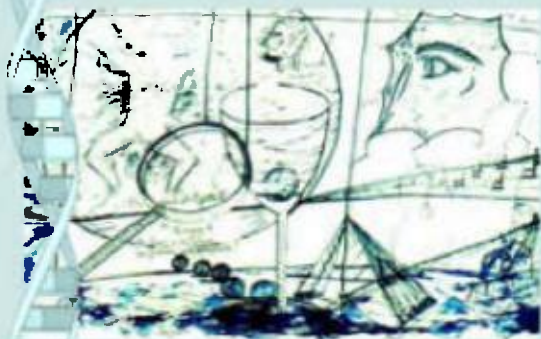




**Biología-Química-Física
Matemáticas-Estadística**

TECNOCIENCIA



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



CONTENIDO Y CALIDAD DEL AGAR EXTRAIDO DE MUESTRAS DE *ACANTHOPHORA SPICIFERA* (VAHL) BORGESEN (RHODOPHYTA) PROVENIENTES DEL CARIBE DE PANAMÁ

Carlos Seixas¹, Victor Barragán², Cesar Escobar³, Javier Fuentes³

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.

e-mail: carlosseix@yahoo.com

²Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Química.

³Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Química.

RESUMEN

Se estudió el contenido y la calidad del agar extraído de muestras de *Acanthophora spicifera* obtenidas en las localidades de La Guaira e Isla Grande en la Costa Arriba de Colón. Se midieron los porcentajes de agar utilizando el método de Craigie y Leigh (1978) y algunas propiedades reológicas como la consistencia, cohesión y grado de deformación del producto. Se estimó también el contenido de 3,6- anhidrogalactosa. La cantidad promedio de agar fue 43.3% mientras que el contenido de 3,6 anhidrogalactosa fue 0.2940 g. Los valores promedio de consistencia, deformación y cohesión fueron 260 g/cm², 2.7 mm y 1.2 mm, respectivamente. No se observaron cambios estacionales en ninguna de las variables estudiadas.

PALABRAS CLAVES

Acanthophora spicifera, agarófitas, Rhodophyta, algas marinas.

ABSTRACT

As part of a research project on the natural products of marine algae, we have studied the content of agar agar in *Acanthophora spicifera* (Vahl) Borgesen. The study was conducted in La Guaira and Isla Grande near Colón, Panamá. The average amount of agar was 43.3% and the content of 3,6- anhidrogalaactosa was 0.2940 g. There was no seasonal variation in the content of agar, neither in any other reological properties of agar extracted.

KEYWORDS

Acanthophora spicifera, agarophytes, Rhodophyta, marine algae.

INTRODUCCIÓN

Panamá tiene una exuberante flora de algas marinas, particularmente en las costas coralinas del Caribe. Algunas de ellas se ubican dentro del grupo de las agarófitas o algas productoras de agar. El agar es un hidrocoloide con gran capacidad de formar geles, constituido, por lo menos en parte, por sulfato de calcio y una mezcla compleja de polisacáridos que contienen galactosa. El agar es un gel de amplia utilidad. En el campo de la medicina se le utiliza como medio de cultivo microbiano y por su capacidad para retener agua, también como laxante. La industria alimenticia lo utiliza como un gel protector y como agente estabilizador de alimentos. También como agente clarificante en la elaboración de vinos y cervezas y como sustituto del almidón en alimentos especiales para diabéticos (Chapman & Chapman 1980).

Los dos componentes básicos del agar son la agarosa y la agarpectina. La agarosa es un polímero del disacárido agarobiosa. La agarpectina es una mezcla de polisacáridos que contienen D-galactosa, 3,6-anhidro-L-galactosa, ácido D-glucurónico y cantidades variables de ésteres de sulfato. Yaphe (1960) efectuó mediciones colorimétricas de 3,6-anhidrogalaactosa y galactosa en polisacáridos de algas marinas y postuló que el método más confiable se basa en la reacción con resorcinol. Whyte & Englar (1981) estudiaron algunas propiedades reológicas como la consistencia, deformación y cohesión y determinaron su influencia en la calidad del agar. Craigie & Leigh (1978) publicaron dos métodos para la determinación del contenido de agar en algas marinas, uno utilizando liofilización y deshidratación y el

otro de tipo enzimático. Chapman & Chapman (1980) efectuaron un estudio sobre los posibles usos comerciales del agar. Existen pocas referencias sobre el contenido y la calidad del agar extraído de *Acanthophora spicifera*. La mayoría de los estudios se han hecho en el género *Gracilaria* donde la calidad del agar depende de factores como la época del año, localidad, especie y tipo morfológico. Por otra parte, abundan los estudios sobre el contenido de ficocoloides en diferentes especies de agarófitas (Black *et al.*, 1965; Fuller & Mathieson 1972; Dawes *et al.*, 1974; John & Asare 1975 y Mathieson, 1975). Thomas & Krishnamurthy (1976) determinaron el contenido y consistencia del agar extraído de *Gracilaria edulis*. Se reportaron valores de agar de hasta 42% y consistencias de 110 g/cm². Hoyle (1978) comparó morfotipos de *G. bursapastoris* y *G. coronopifolia*. Los valores promediados del contenido y consistencia del agar fueron 18.44% y 147.76 g/cm² para *G. bursapastoris* y 27.87% y 129 g/cm² para *G. coronopifolia*. Las diferencias entre los morfotipos no fueron significativas aunque sí se observó estacionalidad en la consistencia del agar. Rao & Krishnamurthy (1978) reportaron estacionalidad en la producción de ficocoloides de *Hypnea musciformis* y *H. valentiae*. Relacionaron el porcentaje de ficocoloides con la consistencia del agar. Kim & Henriquez (1978) observaron considerables diferencias en el agar extraído de formas cistocárpicas y terraspóricas de *G. verrucosa*. Las plantas cistocárpicas produjeron mayor cantidad de agar que las terraspóricas aunque de menor consistencia. Whyte & Englar (1981) observaron estacionalidad tanto en el contenido como en la calidad del agar extraído de *G. pseudoverrucosa*. Se encontraron contenidos de agar de 35.4% y consistencias de 190 g/cm². Gupta *et al.*, (1991) estimaron el porcentaje de agar en extractos metabólicos de siete géneros de algas rojas del atlántico de Panamá. El valor más alto se registró en *A. spicifera* con un 33.5%. El propósito de este estudio fue evaluar el contenido y la calidad del agar extraído de *Acanthophora spicifera*, una agarófitas común en el Caribe de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se recolectaron a mano en las localidades de La Guaira e Isla Grande en la Costa Arriba de Colón, entre los meses de octubre y noviembre de 1992 y enero y febrero de 1993. Las algas se lavaron a presión con el propósito de eliminar la mayor cantidad posible de

arena, sal y restos de materia orgánica y luego se secaron al sol. Se transfirió 1.0 g del alga seca y pulverizada a un vaso químico y se hidrató por 3 h con 75 ml de agua destilada. El vaso se cubrió con papel de aluminio y se hirvió por 3 h. La solución caliente se filtró al vacío manteniendo la temperatura por encima de los 60 °C. Los filtrados fueron refinados con papel Whatman 54 y la gelatinización se llevó a cabo a temperatura ambiente. Los geles se cortaron en tiras de 2 cm y se congelaron por un periodo de 15 h después de lo cual se llevaron a temperatura ambiente eliminando el exudado con gasa. El residuo se lavó con agua destilada, etanol 80%, etanol 95% y finalmente éter dietílico. El gel se seco por la noche al vacío y se procedió a calcular el porcentaje de rendimiento. El contenido de 3,6 anhidrogalactosa se determinó por medio de la reacción con resorcinol (Yaphe 1960).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje promedio de agar para el periodo de estudio fue 43.3% con un máximo de 50.0 % en enero (Cuadro 1). Estos valores fueron mayores que los registrados por Gupta et al., (1991) quien reportó un valor de 33.5% para esta especie. Los promedios de verano e invierno se estimaron en 41.5% ($\pm 2.1\%$) y 45.15% ($\pm 6.8\%$) respectivamente. Las propiedades reológicas son una medida de la calidad del agar. Los promedios de consistencia, deformación y cohesión para todo el estudio fueron, 260 g/cm², 2.7 mm y 1.2 mm respectivamente mientras que los promedios parciales para invierno y verano fueron, 221.2 g/cm² y 300 g/cm² para consistencia, 2.3 mm y 3.2 mm para deformación y 0.9 mm y 1.5 mm para cohesión. No se encontraron diferencias significativas ni en el porcentaje ni en la calidad del agar obtenido en verano e invierno ($p < 0.05$). El valor promedio de 3,6 anhidrogalactosa fue 0.2940 g. La cantidad de este residuo es una medida de la capacidad de gelificación del agar pero la presencia de grupos cargados puede introducir cambios en las propiedades físicas del gel (Whyte & Englar 1981).

El Cuadro 2 muestra los valores obtenidos por varios investigadores en diferentes especies del género *Gracilaria*. Se puede observar que las cantidades obtenidas en el estudio fueron mayores que las reportadas para algunas especies del género *Gracilaria*.

Cuadro 1. Contenido y calidad del agar extraído de muestras de *Acanthophora spicifera* (Vahl) Borgesen (Rhodophyta) obtenidas en el Caribe de Panamá entre octubre de 1992 y febrero de 1993.

PROPIEDADES	Oct	Nov	En	Feb	Prom.
Consistencia (g/cm ²)	135	300	300	300	260
	150	300	300	300	
Deformación (mm)	1.4	2.8	3.2	3.3	2.7
	1.6	3.4	3.1	3.3	
Cohesión (mm)	0.7	1.4	1.6	1.6	1.2
	0.8	0.7	1.5	1.6	
Contenido de 3,6 anhidrogalactosa	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940
Porcentaje de agar	43.0	40.0	50.0	40.3	43.3

Cuadro 2. Valores comparativos del contenido y calidad del agar extraído de diferentes especies del género *Gracilaria*.

Alga estudiada	% de agar	Consistencia (g/cm ²)	Referencia
<i>Gracilaria verrucosa</i>	51.1	325	Durairatnam & de Queiróz (1981)
<i>G. sjostedtii</i>	48.8	307	Durairatnam & de Queiróz (1981)
<i>G. pseudoverrucosa</i>	26.0-35.4	65-190	Whyte & Englar (1981)
<i>G. verrucosa</i>			
Cistocárpica	23.2	348	Kim & Henríquez (1978)
Tetraspórica	19.0	538	Kim & Henríquez (1978)
<i>G. bursapastoris</i>			
Masculina	19.0	163.3	Hoyle (1978)
Femenina	18.0	156.6	Hoyle (1978)
Tetraspórica	17.5	123.3	Hoyle (1978)

CONCLUSIONES

El contenido promedio de agar de *Acanthophora spicifera* fue 43.3%. Este valor fue superior al reportado por Gupta et al., 1991. Por otra parte no se encontraron diferencias significativas ni en el contenido ni en la calidad del agar de invierno y verano. El valor promedio de 3,6 anhidrogalactosa fue 0.2940 g.

REFERENCIAS

- Black, W. A. P., W. R. Blakemore, J. A. Colquhoun, & E. T. Dewar. 1965. The evaluation of some red marine algae as a source of carrageenan and of its κ - and λ -components. *J. Sci. Food. Agric.* 16: 573-585.
- Chapman, V. J. & D. J. Chapman. 1980. Seaweeds and their uses. 3rd edition. Chapman and Hall Publ., London, New York. p. 334.
- Craigie, J. S. & Leigh C. 1978. Carrageenans and agars. In: Hellebust, J. A. & Craigie, J. S. (eds). *Handbook of phycological methods. Physiological and biochemical methods*. Cambridge University Press, pp. 109-131.
- Dawes, C. J., J. M. Lawrence, D. P. Cheney, & A. C. Mathieson. 1974. Ecological studies of floridean *Eucheuma* (Rhodophyta, Gigartinales). III. Seasonal variation of carrageenan, total carbohydrate, protein and lipid. *Bull. Mar. Sci.* 24: 286-299.
- Durairatnam, M. & N. de Queiróz Santos. 1981. Agar from *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss and *Gracilaria sjoestedtii* Kylin from Northeast Brasil. Xth International Seaweed Symposium. Walter de Gruyter & Co., Berlin, New York., pp. 669- 674.
- Fuller, S.W. & A.C. Mathieson. (1972). Ecological studies of ecologic red algae. IV. Variations of carrageenan concentration and properties in *Chondrus crispus* Stackhouse. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 10: 49-58.
- Gupta, P. M., N. E. Gómez, A. I. Santana, P. N. Solís & G. Palacios. 1991. Actividad antimicrobiana de algunas algas de la costa atlántica panameña. *Revista Médica de Panamá* 16: 64-68.

Hoyle, M.D. (1978). Agar studies in two *Gracilaria* species (*G. bursapastoris* (Gmelin) Silva and *G. coronopifolia* J. Ag.) from Hawaii. I. Yield and gel strength in the gametophyte and tetrasporophyte generations. *Bot. Mar.* 21: 343-345.

John, D. M. & S. O. Asare. 1975. A preliminary study of the variations in yield and properties of phycocolloids from Ghanaian seaweeds. *Mar. Biol.* 30: 325-330.

Kim, D.H. & Henriquez, N.P. (1978). Yields and gel strengths of agar from cystocarpic and tetrasporic plants of *Gracilaria verrucosa* (Florideophyceae). *Proceedings of the International Seaweed Symposium* 9: 257-262.

Mathieson, A. C. 1975. Seaweed aquaculture. *Mar. Fish. Rev.* 37: 2-14.

Ramarao, K. & V. Krishnamurthy. 1978. Seasonal variation in phycocolloid content in two species of *Hypnea* (Gigartinales, Rhodophyceae). *Bot. Mar.* 21: 257-259.

Thomas, H. P. & V. Krishnamurthy. 1976. Agar from cultured *Gracilaria edulis* (Gmel.) Silva., *Bot. Mar.* 19: 115-117.

Whyte, J. N. C. & J. R. Englar. 1980. Chemical composition and quality of agar in the morphotypes of *Gracilaria* from British Columbia. *Bot. Mar.* 23: 277-283.

_____, 1981. Agar from an intertidal population of *Gracilaria* sp., In: T. Levring (ed). *Xth International Seaweed Symposium*. Walter de Gruyter & Co., Berlin. New York. pp. 537-542.

Yaphe, W. 1960. Colorimetric determination of 3,6-anhydrogalactose in marine algal polysaccharides. *Anal. Chem.*, 32: 1327-1330.

Recibido agosto de 2003, aceptado febrero de 2006.



SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y CRISTALOGRAFÍA DE TRES N-BENZOILTIOCARBAMATOS

Hiram Pérez¹, Ana M. Plutín^{1*}, Raúl Mocelo¹, Georgina Agüero¹, Joetis Rodríguez², Ramón Pomés³, Yanay Terrero¹, Raúl Ramos¹

¹ Universidad de la Habana, Facultad de Química, Laboratorio de Síntesis Orgánica, Zapata s/n entre Carlitos Aguirre y G. Vedado, Ciudad Habana, CP 10400, Cuba
E-mail: hperez@fq.uh.cu.

² Universidad de la Habana, Facultad de Física, Cuba. E-mail: joetis@fisica.uh.cu.

³ Grupo Cubanacán, Calle 68 entre Sta. y Sta. A, Miramar, C. Habana, Cuba.
E-mail: rpomes450@yahoo.com.

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia

RESUMEN

En este trabajo se reporta la síntesis de tres N-benzoiltiocarbamatos (de etilo, isobutilo y n-pentilo) así como su caracterización química mediante análisis elemental, y las técnicas de IR y RMN. Además, se realizó la caracterización cristalográfica por DRX mediante la técnica de polvo. En los espectros IR se observan las vibraciones de valencia de los grupos NH ($3208\text{--}3269\text{ cm}^{-1}$ y $1511\text{--}1526\text{ cm}^{-1}$), CO ($1696\text{--}17805\text{ cm}^{-1}$), CS ($1295\text{--}1361\text{ cm}^{-1}$) y del anillo aromático, muy similares a los reportados en la literatura. La del CO es mayor que la esperada para una amida secundaria, debido al alto nivel de delocalización electrónica del fragmento [CO-NH-CS-O]. En los espectros de RMN- ^1H se observan las señales anchas correspondientes a los corrimientos químicos del protón del grupo NH ($9.22\text{--}9.40\text{ ppm}$), lo cual es una consecuencia del efecto que ejerce el cuadrupolo eléctrico del ^{14}N sobre el protón. En los espectros de RMN- ^{13}C las señales de los grupos CO ($162\text{--}163\text{ ppm}$) y CS (189 ppm) son las más desblindadas. El átomo de carbono tiocarbonílico resulta más desblindado que el carbonílico debido a que éste posee una mayor energía de excitación media. En los patrones de difracción de rayos x se observan máximos de difracción bien definidos, por lo que las tres fases sólidas fueron obtenidas con alta cristalinidad (bajo fondo y ausencia de zonas amorfas en las muestras). Se indexaron los patrones, y se determinaron y se refinaron los parámetros de la celda unitaria. El N-benzoiltiocarbamato de etilo cristaliza en el sistema ortorrómbico ($a = 11.443\text{ (5)}$ $b = 10.035\text{ (4)}$ $c = 9.397\text{ (5)}\text{ Å}$, y grupo espacial Pmmm.), y los de isobutilo y n-pentilo en el sistema monoclinico ($a = 8.274\text{ (2)}$ $b = 17.182\text{ (3)}$ $c = 4.884\text{ (1)}\text{ Å}$; $\beta = 103.93\text{ (4)}^\circ$, y $a = 8.427\text{ (3)}$ $b = 18.055\text{ (6)}$ $c = 6.649\text{ (2)}\text{ Å}$; $\beta = 109.23\text{ (4)}^\circ$ respectivamente, y grupo espacial P2₁/m, en correspondencia con la simetría de dichas moléculas.

PALABRAS CLAVES

Aciltiocarbamatos, N-benzoiltiocarbamato de etilo, N-benzoiltiocarbamato de isobutilo, N-benzoiltiocarbamato de n-pentilo, difracción de rayos x, caracterización química.

ABSTRACT

The synthesis of three N-benzoyl-O-alkylthiocarbamates, particularly with ethyl, isobutyl and n-pentyl as alkyl group is reported in the present paper. The three compounds were investigated using NMR and IR techniques, as well as x-ray powder diffraction. IR spectral data show absorption bands of the NH ($3208\text{--}3269\text{ cm}^{-1}$ y $1511\text{--}1526\text{ cm}^{-1}$), CO ($1696\text{--}17805\text{ cm}^{-1}$), CS ($1295\text{--}1361\text{ cm}^{-1}$) groups, and the aromatic ring. The absorption frequencies agree with those reported in previous references for similar compounds. The CO stretching frequency is greater than expected for a secondary amide, due to high electronic delocalization of the fragment [CO-NH-CS-O]. ^1H -NMR spectral data show wide signals corresponding to chemical shifts for the proton of NH group ($9.22\text{--}9.40\text{ ppm}$), which are a result of the ^{14}N electric quadrupole effect on the proton. ^{13}C -NMR spectra exhibit signals of CO ($162\text{--}163\text{ ppm}$) and CS (189 ppm) groups, which are the most deshielded ones of each spectrum. Thiocarbonilic carbon atom is more deshielded than the carbonilic one, due to the higher average excitation energy of the last one. X-ray diffraction patterns show sharp intensity maxima, which result from the high crystallinity of the three solid phases (low background and no amorphous zone). All patterns were indexed. The cell parameters were determined and refined. Crystals of N-benzoyl-O-ethylthiocarbamate are orthorhombic, $a = 11.443\text{ (5)}$, $b = 10.035\text{ (4)}$, $c = 9.397\text{ (5)}\text{ \AA}$, space group Pmmm. Crystals of N-benzoyl-O-isobutylthiocarbamate are monoclinic, $a = 8.274\text{ (2)}$, $b = 17.182\text{ (3)}$, $c = 4.884\text{ (1)}\text{ \AA}$; $\beta = 103.93\text{ (4)}^\circ$, space group P2/m. Crystals of N-benzoyl-O-n-pentylthiocarbamate are monoclinic, $a = 8.427\text{ (3)}$, $b = 18.055\text{ (6)}$, $c = 6.649\text{ (2)}\text{ \AA}$; $\beta = 109.23\text{ (4)}^\circ$, space group P2/m. The structures of these compounds agree with their IR, ^1H -NMR and x-ray diffraction spectra.

KEYWORDS

Acylthiocarbamates, N-benzoyl-O-ethylthiocarbamate, N-benzoyl-O-isobutylthiocarbamate, N-benzoyl-O-n-pentylthiocarbamate, x-ray powder diffraction, chemical characterization.

INTRODUCCIÓN

Se conoce que los aciltiocarbamatos son compuestos que presentan importantes propiedades bioactivas. Por ejemplo, algunos de ellos se han utilizado en el tratamiento de enfermedades causadas por hongos (Boshagen & Plempel 1975). Además, la presencia de varios grupos funcionales en la molécula de estos compuestos, permite que se

comporten como sistemas polidentados que dan lugar a interesantes propiedades químicas y químico-físicas.

Este tipo de compuesto ha recibido considerable atención debido a dos razones fundamentales: (i) el interés teórico y práctico en determinar su reactividad, y (ii) su utilización como ligando quelato en iones metálicos multivalentes. En los últimos años se ha dedicado mucho esfuerzo al estudio de las reacciones de alquilación de sistemas bidentados y polidentados, en los que se han observado diferencias de energía libre muy pequeñas entre las diversas alternativas de mecanismos en la reacción (Le Noble 1970; Plutín 2000). Más recientemente se han realizado estudios de síntesis y caracterización de este tipo de compuestos (Martínez-Alvarez *et al.*, 2002; Plutín *et al.*, 2005) que han contribuido a dilucidar dichos mecanismos.

Los aciltiocarbamatos son moléculas polidentadas (Fig.1) que poseen tres centros nucleofílicos diferentes (S, N y O), por lo que pueden reaccionar en diferentes sitios con un determinado reactivo. Así, el estudio del comportamiento de estos nucleófilos con agentes alquilantes, abre nuevas perspectivas para predecir la formación de series específicas de S-, N- y O-isómeros.

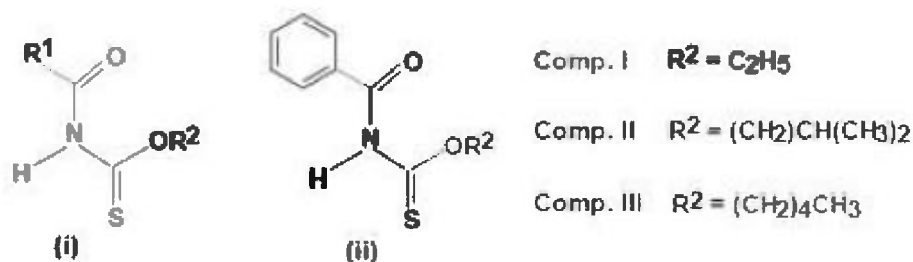
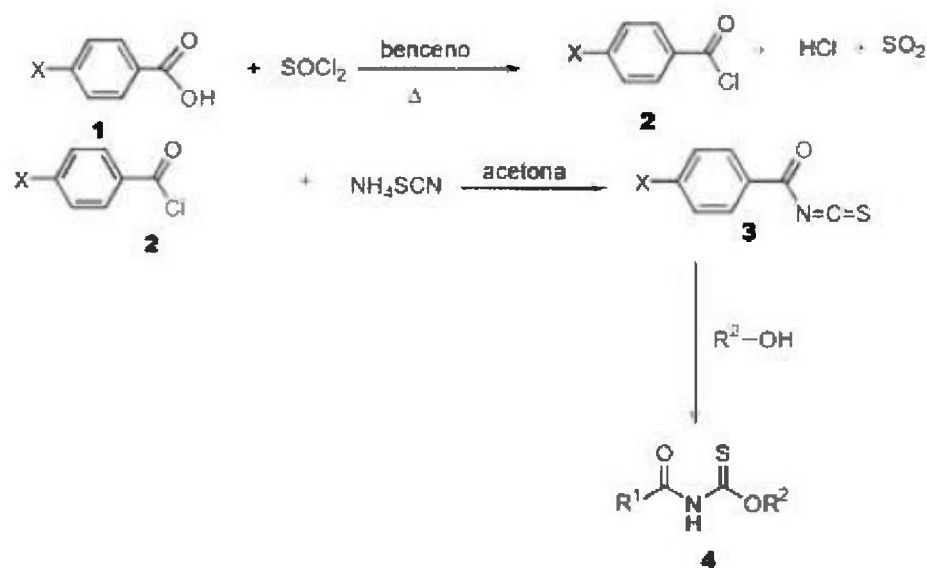


Fig.1. Aciltiocarbamato (i), N-benzoiltiocarbamato (ii).

