estar activa durante julio y agosto (Fig. 3C) en la finca Los Naranjos y en mayo y julio (Fig. 3F) en la finca Arrocha (El Copé) períodos éstos que coinciden con la aparición de brotes nuevos en los árboles inmediatamente después de un pico importante de precipitación que ocurre en los meses de mayo y junio

(Fig. 5A) (Schwarz, 1965; Klas, 1979; Quirós & Fernández, 1997, Ferreira Das Chagas, 1982).

Al parecer el mayor pico poblacional de *C. sanguinea*, en las fincas de Churuquita Grande y El Copé correspondió a los meses de diciembre y enero (Fig.3).

Cuando se comparan las fluctuaciones poblacionales de *C. sanguinea* en este estudio y cada una de las especies de áfidos encontradas en la finca de Churuquita Grande (Figs. 3 A, B, C), se observó que el incremento poblacional de *C. sanguinea* en el mes de mayo no coincide con el incremento de las poblaciones de áfidos. El pico poblacional de *C. sanguinea* se debe al incremento de otras presas en el sitio de estudio que pueden estar alimentando de la vegetación circundante. Adicionalmente, en la Finca Los Naranjos se hace uso de insecticidas durante casi todo el año lo que impide el incremento de las poblaciones de áfidos y sus depredadores.

En la finca de El Copé se observó que a medida que las poblaciones de *T. citricida* se incrementaban, la población de *C. sanguinea* también se incrementaba, por lo que corresponde a una típica relación depredador-presa (Fig. 3F).

Sin embargo la relación denso-dependiente entre el depredador y las presas en este estudio parecer ser moderada. Esto es así ya que posiblemente el desarrollo de *C. sanguinea* está relacionado en un mayor grado con la densidad poblacional de otros insectos asociados a los cultivos de cítricos y la vegetación circundante. En este caso, tanto las larvas como los adultos de *C. sanguinea* se alimentan de diferentes especies de áfidos pero depredan también huevos o estados inmaduros de otros insectos, ácaros, esporas, y material vegetativo (Nordlund & Legaspi, 1995; Yoldas *et al.*, 2011).