En el presente trabajo se describe la síntesis y la caracterización química (Plutín, 2003) y cristalográfica de tres N-benzoiltiocarbamatos (Fig.1), en particular los de etilo, $\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{NO}_2\text{S}$ (I), isobutilo, $\text{C}_{12}\text{H}_{15}\text{NO}_2\text{S}$ (II) y n-pentilo, $\text{C}_{13}\text{H}_{17}\text{NO}_2\text{S}$ (III), mediante análisis elemental, temperaturas de fusión, técnicas espectroscópicas de IR y RMN, y difracción de rayos x.

MATERIALES Y MÉTODOS

La síntesis de los compuestos **I**, **II** y **III** (Fig.1) se llevó a cabo en un balón de 50 cm³ de capacidad, equipado con embudo goteador, tubo de cloruro de calcio, condensador de reflujo y agitador magnético. En la primera etapa se obtuvo cloruro de benzoilo a partir de ácido benzoico, utilizando cloruro de tionilo como agente clorante, y benceno como disolvente. Se adicionaron al balón 0.02 moles de cloruro de benzoilo, y luego lentamente con agitación continua, 0.02 moles de tiocianato de amonio anhidro, ambos disueltos en acetona, con el objetivo de obtener benzoil isotiocianato. Este compuesto intermediario se hizo reaccionar finalmente, *in situ*, con un volumen apropiado del correspondiente alcohol (etanol, isobutanol y n-pentanol respectivamente) anhidro y disuelto en la mínima cantidad de acetona. Se agitó la mezcla durante cuatro horas y se verificó el final de la reacción mediante cromatografía de capa fina. La cristalización del producto final se realizó en agua helada, y se purificó mediante recristalización en acetona. Se obtuvieron rendimientos de 68, 78 y 74 % respectivamente. En el siguiente esquema general se describen las reacciones de obtención de los N-benzoiltiocarbamatos.



Los microanálisis fueron realizados en un equipo Perkin Elmer 2400 CHN. La temperatura de fusión se determinó en un equipo de calentamiento por horno Electrothermal, modelo 9100, en capilares abiertos, y no se corrigieron las temperaturas.

Los espectros IR se registraron en la región de 400 a 4000 cm^{-1} en un espectrofotómetro Brucker Vector 22 con resolución de 4 cm^{-1} . Las muestras se prepararon en pastillas de KBr a temperatura ambiente. Los espectros de RMN- ^1H y RMN- ^{13}C se registraron en un espectrómetro de pulso y transformada de Fourier Brucker AC-250F, a las frecuencias de 250 MHz (^1H) y 62.8 MHz (^{13}C). La naturaleza de los átomos de C-13 se determinó mediante la técnica de edición espectral DEPT, con pulsos protónicos de 135 y 90°. Las muestras se disolvieron en CDCl_3 y se utilizó TMS como referencia interna. La interpretación de los espectros de RMN se realizó con ayuda del Programa de modelación "Advanced Chemistry Development" (ACD/NMR).

Los patrones de difracción de rayos x fueron obtenidos con radiación K_αCu en un difractómetro automático de polvo TUR M62 operado a 40 Kv y 20 mA, calibrado con estándar externo de Si (Pomés, 1997), y provisto de un goniómetro HZG4 equipado con un generador Diffractis ENRAF NONIUS, y un monocromador secundario de grafito. Dichos patrones se registraron a 25(1)°C de 5 a 60° (2 θ), con un paso angular de 0.05° y un tiempo de 5 segundos en cada punto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se reportan las temperaturas de fusión de los tres N-benzoiltiocarbamatos sintetizados.

Cuadro 1. Compuestos I-III.

Comp	R	Fórmula (M.M.)	T _f (°C)
I	CH_2CH_3	$\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{NO}_2\text{S}$ (209.16)	59-61
II	$\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	$\text{C}_{12}\text{H}_{15}\text{NO}_2\text{S}$ (237.18)	38-40
III	$(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	$\text{C}_{13}\text{H}_{17}\text{NO}_2\text{S}$ (251.19)	69-71

Los resultados del análisis elemental (C, H, N) presentaron un error máximo de $\pm 0.2\%$ con respecto a los valores teóricos.

En el Cuadro 2 se reportan los espectros IR de los tres compuestos. En dichos espectros se observan señales en la zona de 3269 a 3208 cm^{-1} y

en 1542-1500 cm^{-1} , que corresponden a la vibración de valencia y deformación en el plano del grupo NH respectivamente. Es importante destacar que el valor del número de onda de la vibración de valencia del carbonilo es considerablemente mayor que el esperado para una amida secundaria, lo cual es un reflejo del alto nivel de delocalización electrónica del fragmento [CO-NH-CS-O]. En general, la vibración de valencia del grupo tiocarbonilo se comporta de manera análoga a la del carbonilo, aunque la absorción del primero resulta menos intensa, en consonancia con el hecho de que el átomo de azufre es menos electronegativo que el átomo de oxígeno. El anillo bencénico se identifica mediante las señales entre 3063 y 3100 cm^{-1} , atribuible a la vibración de valencia = CH, así como entre 1597 y 1601 cm^{-1} correspondientes a la vibración de valencia C = C. Estos resultados de IR son muy similares a los reportados por uno de los autores de este trabajo (Rodríguez *et al.*, 1996), en la síntesis y caracterización de nuevos aciltiocarbamatos.

Cuadro 2. Espectros IR de los compuestos I-III.

Comp.	ν máx./ cm^{-1}
I	3257 (N-H), 3100 (C-H), 2995 (C-H), 1697 (C=O), 1599 (C=C), 1522 (δ NH), 1295 (C=S)
II	3269 (N-H), 3064 (C-H), 2974 (C-H), 1705 (C=O), 1597 (C=C), 1511 (δ NH), 1361 (C=S)
III	3208 (N-H), 3063 (C-H), 2956 (C-H), 1696 (C=O), 1601 (C=C), 1526 (δ NH), 1300 (C=S)

En los Cuadros 3 y 4 se reportan los espectros RMN- ^1H y RMN- ^{13}C . Para la interpretación de los espectros RMN- ^1H y ^{13}C se utilizaron datos experimentales de compuestos con estructura similar (Plutin 2003; Rodríguez *et al.*, 1996). La señal en forma de singlete ancho que aparece a campos más bajos, entre 9.22 y 9.40 ppm se asigna al protón del grupo NH. Como se conoce, el ensanchamiento de esta señal es una consecuencia del efecto que el cuadrupolo eléctrico del ^{14}N ejerce sobre el protón directamente enlazado.

Cuadro 3. Espectros RMN-¹H en CDCl₃ de los compuestos I-III.

Comp.	δ (ppm), J (Hz)
I	9.40 (1H, s, NH, intercambia con D ₂ O), 7.90-7.45 (5H, m, Ph), 4.60 (2H, c, CH ₂ , J = 6.0), 1.40 (3H, t, CH ₃ , J = 6.0)
II	9.22 (1H, s, NH, intercambia con D ₂ O), 7.90-7.40 (5H, m, Ph), 5.50 (1H, sext, OCH, J = 6.2), 1.91-1.60 (2H, m, CH ₂), 1.40 (3H, d, CHCH ₃ , J = 6.3), 0.95 (3H, t, CH ₃ , J = 6.2)
III	9.32 (1H, s, NH, intercambia con D ₂ O), 7.90-7.40 (5H, m, Ph), 4.60 (2H, t, OCH ₂ , J = 6.25), 1.85-1.75 (2H, m, OCH ₂ CH ₂), 1.40-1.35 [4H, m, (CH ₂) ₂ CH ₃], 0.95 (3H, t, CH ₃ , J = 6.25)

Cuadro 4. Espectros RMN-¹³C en CDCl₃ de los compuestos I-III.

Comp.	δ (ppm)
I	189.3 (CS), 162.8 (CO), 133.0 (C8), 132.8 (C5), 128.6 (C6 y C10), 127.6 (C7 y C9), 69.2 (CH ₂), 13.6 (CH ₃)
II	189.4 (CS), 163.0 (CO), 132.9 (C5 y C8), 128.8 (C6 y C8), 127.6 (C7 y C9), 82.4 (OCH), 28.3 (CH ₂), 18.5 (CHCH ₃), 9.4 (CH ₃)
III	189.7 (CS), 162.8 (CO), 133.1 (C8), 133.0 (C5), 128.9 (C6 y C10), 127.8 (C7 y C9), 73.7 (OCH ₂), 27.9 [(CH ₂) ₂ CH ₂ O], 22.3 (CH ₂ CH ₃), 13.9 (CH ₃)

Las señales alrededor de 189 ppm correspondientes a carbonos cuaternarios, se asignan al átomo de carbono tiocarbonílico, y las señales entre 162 y 163 ppm al átomo de carbono cuaternario carbonílico. Estas son las dos señales más desblindadas del espectro. El átomo de carbono tiocarbonílico resulta más desblindado que el carbonílico debido a que éste posee una mayor energía de excitación media.

En las Figs. 2, 3 y 4 se muestran los patrones de difracción de polvos de cada compuesto. En los tres patrones se observan máximos de difracción bien definidos, por lo que las tres fases sólidas fueron obtenidas con alta cristalinidad (bajo fondo y ausencia de zonas amorfas las muestras).

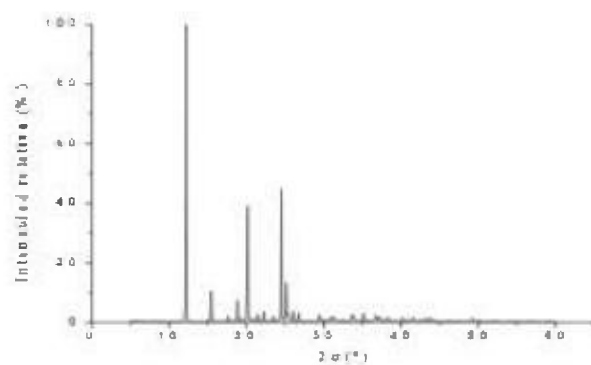


Fig. 2. Patrón de difracción de rayos-X del N-benzoiltiocarbamato de etilo.

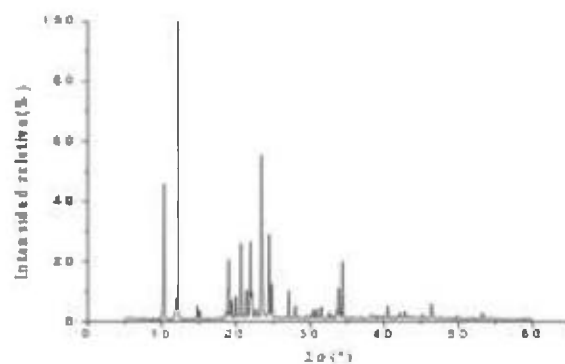


Fig. 3. Patrón de difracción de rayos-X del N-benzoiltiocarbamato de isobutilo.

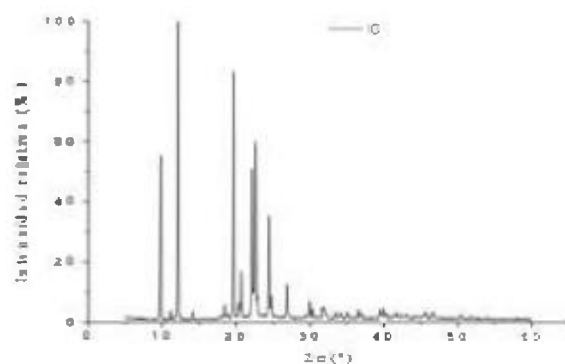


Fig. 4. Patrón de difracción de rayos-X del N-benzoiltiocarbamato de n-pentilo.

Los parámetros iniciales de la celda unitaria fueron obtenidos con el Programa de adjudicación de índices TREOR90 (Werner 1990), obteniéndose las figuras de mérito $M(14) = 26$ y $F(14) = 27$ para el compuesto I, $M(16) = 30$ y $F(16) = 22$ para el compuesto II, $M(14) = 27$ y $F(14) = 35$ para el compuesto III. Los valores de las figuras de mérito son lo suficientemente altos como para considerar que hay adecuada confiabilidad en los indexados que se realizaron. Además, se logró adjudicar índices de Miller al 100% de las reflexiones.

Se refinaron los parámetros reticulares con ayuda del Programa de Refinamiento por Mínimos Cuadrados LSUCRI (Garvey). En los Cuadros 5, 6 y 7 se reportan los datos cristalográficos de los tres compuestos.

Cuadro 5. Datos de difracción de polvo del N-benzoiltiocarbamato de etilo.

Rad $K\alpha Cu$ ($\lambda = 1.54178 \text{ \AA}$)			Monocromador de grafito		
Sistema Ortorrómico			Grupo Espacial: Pmmm		
$a = 11.443(5)$ $b = 10.035(4)$ $c = 9.397(5) \text{ \AA}$			$V = 1079.2(6) \text{ \AA}^3$		
h	k	l	$2\theta_{\text{obs}}(^{\circ})$	$d_{\text{obs}}(\text{\AA})$	I_{r}
1	0	1	12.194	7.2526	100
2	0	0	15.463	5.7256	11
0	2	0	17.649	5.0213	2
0	0	2	18.861	4.7013	8
2	1	1	20.179	4.3971	41
1	2	1	21.501	4.1296	3
1	1	2	22.251	3.9921	4
2	0	2	24.528	3.6263	43
3	0	1	25.177	3.5344	14
2	1	2	26.063	3.4161	4
3	1	1	26.720	3.3336	3
3	2	0	29.385	3.0370	3
2	1	3	33.789	2.6506	3
3	2	2	35.160	2.5504	3
4	0	2	36.753	2.4454	2
3	0	3	37.142	2.4226	2
4	2	1	37.354	2.4045	2
0	0	4	38.269	2.3511	2
1	1	4	40.163	2.2448	2
2	0	4	41.514	2.1749	2

Cuadro 6. Datos de difracción de polvo del N-benzoiltiocarbamato de isobutilo.

Rad K α Cu ($\lambda = 1.54178 \text{ \AA}$)			Monocromador de grafito		
Sistema Monoclinico			Grupo Espacial: P2/m		
$a = 8.274 (2) \text{ \AA}$			$V = 674.0 (2) \text{ \AA}^3$		
$b = 17.182 (3) \text{ \AA}$					
$c = 4.884 (1) \text{ \AA}$					
$\beta = 103.93 (4)^\circ$					
h	k	l	$2\theta_{\text{obs}}(^{\circ})$	$d_{\text{obs}}(\text{\AA})$	I/I_0
0	2	0	10.284	9.7170	43
1	1	0	12.164	8.2193	100
-1	2	0	14.833	6.7469	5
1	3	0	19.013	5.2730	20
0	1	1	19.408	5.1667	7
-1	1	1	19.986	5.0188	8
0	4	0	20.675	4.8533	26
0	2	1	21.409	4.6886	10
-1	2	1	21.946	4.5754	25
-2	1	0	22.723	4.4207	4
1	4	0	23.471	4.2817	55
2	2	0	24.474	4.1089	29
-1	3	1	24.839	4.0494	12
2	3	0	27.119	3.7145	10
0	4	1	28.041	3.5947	5
-2	4	0	30.463	3.3149	4
0	6	0	31.484	3.2100	5
3	1	0	33.889	2.9882	10
2	5	0	34.350	2.9493	19
-3	4	1	40.474	2.5177	4
0	8	1	46.414	2.2101	6

Cuadro 7. Datos de difracción de polvo del N-benzoiltiocarbamato de n-pentilo.

Rad K α Cu ($\lambda = 1.54178 \text{ \AA}$)			Monocromador de grafito		
Sistema Monoclínico			Grupo Espacial: P2/m		
$a = 8.427 (3) \text{ \AA}$ $b = 18.055 (6) \text{ \AA}$ $c = 6.649 (2) \text{ \AA}$					
$\beta = 109.23 (4)^\circ$			$V = 955.3 (4) \text{ \AA}^3$		
h	k	l	$2\theta_{\text{obs}}(^{\circ})$	$d_{\text{obs}}(\text{\AA})$	I/I_0
0	2	0	9.786	9.0382	55
1	0	0	11.126	7.9525	2
1	1	0	12.145	7.2871	100
0	0	1	14.098	6.2817	2
1	3	0	18.466	4.8046	5
0	4	0	19.657	4.5161	82
0	3	1	20.432	4.3464	17
1	0	1	20.706	4.2895	18
-2	0	1	22.150	4.0130	50
1	4	0	22.645	3.9265	60
2	2	0	24.452	3.6403	30
-1	4	1	24.737	3.5989	35
-1	0	2	26.880	3.3167	12
2	4	0	29.948	2.9835	4
-2	1	2	30.315	2.9483	3
-1	6	0	31.786	2.8151	3
-1	4	2	33.523	2.6731	2
-1	7	0	36.630	2.4532	2
2	5	1	39.452	2.2839	2
0	8	0	39.945	2.2569	2

CONCLUSIONES

La mediana simetría propia de las moléculas de los tres N-benzoiltiocarbamatos obtenidos se corresponde adecuadamente con el empaquetamiento cristalino en sistemas monoclínico y ortorrómbico. La caracterización química mediante análisis elemental, y las técnicas de IR y RMN, demuestra la certeza de la ruta de síntesis seleccionada para la obtención de estos compuestos, con adecuados rendimientos prácticos.

REFERENCIAS

Boshagen, H. & M. Plempel. USA Patent 43880847, 1975.

Garvey, R. G. LSUCRI PC Least Squares Unit Cell Refinement NDSU version Fargo 90.10.13.em Department of Chemistry, North Dakota State University. Fargo 58105-5516.

Le NOBLE, W. J. 1970. Conditions for the Alkylation of Ambident Anions. *Synthesis* 1970: 1-6.

Martinez-Alvarez, R. & N. Martín, C. Seoane, A.M. Plutin, M. Suárez, T. Machado, N. Kayali. 2002. Mass spectrometry study of acylthioureas and acylthiocarbamates. *Eur. J. Mass Spectrom.* 8: 367-374.

Plutin, Ana M. & H. Márquez, E. Ochoa, M. Morales, M. Sosa, L. Morán, Y. Rodríguez, M. Suárez, N. Martín, C. Seoane, C. 2000. Alkylation of Benzoyl and Furoylthioureas as Polydentate Systems. *Tetrahedron* 56: 1533-1539.

Plutin, A. M. 2003. Síntesis, estudio estructural y reactividad de sistemas polidentados del tipo aciltioureas y aciltiocarbamatos. Tesis de Doctorado. Universidad de La Habana.

Plutin, Ana M. & M. Suárez, E. Ochoa, T. Machado, R. Mocio, J.M. Concellón, J. M. 2005. Synthesis of new acyl, furoyl, and benzoylthiocarbamates as polydentate systems. structural study of isopropyl N-(2-furoyl)thiocarbamate. *Tetrahedron* 61: 5812-5817.

Pomés, R., 1997. Análisis de fases cuantitativo usando difracción de rayos X Editorial Quetzatcoal. México. p 87.

Rodríguez, Y. I. & M. C. Cardaña, A. M. Plutin, C. A. Macías, J. R. del Bosque. 1996. Aquilación de sistemas polidentados: Benzoiltioureas(I). *An Quim.* 91: 699.

Werner, P. E. "TREOR90", trial and error program for indexing of unknown powder patterns, Windows version: T. Roisnel [LLB-LCSIM]).

Recibido octubre de 2004, aceptado abril de 2006.



EVALUACIÓN DEL MANEJO DE LA TORTUGA GOLFINA (*Lepidochelys olivacea*) EN ISLA CAÑAS, PACIFICO PANAMEÑO

Angel Javier Vega y Yolani Robles

Escuela de Biología, CRU-Veraguas, Universidad de Panamá.

e-mail:angeljv@cwpa.net.pa

RESUMEN

Entre Agosto y Diciembre del 2002, se realizó una evaluación del manejo de huevos y vivero de tortugas en Isla Cañas, para lo cual se hicieron observaciones durante el proceso de recolección de huevos por parte de los cuadrilleros (recolectores de huevos) y siembra de camadas en el vivero, así como los porcentajes de emergencia de neonatos. En la primera fase de la evaluación se decidió que los recolectores lo hicieran tradicionalmente y en la segunda fase se decidió cambiar la metodología para lo cual se establecieron normas de separación entre nidos y filas y la profundidad del nido. Los resultados indican que el proceso de recolección responde más a intereses de comercialización de huevos que a su siembra en vivero. Con relación al vivero se detectó que el proceso de siembra es inadecuado, los nidos son mal elaborados y el número de huevos sembrados por nido es variable y que adicionalmente la atención del vivero casi es inexistente lo que repercute en bajos porcentajes de emergencia de neonatos. Adicionalmente, se determinó problemas con depredadores (perros) que destruyen los nidos naturales e incursionan en los viveros.

PALABRAS CLAVES

Isla Cañas, viveros, *Lepidochelys olivacea*, tortuga golfina.

ABSTRACT

Between August and December of the 2002, it was made an evaluation of the egg handling and hatchery of turtles in Cañas Island, for which observations during the process of egg harvesting on the part of the collecting team (gatherer of eggs) and sowing of litters were made in the hatchery, as well as the percentage of emergency

of hatchlings. In first stage of the evaluation it was decided that the gathering should be made traditionally and in the second phase it was decided to change the methodology for which norms of separation between nests and rows settled down and the depth of the nest. The results indicate that the harvesting process responds more to interests of egg commercialization than to sowing in hatchery. With relation to the hatchery it was detected that the sowing process is inadequate, the nests badly are elaborated and the number of eggs seeded by nest is variable and that additionally the attention of the hatchery almost is nonexistent what repels in low percentage of emergency of hatchlings. Problems with depredators (dogs) which destroy the natural nests and invade in the hatchery represent a hazard for nesting in Cañas Island.

KEYWORDS

Cañas Island, hatchery, *Lepidochelys olivacea*, olive ridley.

INTRODUCCIÓN

La explotación de las tortugas marinas desde épocas antiguas ha llevado a intensificar los esfuerzos de conservación para lo cual se han recurrido a diferentes alternativas entre ellas la creación de viveros, alternativa que debe ser utilizada como último recurso, cuando la protección *in situ* sea imposible, pues la manera ideal de incubar los huevos de tortugas es en su nido natural (Mortimer 2000).

La creación de viveros requiere de una evaluación previa del nivel de riesgo que se observa *in situ*, tomando como prioritarios la erosión severa y predecible, inundaciones, y saqueo de huevos ya sea por depredadores o por el hombre (Boulon 2000).

A pesar de que los viveros representan una alternativa de conservación, los mismos conllevan una serie de riesgos y serias limitaciones que pueden producir un impacto negativo real en las poblaciones de tortugas marinas por diversos factores. Un aspecto muy importante a considerar en la incubación de huevos en viveros es la forma en que son manipulados, pues se requiere de un cuidado especial (Mortimer 2000).

Además de los esfuerzos de conservación y de la búsqueda de alternativas es indispensable considerar el manejo de la gente, ya que el éxito de todo programa de conservación depende del apoyo de las comunidades que se encuentran directamente involucrados con el recurso a proteger. Es necesario evaluar los problemas socio-

económicos pertinentes, ya que para proponer alternativas viables es necesario entender y aprender acerca de las necesidades más importantes de la comunidad, respetar la cultura local y analizar el papel de las tortugas marinas en el ingreso familiar (Frazier 2000, Marcovaldi & Thomé 2000).

Por la importancia de Isla Cañas como sitio de anidación de la tortuga golfina se realizó una evaluación del proceso de manejo de huevos y vivero en dicha localidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Isla Cañas está situada a un costado de la ensenada de Búcaro en la costa Pacífica Sur de la Península de Azuero entre las coordenadas geográficas 7° 22' 20" y 7° 25' 33" de latitud Norte y 80° 15' 41" y 80° 20' 39" de longitud Oeste (Navarro 1998).

Manejo de huevos

Se realizaron observaciones durante el proceso de recolección por parte de los cuadrilleros y la forma en que son manipulados en el centro de acopio (Cooperativa Isleños Unidos).

Vivero

En una primera fase de siembra se les permitió a los cuadrilleros sembrar los nidos como tradicionalmente lo han hecho. Después de evaluada esta fase se decidió cambiar la metodología de siembra de tal forma que cada nido tuviese una separación de 75 cm y cada fila de nidos se separó 60 cm, con 100 huevos en cada nido. Se evaluaron camadas sembradas durante tiempo de arribada contra tiempo de no arribada y se analizó el efecto de la manipulación de los huevos en el porcentaje de emergencia de neonatos, para lo cual se sembraron cinco camadas, que tenían entre 100 y 115 huevos, recogidas de manera individual, trasladadas y sembradas inmediatamente con un tiempo no mayor de 15 minutos después de su puesta, contra otras manipuladas por los cuadrilleros, cargadas en sacos y sembradas por la mañana.

En ambos casos se aplicó un "test" para comparar dos promedios ($\alpha = 0.05$) de los datos de emergencia de neonatos (Zar 1984).

RESULTADOS

Primera fase

La primera fase de siembra inició el 2 de agosto. Este proceso se interrumpió, por instrucciones de la ANAM, el 24 de agosto re-iniciándose en su segunda fase el 30 de septiembre, cerrando el proceso de siembra con 191 nidos. Los nidos sembrados en la primera fase emergieron entre los 51 y 58 días, con un porcentaje promedio de emergencia de neonatos fue de 55.11 % ($S = 23$), con una amplitud del 2 % al 100 %, liberando en esta fase 2 244 neonatos.

Segunda fase

En esta fase se sembraron 148 nidos, de los cuales los 5 nidos sembrados de forma independiente, 4 eclosionaron a los 52 días y uno a los 53 días, con un porcentaje mínimo de eclosión del 96 % y un máximo de 99.1 %. Las restantes camadas se sembraron producto de la arribada que se dio a finales de septiembre, los cuales no estaban separados por camadas. El porcentaje de eclosión en estos nidos fue del 50 %, con un ámbito de 0 % a 78 %. Los de cero porcentajes de eclosión presentaban forma cónica y los huevos estaban muy someros, con una profundidad de 10 cm desde la superficie hasta el primer huevo. De forma general, considerando los nidos de la segunda fase, el porcentaje de eclosión promedio fue de 54.1 % ($S = 21.85$), con un máximo de eclosión del 99.12 % y un mínimo de 0 %.

La comparación de los nidos sembrados en arribada contra los sembrados en no arribada indica que el promedio de eclosión de arribada (45.24 %) es significativamente menor que el promedio de eclosión de no arribada (80.23 %) ($P < 0.05$).

En esta segunda fase se liberaron 7010 neonatos, lo que sumado a los 2244 liberados durante la primera fase totalizan 9254 neonatos.

Comercialización de los huevos por la cooperativa

La comercialización de los huevos sufrió múltiples interrupciones a lo largo del periodo de estudio por instrucciones de la ANAM; a pesar de lo cual se comercializó, a través de la cooperativa, 338,544 huevos. Si dividimos este total por la puesta promedio por tortuga (105.9) estimamos 3 197 tortugas que llegaron a Cañas a desovar. Este dato está, desde luego, subestimado pues no contempla la información durante los días que la cooperativa no comercializó huevos, ni la

información de las arribadas que ocurrieron el 29 de septiembre y 22 de octubre, parte de cuyos huevos se sembraron en otro vivero y gran parte tomo otros rumbos, fundamentalmente el contrabando.

Manejo de los huevos

Los huevos son recogidos y depositados sobre la arena para contarlos y echarlos en el saco. Con buena suerte y una buena cantidad de tortugas, los cuadrilleros pueden tener en el saco varios cientos de huevos, los cuales son cargados y reposados toda la noche para su venta en la mañana y la siembra de tres camadas en el vivero.

DISCUSIÓN

El porcentaje de emergencia de neonatos en las dos fases de siembra, permite hacer algunas observaciones en cuanto a la forma en que se manipulan las camadas y al grado de compromiso de los cuadrilleros para con el manejo de la tortuga golfina. Sin duda, los bajos porcentajes de neonatos obtenidos es el resultado de la mala manipulación de los huevos por parte de los cuadrilleros, pues los mismos manipulan los huevos pensando en la venta y no en la siembra. En la evaluación de los nidos, posterior a la emergencia de neonatos, pudimos percatarnos de la siembra de nidos con poca cantidad de huevos, nidos someros con profundidad máxima de 15 cm, lo cual adicionó al problema de manipulación de huevos el inconveniente de nidos mal elaborados y el robo de camadas, ya que de los 148 nidos sembrados en la segunda fase, 12 fueron saqueados. La concepción general es que el compromiso para con el manejo de la tortuga termina con la siembra de huevos, sin importar la cantidad, ni la forma en que se siembre.

Los resultados de la segunda fase de siembra demuestran que una buena manipulación en el manejo de huevos para la siembra en el vivero garantiza más del 90 % de eclosión. Lamentablemente, porcentajes de eclosión inferiores al 60 % hacen poco atractiva la opción de viveros como una alternativa para la obtención de neonatos, pues casi la mitad de los huevos se pierden, lo que estimula a los cuadrilleros a decir "mejor se venden", pues las pérdidas son demasiado altas y no vale la pena llevar huevos al vivero.

Por otro lado, las diferencias significativas obtenidas al comparar los resultados de las siembras durante tiempos de no arribada contra las siembras masivas de arribadas demuestran que durante arribadas los huevos sufren más daño. También hay que tomar en cuenta el hecho de que en la segunda fase los nidos que se sembraron de manera aislada respondió al interés de algunos recolectores y visitantes que encontraban la tortuga desovando y decidían llevar los huevos al vivero, por lo que el efecto de manipulación y el tiempo desde la puesta hasta la siembra también fue menor.

También existe la concepción que la siembra de huevos en el vivero es suficiente para garantizar la sobrevivencia de la población de tortugas. Realmente la alternativa de viveros en Cañas se ha implementado debido a la alta depredación de los huevos en condiciones naturales, por parte de los humanos y a la necesidad de generar información sobre la biología de la tortuga golfina.

Es nuestro criterio que los viveros presentes en Isla Cañas más que un paliativo al manejo de la tortuga, se han convertido en un problema por lo siguiente:

- Solo se cuenta con el apoyo de algunos voluntarios de la comunidad conscientes del problema que representa la sobreexplotación del recurso, adicionalmente los recursos económicos son escasos para mantener los viveros funcionando.
- La mala manipulación de los huevos, que representa uno de los principales problemas en el uso de los viveros, da como resultado un bajo porcentaje de eclosión, inferior al 60 %.
- Generalmente la mayor cantidad de huevos se siembran durante las arribadas por lo que el mayor porcentaje de huevos sembrados están sometidos a las mismas condiciones ambientales, sin conocer el efecto que sobre la proporción de sexos ejercen las condiciones de temperatura imperantes durante la incubación de los huevos. La siembra masiva de huevos evita que los mismos estén sometidos a la variabilidad ambiental que se da a lo largo del año, con lo que se lograría un balance en la proporción de sexos (Mortimer 2000).
- La liberación inadecuada de las crías, relacionada con la hora, usualmente en la mañana y en el mismo lugar puede ocasionar la

agregación de depredadores en esa zona, aumentando la mortalidad de las crías, adicionalmente el vivero se convierte en una barrera para los neonatos, obligándolos a permanecer dentro durante toda la noche (depende de la hora en que el neonato emerge), esto lo agota y lo hace más susceptible a la depredación.

- La falta de personal capacitado para el manejo y supervisión del vivero y de un programa institucional coherente y con directrices claras a seguir para obtener mejores resultados. Los miembros de las cuadrillas sólo atienden el vivero en la medida en que se les permita recolectar huevos para la venta. Si el proceso de compra de huevos se suspende o se desintegran las cuadrillas, nadie se responsabiliza de los viveros.
- No existe el compromiso para la limpieza de nidos, por lo que los restos de cascarones, huevos dañados y neonatos muertos quedan en el vivero aumentando la flora microbiana, lo que se reflejará de manera negativa en los próximos ciclos de siembra.

Si analizamos la cantidad de huevos sembrados en nuestro vivero (aproximadamente 18 000) y lo contrastamos contra la cantidad de huevos que ha comercializado la cooperativa en total 338 544 (28 212 docenas), inferimos que se sembró un 5.29 % de los huevos recolectados por la cooperativa. La existencia de otro vivero, de menores dimensiones que el nuestro puede llevar la cantidad de huevos sembrados a un máximo de 30 000, lo que implica que se ha sembrado entre ambos viveros un tope del 9 % de los huevos recolectados y comercializados a través de la cooperativa.

Según Mortimer (2 000), es recomendable proteger al menos el 70 % de los huevos depositados por las tortugas para mantener saludables las poblaciones anidadoras. En el caso en que las poblaciones estén sometidas a un historial de sobreexplotación, las nidadas deben ser protegidas en su totalidad. Los estimados del 9 % de huevos protegidos en viveros no contribuye de manera sustancial al sostenimiento de la población de tortugas y se reduciría a un valor absurdo, si tomásemos en cuenta la totalidad de huevos que depositan las tortugas en Cañas, pues un alto porcentaje de los huevos se comercializan a través del contrabando, incluyendo los depositados durante las arribadas.

Consideraciones finales. Isla cañas: manejo sostenible o depredación

La historia del manejo de la tortuga golfina en Isla cañas esta documentada como un ejemplo interesante de co-manejo de un recurso (huevos de tortuga) entre la ANAM y los usuarios de dicho recurso, en este caso los pobladores de Cañas. Lamentablemente es nuestra impresión que los logros documentados a través de dicha experiencia no se reflejan actualmente.

Al iniciar el proyecto no se contaba con vivero alguno funcionando en la isla, el antiguo vivero, al menos no funcionó en el 2001 y el terreno en el que se localiza está actualmente en un pleito legal; ante este inconveniente se decidió iniciar la construcción de otro vivero en otro sector de la isla, para lo cual el antiguo presidente de la cooperativa, Sr. Felipe de Gracia (q.e.p.d.), facilitó un pedazo de terreno, en donde se inició la siembra de huevos. A los 23 días de iniciado el proceso de siembra, se abre otro vivero (vivero del CDS) y por instrucciones de la ANAM se traslada el personal de las cuadrillas hacia el nuevo vivero, interrumpiendo la siembra de huevos y el cuidado del vivero del proyecto.

La existencia de dos viveros no pudo ser manejada, ni por la cooperativa, ni por los funcionarios de la ANAM pues, a pesar de tener un objetivo común, el manejo de la tortuga, las acciones ejecutadas trajeron como consecuencia el abandono de uno de los viveros, al principio y de ambos al final, ya que durante los periodos de suspensión de compra de huevos no se asignó cuidador para los viveros, con la consecuencia de que al salir los neonatos no existía personal que los atendiera.

En el caso del vivero del proyecto, se atendieron los nidos por turnos. Adicionalmente se contrato personal para la atención del vivero y para la limpieza de los nidos eclosionados.

Con relación a la política de siembra de las camadas, no existe supervisión para este proceso y se siembra la cantidad de huevos que decida el cuadrillero. Tampoco hubo uniformidad en cuanto a la siembra de los nidos, lo que trajo como consecuencia que cada persona excavara el nido sin las condiciones minimas para garantizar una buena incubación de los huevos.

La forma en que se recolectan los huevos, en sacos y el transporte de los mismos responde más a la necesidad de recoger la mayor cantidad de huevos para la venta, que a una política de manejo de camadas para lograr una siembra exitosa. Esta metodología ocasiona que los huevos se presionen y friccionen unos contra otros, agravando el proceso por la presencia de la arena, debilitando la cáscara, mezclando la clara con la yema, colapsando los mismos y afectando su viabilidad a la hora de la incubación, pues según Mortimer (2000) los huevos deben ser sembrados antes de 2 horas posteriores a la puesta.

Según el actual presidente de la cooperativa (Gabriel Aguirre) la ANAM regula el proceso de compra de huevos, estableciendo el precio de los mismos, los periodos en los cuales se puede comprar y a quienes se les puede vender, a través del registro de intermediarios. Para las suspensiones de compras se toma en cuenta la saturación del mercado y la llegada de las arribadas, bajo la premisa que las nidadas no van a ser recolectadas y que las cuadrillas deben dedicarse a cuidar la playa. Lamentablemente esta situación no se da, pues lo que no se compra a través de la cooperativa sale de la isla a través del contrabando, el cual es más intenso durante las arribadas. Si la intención de la suspensión de las compras es lograr que la tortuga se reproduzca de manera natural, esto no se logra, pues un alto porcentaje de los nidos son saqueados.

Según la política de manejo actual, durante la llegada de tortugas solitarias sólo se permite la reproducción de las mismas a través de los viveros, mediante el compromiso de los cuadrilleros de dejar tres camadas, por cada noche de recolecta. Este sistema presenta algunos inconvenientes. En primer lugar los porcentajes de eclosión en viveros son muy bajos, por lo que el aporte reproductivo de dichas tortugas probablemente sea insignificante. Se ha documentado la importancia de permitir la reproducción de las tortugas durante todo el año, pues la concentración de las épocas reproductivas de manera artificial puede conllevar a cambios en las proporciones de sexos desbalanceando las poblaciones. Las diferentes condiciones ambientales en la playa a lo largo de un periodo de anidación regula de manera natural la proporción sexual, manteniendo el equilibrio natural (Godfrey & Mrosovsky 2000).

Isla Cañas responde a dos temporadas climáticas marcadas, época lluviosa y seca. La tortuga golfina anida principalmente entre mayo y diciembre, con tres a cuatro arribadas al año, tradicionalmente entre julio y diciembre, aunque en este año la arribada esperada para julio no ocurrió. Si analizamos el patrón de siembra de huevos en el vivero, prácticamente el segundo vivero se llenó con la arribada del 29 de septiembre, por lo que la mayoría de los huevos estuvieron sometidos a las mismas condiciones ambientales. En el caso del vivero de nuestro proyecto estuvimos obteniendo neonatos en la primera fase, entre el 30 de septiembre y el 14 de octubre y la segunda fase inició el 19 de noviembre y culminó con la salida de los últimos neonatos el 14 de diciembre.

Desde que iniciamos los recorridos nocturnos, las primeras tortugas fueron observadas a finales de mayo, por lo que los primeros neonatos debieron estar saliendo a mediados de julio y desde entonces el proceso reproductivo debió continuar con la salida de neonatos de manera sostenida durante todos los meses. Con la recolecta de los huevos y el uso de los viveros los primeros neonatos iniciaron su salida en octubre, dos meses después de lo que debió ocurrir de manera natural. Otro factor en contra es el hecho que la siembra masiva condiciona la salida numerosa de neonatos en periodos muy cortos. Es de suponer que el no permitir la reproducción de la tortuga de manera natural esté afectando la proporción de sexos en la población.

Otros factores a considerar son la depredación por parte de perros que recorren la playa en busca de nidos, pues son expertos saqueadores y la aparición de tortugas muertas con anzuelos clavados en las aletas o sin marcas aparentes de algún depredador. Según los pobladores de la isla los culpables de esta situación son los pescadores artesanales que se ubican con sus aparejos de pesca, redes y líneas, frente a isla Cañas.

Los moradores de la isla manifiestan preocupación por el problema de la tortuga y muestran un grado de conciencia en cuanto a la problemática. Es de suponer que con un programa de educación ambiental se puede lograr un cambio de actitud, pues es primordial que los que se benefician del recurso funjan como custodios del mismo; es de su propia conveniencia que el recurso perdure y que a la par de contar con los derechos de uso asuman la responsabilidad de colaborar en las actividades de conservación (Frazier 2000).

Es indispensable fomentar una sensibilidad ambiental en la conciencia del ciudadano promedio, para lograr la supervivencia sostenible tanto de los residentes humanos como de la vida silvestre, principalmente de la vida silvestre amenazada. Las tortugas marinas son candidatos particularmente buenos para campañas de educación ambiental. Son fácilmente utilizadas como símbolos del estado de salud de la zona costera tanto marina como terrestre (Eckert 2000).

Sin duda alguna, las esperanzas para la tortuga golfina están cifradas en sus propios depredadores, pues sólo con un cambio de directrices y de actitud se puede lograr un manejo sostenible, pues en las condiciones actuales la frase "Panamá: un estado y comunidad que asumen una responsabilidad compartida" puede ser cambiada por "Isla Cañas: manejo sostenible o depredación".

CONCLUSIONES

El proceso de manejo de tortugas marinas en Isla Cañas es deficiente. Actualmente el principal objetivo es la comercialización de huevos y no la protección del recurso.

Se han reconocido como factores que están afectando a las tortugas: la comercialización excesiva de los huevos, la ausencia de manejo de los viveros, la depredación por parte de los perros, y aparentemente el impacto de los pescadores artesanales sobre la población reproductiva.

Los porcentajes de eclosión pueden ser mejorados con un manejo adecuado de los huevos para la siembra y con el manejo adecuado de los viveros.

Existen contradicciones entre autoridades, cooperativa y pobladores que repercuten de manera negativa en la disposición de la población a colaborar.

RECOMENDACIONES

Se debe implementar un programa de capacitación de los recolectores de huevos para mejorar la siembra en vivero e implementar un programa de educación ambiental sostenido en común acuerdo con las escuelas y colegios del área.

La ANAM no tiene capacidad física para cuidar los 13 km de playas; una alternativa sería el concentrar el esfuerzo en algún sector de la playa, vedando el mismo y permitiendo la reproducción de la tortuga de manera natural. Todos los nidos deben quedar en el límite superior de la playa, lejos del efecto de las mareas; los que quedan en playa descubierta, bajo la influencia de las mareas deben ser relocados hacia la parte alta de la playa.

El sector de la playa que se decida proteger y la extensión del mismo deben salir de común acuerdo entre pobladores y autoridades; es recomendable que sea en la zona de arribada.

Se tienen que tomar medidas con los perros, pues se han convertido en un problema, tanto para la reproducción de la tortuga en la playa, como para los viveros.

Se tiene que implementar una política de manejo de vivero; tiene que haber personal responsable de los mismos, siembra de huevos de manera correcta y limpieza de nidos, así como evaluación científica de los resultados de los viveros.

Es necesario darle continuidad al proceso iniciado con este proyecto. Se hace necesario implementar las recomendaciones e iniciar un proceso de evaluación de la población de tortugas que llega a la isla a reproducirse. Es la única forma de saber, de manera científica, cual es el tamaño de la población que llega actualmente a ovopositar. Se debe incluir en la evaluación a Guánico y Cambutal.

Se tiene que permitir la reproducción de la tortuga a lo largo de todo el año, pues la forma en que se hace actualmente puede estar afectando la proporción de sexos, lo cual es tan perjudicial como el no permitir su reproducción.

Se tiene que buscar mecanismos para el control del contrabando de huevos de tortuga, pues según los propios isleños, es mucha la cantidad de huevos que sale de la Isla a través del contrabando.

REFERENCIAS

Boulon, Jr., R. H. 2000. Reducción de las amenazas a los huevos y las crías: protección *In Situ*. Eckert et al. (Ed). En Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Traducción al español. Grupo Especialista en tortugas marinas UICN/CSE. Publicación N° 4: 192-198.

Eckert, K.L. 2000. Diseño de un programa de conservación. Eckert et al. (Ed). En Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Traducción al español. Grupo Especialista en tortugas marinas UICN/CSE. Publicación No 4: 6-8.

Frazier, J.G. 2000. Conservación basada en la comunidad. Eckert et al. (Ed). En Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Traducción al español. Grupo Especialista en tortugas marinas UICN/CSE. Publicación No 4: 16-22.

Godfrey, M. & N. Mrosovsky. 2000. Estimación de la proporción sexual en playas de anidación. Eckert et al. (Ed). En Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Traducción al español. Grupo Especialista en tortugas marinas UICN/CSE. Publicación N° 4: 156-159.

Marcovaldi, M. & Thomé 2000. Reducción de las amenazas a las tortugas. Eckert et al. (Ed). En Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Traducción al español. Grupo Especialista en tortugas marinas UICN/CSE. Publicación No 4: 187-191.

Mortimer, J.A. 2000. Reducción de las amenazas a los huevos y a las crías: los viveros. Eckert et al. (Ed). En Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Traducción al español. Grupo Especialista en tortugas marinas UICN/CSE. Publicación N° 4: 199-203.

Navarro Q., J.C. 1998. Parques nacionales. Primera edición. Ediciones Balboa, Panamá. 221 pág.

Zar, J. 1984. Bioestatistical Analysis. Second edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 718 p.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ejecutó gracias al financiamiento del Banco Mundial a través del MIDA, a la participación de CATSA y al apoyo brindado por el presidente (Gabriel Aguirre) y los miembros de la Cooperativa Isleños Unidos, y a personas como Eustiquio Cedeño y Manuel de Gracia. Un agradecimiento especial a Felipe de Gracia (q.e.p.d.) por el apoyo para el inicio del proyecto. Al Ingeniero Ezequiel Gaitán por el apoyo en el campo.

Recibido enero de 2004, aceptado abril de 2006.



MUERTE TÉRMICA NO EXPONENCIAL DE ESPORAS BACTERIALES

Ramon E. Howe W.

Universidad De Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Departamento de Matemática.

e-mail:ramonhowew@cwpanama.net

RESUMEN

En la presente investigación, motivada por la biología de los microorganismos, se logra explicar razonablemente, en el lenguaje matemático, que el máximo número de esporas activadas $A(t)$ se da cuando en un tiempo t , la proporción de esporas activadas a partir de un número inicial de esporas no activadas es mayor que la proporción de esporas muertas de un número inicial de esporas activadas. Este fenómeno se observa en la extrapolación de la porción exponencial en la curva de la muerte térmica a un punto en exceso del número inicial de esporas vivas, descubierto por microbiólogos científicos, en ciertas cepas bacteriales, e.g., *Bacillus stearothermophilus*.