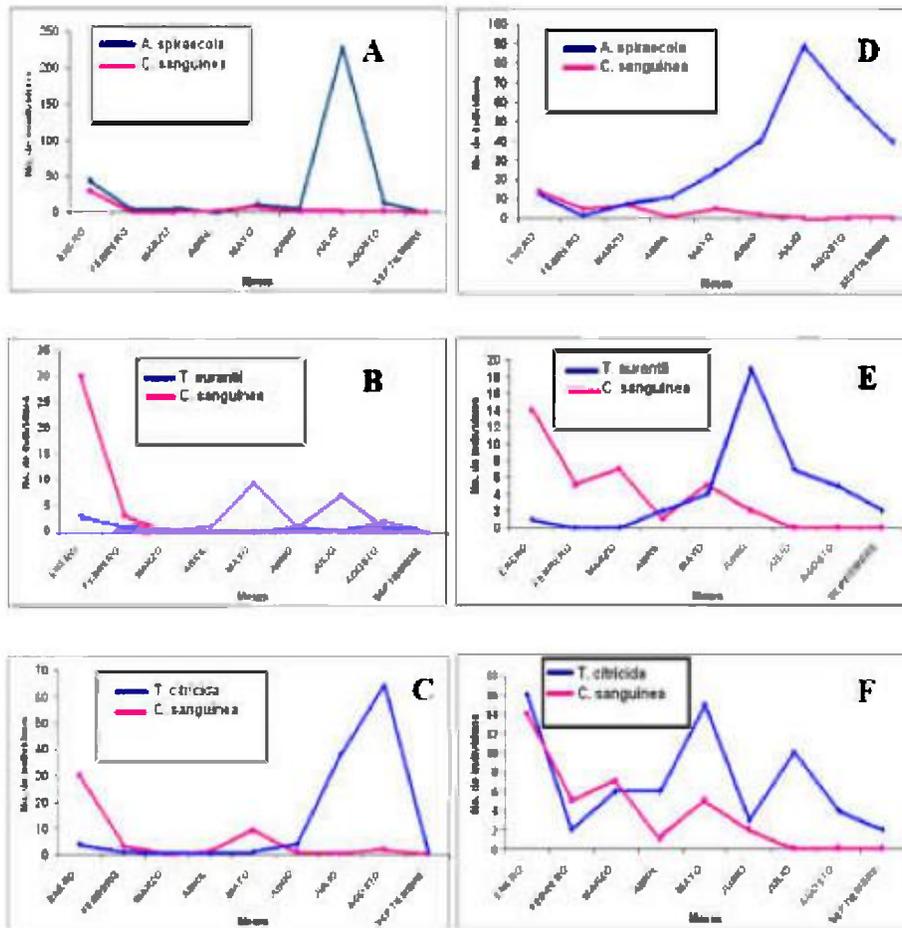


Fig. 3. Fluctuación poblacional de *A. spiraecola*, *T. aurantii* y *T. citricida* en relación con la fluctuación poblacional de *C. sanguinea* capturados en la finca Los Naranjos (Churuquita Grande) (A), (B) y (C), y Arrocha (El Copé) (D), (E) y (F), de enero a septiembre de 2002.

En la relación depredador–presa, además de la capacidad de búsqueda, una de las cualidades más importantes que debe investigarse para establecer la efectividad de un depredador, es el grado de especificidad que muestra sobre su presa. Los enemigos naturales que tengan un grado apreciable de especificidad con respecto a su presa deberán mostrar denso-dependencia con respecto a esa presa (DeBach, 1977).

La abundancia relativa de larvas y adultos depredadores de áfidos colectados en cada una de las fincas estudiadas se muestran en las Figuras 4A y B, respectivamente. Aunque en la Finca Los Naranjos no se encontraron larvas de Coccinellidae, hubo una mayor abundancia de larvas de Syrphidae (Fig. 4A). Es notable la pobre captura de estas larvas en la finca Arrocha de El Copé. La mayor diversidad de larvas y adultos depredadores de áfidos se encontró en la finca Inversiones Rumac en Toabré (Fig. 4B). En este sitio también se encontró el mayor número de árboles y brotes infestados por áfidos. Aquí las poblaciones de áfidos aumentaron notablemente durante el mes de agosto infestando en promedio a más del 56 % de los árboles (Fig. 5A). Estos resultados son comparables a los reportados por Leal *et al.*, (1976) en Brasil.

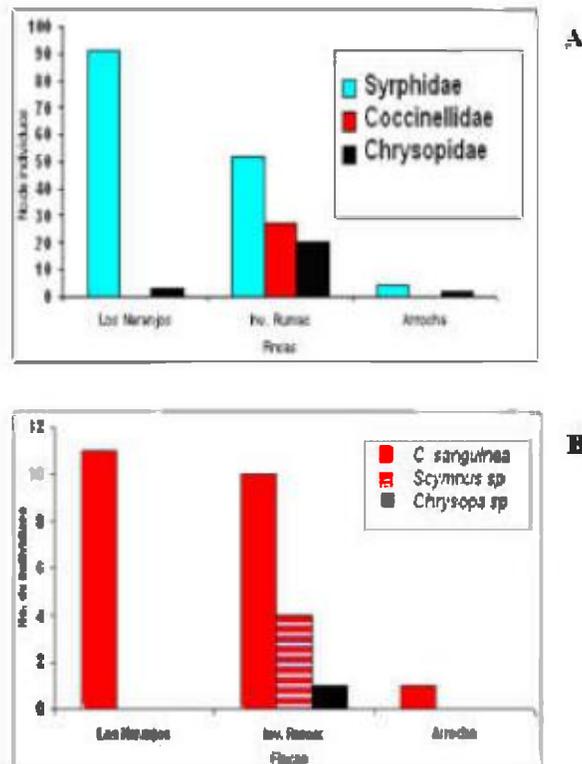


Fig. 4. Abundancia relativa por familia de larvas depredadoras (A) y adultos depredadores (Coccinellidae y Chrysopidae) (B), colectados manualmente en las tres fincas de cítricos de Coclé de febrero a septiembre de 2002.