PALABRAS CLAVES

Esporas bacteriales, muerte térmica, esporas activadas, esporas no activadas.

ABSTRACT

In this work, motivated by the biology of microorganisms, it is reasonably explained, using mathematical language, that the maximum number of activated spores $A(t)$ is given when in a given time t , the proportion of activated spores from an initial number of nonactivated ones is greater than the proportion of death spores from an initial number of those activated. This phenomenon is observed in the extrapolation of an exponential portion in the thermal death curve to a point in excess of the initial number of living spores reported by several microbiologist investigators for certain strain for bacterial spores, e.g., *Bacillus stearothermophilus*.

KEYWORDS

Bacterial spores, thermal death, activated spores, nonactivated spores.

INTRODUCCIÓN

Si una población P de bacterias se somete a una temperatura constante de calor, entonces existe una constante positiva k tal que el número de bacterias que continua con vida en el tiempo t es Pe^{-kt} . Los microbiólogos interpretan este fenómeno exponencial como la muerte térmica del microorganismo (Madigan *et al.*, 1998). Este conocimiento es atractivo para los microbiólogos aplicados, por ejemplo, en conexión con esterilización y procesamiento de alimentos (Marten 2000; Leroy *et al.*, 2002).

Dos trabajos pioneros de la cinética de primer orden sobre la muerte térmica no exponencial se le atribuye a Stanier *et al.* (1963) y a Shull *et al.* (1963).

El fenómeno no exponencial de la muerte térmica de ciertas esporas bacteriales, e.g. *Bacillus stearothermophilus*, (Stanier *et al.*, 1963) donde las desviaciones no son atribuidas a errores experimentales, resulta ser interesante.

Shull *et al.* (1963) presentan la existencia de una inesperada situación dada por ciertas cepas de esporas. Se trata de la extrapolación de la porción exponencial de la curva de la muerte térmica a un punto en exceso del número inicial de esporas vivas. Este sorprendente “pico” en la curva de la muerte térmica aún no tiene respuesta concluyente. Existen hipótesis que intentan explicar esta anomalía. La más reciente la explica en términos físico químicos, mediante la segunda Ley de la Termodinámica (Pross 2003).

En el presente trabajo construiremos un modelo estratégico para luego establecer una razonable proposición a la existencia de este punto máximo (“pico”).

1. MODELO

Una espora puede estar en uno de los tres estados mutuamente excluyentes: activada, no activada o muerta.

Una espora activada es aquella capaz de formar colonia cuando es alimentada adecuadamente; es decir, una espora que germina.

Una espora no activada es una espora latente capaz de pasar al estado activado bajo condiciones adecuadas de calor.

Es difícil determinar, por medio del microscopio, el estado en que se encuentra una espora. Sin embargo, es posible obtener en una población el número de esporas activadas mediante la aplicación de un nutriente apropiado y luego contar las colonias que germinan; una colonia para cada espora.

En vez de alimentar a toda la población, es deseable y práctico utilizar un procedimiento de muestreo (Madigan *et al.*, 1998). En virtud de que la población de esporas utilizadas en experimentos es del orden de magnitud de 1×10^5 , el uso de alguna técnica de muestreo es lo más conveniente. Más aún, el muestreo nos permite continuar un experimento tal que, si una población se somete al calor, podemos lograr estimaciones precisas de la población de esporas activadas en varios tiempos a través del experimento.

Cuando una población es sometida a una temperatura constante de calor, es frecuente hablar del número de esporas activadas respecto al tiempo como la curva de la muerte térmica.

Si la población inicial P_0 consta enteramente de esporas activadas, entonces la curva de la muerte térmica es una curva exponencial cuya ecuación es de la forma $P(t) = P_0 e^{-kt}$.

Si la población está compuesta de esporas activadas, y de esporas no activadas, entonces la curva de la muerte térmica exhibirá un retardo inicial seguido de una porción exponencial (posterior al retardo no habrán esporas en el estado no activado).

Si las esporas activadas y las esporas no activadas fuesen de igual resistencia calorífica respecto a la muerte y si la tasa de activación fuese muy grande, entonces la porción exponencial de la curva de la muerte térmica se extrapolará hacia el número inicial de esporas

vivientes. Para ciertas cepas de esporas, e.g., *thermophilus*, la porción exponencial de la curva de la muerte se extrapola hacia un punto por encima del número inicial de esporas vivientes (Shull *et al.*, 1963). Para ello, existen hipótesis que intentan explicar este fenómeno en términos físicos y químicos (Pross 2003).

En este trabajo se plantea una hipótesis matemáticamente razonable.

1.1 SUPUESTOS

Para la construcción del modelo se consideraron los supuestos siguientes:

- a) las esporas en una población dada son todas de una misma cepa;
- b) cuando se aplica calor a una población, la temperatura se mantiene fija;
- c) una spora no activada debe pasar al estado activado antes de morir;
- d) una spora activada nunca pasa al estado no activado;
- e) dada una población de esporas activadas A , entonces existe un número positivo k , la tasa constante de muerte (el cual depende de la temperatura y de la cepa de la spora pero no del número A), tal que el número de esporas que aún viven t unidades de tiempo después de iniciado el calentamiento es Ae^{-kt} ; y
- f) dada la población de esporas no activadas N , existe un número positivo α , tasa constante de activación, tal que $Ne^{-\alpha t}$ esporas se encuentran todavía en el estado no activado t unidades de tiempo después de iniciado el calentamiento.

1.2 CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ESTRATÉGICO

Supongamos que se aplica calor a una población que consiste de $N(0)$ de esporas no activadas y $A(0)$ de esporas activadas. En virtud de tener una población no alimentada, el número total de esporas en los tres estados se mantiene constante.

Para la suposición (f), el número de esporas no activadas al tiempo t es

$$N(t) = N(0)e^{-\alpha t}, \quad 0 \leq t < \infty \quad (1)$$

Hallaremos una expresión analítica para el número $A(t)$ de esporas activadas al tiempo t .

Si denotamos el número de esporas vivientes al tiempo t por V , entonces

$$V(t) = N(t) + A(t), \quad 0 \leq t < \infty \quad (2)$$

Deseamos describir el comportamiento de $A(t)$ mediante una ecuación diferencial.

Sea t un número positivo, h un incremento positivo de t , y considerar $A(t+h)$. De las $A(t)$ esporas en estado activado al tiempo t , $A(t)e^{-bh}$ aún viven en el estado activado al tiempo $t+h$ en virtud del supuesto (e).

De las $N(t)$ esporas no activadas al tiempo t , $N(t)(1-e^{-ah})$ se activarán y posiblemente mueran después al tiempo $t+h$ en virtud del supuesto (f).

Por tanto,

$$A(t+h) = A(t)e^{-bh} + N(t)(1-e^{-ah}) - R(t, t+h), \quad (3)$$

donde $R(t, t+h)$ denota el número de esporas que están en el estado no activado al tiempo t que después pasan al estado activado y luego mueren en el intervalo de tiempo $[t, t+h]$.

Si se da el caso en que $N(t)(1-e^{-ah})$ esporas que salen del estado no activado en el intervalo de tiempo $[t, t+h]$ son activadas instantáneamente al tiempo t , entonces sólo una porción $N(t)(1-e^{-ah})(1-e^{-bh})$ de ellas morirán para el tiempo $t+h$.

Luego,

$$0 \leq R(t, t+h) \leq N(t)(1-e^{-ah})(1-e^{-bh}) \quad (4)$$

La desigualdad (4) implica

$$\lim_{h \rightarrow 0+} \frac{R(t, t+h)}{h} = 0,$$

y aplicando este resultado a la ecuación (3), tendremos

$$\lim_{h \rightarrow 0^+} \frac{A(t+h) - A(t)}{h} = -kA(t) + \alpha N(t) \quad (5)$$

Si suponemos que $A(t)$ es diferenciable sobre el intervalo $0 \leq t < \infty$, entonces por (1) y (5) tendremos

$$A'(t) + kA(t) = \alpha N(0)e^{-\alpha t}$$

$$\text{o bien} \quad A'(t) = \alpha N(0)e^{-\alpha t} - kA(t), \quad (6)$$

que representa el modelo estratégico deseado.

La solución de (6) es

$$A(t) = A(0)e^{-kt} + \alpha N(0) \frac{[e^{-\alpha t} - e^{-kt}]}{K - \alpha} \quad \text{cuando } \alpha \neq k \quad (7)$$

$$A(t) = [A(0) + kN(0)t]e^{-kt} \quad \text{cuando } \alpha = k \quad (8)$$

Si $N(0) = 0$ entonces, por (7) y (8), $A(t) = A(0)e^{-kt}$ el cual verifica el supuesto (e).

1.3 PROPOSICIÓN

La solución de (7) y (8) tiene un máximo para $t > 0$ si y solo si $\alpha N(0) > kA(0)$.

Demostración: La segunda derivada de (6) es

$$A''(t) = -\alpha^2 N(0)e^{-\alpha t} - kA'(t) = -\left\{ \alpha^2 N(0)e^{-\alpha t} + k[\alpha N(0)e^{-\alpha t} - kA(t)] \right\}$$

Luego el máximo de $A(t)$ se da si y solo si $\alpha N(0) > kA(0)$

1.3.1 INTERPRETACIÓN

El “pico” observado se “explica” cuando $\alpha N(0)$ es mayor que $kA(0)$; es decir, el máximo número de esporas activadas $A(t)$ se da cuando en un tiempo t la proporción de esporas activadas a partir de un número inicial de esporas no activadas es superior a la proporción de esporas muertas de un número inicial de esporas activadas.

2. LAS CONDICIONES INICIALES

Si, en una situación particular, son conocidas las constantes $\alpha, k, A(0)$ y $N(0)$, entonces $A(t)$ es dada por (7) y (8). La constante $A(0)$ se obtiene por el proceso descrito en la sección 1. Pero $\alpha, k, N(0)$ son difíciles de obtener en la práctica.

A continuación, presentamos un proceso teórico para determinar α, k y $N(0)$.

Si $\alpha \neq k$, entonces por (6) y (7) tendremos

$$\frac{d}{dt} [\ln A(t)] = \frac{A'(t)}{A(t)} = \frac{\alpha N(0)e^{-\alpha t} - kA(t)}{A(t)} = -k + \frac{\alpha N(0)e^{-\alpha t}}{A(t)}$$

$$\text{o bien } \frac{d}{dt} [\ln A(t)] = -k + \frac{\alpha N(0)(k - \alpha)e^{-\alpha t}}{A(0)(k - \alpha)e^{-kt} + \alpha N(0)[e^{-\alpha t} - e^{-kt}]}$$

multiplicando por $e^{-\alpha t}$

$$\frac{d}{dt} [\ln A(t)] = -k + \frac{\alpha N(0)(k - \alpha)}{A(0)(k - \alpha)e^{(\alpha - k)t} + \alpha N(0)[1 - e^{(\alpha - k)t}]}$$

Consecuentemente, si $k > \alpha$ y $N(0) \neq 0$ entonces

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left\{ \frac{d}{dt} [\ln A(t)] \right\} = -\alpha \quad (9)$$

$$\text{y} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \left\{ \frac{d}{dt} [\ln A(t)] \right\} = -k \quad \text{si } \alpha \geq k \quad (10)$$

Cuando $\alpha \geq k$, (10) asegura que $-k$ es la "pendiente límite" cuando $t \rightarrow \infty$ de la gráfica de $\ln A(t)$; en este caso, k puede ser estimada a partir de datos experimentales de $A(t)$.

Por otra parte, para obtener $N(0)$, basta determinar $V(0)$ puesto que $N(0) = V(0) - A(0)$ por la ecuación (2).

Por (1), (2) y (6) se deduce que $\frac{dV}{dt} = -kA(t)$.

Así, por $0 \leq t_0 < t_1 < \infty$,

$$V(t_1) - V(t_0) = -k \int_{t_0}^{t_1} A(t) dt \quad (11)$$

Para $t_0 = 0$ y considerando $t_1 \rightarrow \infty$,

Inferimos de (11) que

$$V(0) = k \int_0^{\infty} A(t) dt \quad (12)$$

Observar que $V(t_1) \rightarrow 0$ cuando $t_1 \rightarrow \infty$

Por (1), (2) y (7) u (8).

De (11) observamos que el número de muertes ocurridas en el intervalo de tiempo entre t_0 y t_1 es igual al producto de la tasa constante de muerte k por el área bajo la curva de $A(t)$ para el intervalo de tiempo considerado.

Si $\alpha \geq k$, entonces $V(0)$ puede ser estimado por medio de (10) y (12) una vez conocida la curva experimental para $A(t)$. La determinación de α se obtiene partiendo de

$$V(t_1) - V(t_0) = A(t_1) - A(t_0) + N(0) [e^{-\alpha t_1} - e^{-\alpha t_0}],$$

y por (11)

$$k \int_{t_0}^{t_1} A(t) dt = A(t_0) - A(t_1) + N(0) [e^{-\alpha t_0} - e^{-\alpha t_1}]$$

Deduciéndose que

$$\alpha = -\frac{1}{t_1} \ln \left[\frac{A(0) - A(t_1) + N(0) - k \int_0^{t_1} A(t) dt}{N(0)} \right] \quad (13)$$

y

$$N(0) = \frac{[A(t_0) - A(t_1)] \int_{t_0}^{t_2} A(t) dt - [A(t_0) - A(t_2)] \int_{t_0}^{t_1} A(t) dt}{[e^{-\alpha t_0} - e^{-\alpha t_2}] \int_{t_0}^{t_1} A(t) dt - [e^{-\alpha t_0} - e^{-\alpha t_1}] \int_{t_0}^{t_2} A(t) dt} \quad (14)$$

donde $0 \leq t_0 < t_1 < t_2 < \infty$.

Si $\alpha < k$, entonces (9) permite la determinación de α por medio de datos experimentales, y $N(0)$ puede ser obtenido de (14); finalmente, podemos utilizar (12) para determinar k .

CONCLUSIÓN

Se explica razonablemente el fenómeno de la porción exponencial “deformada” de la curva de la muerte térmica a un punto en exceso del número inicial de esporas bacteriales vivas, el cual se da cuando en un tiempo t la proporción de esporas activadas de un número inicial de esporas no activadas es mayor que la proporción de esporas muertas de un número inicial de esporas activadas.

El modelo expresa una posible verificación indirecta de los supuestos (c) y (f), los cuales son difíciles de verificar directamente.

La determinación de las condiciones iniciales involucra tanto rigor matemático como la derivación del modelo mismo.

El fenómeno investigado parece tener características de la microbiología matemática; pues, nos permite “ver” indirectamente cosas que no son fáciles de hacer con el microscopio, e.g., estimar el número de esporas vivientes en un tiempo t . Este es un aspecto curioso del modelo matemático.

REFERENCIAS

Leroy, F., B. Degeest & L. De Vuyst. 2002. A novel area of predictive modelling: describing the functionality of beneficial microorganisms in food. *Int. J. Food Microbiol.* 73 (2-3): 251-259.

Madigan, M., J. Martinko & J. Parker. 1998. *Brock Biología de los Microorganismos*. 8^{va} Edición, traducido de *Brock's Biology of Microorganisms*, Prentice Hall, Inc.

Nauta, M. J. 2000. Separation of uncertainty and variability in quantitative microbial risk assesment models. *Int. J. Food Microbiol.* 57(1-2): 9-18.

Pross, A. 2003. The Driving Force for Life's Emergence: Kinetic and Thermodynamic Considerations. *J. Theor. Biol.* 220(3): 393-406.

Shull, J.J., G. T. Cargo & R.R. Ernst. 1963. Kinetics of heat activation and thermal death of bacterial spores. *Appl. Microbiol.* 11: 485-487.

Stanier, R. Y, M. Doudoroff & E. A. Adelberg. 1963. *The Microbial World*, 2nd edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Recibido enero de 2006, aceptado mayo de 2006.



PRIMERA CONTRIBUCIÓN SOBRE LA RIQUEZA DE ESPECIES Y ESTADO DE CONSERVACIÓN PARA SAURIOS Y SERPIENTES EN LA RESERVA FORESTAL LA TRONOSA, PROVINCIA DE LOS SANTOS, REPÚBLICA DE PANAMÁ.

Luis Elizondo L.¹, Víctor Martínez-Cortés², Félix Yángüez B.

¹Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Apdo. 2072, Balboa, R. de Panamá.

²Departamento de Zoología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá.

e-mail: p_vmartinez12@hotmail.com, elizondol@si.edu

RESUMEN

Se presentan los resultados del primer inventario sobre la riqueza de especies y estado de conservación para saurios y serpientes en la Reserva Forestal La Tronosa, (RFT). Basados en colectas y observaciones en el área, se confirmó la presencia de 32 especies de reptiles correspondientes a 25 géneros distribuidos en 10 familias. Del total de especies, 17 son saurios, de los cuales tres se consideran “Vulnerable” y uno “En Peligro”; y 15 son serpientes y sólo una corresponde a “Vulnerable”. Se hace énfasis en las perturbaciones y fragmentación de los hábitats así como en el aislamiento de especies como las más influyentes causas por la ausencia de individuos que, bajo condiciones menos adversas, con seguridad hubieran sido encontradas.

PALABRAS CLAVES

Riqueza de especies, Sauria, Serpentes, fragmentación, aislamiento, extinción local.

ABSTRACT

The results regarding the first inventory of species richness and conservation grade for lizards and snakes from Reserva Forestal La Tronosa (RFT) are presented as a contribution to the national herpetological knowledge. Based on collects and observations, it is confirmed that 32 reptile species, grouped in 25 genres distributed

in 10 families. From species richness, 17 are lizards of which three are considered “Vulnerable” and one “In Danger”; and 15 are snakes, and only one corresponds to “Vulnerable”. We emphasized that the perturbations and habitat fragmentation, as well as species isolation, are the most influential causes of individuals absences, which under less adverse conditions for sure would have been found.

KEYWORDS

Species richness, Sauria, Snakes, fragmentation, isolation, local extinction.

INTRODUCCIÓN

Muchos refugios boscosos protegidos por Leyes Nacionales son objeto de deforestación y modificaciones en sus hábitats debido a actividades de tala y quema por supuestas necesidades de tierras para cultivos, pastoreo, y ganadería intensiva, actividad típica en algunas áreas protegidas de la península de Azuero (Garibaldi 2004). La Reserva Forestal La Tronosa, en lo sucesivo RFT, a pesar de ser creada para proteger las cuencas hidrográficas de los ríos Tonosí, Jobero y Guánico por la deforestación que se daba en el área (Gaceta Oficial N° 18483 de 22 de diciembre de 1977), es actualmente una de las áreas protegidas más amenazadas por la deforestación.

Diversos autores han consensuado como principal consecuencia de la deforestación la creación de paisajes fragmentados donde algunos parches del bosque original, variables en forma, tamaño y edad, forman conjuntos de hábitats característicos (Schelhas & Greenberg 1996; Lawrence & Bierregaard 1997; Kattan 2002), haciendo vulnerables a extinciones locales a poblaciones de especies animales y vegetales (e.g. Andersen *et al.*, 1997; Bierregaard & Stouffer 1997; Brown & Hutchings 1997). Desde su creación y hasta el avanzado estado de modificación de sus hábitats, en la RFT no se han planificado ni ejecutado estudios que consideren elementos de biodiversidad nativos de la misma, convirtiéndola en un área olvidada donde la biodiversidad, mayormente desconocida, corre peligro de desaparecer por lo que es necesario y urgente para su adecuada conservación conocer las especies que en ella habitan. Por ello nos enfocamos en la riqueza de especies y el estado de conservación para dos grupos de reptiles utilizando la metodología desarrollada por The Nature Conservancy llamada “Patrimonio Natural” a través del “Sistema de rangos de prioridad para la conservación”, clave para

reconocer especies con prioridad de conservación (Young *et al.*, 1999). Los resultados obtenidos en esta investigación tienen gran aplicabilidad para la asignación de recurso humanos y financieros en conservación de la RFT, y así evitar el incremento de especies con alguna categoría de riesgo dentro de los límites de la misma. Se esperamos que este trabajo sirva como guía para futuras investigaciones no solo con elementos herpetológicos, sino con otros de la fauna y flora de la Península de Azuero.

METODOLOGÍA

Área de estudio y estaciones para muestreo

La RFT está ubicada en Distrito de Tonosí, provincia de Los Santos, posee como superficie 20,579 has y como topónimo el Cerro La Tronosa con 933 msnm (Fig. 1). Sus límites boscosos están entre 7°24'32.3''N y 80°33'28.2''O. Sus zonas de vida corresponden al bosque pluvial premontano y al bosque húmedo premontano (Holdridge 1967); la precipitación promedio anual es 1,634 mm, y temperatura promedio anual de 27,98 °C (datos de la Estación Meteorológica de Tonosí – ETESA, 2003). Establecimos dos estaciones para muestreo y dos localidades por estación; en la primera estación entre 650 msnm y 750 msnm, las localidades estaban entre las quebradas Aguas Azules (7°24'47.5''N; 80°31'42.7''O) y Los Vergara (7°24'57.9''N; 80°33'43.0''O); para la segunda estación entre 770 msnm y 933 msnm, las localidades estaban entre una caída de agua próxima a la estación (7°24'15.8''N; 80°33'07.6''O) y la cima del cerro “La Tronosa” (7°34'32.5''N; 80°33'26.3''O) (Fig. 1).

Logística y muestreo

El estudio se desarrolló desde octubre de 2003 hasta abril de 2004. Se realizaron cinco giras de cinco días cada una, dos en la estación lluviosa (octubre y noviembre de 2003) una en el mes de transición de estaciones lluviosa a seca (diciembre de 2003), una en la estación seca (enero de 2004) y otra en el inicio de la estación lluviosa (abril de 2004). Los muestreos se hicieron en horarios diurno, crepuscular y nocturno, aplicando búsqueda generalizada. El esfuerzo aproximado de 10 a 12 horas/hombre/día produjo un esfuerzo total aproximado de 250 a 300 horas/hombre.

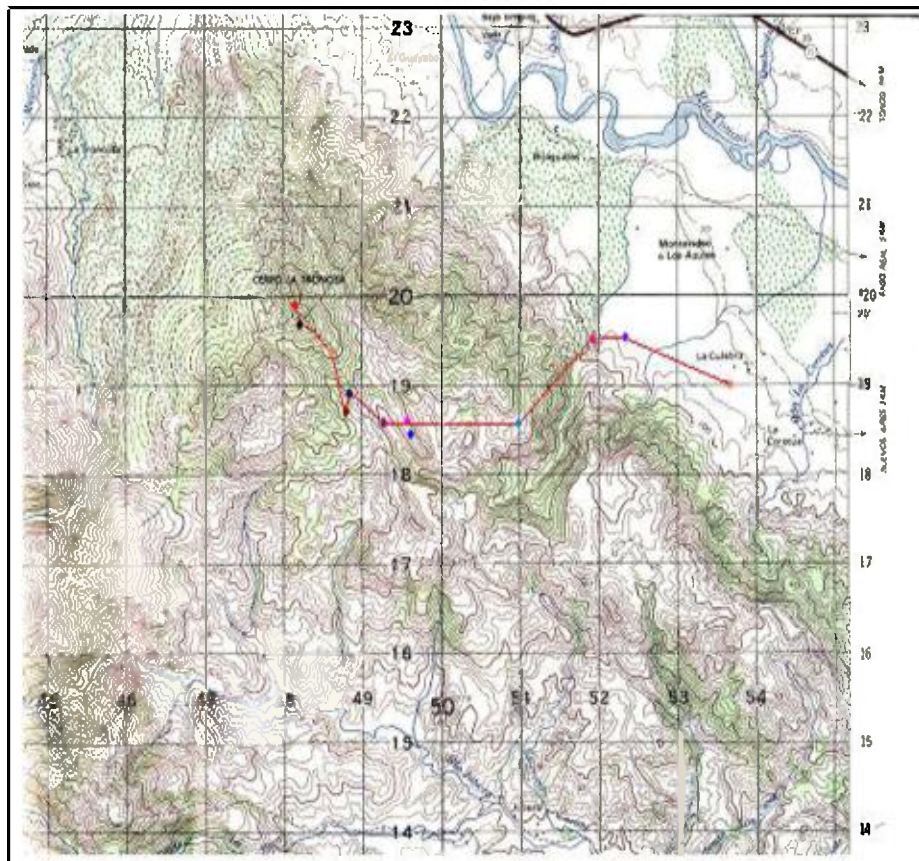


Fig. 1. Sección de la hoja topográfica de la Reserva Forestal La Tronosa. El símbolo * corresponde a Quebrada Aguas Azules; * Quebrada Los Vergara; * Caída de agua cerca de la estación; * cima del cerro “La Tronosa”.

Colecta, fijación y determinación taxonómica

Los ejemplares fueron colectados con ganchos herpetológicos y algunas veces con la mano, colocándolos en bolsas de tela para su posterior determinación. Para provocar la muerte celular, las muestras fueron anestesiadas con el frío del refrigerador y seguidamente colocadas en el congelador. Las muestras se fijaron según el protocolo de Pissani & Villa (1974) y se etiquetaron con la siguiente información: código numérico, lugar de colecta, fecha de colecta, y colector/es. Para la determinación taxonómica se utilizaron claves dicotómicas, separatas especializadas para herpetofauna y otras publicaciones especializadas (e.g. Peters & Donoso-Barros 1986; Savage & Villa 1986; Leenders 2001; Savage 2002).

RESULTADOS

En total se reportan 32 especies, 25 géneros y 10 familias, que corresponden a los subórdenes Sauria y Serpentes. Sauria presentó el mayor número de especies con 17 y Serpentes 15.

Sauria está representado por las siguientes seis familias: Corytophanidae, de la cual observamos miembros de *Basiliscus basiliscus*; Gekkonidae representada por *Gonatodes albogularis*, *Hemidactylus frenatus*, *Lepidoblepharis sanctaemartae*, *Sphaerodactylus* sp. (cercana a *S. graptolaemus*), *S. homolepis*, *S. lineolatus*, y *Thecadactylus rapicauda*; a Iguanidae la representa *Iguana iguana*; a Polychrotidae corresponden *Anolis auratus*, *A. limifrons*, *A. lemurinus*, y *Polychrus gutturosus*; Scincidae está representada por *Mabuya unimarginata*; y Teiidae por *Ameiva ameiva*, *A. leptophrys*, y *A. quadrilineata* (Cuadro 1).

Al suborden Serpentes lo representan cuatro familias; Boidae por *Boa constrictor*; Colubridae familia con mayor representantes en el área con *Dendrophidion percarinatum*, *Dryadophis melanolomus*, *D. pleii*, *Erythrolamprus bizona*, *Imantodes cenchoa*, *Leptodeira annulata*, *Leptophis ahaetulla*, *Oxhyropus petolarius*, *Oxybelis aeneus*, *Phimophis guianensis*, *Sibon annulatus*, y *Spilotes pullatus*. Solamente se reporta una especie para cada familia de fserpientes venenosas Elapidae y Viperidae, las especies respectivamente son *Micrurus nigrocinctus* y *Bothrops asper* (Cuadro 2).

Aunque la riqueza de especies es relativamente alta, las poblaciones son modestas, sólo para *Basiliscus basiliscus*, *Anolis auratus*, *A. limifrons* y *Ameiva quadrilineata* por Sauria, y *Leptodeira annulata* y *Bothrops asper* por Serpentes e hicieron registros mayores de cinco individuos. Inclusive todas las especies consignadas como “raras” y “en peligro” fueron registradas solo una vez (Cuadros 1 y 2).

Utilizando los conceptos desarrollados por TNC es posible señalar que el 53% de las especies encontradas están determinadas como muy abundantes, con distribución extensa y seguras mundialmente (G5); 20% considerado abundante a nivel mundial (G4); 24% como especies raras (G3) (*Lepidoblepharis sanctaemartae*, *Sphaerodactylus homolepis*, *S. sp.* cercana a *S. graptolaemus*; *Ameiva leptophrys*; *Dryadophis pleii*, *Erythrolamprus bizona*, *Phimophis guianensis*), y

3% está en peligro mundial por su rareza (G2) (*Sibon annulatus*). (Cuadros 1 y 2, y Fig. 2). El 50% del total de especies reportadas están consideradas como abundantes y seguras en Panamá (N5); 9% considerado como muy abundante en el territorio nacional (N4); 9% posee condición dudosa a nivel nacional por falta de información o trabajos en campo (UN) (*Sphaerodactylus homolepis* y *S. sp.* cercana a *S. graptolaemus*). El 26% son consideradas muy raras en su distribución nacional o solo se ha reportado localmente (N3) (*Lepidoblepharis sanctaemartae*, *Anolis lemurinus*, *Polychrus gutturosus*, *Ameiva leptophris*, *Dendrophidion percarinatum*, *Dryadophis pleii*, *Erythrolamprus bizona*, *Imantodes cenchoa*, y *Phimophis guianensis*); y el 6% están consideradas en peligro nacional (N2) (*Sibon annulatus*) (Cuadros 1 y 2, y Fig. 3).

DISCUSIÓN

Las 32 especies reportadas para la RFT representan el 14% de la totalidad de reptiles reconocidos para el territorio panameño. Comparando nuestros resultados con estudios realizados en áreas protegidas en la Península de Azuero, específicamente en el Parque Nacional Cerro Hoya (PNCH), y la Reserva Forestal El Montuoso (RFM), encontramos similar riqueza de especies entre las áreas precitadas y la RFT; el PNCH posee riqueza de 34 especies, excluyendo tortugas marinas (Martínez Cortés 1999), y la RFM posee riqueza de 33 especies (Rodríguez *et al.*, 2004).

Según criterios de UICN los saurios *Sphaerodactylus homolepis*, *Anolis (Norops) lemurinus* y *Ameiva quadrilineata*; y la serpiente *Sibon annulatus* son considerados “vulnerable” (VU) y el saurio *Sphaerodactylus sp.*, si se confirma como *S. graptolaemus* sería especie “en peligro” (EP); además según TNC 11 especies están consideradas como amenazadas a nivel nacional y ocho amenazadas a nivel global en contraste con el PNCH que posee 13 especies continentales amenazadas a nivel nacional y tres especies amenazadas a nivel global (Martínez Cortés 1999). La RFM posee nueve especies amenazadas nacionalmente y una amenazada a nivel global (Rodríguez *et al.*, 2004).

Cuadro 1. Saurios encontrados en la RFLT, nombre común, cantidad de registros, estado de conservación y ámbito de distribución global y nacional.

Taxón	Nombre común	# de registros	Estado de Conservación (UICN)	Rango de Distribución Global/Nacional
Corytophanidae				
<i>Basiliscus basiliscus</i>	Meracho	11		G4/ N4
Gekkonidae				
<i>Gonatodes albogularis</i>	Limpiacasas	3		G5/ N4
<i>Hemidactylus frenatus</i>	Limpiacasas	4		G5/ N5
<i>Lepidoblepharis sanctaemartae</i>	*	3		G3/ N3
<i>Sphaerodactylus</i> sp. (cercano a <i>S. graptolaemus</i>)	Mestizo	1	EP	G3/ NU
<i>Sphaerodactylus homolepis</i>	Mestizo	1	VU	G3/ NU
<i>Sphaerodactylus lineolatus</i>	Mestizo	2		G4/ N4
<i>Thecadactylus rapicauda</i>	*	1		G5/ N4
Iguanidae				
<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	2		G5/ N3
Polychrotidae				
<i>Anolis (Norops) auratus</i>	Lagartija	7		G4/ N4
<i>Anolis (Norops) lemurinus</i>	Lagartija	4	VU	G4/ N3
<i>Anolis (Norops) limifrons</i>	Lagartija	8		G5/ N4
<i>Polychrus gutturosus</i>	Iguanillo	2		G5/ N3
Scincidae				
<i>Mabuya unimarginata</i>	*	3		G4/ N4
Teiidae				
<i>Ameiva ameiva</i>	Borriguero	2		G5/ N5
<i>Ameiva leptophris</i>	Borriguero	3		G3/ N3
<i>Ameiva quadrilineata</i>	Borriguero	14	VU	G4/ N4

* = sin nombre común conocido en el área

EP: Especie en peligro; VU: Especie vulnerable; G3: Muy raro en su distribución mundial; G4: Abundante, aparentemente seguro mundialmente; G5: Muy abundante y seguro mundialmente; NU: Condición dudosa por falta de información; N3: En peligro nacional; N4: Seguro nacionalmente; N5: Seguro y extenso nacionalmente.

Cuadro 2. Serpentes encontradas en la RFLT, nombre común, cantidad de registros, estado de conservación y ámbito de distribución global y nacional.

Taxón	Nombre común	# de registros	Estado de Conservación (UICN)	Ámbito de Distribución Global/Nacional
Boidae				
<i>Boa constrictor</i>	Boa constrictora	1		G5/ N4
Colubridae				
<i>Dendrophidion percarinatum</i>	*	3		G4/ N3
<i>Dryadophis melanolomus</i>	*	2		G4/ N4
<i>Dryadophis pleii</i>	*	1		G3/ N3
<i>Erythrolamprus bizona</i>	Falsa coral	1		G3/ N3
<i>Imantodes cenchoa</i>	Bejuquilla	4		G5/ N3
<i>Leptodeira annulata</i>	Sapera	7		G5/ N4
<i>Leptophis ahaetulla</i>	Bejuquilla	1		G5/ N4
<i>Oxyropus petolarius</i>	Falsa coral	1		G5/ N4
<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla	1		G5/ N4
<i>Phimophis guianensis</i>	*	1		G5/ N5
<i>Sibon annulatus</i>	Caracolera	1		G3/ N3
<i>Spilotes pullatus</i>	Gallotera, Javá	1	VU	G2/ N2
Elapidae		2		G5/ N4
<i>Micrurus nigrocinctus</i>	Coralilla	1		G5/ N4
Viperidae				
<i>Bothrops asper</i>	Bocaracá, Equis	23		G5/ N5

* = sin nombre común conocido en el área

VU: Especie vulnerable; G2: Peligro mundial por su rareza; G3: Muy raro en su distribución mundial; G4: Abundante, aparentemente seguro mundialmente; G5: Muy abundante y seguro mundialmente; N2: Peligro nacional por su rareza; N3: Muy raro en su distribución nacional; N4: Abundante y aparentemente seguro nacionalmente; N5: Muy abundante y seguro nacionalmente.

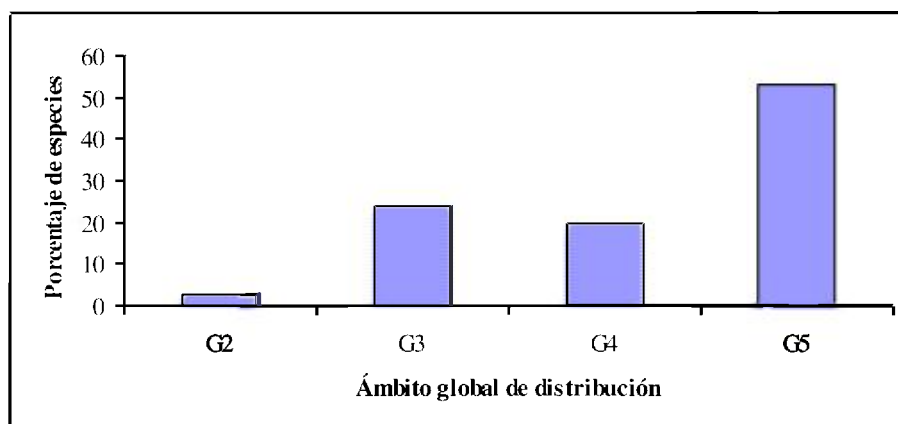


Fig. 2. Porcentaje de especies reptiles presentes en la Reserva Forestal La Tronosa según su ámbito global de distribución. Donde G2: Peligro mundial por su rareza; G3: Muy raro en su distribución mundial; G4: Abundante, aparentemente seguro mundialmente; G5: Muy abundante y seguro mundialmente.

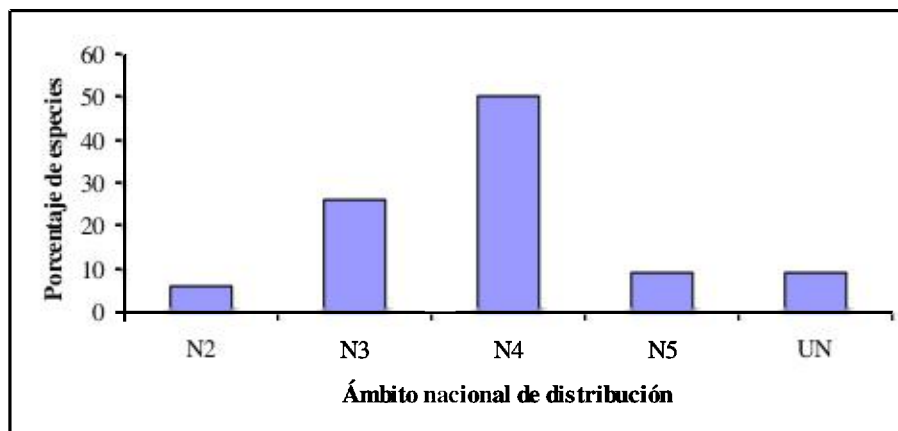


Fig. 3. Porcentaje de reptiles presentes en la Reserva Forestal La Tronosa según su ámbito nacional de distribución. Donde N2: Peligro nacional por su rareza; N3: Muy raro en su distribución nacional; N4: Abundante y aparentemente seguro nacionalmente; N5: Muy abundante y seguro mundialmente; UN: Condición dudosa por falta de información.

La riqueza de especies en la RFT a pesar de su modificación y fragmentación quizás se asemeja a la de otras áreas protegidas en la península de Azuero (RFM, PNCH) ya que la fragmentación del área incrementa la proporción de bordes expuestos a otros hábitat promoviendo el desplazamiento de especies entre los mismos; lo que permite que algunas especies con excelentes habilidades de dispersión invadan y colonicen hábitats perturbados, o penetren al interior del hábitat natural (Ferris 1979; Goosem 1997; Schlaepfer & Gavin 2001). Especies como *Anolis auratus*, *Mabuya unimarginata*, *Ameiva quadrilineata*, fueron encontradas en los bordes del bosque. De igual manera muchas especies exclusivas de bosques como *Lepidoblepharis sanctaemartae*, *Anolis humilis*, *Ameiva leptophrys*, *Dendrophidion percarinatum*, y *Sibon annulatus* quedarían encerradas en sus hábitats característicos.

De conformidad con lo señalado por Kattan (2002), esta riqueza de especies relativamente mayor sería pasajera ya que los efectos producidos por la fragmentación de los bosques y el aislamiento de los fragmentos, mermarían la cantidad de individuos en aquellos espacios más susceptibles a dichos efectos. Es conocido que el aislamiento afecta la distribución local de especies, su desplazamiento, y disminuye los sitios para reproducción (Schelhas & Greenberg 1996; Tocher et al., 1997).

Pocas especies superaron la cantidad de cinco individuos tanto observados como colectados, a excepción de las serpientes *Leptodeira annulata* y *Bothrops asper* y los saurios *Basiliscus basiliscus*, *Anolis auratus*, *A. limifrons* y *Ameiva quadrilineata*, esto quizás sugiere que la sensibilidad a la fragmentación y el aislamiento probablemente varía entre grupos taxonómicos específicos. Los grupos sensibles, debido al relativo bajo número de individuos, y a la reducida disponibilidad de hábitat suelen ser más vulnerables a otras intervenciones humanas y a desastres naturales llevando así a una extinción local de especies y la pérdida de variabilidad genética. La extinción local de especies podría causar efectos directos e indirectos en la dinámica de la RFT y las interacciones interespecíficas que en ella se desarrollan.

Un factor adicional de vulnerabilidad a extinciones locales es el límite de distribución (poblaciones que están en su límite de distribución tanto geográfica como ecológica); la serpiente *Dryadophis pleii* y los

saurios *Sphaerodactylus homolepis* y *Sphaerodactylus lineolatus* están en los límites de su distribución geográfica (Köhler 2003). Estudios poblacionales en remanentes de bosques en los Andes colombianos muestran que algunas especies en su límite de distribución se extinguieron localmente (Kattan 2002).

Los resultados del estudio nos permiten resaltar la RFLT como zona de alta diversidad herpetológica e importante para la preservación de la fauna local a pesar de poseer la zona boscosa extraordinariamente reducida e influenciada negativamente por la actividad antropogénica. A pesar de su importancia para elementos herpetológicos no hay señal de acciones efectivas para controlar la tasa de deforestación, las quemas y contaminación con agroquímicos, los cuales permiten que los hábitats boscosos, aún los fragmentados y sus remanentes estén en condiciones paupérrimas para soportar poblaciones silvestres a largo plazo.

Para evitar la posible extinción local de especies en la RFT proponemos crear conexiones entre los fragmentos para comunicar las poblaciones silvestres. De esta forma se manipularía la conectividad entre los fragmentos, así poblaciones grandes en fragmentos reducidos migrarían a fragmentos mayores, incrementando no solo la heterogeneidad en los hábitats, sino también la cantidad de sitios reproductivos, el tamaño y densidad poblacional, y la composición de las comunidades en cada fragmento conectado, (e.g. Kattan & Álvarez López 1996; Kellman *et al.*, 1996). Si se promueven estas estrategias, las mismas deben permitirles a las comunidades obtener beneficios sustentables directos.

REFERENCIAS

Andersen, M., A. Thornhill & H. Koopowitz. 1997. Tropical forest disruption and stochastic biodiversity losses. pp. 281-291. En: Lawrence, W. F. & R. Bierregaard. Tropical forest remnants. ecology, management and conservation of fragmented communities. Univ. Chicago Press, Estados Unidos. pp. 617.

Bierregaard, R., Jr. & P. Stouffer. 1997. Understory birds and dynamic habitat mosaics in Amazonian rainforest. pp. 138-155. En: Lawrence, W. F. & R. Bierregaard. Tropical forest remnants. ecology,

management and conservation of fragmented communities. Univ. Chicago Press, Estados Unidos. pp. 617.

Brown, K., Jr. & R. Hutchings. 1997. Disturbance, fragmentation and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies. pp. 91-110. En: Lawrence, W. F. y R. Bierregaard. Tropical forest remnants. Ecology, management and conservation of fragmented communities. Univ. Chicago Press, Estados Unidos. pp. 617.

Ferris, C. 1979. Effects of Interstate 95 on breeding birds in northern Maine. J. Wildl. Manage. 43: 421-427.

Garibaldi, C. 2004. Diversidad Biológica y Servicios Ambientales de los Fragmentos de Bosques en la Reserva Forestal Montuoso, Panamá. UP-ICAB-JICA. 238 p.

Goosem, M. 1997. Internal Fragmentation: The effects of roads, highways, and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. pp. 241-255. En: Lawrence, W. F. & R. Bierregaard. Tropical forest remnants. ecology, management and conservation of fragmented communities. Univ. Chicago Press, Estados Unidos. 617 p.

Kattan, G. 2002. Fragmentación: Patrones y mecanismos de extinción de especies. pp. 560-590. En: Guariguata, M. & G. Kattan. Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica.

Kattan, G. & H. Álvarez-López. 1996. Preservation and management of biodiversity in fragmented landscape in the Colombian Andes. Pp. 3-36. En: Schelhas, J. & R. Greenberg. Forest Patches in Tropical Landscapes. Island Press. Estados Unidos. 426 p.

Kellman, M., R. Tackaberry & J. Meave. 1996. The consequences of prolonged fragmentation: Lessons from tropical gallery forest. pp. 37-58. En: Schelhas, J. y R. Greenberg. Forest Patches in Tropical Landscapes. Island Press. Estados Unidos 426 p.

Köhler, G. 2003. Reptiles de Centroamérica. Herpeton. Alemania. 367 p.

Lawrence, W. F. & R. Bierregaard. 1997. Tropical forest remnants. ecology, management and conservation of fragmented communities. Univ. Chicago Press, Estados Unidos. 617 p.

Leenders, T. 2001. A Guide to Amphibians and Reptiles of Costa Rica. A Zona Tropical Publication. 305 p.

Martínez Cortés, V. 1999. Caracterización de la herpetofauna del Parque Nacional Cerro Hoya. Pp. 95-112. En: Alvarado, R. & D. Hernández. Parque Nacional Cerro Hoya. Proyecto Desarrollo Sostenible del Parque Nacional Cerro Hoya y su Zona de Vecindad. Autoridad Nacional del Ambiente y ECO-GTZ, Alemania. 198 p.

Martínez Cortés, V. & A. Rodríguez. 2005. Datos preliminares sobre los anfibios y reptiles de Bahía Honda e Isla Canales de Tierra (Veraguas, Panamá). Pp. 571-626. En: Estudios sobre la biodiversidad de la región de Bahía Honda (Veraguas, Panamá). S. Castroviejo & A. Ibáñez (Eds.). Biblioteca de Ciencias, 20. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Peters, J. & R. Donoso-Barros. 1986. Catalogue of the Neotropical Squamata. Part I, II. Smithsonian Institution Press. Estados Unidos. 293 p.

Pissani, J. & J. Villa. 1974. Guía de técnicas de preservación de anfibios y reptiles. SSHR Circular Herpetológica No.2. Univ. Kansas Mus. Hist. Nat., 28 p.

Rodríguez, A., V. Martínez Cortés & C. Garibaldi. 2004. Inventario de reptiles en los bosques secundarios en la Reserva Forestal El Montuoso, Herrera, Panamá. pp. 119-137. En: Garibaldi, C. Diversidad Biológica y Servicios Ambientales de los Fragmentos de Bosques en la Reserva Forestal Montuoso, Panamá. UP-ICAB-JICA. 238 p.

Savage, J. M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica. A Herpetofauna between Two continents, between Two Seas. The University of Chicago Press. Estados Unidos. 934 p.

Savage, J. M. & J. Villa. 1986. Introducción a la herpetofauna de Costa Rica. SSAR. Estados Unidos, 207 p.

Schellhas, J. & R. Greenberg. 1996. Forest patches in tropical landscapes. Island Press. Estados Unidos. 426 p.

Schlaepfer, M. & T. Gavin. 2001. Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. *Conservation Biology* 15(4): 1079-1090.

Tocher, M., C. Gascon & B. Zimmerman. 1997. Fragmentation effects on a central amazonian frogs community: A ten-year study. Pp. 124-140. En: Lawrence, W. F. & R. Bierregaard. *Tropical Forest Remnants. Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities*. Univ. Chicago Press, Estados Unidos. 617 p.

Viana, V. M., A. A. Tabanez & J. L. Batista. 1997. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. Pp. 351-365. En: Lawrence, W. F. & R. Bierregaard. *Tropical forest remnants. ecology, management and conservation of fragmented communities*. Univ. Chicago Press, Estados Unidos. 617 p.