Es notable el predominio de larvas de Syrphidae y de adultos de la especie *C. sanguinea* en la finca Los Naranjos e Inversiones Rumac, a pesar del manejo agronómico que reciben ambas fincas. La depredación por larvas de sirfidos es una causa importante de mortalidad de áfidos de cítricos (Michaud & Browning, 1999; Sonya, 2007).

La baja diversidad y abundancia de larvas y adultos depredadores de áfidos en la Finca Arrocha pudo deberse al nivel de deterioro que sufrían los árboles a causa del CTV, lo que trae como consecuencia una muy poca producción de brotes nuevos, importantes para la proliferación de colonias de áfidos.

Como se observa en la Figura 5A, hubo un incremento importante de *A. spiraeicola* en el mes de julio influido por un pico en la precipitación en el mes de mayo, que parece haber inducido a un incremento en las poblaciones de los depredadores en las fincas de cítricos estudiadas.

La Figura 5B, C y D representa la fluctuación poblacional de larvas de depredadores en cada una de las fincas estudiadas. Se demuestra en este caso una típica respuesta numérica de los depredadores con respecto a su presa en donde se observa cómo la población del depredador se incrementa como resultado de un incremento en la población de la presa (Solomon, 1949; Dixon, 1959).

La Figura 6 muestra la distribución por especie de las larvas y pupas de sirfidos colectadas en el campo que fueron criadas en el laboratorio hasta el estado adulto. La especie *O. gastrotaetus* estuvo presente en las tres fincas estudiadas aunque fue mucho más abundante en la Finca Los Naranjos. Larvas de *O. gastrotaetus* así como de *P. clavatus* son comúnmente reportadas como depredadoras de áfidos de cítricos en otros países (Gongalves & Gongalves, 1976; Leal *et al.*, 1976; Gaona *et al.*, 2000).

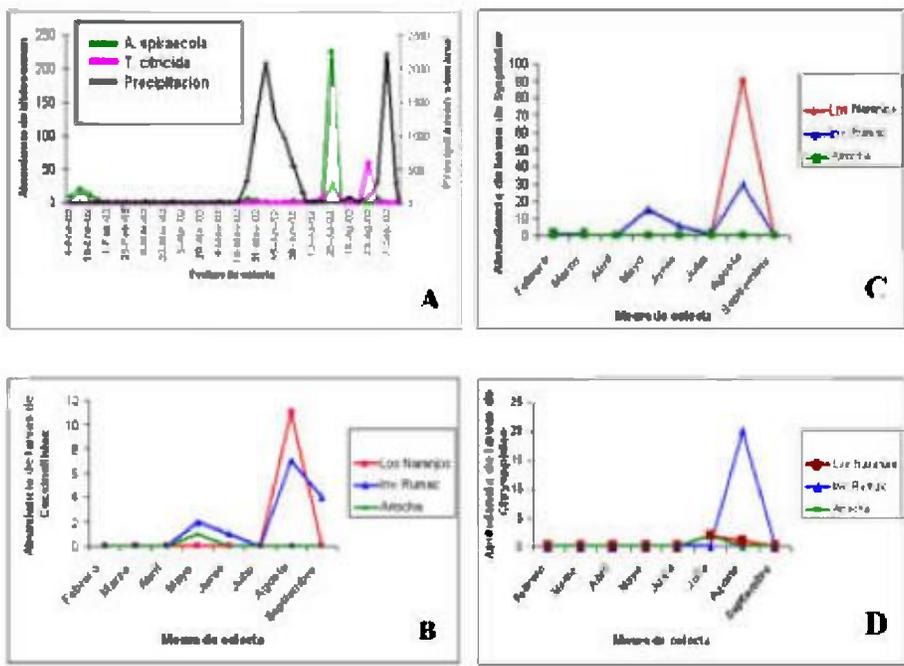


Fig. 5. Precipitación y abundancia de áfidos (A); Abundancia de larvas de Syrphidae (B), Chrysopidae (C) y Coccinellidae (D), colectadas manualmente por mes, en las fincas de cítricos de Coclé, de febrero a septiembre de 2002.