Young, B. E., G. Sedaghatkish, E. Roca & Q. D. Fuenmayor. 1999. El estatus de la conservación de la herpetofauna de Panamá. Resumen del primer taller internacional sobre la herpetofauna de Panamá. The Nature Conservancy y la Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ANCON). Panamá, 40 p.

Recibido marzo de 2006, aceptado mayo de 2006.



MALFORMACIONES MORFOLÓGICAS EXTERNAS EN LAS ETAPAS LARVIARIAS DEL CAMARÓN *LITOPENAEUS VANNAMEI* CULTIVADOS EN LABORATORIO

¹Lella Y. Jordán G., ¹Domisiana Santamaría C., ²Italo Gott

¹Instituto Urracá, ²Centro Regional Universitario de Veraguas, Universidad de Panamá.

RESUMEN

A partir de nauplii de *Litopenaeus vannamei*, depositados en tinas de levantamiento larval, se estudió el tipo de malformaciones desarrolladas en cada uno de los estadios larvales, la sobrevivencia y la influencia de las variables físico-químicas, que determinan la calidad de agua, sobre estas. Se utilizaron cinco salas de levantamiento larval, con diez tinas cada una, se observaron 13 tipos diferentes de malformaciones entre los estadios de nauplio y poslarva, la frecuencia de malformaciones varía de 0 a 69 %, de acuerdo al sub-estadio. Las malformaciones asociadas a la mortalidad de las larvas son ausencia de los procesos caudales en Nauplio y Zoea, desarrollo anormal de urópodos en Zoea III, cuerpo curvo en Zoea III y Mysis, y falta de pleópodos en Poslarva, estructuras relacionadas con el comportamiento natatorio. Se muestra diferencia de incidencia de malformaciones, de acuerdo al laboratorio de origen de los nauplii. Valores de nutrientes y amonio por encima del ámbito reportado para la zona de estudio y para el desarrollo de larvas de peces en laboratorio fueron encontrados como variables que inciden en las malformaciones de los diferentes estadios larvales.

PALABRAS CLAVES

Malformaciones larvianas, síndrome de la Zoea II, sobrevivencia de larvas, *Litopenaeus vannamei*.

ABSTRACT

The abnormalities from different larval stage of *Litopenaeus vannamei* that grow up from hatcheries were detected. The survivor rate and the physicochemical variables

that characterized the water quality were calculated. Five hatcheries rooms were used, with ten concrete tanks each one, and 13 different abnormalities between Naupli to Postlarval stage were detected, with a frequency from 0 to 69 %, accordingly to the sub-stage. The abnormalities associated with the larvae mortalities are absence of caudal processes in Naupli and Zoea, abnormal uropods development in Zoea III, curved body in Zoea III and Mysis, and pleopods absence in Postlarvae. There are different abnormality incidence accordingly from the laboratory origin of the Nauplii. So high nutrients and ammonium values were found to characterized the water quality in the zone near the hatcheries, and was bound the parameters responsible for the abnormality at the different larval stage.

KEYWORDS

Larvae abnormally, Z-II Syndrome, zoea mortalities, *Litopenaeus vannamei*.

INTRODUCCIÓN

La actividad acuícola más importante en el istmo centroamericano, y en especial en Panamá es el cultivo de camarones peneidos, básicamente el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Las fincas de producción de camarón obtienen las poslarvas de individuos desarrollados en laboratorios de producción larvaria, uno de los problemas que enfrentan los organismos allí obtenidos son las malformaciones externas que han sido achacadas originalmente al sub-estadio de Zoea II, por lo cual se le asignó el nombre de Síndrome de Zoea II. Aunque la causa de las malformaciones ha sido escasamente documentada y pobremente entendida (Berock *et al.*, 1994), se indica que puede ser producida por Chlamydia (Pantoja *et al.*, 1998), o toxinas (Polo & Chamorro 2000), mientras que por otro lado se ha descartado el origen a partir de bacterias, virus y Rickettsia (Pantoja *et al.*, 1998). Se considera que la mayor causa de muerte en los etapas larvales de camarones de cultivo están asociadas a Vibriosis y Baculovirus (Arellano 1995), Síndrome de la Zoea (Juárez 1997), deformidad retardada (RDS) por bacterias intracelulares (Berock *et al.*, 1994) y IHNV (Becerra *et al.*, 1991).

Pantoja *et al.* (1999) indican que las malformaciones internas desarrolladas en el Síndrome de Zoea II son resultado de inclusiones intracelulares sugestivas de Chlamydia. Juárez (1997) determinó que el Síndrome de Zoea II causa anorexia, evacuación rápida del contenido digestivo, atrofia del hepatopáncreas, inflamación del

tracto digestivo, nado errático, pérdida de pigmentación y eventual muerte por inanición, entre otras cosas, debido al grosor anormal del epitelio mucoso del tracto digestivo medio, células necróticas en el lumen del tracto digestivo y baja vacuolización del hepatopáncreas.

En nuestro país, ha sido poco estudiado el fenómeno de la deformidad larvaria, básicamente debido al descenso de la producción causado por la Patología de la Mancha Blanca, lo cual ha desviado el interés hacia dicha enfermedad, a expensas del problema larvario.

Se estudió las malformaciones observadas en los distintos estadios larvarios de *L. vannamei*, la sobrevivencia a través del ciclo de desarrollo larvario y posible relación con variables físico-químicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se depositaron individuos en estadio de nauplio en 10 tinas por sala, en cinco salas de levantamiento larvario del Laboratorio Incubadora Marina, localizado en Juan Hombrón, provincia de Coclé, a 8° 19' 16" N y 80° 109' 38" W, a una densidad entre uno a dos millones y medio de organismos por tina, procedentes de cuatro laboratorios de producción de nauplii.

A través del desarrollo ontogénico se anotaron las malformaciones morfológicas externas encontradas en los diferentes estadios larvales, se anotó el tipo y frecuencia de malformación a través de la colecta de organismos en vaso químico de 250 ml de los cuales se obtuvieron tres alícuotas de 1 ml, se expresó la densidad de larvas por tina en "número de individuos/ 250 ml", de las cuales se determinó el porcentaje de presencia de malformaciones, que fueron observadas bajo microscopio. Se llevó registro de las malformaciones de acuerdo al laboratorio de procedencia.

Las variables físico-químicas que determinan la calidad de agua del levantamiento larvario, se determinaron de la siguiente manera: la salinidad con un Salinómetro de campo, la temperatura con un termómetro graduado, y los nutrientes: nitrito, nitrato, fosfato, silicato y amoníaco, a través del método de Strickland & Parson (1972), para estas últimas se determinó los valores en dos tinas de una sala, en época lluviosa.

El porcentaje de sobrevivencia se determinó, para cada una de las tinas de cada sala individualmente, a través de la lectura de 10 alicuotas tomadas en vaso químico de 250 ml colectadas al azar en diferentes zonas de las tinas.

Debido a que el número de individuos sembrados por tina varió, se decidió hacer análisis de comparación de proporciones (Steel & Torrie 1985, Daniel 1987) para estimar si existía diferencia en la presencia de malformaciones por estadio.

RESULTADOS

Tipos de malformaciones:

Se determinaron 13 tipos diferentes de malformaciones entre los estadios y sub-estadios larvales, en las cinco salas de cultivo, sin embargo, algunas malformaciones se repitieron a lo largo de varios estadios, como rostrum curvo que se presentó consecutivamente en dos sub-estadios de Zoea, y cuerpo curvo que se presentó en todos los estadios y sub-estadios desde Zoea hasta Poslarva (Cuadro 1).

En el estadio de Nauplio, las malformaciones observadas se relacionan con la formación de procesos caudales y las espinas respectivas. La etapa larvaria que presentó mayor cantidad de malformaciones fue la de Zoea, además de mantenerse estas en la mayoría de los tres sub-estadios. En la etapa de Mysis se observó la persistencia de las malformaciones en todos los sub-estadios, cuerpo curvo y ausencia de espinas en el telson. En la etapa de Poslarva se observó el cuerpo curvo o en forma de gancho y la inexistencia de pleópodos (Cuadro 1).

Malformaciones por estadio:

Nauplii:

El porcentaje de individuos malformados, por laboratorio de procedencia, fue de 17 % para el lab A, 39 % para el lab C y 25 % para el lab D (Cuadro 2). El análisis estadístico de comparación de proporciones indica que existe diferencia significativa de la presencia de malformaciones de las larvas de acuerdo al laboratorio de procedencia lab A vs lab C ($Z_c = 4,95$), y del lab C vs lab D

($Z_c = 3,41$), mientras que no hay diferencia significativa entre las larvas procedentes de los lab A y lab D ($Z_c = 0,74$).

Cuadro 1. Tipos de malformaciones encontradas en los diferentes estadios larvarios en las cinco salas de cultivo.

MALFORMACIONES	ESTADIO	SALAS				
		1	2	3	4	5
Ausencia de procesos caudales	N	X	X	-	-	-
Espinas caudales grotescas	N	X	X	-	-	-
Ausencia de espinas caudales	N	X	X	-	-	-
Setas caudales incompletas	Z _I	X	X	X	X	X
Setas caudales grotescas	Z _I	X	X	X	X	X
Setas Rostrales torcidas	Z _I	X	X	X	X	X
Ausencia de procesos caudales	Z _I	X	X	X	X	X
Desarrollo anormal de las espinas caudales	Z _I	X	X	X	X	X
Rostrum curvo	Z _{II}	X	X	X	X	X
Rostrum no desarrollado normalmente	Z _{II}	-	-	-	-	-
Rostrum curvo	Z _{III}	X	X	-	-	X
Desarrollo anormal de urópodos	Z _{III}	X	-	-	X	-
Ausencia de espinas en los somitas abdominales	Z _{III}	-	X	-	-	-
Cuerpo curvo	Z _{III}	X	X	-	-	X
Cuerpo curvo	M _I	X	X	-	X	X
Ausencia de espinas del telson	M _I	-	X	-	-	X
Cuerpo curvo	M _{II} M _{III}	X	X	-	X	X
Ausencia de espinas del telson	M _{II}	-	-	-	-	X
Cuerpo curvo	PL	-	-	-	X	X
Falta de pleópodos	PL	-	X	-	-	-

Cuadro 2. Porcentaje de malformaciones externas de los diferentes estadios larvales y de acuerdo al laboratorio de procedencia.

Estadio	Laboratorio de procedencia			
	A	B	C	D
N	17	33	39	25
Z _I	21	43	28	20
Z _{II}	22	40	42	17
Z _{III}	13	18	50	29
N _I	6	10	-	19
N _{II}	6	23	-	8
N _{III}	3	15	-	20
PL	1	-	-	17

Zoea:

En el estadio de Zoea I, a pesar de que el lab B mostró un porcentaje de malformación mayor que el resto, 43 %, la prueba estadística no mostró diferencias significativas con las tinas de organismos procedentes del lab A ($Z_c = 1,55$). Las larvas del lab D tampoco mostraron diferencias significativas con las procedentes del lab A ($Z_c = 0,84$). Sin embargo, las larvas procedentes del lab C mostraron diferencias significativas con las originadas en el lab A ($Z_c = 5,70$).

Sobrevivencia:

El control larvario para determinar la sobrevivencia fue iniciado al cuarto día de cultivo, en la etapa de Zoea II, la densidad de siembra entre tinas varió de 1,8 a 2,5 millones de larvas por tina. En este estadio la sobrevivencia varió de 14 a 56 %, sin embargo, la tina que presentó menor sobrevivencia, procedente del lab C, presentó mortalidad total para el siguiente sub-estadio, por lo cual no fue considerada en las observaciones.

La etapa de Zoea III presentó sobrevivencias entre 19 y 58 %, la Mysis I de 5 a 63 %, la etapa de Mysis II presentó sobrevivencias de 8 a 49 %, y la Mysis III de 11 a 41 % y finalmente la etapa de Poslarva presentó sobrevivencia de 9 a 36 % (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de sobrevivencia de las larvas a través del desarrollo larval, de acuerdo al laboratorio de procedencia y la densidad de siembra.

TINAS	Lab.	DENSIDAD DE SIEMBRA	DÍAS DE CULTIVO									
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	A	2,5	33	32	27	30	30	27	30	23	20	17
3	A	2	38	29	33	23	29	34	23	15	25	25
6	A	2,5	44	35	29	46	23	39	30	37	31	30
7	A	2,5	56	54	50	58	63	52	48	40	41	36
8	A	1,97		16	37	22	22	29	26	13	23	17
9	A	2,03		17	19	5	5	11	8	9	11	9
10	A	2		44	32	29	29	44	41	31	22	22
2	C	2,5	14	ELIMINADA								
4	D	2	55	55	51	51	51	47	49	42	38	31
5	D	1,8	47	30	37	32	36	29	35	24	24	22
Estadio Larval			Z _{II}		Z _{III}		M _I		M _{II}		M _{III}	PL

Nota: La densidad de siembra está dada en millones de nauplii

El desarrollo larval de camarones blancos indica una disminución consecutiva y sistemática del porcentaje de sobrevivencia, sin embargo, este patrón se mantiene independiente de la densidad de siembra, dos o dos millones y medio de nauplii, o de la procedencia de la larva, lab A y lab D (Fig. 1).

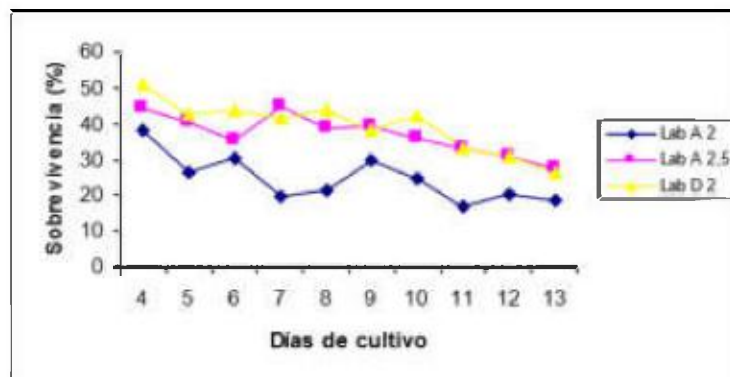


Fig. 1. Porcentaje de sobrevivencia de las larvas a través del desarrollo larval, de acuerdo al laboratorio de procedencia y la densidad de siembra.

Variables Fisico-Químicas y de calidad de agua:

La salinidad varió entre las cinco salas de cultivo, en promedio de 30,59 ‰ a 34,89 ‰, mientras que la temperatura varió, en promedio de 28,71 °C a 30,65 °C.

De los nutrientes analizados el fosfato mostró valores que variaron de 2,34 a 39,19 µg-at/l, el nitrato varió de 35,0 a 890,91 µg-at/l, el nitrito de 0,18 a 4,20 µg-at/l, el silicato de 99,5 a 703,11 µg-at/l y finalmente el amoníaco de 2,78 a 742,95 µg-at/l (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de nutrientes obtenidos de dos tinas de cultivo de larvas de *L. vannamei* a través del ciclo de cultivo.

Estadios larvarios	PO ₄		NO ₃		NO ₂		SiO ₄		NH ₃	
	L ₄	L ₇	L ₄	L ₇	L ₄	L ₇	L ₄	L ₇	L ₄	L ₇
N	2,34	14,33	35	471,36	0,18	1,05	703,11	692,2	2,78	16,89
Z _I	29,34	25,5	645,33	671,68	3,33	2,51	477,56	367,11	32,86	39,88
Z _{II}	20,76	16,67	517,36	396,45	4,2	3,38	192,89	158,6	66,77	53,79
Z _{III}	16,08	14,33	309,91	233,55	3,56	3,38	130,67	99,5	56,77	53,79
M _I	30,42	19,89	676,14	523,73	3,27	3,09	105,78	101,11	51,93	49,15
M _{II} y M _{III}	41,82	32,75	890,91	800,55	5,54	2,68	175,78	101,11	88,1	42,66
PL	39,19	35,68	852,73	742,73	2,57	2,45	280	160,2	742,95	38,95

Nota: La concentración de nutrientes está dada en µg-at/l.

DISCUSIÓN

Malformaciones:

A diferencia de lo encontrado por Juárez (1997), las malformaciones inician en el estadio de Nauplio, 10 a 39 % de malformados, mientras que de acuerdo al laboratorio de procedencia de los organismos se observó que el promedio de malformados varió estadísticamente de acuerdo al laboratorio.

De acuerdo a los datos obtenidos, el estadio que presenta mayor porcentaje de malformaciones es el de Zoea, sin embargo, a diferencia de lo observado por Juárez (1997) en los estadios posteriores se presenta malformaciones hasta llegar al estadio de Poslarva.

Debido a que el porcentaje de malformaciones en este estadio fue semejante, estadísticamente, entre laboratorios de procedencia, y que las larvas del lab A procedían de diferentes episodios reproductivos, parece indicar que el problema no necesariamente está relacionado con los progenitores, debido a las diferencias entre padrotes utilizados, de acuerdo a la edad, tiempo de reposo entre reproducciones, manejo de los mismos, etc.

Mortalidad:

Se observó una mortalidad acumulada, en estadios posteriores a Nauplio de 52 % de las tinas utilizadas, hasta llegar a Poslarva, semejante a lo encontrado por Pantoja *et al.* (1997) y Polo & Chamorro (2000) quienes indican una mortalidad de hasta 95 % de la población hasta el final del desarrollo larval, y a diferencia de lo reportado por Juárez (1997) quien indica que la mortalidad cesa luego de pasar el estadio de Zoea, sin embargo, en el presente estudio se observa mayor mortalidad en el estadio de Misis (36 %) lo cual indica claramente que esta etapa larvaria presenta un punto de crisis en el desarrollo ontogénico de la especie.

La etapa de misis marca el punto de cambio de tipo de alimentación, de fitoplanctófaga a zooplanctófaga, (Morales S/F) lo que implica que las larvas están obligadas a nadar para captura a su presa, la ausencia de espinas en el telson y el cuerpo curvo en este estadio larval intervienen negativamente en la función de natación, lo cual explicaría la razón por la cual uno de los signos clínicos de la enfermedad es letargo, nado errático y anorexia (Juárez 1997), la persistencia de malformaciones relacionadas con los apéndices natatorios a través del ciclo ontogénico del individuo refuerza la hipótesis del consecuente comportamiento etiológico del Síndrome, que de hecho no se circunscribe al sub-estadio Zoea II.

Variables fisico-químicas:

Los valores de salinidad y temperatura se encontraron dentro del ámbito adecuado para el cultivo de larvas de camarón. Sin embargo, los nutrientes presentaron los siguientes valores:

El fosfato mostró valores que variaron de 2,34 a 39,19 $\mu\text{g-at/l}$, según Aquacop (1983), la concentración normal de este nutriente, en salas de cultivo de larvas de camarón debe ser de 0,082 $\mu\text{g-at/l}$, por otro

lado, los valores máximos encontrados en el pacífico panameño son: 0,18 $\mu\text{g-at/l}$, (Veces & Govea 1984) y 0,51 $\mu\text{g-at/l}$ (Donoso & Ventura 1986) ambos en época lluviosa, 0,61 $\mu\text{g-at/l}$ (Jaén 1993) y 0,75 $\mu\text{g-at/l}$ (Kwiecinski *et al.*, 1975) ambos en febrero, y 2,90 $\mu\text{g-at/l}$ en época de afloramiento (D'Croz *et al.*, 1991) y finalmente 6,92 $\mu\text{g-at/l}$ en la Bahía de Parita (Goti 2001) . Los valores de fosfato encontrados en todo el ciclo de cultivo fueron más elevados que los reportados en la literatura para el Golfo de Panamá, y muy por encima de lo recomendado para larvicultura de peneidos.

El nitrato en el Golfo de Panamá ha presentado los siguientes valores máximos: 0,49 $\mu\text{g-at/l}$ (Veces & Govea *op cit*) en época lluviosa, 5,0 $\mu\text{g-at/l}$ en época seca 6,40 $\mu\text{g-at/l}$ en enero (Kwiencinski *et al. op cit*), 3,20 $\mu\text{g-at/l}$ en la Bahía de Parita (Muschet 1974). De acuerdo a Aquacop (1983) la concentración normal para el cultivo de camarón es de 1,129 $\mu\text{g-at/l}$, los valores mínimos encontrados en este estudio superan ese valor, y por otro lado, según Wickins (*op cit*) la exposición a 768 $\mu\text{g-at/l}$ durante 48 horas es tóxica, por lo que se puede inferir que las larvas en el presente estudio estuvieron sometidas a niveles tóxicos en todos los estadios de desarrollo larvario.

El nitrito en el Golfo de Panamá presentó valores máximos de 0,34 $\mu\text{g-at/l}$ en época seca (Donos & Ventura *op cit*), Davis *et al.* (1994) mostró valores de 0,0054 $\mu\text{g-at/l}$ en la zona del arco seco, en el cultivo de larvas de camarón se ha establecido que la concentración óptima es de 0,60 $\mu\text{g-at/l}$ (Aquacop 1983), mientras que Wickins (1976, citado por Santamaria & Garcia 1991) indica que a las 48 horas de exposición a 1,76 $\mu\text{g-at/l}$, este se vuelve tóxico, de acuerdo a los valores reportados por Chen & Chin (1988) se puede inferir que las larvas en el presente estudio estuvieron sometidas a niveles tóxicos en todos los estadios de desarrollo larvario

El silicato en el Golfo de Panamá ha sido reportado, como nivel máximo a 1,42 $\mu\text{g-at/l}$ en febrero (Donoso & Ventura *op cit*), 3,13 $\mu\text{g-at/l}$ en época lluviosa (Veces & Govea *op cit*), 2,85 $\mu\text{g-at/l}$ en época de pre-afloramiento (Kwiecinski *op cit*), 45 $\mu\text{g-at/l}$ en la Bahía de Panamá (Jaén & Muschett 1973)). De acuerdo a Aquacop (1983) la concentración normal para el cultivo de camarón es de 30,48 $\mu\text{g-at/l}$, los valores mínimos encontrados en este estudio superan ese valor.

La amonía se ha reportado en concentraciones de 0.135 $\mu\text{g-at/l}$ en puestos de bombeo de fincas camaroneras del arco seco (Davis *op cit*). Marangos *et al.* (1990) reportó que las poslarvas excretan una concentración de amonía de 7.4 $\mu\text{g-at/l}$, la cual es cinco veces mayor que en juveniles y adultos, por otro lado Chen & Chin (*op cit*) encontraron que la concentración tóxica para camarones varía de 0.3284 a 1.80 $\mu\text{g-at/l}$, Wickins (*op cit*) indica que el valor tóxico es de 1.0608 $\mu\text{g-at/l}$, Chen & Kow (1992) encontraron niveles tóxicos de 4.11 $\mu\text{g-at/l}$, mientras que a 1.37 $\mu\text{g-at/l}$ produce retardo en el crecimiento. El valor normal para cultivo de larvas de camarón, según Aquacop (1983) es de 0.082 $\mu\text{g-at/l}$. De acuerdo a lo obtenido en las diferentes tinas de cultivo, los valores encontrados superan los niveles de toxicidad para las larvas de camarón.

Los valores encontrados de nutrientes en las diferentes etapas del ciclo de vida larval del camarón blanco *L. vannamei* no son típicos de la zona de estudio, ni son propios para el larvicultivo de este grupo de camarones, por el contrario, son valores que producen toxicidad luego de, por lo menos, 48 horas de exposición, en términos generales.

REFERENCIAS

Aquacop 1983. Tecnología de France aguaculture para la producción de poslarva de *Penaeus vannamei* y *Penaeus stylirostris* en Punta Chame. Dirección Nacional de Acuicultura. MIDA. Mimeografiado.

Becerra, L., O. Alvarez, M. Tarté & M. de Ruiz. 1991. Infección de *Penaeus stylirostris*. Stimpson, (1874) por el virus que causa la necrosis infecciosa hipodérmica hematopoyética del camarón (N.IHH) en la República de Panamá. Notas veterinarias. 1(4): 41 – 49.

Berock, J. A., J. Block & K. L. Main. 1994. A guide to the common problem and diseases of culture *Penaeus vannamei*. Oceanic Institute, Hawaii. 241 p.

Chen, J. C. & T. S. Chin. 1988. Acute toxicity of nitrite to tiger prawn, *Penaeus japonicus* juveniles. Aquaculture. 104: 249 – 260.

Chen, J.C. & Y.Z. Kow. 1992. Effects of ammonia on growth and moulting of *Penaeus japonicus* juvenils. Aquaculture. 104: 249-260.

Daniel, W.W. 1987. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. Limusa. 667 p.

Davis, I., I. de Tapia & I Gotti. 1994. Monitoreo de agua en puestos de bombeo de fincas camarónicas de la Bahía de Parita. Panamá. Boletín Científico Informativo y Bibliográfico, CEDIA MIDA. 7(1): 10 – 12.

Donoso, J. & P. Ventura. 1986. Parámetros fisicoquímicos en la bahía de Panamá durante la temporada de afloramiento 1985. Tesis Universidad de Panamá. 40 p.

D'Croz et al. 1991. D'Croz, L., J. del Rosario & J. A. Gómez. 1991. Upwelling and phytoplankton in the Bay of Panamá. Rev. Biol. Trop. 39(2): 233 – 241.

Goti, I. 2001. Calidad de agua en la zona costera de la Bahía de Parita, asociada al cultivo de camarón. Visión Agroempresarial. Edición especial. 1era Feria del Agua de Centroamérica y el Caribe. 7-8.

Jaén & Muschett 1973 Jaén, A. & A. Muschett. 1973. Oceanografía física y química del Golfo de Panamá desde noviembre de 1972 a febrero de 1973. Tesis Universidad de Panamá. 70 p.

Juárez, L. 1997. The Zoea II Syndrome a recently recognized problem in shrimp hatcheries. 24 – 30. En D.E. Alston, B.W. Green & H.C. Clifford (eds), IV Symposium on Aquaculture in Central America: focusing on shrimp and tilapia, 22 – 24 April 1997. Tegucigalpa, Honduras. Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras and the Latin American Chapter of the World Aquaculture Society.

Kwiecinski, B., A. Jaén & A. Moschett. 1975. Afloramiento en el Golfo de Panamá durante la temporada de 1973. AN. Centro Cienc. Mar y Limnol. Unam. 2(1): 73 – 80.

Marangos, C., E. Alliot; C. H. Brogen & H. J. Ciccaldi. 1990. Nycthemeral variation of ammonia excretion in *Penaeus japonicus* (crustacea, decapoda, penaidae). Aquaculture. 84: 383 – 391.

Morales, V. S/F. Levantamiento larvario de camarones peneidos. Boletín Técnico No. 1, PRADEPESCA 44p.

Pantoja, C.R., D.V. Lightner & R.M. Redman. 1997. Morphological pathology of the Zoea II Syndrome of penaeid shrimp. 182- 184. In D.E. Alston, B.W. Green & H.C. Clifford (eds), IV Symposium on Aquaculture in Central America: focusing on shrimp and tilapia, April 22 – 24 1997. Tegucigalpa, Honduras. Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras and the Latin American Chapter of the World Aquaculture Society.

Pantoja, C.R., M. Le Groumellec, D.V. Lighthner & R.M. Redman. 1998. Adelantos recientes en el estudio del Síndrome de la Zoea II en camarones peneidos. En D.E. Jory (ed) Proceedings of the First Latin American Shrimp Farming Congress, Oct 6 – 10. Panama, Panama. Asociación Panameña de Acuicultores and the Latin American Chapter of the World Aquaculture Society.

Polo, A. & R. Chamorro. 2000. Posible papel de toxinas en el Síndrome de Zoea II en camarones blancos *Litopenaeus vannamei*. 40 – 42. In 4th Latin American Aquaculture Congress & Exhibition, Oct. 25 – 28, 2000. Panama, Panama. Asociación Panameña de Acuicultores and the Latin American Chapter of the World Aquaculture Society.

Santamaria, L. & E. V. de Garcia. 1991. Parámetros importantes en la calidad de aguas de cultivo de organismos acuáticos en estanques de agua salobre. Dirección de Acuicultura, MIDA. Manual técnico 4. 27 p.

Steel, R. & J. Torrie 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill. 622 p.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 310 p.

Veces, J. & I. Govea. 1984. Oceanografía de la Bahía de Panamá. Trabajo de graduación. Universidad de Panamá. 35 p.

Recibido noviembre de 2005, aceptado mayo de 2006.



VARIANTES ANATÓMICAS DE LA ARTERIA CÍSTICA EN CADÁVERES UTILIZADOS EN LOS CURSOS DE ANATOMÍA HUMANA

María Teresa Donderis de Carrión

Universidad de Panamá, Facultad de Medicina.

email: mcarrion10@yahoo.com

RESUMEN

Debido a la falta de estudios publicados con respecto a las variantes anatómicas de la arteria cística, es necesario e imperativo, iniciar estudios que permitan ampliar los conocimientos de las diferentes disposiciones anatómicas de esta arteria. El objetivo general fue determinar las variantes anatómicas de la arteria cística en un grupo de cadáveres. La muestra fue un grupo de 62 cadáveres utilizados para los cursos de Anatomía Humana durante los años 1998 al 2004. Éstos fueron disecados cuidadosamente y se describieron las diferentes variantes anatómicas encontradas. Los resultados más relevantes fueron los siguientes: en el 95.2% de los casos la arteria cística se originó de la arteria hepática derecha; en el 80.6% de los casos este origen se encontró dentro del triángulo hepatocístico; en el 9.7% de los casos el trayecto de la arteria cística se encontró fuera del mismo triángulo; en el 93.5% de los casos se originó como tronco único y en el 79% de los casos la arteria cística presentó un diámetro inferior a 2.5mm. Entre las recomendaciones se destacan que es importante divulgar estos resultados a los docentes de los cursos de Anatomía Humana y a los cirujanos de nuestro país y ampliar la cohorte para la realización de un estudio poblacional.

PALABRAS CLAVES

Arteria cística, triángulo hepatocístico, conducto hepático común.

ABSTRACT

Due to the lack of published articles in Panama, studies regarding the anatomic disposition of the cystic artery should be initiated in order to get more insights in this matter. The general objective was to determinate the anatomic variants of the cystic

artery in a group of Panamanian people. The selected group was 62 dead bodies used in the courses of Human Anatomy offered from 1998 to 2004. These specimens were carefully dissected and the found anatomic variants were described. The most important results were the following: in the 95.2% of the cases the cystic arteries were originated from the right hepatic artery; the origin of this artery was inside the hepatocystic triangle in the 80.6% of the cases; the trajectory of the artery was outside of the triangle in the 9.7% of the cases; the artery was originated as a unique artery in the 93.5% of the cases and in 79% of the cases the cystic artery had a diameter lesser than 2.5 mm. It is recommended to divulgate these results to the anatomy professors and to the surgeons of our country; in addition, also it is recommended continuing with this study with larger groups.

KEYWORDS

Cystic artery, Hepatocystic triangle, common hepatic Duct.

INTRODUCCIÓN

La localización correcta y los detalles morfológicos de la anatomía de la arteria cística es de gran importancia para el cirujano al momento de realizar procedimientos quirúrgicos de la vesícula biliar, ya que, el desconocimiento de las variantes anatómicas de la arteria cística puede llevar a dificultades en la identificación correcta de la disposición anatómica del pedículo lo cual, a su vez, pueden provocar que el cirujano tenga la necesidad de convertir la colecistectomía laparoscópica en una cirugía abierta (Rossi 1993).

Es importante recordar algunos conceptos básicos de la disposición anatómica de la vesícula biliar. La vesícula biliar se encuentra ubicada en la fosa biliar en la cara visceral del hígado. Ésta tiene forma de pera, pero puede variar en tamaño y forma. Se divide en tres partes: el cuerpo, que es la parte principal de la vesícula; el fondo, que es un saco inferior ciego que se encuentra a nivel del borde inferior del hígado y el cuello, que se encuentra cranealmente. Posteriormente, el cuello se continúa con el conducto cístico (Moore 2002, Latarjet 1999, O'Rahilly 2001). La arteria cística irriga la vesícula biliar y el conducto cístico. Habitualmente se origina del borde derecho de la arteria hepática derecha, exactamente por encima del conducto cístico, dentro del triángulo hepatocístico (Moore 2002, Latarjet 1999; Netter 1957).

Como vemos, la disposición anatómica del área del pedículo biliar es muy importante para los cirujanos, por lo cual es necesario iniciar investigaciones que nos permitan ampliar la base de conocimientos

sobre las variantes anatómicas del pedículo de la vesícula biliar y, específicamente, de la arteria cística.

Por esta razón, realizamos este estudio cuyo objetivo fue determinar las variantes anatómicas de la arteria en un grupo de cadáveres utilizados en los cursos de Anatomía Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio de tipo descriptivo se realizó en la Facultad de Medicina de la Universidad de Panamá. La población universo fueron los cadáveres utilizados durante el I y II semestre de la carrera de Medicina de la Universidad de Panamá desde el año 1998 al 2004. Para calcular la muestra utilizamos la fórmula de Cochran, a un nivel de confianza de 95% y una potencia de 10%, y la muestra calculada para estudios descriptivos fue de 61 especímenes (Nativi 2000). El valor de *p* utilizado para el cálculo de la muestra fue de 80% o 0.8. Los criterios de inclusión fueron que: la vesícula biliar estuviera presente, no tuvieran cirugía del área del pedículo biliar, no tuviera cirugía del área superior al abdomen. Los 62 cadáveres utilizados fueron previamente conservados en una solución de formalina, fenol, glicerina y agua. Posteriormente, se disecó el área del pedículo biliar utilizando tijeras con punta roma y pinza sin dientes para retirar el tejido conectivo que envuelve los componentes del pedículo biliar. Se observó las relaciones y ubicación de estos componentes y se procedió a clasificar la arteria cística y el conducto cístico según los patrones esperados. Los datos obtenidos fueron tomados por dos morfólogos del Departamento de Anatomía. Para documentar los hallazgos se tomó fotos de las áreas disecadas.

RESULTADOS

Las variables de la arteria cística que se estudiaron fueron las siguientes: el vaso de origen de la arteria cística, la disposición única o doble de la arteria cística, el origen de la arteria dentro o fuera del triángulo hepatocístico, el trayecto en relación al triángulo hepatocístico y el diámetro de la arteria cística.

Iniciando con los resultados encontrados tenemos los relacionados con el vaso de origen de la arteria cística, los cuales se presentan en el siguiente Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de la arteria cística según su vaso de origen. Departamento de Anatomía, Universidad de Panamá. Año 2004.

VASO DE ORIGEN	hd	%	hp	%	gd	%	TOTAL	%
Nº de cadáveres	59	95.2%	2	3.2%	1	1.6%	62	100%

Arteria: hd: hepática derecha; hp: hepática propia; gd: gastroduodenal.

En este cuadro se observa que el vaso que con mayor frecuencia originó a la arteria cística fue la arteria hepática derecha en un 95.2% de los casos; la arteria hepática propia en un 3.2% de los casos y en el 1.6% de los casos de la arteria gastroduodenal. A continuación se muestran algunas fotos de la arteria cística cuando se origina de: la arteria hepática derecha (Fig.1), hepática propia (Fig. 2) y de la gastroduodenal (Fig. 3).

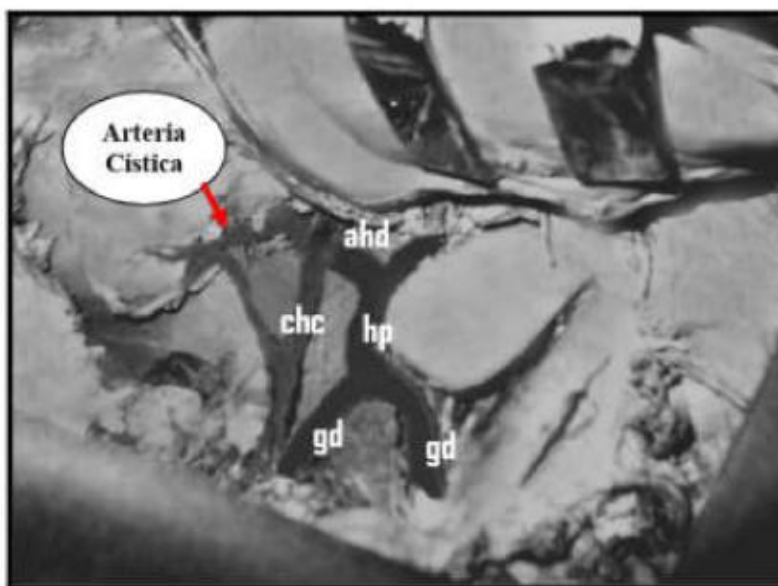


Fig. 1. Arteria cística originándose de la arteria hepática derecha. Arteria cística señalada por la flecha; ahd: arteria hepática derecha; chc: conducto hepático común; hp: hepática propia; gd: gastroduodenal.

En la Figura 1 se observa a la arteria cística cuando se origina del borde derecho de la arteria hepática derecha, para luego dirigirse al cuello de la vesícula biliar. En la Figura 2, se observa a la arteria cística cuando se origina de la arteria hepática propia.

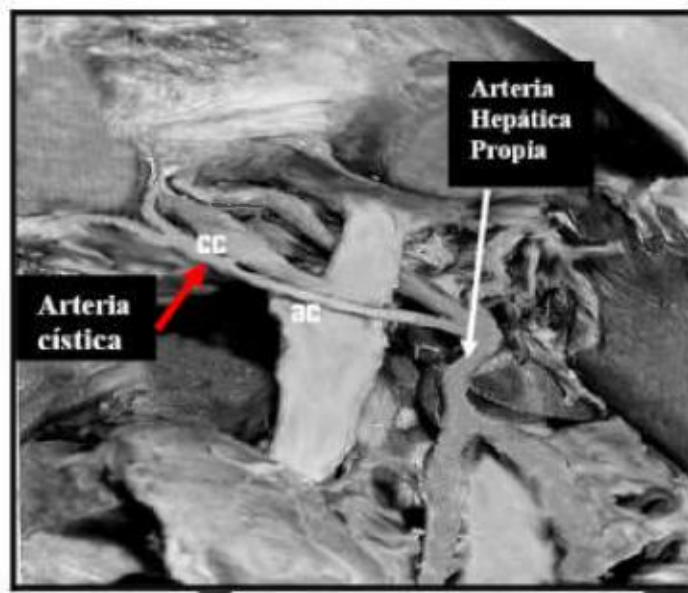


Fig. 2. Arteria cística originándose de la arteria hepática propia. ac: arteria cística; cc: conducto cístico.

En la Figura 3, se observa a la arteria cística cuando se origina de la arteria gastroduodenal.

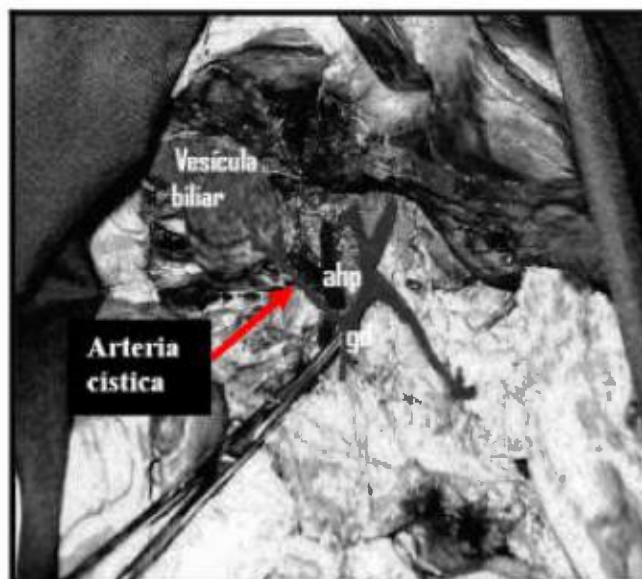


Fig. 3. Arteria cística originándose de la arteria gastroduodenal; ac: arteria cística; gd: arteria gastroduodenal; ahp: arteria hepática propia.

Continuando con las variables estudiadas, se presentan a continuación, en el Cuadro 2, los resultados concernientes al número de Arterias Císticas.

Cuadro 2. Distribución de la Arteria cística según el número de arterias císticas, Departamento de Anatomía, Universidad de Panamá. Año 2004.

Número de Arteria Cística	Una Arteria	%	Dos Arterias	%	TOTAL	%
Nº de cadáveres	58	93.5	4	6.5	62	100

Como se observa en este Cuadro 2, sólo encontramos una arteria cística en el 93.5% de los casos y en el 6.5 % de los casos se encontraron dos arterias. En la Figura No. 4 se puede observar un ejemplo de arteria cística duplicada.

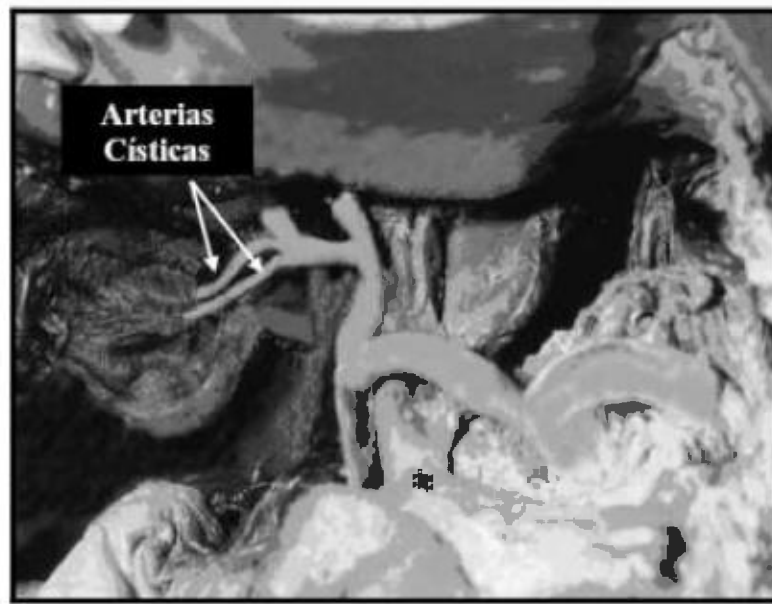


Fig. 4. Arteria cística duplicada.

Cabe señalar que en todos los casos en que se encontró las arterias císticas duplicadas, éstas se originaron de la arteria hepática derecha.

En el Cuadro 3 se presenta los resultados concernientes al origen de la arteria cística dentro o fuera del Triángulo Hepatocístico.

Cuadro 3. Distribución de la arteria cística según su origen en el triángulo hepatocístico, Departamento de Anatomía. Universidad de Panamá. Año 2004.

TOTAL	DENTRO TRIÁNGULO	%	FUERA TRIÁNGULO	%	TOTAL	%
	50	80.6%	12	19.4%	62	100

Obsérvese que en el 80.6% de los casos revisados la arteria cística se originó dentro del triángulo hepatocístico y en el 19.4% restante estaba fuera del triángulo. En la Figura 1 se muestra un caso donde la arteria cística se originó dentro del triángulo hepatocístico; en las Figuras 2 y 4 observa a la arteria cística originándose fuera del triángulo.



Fig. 5. Foto de la arteria cística originándose de la Arteria hepática derecha, Fuera del triángulo hepatocístico. hd: arteria hepática derecha; ac: arteria cística.

La última variable a estudiar fue el diámetro de la arteria cística; estos resultados se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Distribución de la arteria cística según el diámetro de la arteria cística. Departamento de Anatomía. Universidad de Panamá. Año 2004.

Diámetro de la arteria	2 a 2.5 mm	%	2.6 a 3.5 mm	%	3.6 a 4 mm	%	TOTAL	%
Número de Cadáveres	49	79	12	19.3	1	1.7	62	100

Como observa en el 79% de los casos, la arteria cística tenía un diámetro que se encontraba dentro de un rango de 2 a 2.5 mm.

DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados referentes al vaso de origen de la arteria cística, tenemos que en primer lugar, encontramos a la arteria hepática derecha en un 95.2% de los casos; en segundo lugar, la arteria hepática propia con un 3.2% de los casos; y en tercer lugar, la arteria gastroduodenal con un 1.6% de los casos. También cabe señalar que, en nuestro estudio, no encontramos otro vaso de origen de esta arteria. Si comparamos los resultados obtenidos con los datos encontrados en la revisión de la literatura, estos son coincidentes con el 100% de los autores tales como Anson (1956), Netter (1957), Skandalakis (1975), Thompson (1992), Bergman (1992) & Mathew (1998) y Moore (2002) quienes refieren que el vaso que con mayor frecuencia da origen a la arteria cística es la arteria hepática derecha.

Con respecto al segundo lugar, la mayoría de los autores no refieren cuál vaso ocupa el segundo y sucesivos lugares de frecuencia. Sólo Anson (1956) refiere que la arteria hepática izquierda ocupa el segundo lugar en frecuencia; otro autor (Mathew 1998) coincide con los datos obtenidos en este estudio, en donde la arteria hepática propia ocupa el segundo lugar en cuanto al vaso que origina a la arteria cística.

Con respecto al número de arterias císticas, en el presente estudio se encontró que en el 93.5% de los casos sólo había una arteria cística. Al comparar este resultado con los datos obtenidos de la revisión de la literatura, tenemos que todos los autores, Anson (1956), Netter (1957), Thompson (1992), Bergman (1992), Mathew (1998) y Moore (2002) coinciden que se encuentra con mayor frecuencia a una sola arteria cística y en segundo lugar de frecuencia se puede encontrar las arterias císticas duplicadas.

En cuanto a los datos referentes al origen de la arteria cística dentro o fuera del triángulo hepatocístico, el estudio demostró que en el 80.6% de los casos la arteria se originó dentro del triángulo hepatocístico. Estos resultados también coinciden con los datos obtenidos de la revisión de la literatura, donde autores como Anson (1956), Netter

(1957), Bergman (1992) & Mathew (1998), también refieren que es más frecuente encontrar el origen de la arteria cística dentro del triángulo.

Por último, los resultados concernientes al diámetro de la arteria cística, tenemos que en 79% de los casos la arteria tenía un diámetro de 2 mm a 2.5 mm. Con relación a este dato sólo Skandalakis (2003) refiere textualmente lo siguiente: *“toda arteria que se encuentre dentro del triángulo hepatocístico mayor de 3 mm de diámetro no es la arteria cística”*.

CONCLUSIÓN

Luego de analizar los datos obtenidos en este estudio podemos concluir que en la mayoría de los casos la arteria cística se origina de la arteria hepática derecha. Esta arteria la podemos encontrar en la mayoría de los casos como una sola arteria, que se origina dentro del triángulo hepatocístico, y, tiene un diámetro inferior a 2.5 mm.

RECOMENDACIONES

Se recomienda divulgar estos datos a los cirujanos de nuestro país y a los profesores de Anatomía Humana, por considerarse de interés para su área profesional y de estudio. Adicionalmente, se recomienda ampliar la cohorte para obtener datos que incluyan diferencias morfológicas, tomando en cuenta las diferentes etnias que existen en nuestro país.