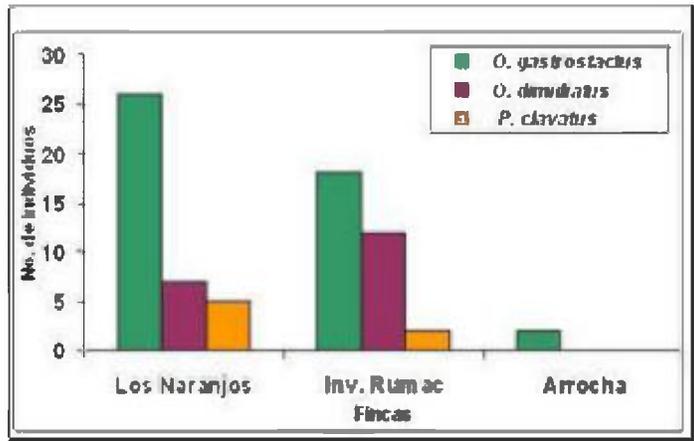


Fig. 6. Abundancia relativa por especie de Syrphidae adultos criados en el laboratorio de tres fincas de cítricos en Coclé de Febrero a septiembre de 2002.

Como se observa en la Figura 7A y B, la abundancia de depredadores totales es casi insignificante cuando se compara con la abundancia de áfidos totales en la Finca Arrocha de El Copé. Sin embargo en la Finca Los Naranjos se observó una mejor relación entre la población de depredadores totales y las poblaciones de áfidos totales.

El ligero desfase del pico de depredadores hacia el mes de septiembre representa el incremento esperado de las poblaciones de depredadores después de un incremento en las poblaciones de la presa.

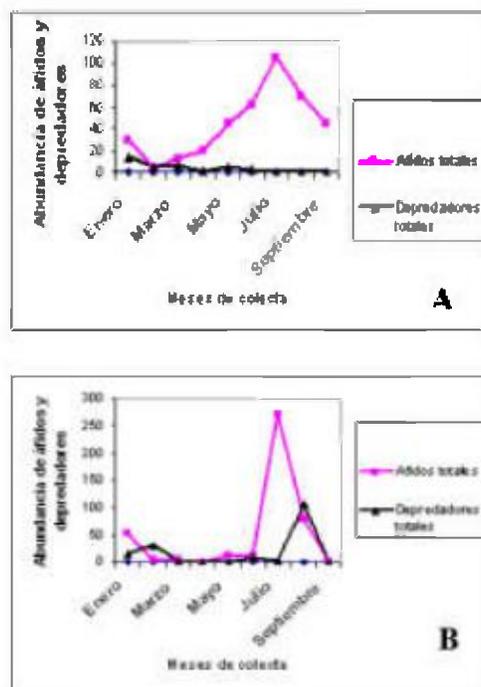


Fig. 7. Abundancia de áfidos totales y depredadores totales en las Fincas Arrocha (A) y en Los Naranjos (B).

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio aportan información muy importante para establecer un programa de Control Biológico contra áfidos de cítricos, específicamente contra *T. citricida*, junto con otras tácticas de manejo que actualmente se aplican para controlar el virus del CTV en nuestro país. El uso de enemigos naturales de áfidos dentro de un

Manejo Integrado de Plagas puede contribuir a reducir el uso de agroquímicos. Sin embargo, es necesario ampliar las investigaciones de campo y de laboratorio para determinar cuál de los enemigos naturales encontrados en los cultivos de cítricos en nuestro país, es más efectivo para el control de áfidos.

## REFERENCIAS

Borror, J.D., C.A. Triphorn & N. F. Johnson. 1989. An introduction to the study of insects. Sexta Edición. Saunders College Publishing, U.S.A. 875 p.

Clausen, C. P. 1972. Entomophagous insects. Hafner Publishing Co. New York. 688 p.

Contraloría General de la República de Panamá. 2000-2001. Dirección Nacional de Estadística y Censo. VI Censo Nacional Agropecuario.

DeBach, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos naturales de las plantas. Traducción. Ediciones Mundi Prensa, España. 386 p.

D'Onghia, A.M. 2005. Citrus tristeza virus and *Toxoptera citricida*: Development of management and control strategies in the Mediterranean region. Centre International de Hautes Études Agronomiques Citrus Tristeza Virus and *Toxoptera citricida*: a serious threat to the Mediterranean citrus industry 45 Méditerranéennes. Report on the 10th Annual Meeting of the Mediterranean Network on Certification of Citrus (MNCC). Faro, Portugal. April 8-13, 2005. 10 p.

Dixon, A. F. G. 1959. An experimental study of the searching behavior of the predatory coccinellid beetle *Adalia decempunctata* (L.). *J. Anim. Ecol.*, 28: 259-281.

Ferreira Das Chagas, E., S. S. Neto, A. J. B. P. Braz, C. P. B. Mateus & I. P. Coelho. 1982. Fluctuação populacional de pragas e predadores em citros. *Pesq Agropec. Bras*, Brasília, 17 (6): 817-824.

Gaona Garcia, G., E. Ruiz Cancino & R. Peña Martínez. 2000. Los pulgones (Homoptera: Aphididae) y sus enemigos naturales en la naranja, *Citrus sinensis* en la zona centro de Tamaulipas, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 81: 1-12.

Goncalves, C. R. & A. J. L. Goncalves. 1976. Observations on syrphid flies as predators of homopterous insects. *An. Soc. Entomol. Bras.* 5: 3-10.

Halbert, S.E. & L.G. Brown. 2011. Brown citrus aphid *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Insecta: Hemiptera: Aphididae). Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida. EENY-007. <http://deis.ifas.ufl.edu>.

IICA- Instituto de Mercadeo Agropecuario-Secretaria Técnica de Desarrollo de Mercados y Agronegocios. 2006. Estudio del mercado nacional de la naranja de jugo. República de Panamá. 90 pp.

Klas, F. E. 1979. Population densities and spatial patterns of the aphid tristeza vector, *Toxoptera citricida* Kira. Proc. Eighth I. O. C. V. Conf. Pp. 83-87.

Leal, C. A., H. C. C. Oliveira & J. G. Smith. 1976. Syrphid predators of aphids on *Citrus* spp. in Recife, Pernambuco. *An. Soc. Entomol. Bras.* 5: 138-142 (in Port., Eng sum.).

Metcalf, R. L. & W. H. Luckmann. 1994. Introduction to insect pest management. Third Edition, John Wiley & Sons, 650 pp.

Michaud, J. P. & H. W. Browning. 1999. Seasonal abundance of the Brown Citrus Aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in Puerto Rico. *Fla. Entomol.* 82: 424-447.

Nordlund, D. A. & J. C. Legaspi. 1995. Whitefly predators and their possible use in biological control. In Proceedings of the BARD Sponsored International Workshop on *Bemisia tabaci* (D. Gerling, Ed.), Shosh, Israel, 3-7 October, 1994. Intercept Ltd., Andover, Hants, U.K.

PROMOSA-RAIA. 2002. Identificación y Control de Enfermedades y plagas de los cítricos en la Provincia de Coclé. Informe Final, 66 pp.

Quiros, D. I. & D. A. Emmen. 2006. Diversidad biológica de los áfidos (Hemiptera: Aphididae) de Panamá. *Tecnociencias* 8(2): 63-75.

Quiros, D. I. & O. Fernández, R. Rodríguez. 1997. Actividad estacional de vuelo de áfidos en cultivos de papa en Panamá. *Scientia*. 12:157-175.

Ramírez, G. & J. I. Zuluaga. 1995. Reconocimiento de himenópteros parasitoides de áfidos en cultivos de algodón, cítricos y algunas hortalizas del Valle del Cauca. *Rev. Colom. de Entomol.* 21: 71-76.

Sonya, B. 2007. Aphids in citrus, Deptt. of Agric. & Food. Govt. of West Australia. Note 242, 2039-10/07- ID 8599. ISSN 0726-934X: [www.agric.wa.gov.au](http://www.agric.wa.gov.au)

Schwarz, R. E. 1965. Aphid-borne virus diseases of citrus and their vectors in South Africa. B. Flight activity of citrus aphids. *S. Afr. Agric. Sci.* 8: 931-940.

Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.*, 18: 1-35.

Yoldas, Z., A. Guncan & T. Koçlu. 2011. Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in Satsuma mandarin orchards in Izmir, Turkey. *Türk. entomol. derg.*, 2011, 35 (1): 59-74.

*Recibido diciembre de 2011, aceptado octubre de 2012.*