REFERENCIAS

Anson, B. 1957. An Atlas of Human Anatomy. 2ª ed. W.B. Saunders Company. London. pp. 392-393.

Bergman, R. Afifi, A. & R. Miyauchi. 1992. Cystic Artery. Encyclopedia of Human Anatomic Variation: Opus II: Cardiovascular System: Arteries.: vh.org/adult/provider/anatomy/AnatomicVariants/cardiovascular/Text/arteri.

Latarjet, M. 1999. Anatomía Humana. 3ª ed. Editorial Panamericana. España.

Mathews, L. Bouquet, V. & J. Prieto. 1998. Estudio morfológico de la irrigación de la vesícula biliar. Museo Anatómico UCLA. Venezuela. pp 13-16.

Moore, K. 2002. Anatomía con orientación clínica. 4ª ed. Editorial Panamericana España. pp. 258-25.

Nativi, J. 2000. Introducción a la investigación científica. Editora Sibauste. Panamá. p. 221.

Netter, F. 1957. Digestive System. Part III: Liver, Biliary Tract and Pancreas. Vol. III. Editorial CIBA. pp. 14, 17 y 23.

O' Rahilly, R. 2001. Anatomía de Gardner. Quinta Edición. Editorial Interamericana. México.

Orts, Llorca, F. 1977. Anatomía humana. Tomo II. Quinta Edición. Editorial Científico Médica. pp. 178 – 182.

Rossi, R. 1993. Lesiones de la vía biliar Después de la colecistectomía laparoscópica. World J. Surg. 17: 547-552.

Rouviere, H. 2001. Anatomía humana descriptiva. Tomo II. 10ª ed. Editorial Masson.

Skandalakis, J. 1984. Complicaciones anatómicas en cirugía general. Editorial Mc Graw Hill. México. pp. 127-148.

Skandalakis, J. 2003. Anatomía y técnica quirúrgica. 2ª ed. Editorial Mc Graw Hill.

Recibido agosto de 2005, aceptado mayo de 2006.



ENTOMOFAUNA ACUÁTICA ASOCIADA A LA PARTE MEDIA-BAJA DEL RÍO SANTA MARÍA, PROVINCIA DE VERAGUAS, REPUBLICA DE PANAMA.

¹Roberto C. Lombardo y ²Viterbo E. Rodríguez

¹Graduate School of Fisheries, Hokkaido University, Japan, Sapporo-Shi Kita 11 Nishi 3. Tel. 011-736-6211 e-mail: roclom1@cwpanama.net

²Universidad de Panamá, Sede Veraguas, Escuela de Biología. Tel. 958 7623.

RESUMEN

Se determinaron las familias y géneros de insectos acuáticos presentes en 13 estaciones de muestreo en la parte media-baja del río Santa María, en la provincia de Veraguas, desde abril de 2002 hasta abril 2003. Se utilizó una red tipo D-Net para barridos de fondo y la vegetación marginal sumergida. También, pinzas entomológicas para desalojar los insectos de refugios bajo rocas y hojarasca. La comunidad de insectos acuáticos consiste en 56 géneros incluidos en 32 familias y 7 órdenes: Hemiptera, Odonata, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Neuroptera. El orden mejor representado fue Hemiptera con 17 géneros y 10 familias.

PALABRAS CLAVES

Insectos acuáticos, Hemiptera, Odonata, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Neuroptera.

ABSTRACT

In an effort to determine the aquatic insects in the Santa Maria river mid-low watershed, a set of samples were collected from April 2002 to April 2003 in 13 sampling stations along 50 km of the river mid-low section. Different capture methods were used according to substrate and dredge of river floor. D-net was used to perform bottom scans and search for insects in sub-aquatic vegetation; forceps were used to remove samples from leaf litter and rocks. The aquatic insect community found in the Santa Maria river mid-low section was represented by 56

genera, of 32 families and 7 orders: Hemiptera, Odonata, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, and Neuroptera.

KEYWORDS

Aquatic insects, Hemiptera, Odonata, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Neuroptera.

INTRODUCCIÓN

Los climas tropicales poseen mayor diversidad, distribución, abundancia anual y estacional de insectos acuáticos, mas sin embargo, son pocos los trabajos que tratan en detalle sobre la dinámica poblacional y la aplicación práctica de conocimiento derivado sobre este tema. Según Wolda (1978, 1979), las pocas referencias existentes tratan acerca de investigaciones realizadas en regiones con climas templados provistos de cuatro estaciones bien definidas. Los insectos acuáticos sirven de indicadores para detectar los grados de perturbación que sufren los ríos por actividades humanas, como industria y proyectos agrícolas, que en muchos casos causan alta degradación y alteran la temperatura y turbidez que representan importantes limitantes en sistemas acuáticos (Wallace & Webster, 1996) y producen cambios significativos en la dinámica poblacional y estructura de las comunidades (Power et al., 1988). Por su sensibilidad a tensores antropogénicos, los insectos acuáticos son considerados eficientes bioindicadores de la calidad de las aguas. La diversidad y amplia gama en cuanto a niveles de tolerancia frente a parámetros de contaminación, les hace indicadores confiables (Hellawell 1986).

La parte media baja del río Santa María, tiene importancia económica y social, ya que es donde se encuentra localizada la toma de agua cruda que suple la planta potabilizadora de Santiago de Veraguas. Asentamientos humanos y agroindustria dependen del suministro de agua que brinda el río Santa María. Es importante investigar más sobre la fauna acuática asociada a los recursos hídricos, ya que la misma nos brinda información sobre la salud de dichos ecosistemas, por lo que fue objetivo de este trabajo, inventariar la entomofauna acuática asociada a la parte media-baja del río Santa María.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La parte media-baja del río Santa María se localiza en la vertiente Pacífica del país, entre las coordenadas 8° 00' a 8° 35' de latitud norte y 8° 30' a 81° 10' de longitud oeste. El río Santa María nace en el Distrito de Santa Fé, a una altura de 1,300 msnm. Corre del norte hacia el sudeste, atravesando las provincias de Veraguas, Herrera y parte de Coclé. Desde su origen hasta su desembocadura en el Golfo de Parita, en la provincia de Herrera, recorre 148 km (Universidad de Panamá, 1972). El clima de la zona de estudio es tropical húmedo, con precipitación media anual alrededor de 2.500 mm y la temperatura del río se mantiene relativamente estable oscilando entre los 27 a 30 °C. En el área de muestreo se observan bosques de galería ampliamente deteriorados por la deforestación activa producto de la actividad agroindustrial intensiva (obs. personal).

Estaciones de muestreo

Se establecieron 13 estaciones de muestreo, a lo largo de 50 km. de trayecto en el río Santa María, asegurando la mayor cantidad de hábitats para las comunidades de insectos acuáticos. La selección de localidades se dio en base a conocimiento previo de la ubicación de asentamientos humanos y agroindustria, también, áreas accesibles con poca actividad humana a orillas del río. Las estaciones comprenden la sección del río incluida entre las localidades de San Francisco (puente sobre río Santa María - vía San Francisco) y el Puente sobre el río Santa María en Divisa. Las estaciones de muestreo se ubican en: (1) Puente - balneario Vía San Francisco (2) Toma de agua IDAAN-Veraguas (3) El Zapote (4) Finca cañera Ingenio La Victoria (5) Pueblo Nuevo (6) Quebrada Las Palmas - Posada Ingenio La Victoria (7) Tierra Hueca- Puente Los Panamáes (8) Finca Ballesteros (9) Desembocadura del río San Juan (10) La Raya de Santa María- Isla Pollo (11) La Huaca (12) Toma de agua INA (13) Sendero ecológico INA- Puente sobre río Santa María, Divisa.

Recolección de Especímenes

Se realizaron muestreos cualitativos desde abril del 2002 hasta abril del 2003, con tres giras de colecta por mes. Se mantuvo un esfuerzo de captura uniforme en toda estación, donde dos personas colectaron insectos acuáticos, siguiendo la metodología descrita por Alba-Tercedor (1996). Las colectas en cada estación se dieron por

terminadas cuando nuevas redadas no aportaron capturas de nuevas familias o géneros de insectos acuáticos, sin embargo, las colectas por estación promediaron 45 a 60 minutos de duración. Se utilizaron redes tipo D-Net con poro de 500 micras y pinzas entomológicas para capturar insectos acuáticos en los diferentes sustratos. Se procedió colectando insectos acuáticos aguas abajo hacia aguas arriba, procurando vaciar la red tras recoger los insectos acuáticos en cada redada, para evitar que los insectos escapasen al colmatarse la red. En áreas rocosas se colectaron manualmente insectos bajo rocas y en hojarasca con la ayuda de pinzas flexibles. Los ejemplares se preservaron en viales con alcohol al 95 % y glicerina. Posteriormente, las muestras se trasladaron al Centro Regional Universitario de Veraguas donde se identificaron hasta género con la ayuda de las claves de Roldán, 1988; Novelo-Gutiérrez, 1997a, 1997b; Westfall 1988; Edmunds 1988; Wiggins 1988; White *et al.*, 1988; Polhemus 1988; Evans & Neuazig 1988.

RESULTADOS

Se capturaron 56 géneros de insectos acuáticos distribuidos en 32 familias y 7 órdenes. Hemiptera con 17 géneros y 10 familias, fue el más abundante (Fig. 2). Odonata con 15 géneros y 6 familias, Ephemeroptera con 10 géneros y 5 familias, Coleoptera 7 géneros y 5 familias, Trichoptera 3 géneros incluidos en 2 familias, Díptera con 3 géneros y 3 familias; mientras que el orden Neuroptera solo fue representado por una familia y un género (Cuadro 1).

El río Santa María, es conocido por el incremento de su cauce durante la época de lluvias, lo que supone una limitante para el establecimiento de comunidades de insectos acuáticos, debido a la fuerte corriente y pérdida de micro-hábitats. Aunque el régimen de lluvias, tiene cierto impacto sobre el número de individuos colectados, no se encontraron diferencias significativas de abundancia en época seca y lluviosa, Mann-Whitney U test, $p > 0.05$ (Fig. 1).

Hemiptera presentó mayor cantidad de individuos, siendo también, el orden más diverso (índice Simpson 1-D = 0.90476). Sin embargo, el inventario de insectos acuáticos, muestra una distribución desigual en el número de géneros entre las familias encontradas en la parte media-baja del río Santa María (Cuadro 1).

Cuadro 1. Insectos acuáticos colectados en el Río Santa María, Provincia de Veraguas, República de Panamá.

ORDEN	SUB ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
Hemiptera		Gerridae	<i>Gerris</i> <i>Eurygerris</i> <i>Limnogonus</i> <i>Brachymetra</i> <i>Trepobates</i>
		Mesovelidae	<i>Mesoveloidea</i>
		Corixidae	<i>Tenagobia</i>
		Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>
		Nepidae	<i>Ranatra</i>
		Belostomatidae	<i>Belostoma</i>
		Veliidae	<i>Rhagovelia</i>
		Gelastocoridae	<i>Gelastocoris</i>
		Naucoridae	<i>Ambrysus</i> <i>Cryphocricos</i> <i>Peloccoris</i>
		Notonectidae	<i>Buenoa</i> <i>Notonecta</i>
Odonata	Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Argia</i> <i>Telebasis</i> <i>Acanthagrion</i>
		Platystictidae	<i>Palaemnema</i>
		Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>
		Calopterigidae	<i>Hetaerina</i> <i>Calopteryx</i>
	Anisoptera	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i> <i>Phyllocicla</i> <i>Progomphus</i> <i>Agriogomphus</i>
		Libellulidae	<i>Dythemis</i> <i>Erythrodiplax</i> <i>Macrothemis</i> <i>Canaphila</i>
Coleoptera		Psephenidae	<i>Psephenops</i>
		Dryopidae	<i>Pelonomus</i> <i>Elmopanius</i>
		Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i> <i>Berosus</i>
		Girinidae	<i>Andogyrus</i>
		Limnychidae	<i>Eulimnychus</i>

Ephemeroptera		Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> <i>Terpides</i> <i>Travella</i>
		Baetidae	<i>Baetodes</i> <i>Baetis</i> <i>Moribaetis</i>
		Calanoceratidae	<i>Phylloicus</i>
		Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i> <i>Leptohyphes</i>
		Heptageniidae	<i>Leucocruta</i>
Trichoptera		Hydropsychidae	<i>Smicridae</i> <i>Leptonema</i>
		Phillopotamidae	<i>Chimarra</i>
Diptera	Nematocera	Simuliidae	<i>Simulium</i>
		Tipulidae	<i>Hexatoma</i>
	Orthorrhynpha (Brachycera)	Chironomidae	<i>Chironomus</i>
Neuroptera		Corydalidae	<i>Corydalis</i>

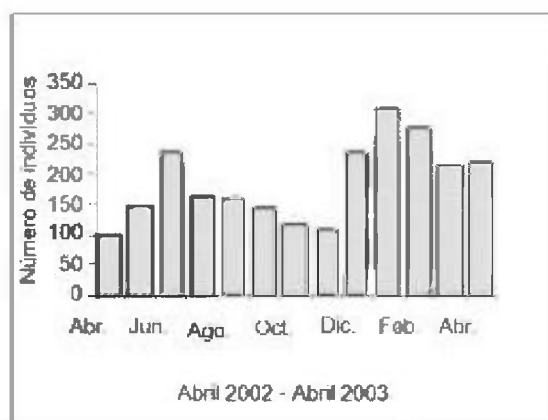


Fig. 1. Abundancia de insectos acuáticos en la parte media baja del río Santa Maria, Veraguas, Panamá.

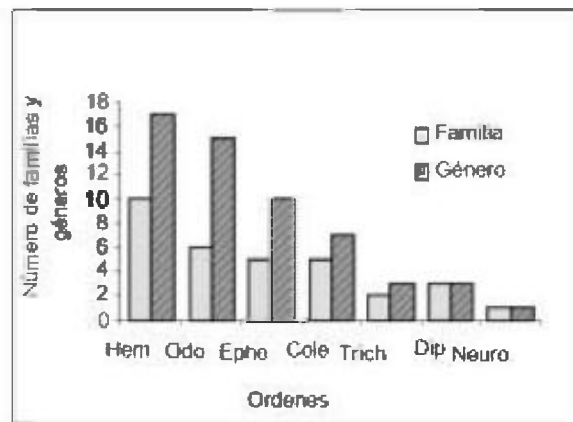


Fig. 2. Número de familias y géneros de la cuenca media baja del río Santa María.

DISCUSIÓN

En su parte media-baja, el río Santa María presentó mayor cantidad de familias, géneros y ordenes (56 géneros, 32 familias y 7 ordenes) de insectos acuáticos, en comparación con otros ríos. Trabajos realizados en la provincia de Los Santos (Wittgreen & Villanero 1998), dieron como resultado 33 géneros agrupados en 17 familias y 6 ordenes. En el río Chico, Provincia de Coclé (Arosemena 1995), reportó 26 géneros de insectos en 19 familias y 7 órdenes. Mientras que en Veraguas, los siguientes cuatro estudios indican que en los ríos de Veraguas existe mayor diversidad de insectos acuáticos: Rodríguez & Bonilla (1999), en el río Los Corrales, San Francisco, reporta 46 géneros, 27 familias y 9 órdenes. Rodríguez & Sánchez (2001), en el río Santa Clara, Las Palmas, reportaron 54 géneros, 27 familias y 6 ordenes. Rodríguez & León (2003), en el río Tribique, Soná, reportaron con 98 géneros, 48 familias y 11 órdenes y Rodríguez & Mendoza (2003), reportan en el río Agué, La Mesa, 81 géneros, 50 familias y 10 órdenes.

Los ríos Tribique (Rodríguez & León 2003) y Agué (Rodríguez & Mendoza 2003), en la provincia de Veraguas, presentan bajos niveles de alteración y alta representatividad en cuanto a familias y géneros de insectos acuáticos se refiere, lo que en contraste con lo observado en la parte media baja del río Santa María, podría evidenciar cierto nivel de degradación en las condiciones necesarias para el mantenimiento de comunidades de insectos acuáticos.

Ciertos grupos de Hemiptera y Diptera son particularmente tolerantes a tensores ambientales. La relación de abundancia-dominancia de estos grupos suele interpretarse como un signo de perturbación (Death 1995). Según Rodríguez *et al.* (2000), Hemiptera en Veraguas está representado por 18 géneros distribuidos en 7 familias siendo Gerridae, Naucoridae y Veliidae los más abundantes. En nuestro trabajo se observan 10 familias y 17 géneros, las familias Gerridae y Naucoridae resultaron ser más abundantes, encontrándoseles en todas las estaciones de muestreo. En todos los trabajos realizados para la provincia de Veraguas, Hemiptera fue el mejor representado, lo cual ocurre también en este trabajo. Esto puede deberse a que Hemiptera, en general es ampliamente tolerante a las cambiantes condiciones de los sistemas acuáticos (Polhemus 1988). Por otra parte, Diptera fue representado por 3 familias: Simuliidae, Tipulidae y Chironomidae, cada una con un género. La distribución por hábitat de Diptera coincide con Rodríguez & León (2003), encontrándoseles en sitios con aguas estancadas y bajo la sombra. Las larvas Diptera de la familia Chironomidae se encontraron en abundante cantidad en estaciones de muestreo aledañas a asentamientos humanos y granjas ganaderas, al igual que en Roldán (1988).

En cambio existen insectos acuáticos (Ephemeroptera, Trichoptera y Coleoptera) que requieren rangos específicos de temperatura, turbidez y oxígeno disuelto entre otros (Death 1995; Edmunds 1988). En este caso, la ausencia o reducido número de estos insectos se interpreta como un signo de perturbación. Ephemeroptera, en la parte media baja del río Santa María cuenta con 5 familias y 10 géneros, a diferencia de Quiróz & Villar (1999), se encontró la familia Heptageniidae. En este estudio, Ephemeroptera se distribuyó de forma puntual en las primeras estaciones de muestreo. Se encontró menor cantidad de familias y géneros en las cinco últimas estaciones del trayecto bajo estudio, debido quizás a la baja disponibilidad de sustratos apropiados y la sensibilidad del grupo a la contaminación orgánica, producto de la cercanía de granjas y cultivo extensivo. Ephemeroptera es altamente sensible a alteraciones antropogénicas (Edmunds 1988). Según Wiggins (1988), Trichoptera suele estar ausente o en bajas cantidades en ríos con problemas de contaminación. Se encontraron 2 familias de Trichoptera; Philopotamidae con el género *Chimara*, Hydropsychidae con 2 géneros *Smicridea* y *Leptonema*, contrario a Rodríguez y León (2003), donde se capturaron 12 géneros y 7 familias. Por otra parte, en

el río Tribique, Rodríguez & León (2003), encontraron 13 géneros de Coleoptera pertenecientes a 7 familias, siendo *Psephenops* el más representado. En nuestro estudio se encontraron 5 familias y 7 géneros, donde *Psephenops* fue raro y *Elmoparus* fue el más común, lo cual difiere con lo encontrado por Rodríguez & León (2003). El género *Psephenops* presenta baja tolerancia frente a tensores ecológicos (Townsend & Scarsbrook 1997).

En el río Santa María, como en la mayoría de ríos tropicales de tierras bajas, las condiciones hidrológicas fluctúan, lo que puede limitar las poblaciones de insectos acuáticos, así como también alteraciones antropogénicas suelen disminuir la cantidad de insectos acuáticos asociados a los cursos de agua (Death & Winterbourn 1994; Death 1995; Townsend & Scarsbrook 1997). Según Flannery et al. (1999), los cuerpos de agua más afectados, con signos de alteración, están directamente relacionadas a regiones agrícolas y ganadería intensiva. Situación que se podría estar ocurriendo en la parte media-baja del río Santa María, donde el actual uso de la tierra a lo largo de sus riveras, registra agroindustria con notable presencia.

CONCLUSIÓN

En la cuenca media-baja del río Santa María se determinaron 56 géneros de insectos acuáticos incluidos en 32 familias y 7 órdenes. El orden más abundante en nuestro estudio fue Hemiptera con 17 géneros distribuidos en 10 familias. La acción de tensores ambientales en la parte media-baja del río Santa María, podría estar afectando condiciones necesarias para el establecimiento de comunidades de insectos acuáticos, situación que se refleja en la composición del inventario de insectos acuáticos.

REFERENCIAS

- Alba- Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV simposio del agua en Andalucía (SIAGA).
- Arosemena, Z. Jr. 1995. Reconocimiento Bioecológico del Río Chico y su Cuenca Hidrográfica, Provincia de Coclé. Panamá. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. 273 pp.

Death, R. G. & M. J. Winterbourn. 1994. Environmental Stability and Community Persistence - a Multivariate Perspective. J. N. Am. Benthol. Soc. 13(2): 125-139.

Death, R. G. 1995. The effect of habitat stability on benthic invertebrate communities: The utility of species abundance distributions. Hydrobiology, 317(2): 97-107.

Edmunds Jr., G. F. 1988. Ephemeroptera. In: An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Second Edition. Merritt R. W. And Cummins, K. W. (Eds). Debuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company. pp.94-125.

Evans, E. D. & H. H. Neuazig. 1988. Megaloptera and Aquatic Neuroptera. In: An Introduction to the Aquatic Insects of North America, Second Edition. Merritt R. W. and Cummins, K. W. (Eds). Debuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company. pp. 261-270.

Flannery, A., J. Herdan, R. Feeney, S. Kounaves, C. Storment, G. Kovacs. 1999. Evaluación práctica de un ensayo electroquímico para investigación *in situ* de metales pesados en aguas subterráneas. Environ. Science Tec., 32(1): 131-6.

Hellawell, J. 1986. Biological indicators of fresh water pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publ. London. 546 p.

Novelo-Gutiérrez R. 1997a. Clave para la separación de familias y géneros de náyades de odonata de México Parte I. Zygoptera. Dugesiana, 4(1): 1-10.

Novelo-Gutiérrez R. 1997b. Clave para la determinación de familias y géneros de náyades de odonata de México Parte II. Anisoptera. Dugesiana, 4(2): 31-40.

Polhemus, J. T. 1988. Aquatic and Semi aquatic Hemiptera. In: An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Second Edition. Merritt R. W. And Cummins, K. W. (Eds). Debuque, Iowa: Kendall Hunt Publ. Co. pp. 231-260.

Power, M. E., R. J. Stout, C. E. Cushing, P. P. Harper, F. R. Hauer, W. J. Mathews, P. B. Moyle, B. Y. Stantzer & I. R. Wais De Babgen. 1988. Biotic and Abiotic Control in River and Stream Communities. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7(4): 456-479.

Quiros T., L. M. & E. L. Villar. 1999. Estudio Taxonómico de Insectos Acuáticos del Ciruelito del Distrito de Atalaya, provincia de Veraguas, República de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Escuela de Biología, Universidad de Panamá. 77 pp.

Rodríguez, V. & E. Bonilla. 1999. Estudio Taxonómico de la Comunidad de Insectos Acuáticos en Los Corrales, Distrito Cabecera de San Francisco, Provincia de Veraguas, República de Panamá. *Scientia* 14(2): 65-77.

Rodríguez, V., M. L. Barrera & A. Delgado. 2000. Insectos acuáticos de la Quebrada El Salto, en Las Palmas de Veraguas, Panamá. *Scientia*. 15(2): 33-44.

Rodríguez, V. & N. Sánchez. 2001. Entomofauna Acuática asociada al Río Santa Clara en Veraguas, República de Panamá. *Tecnociencia* 3(2): 73- 87.

Rodríguez, V. & H. León. 2003. Insectos acuáticos asociados al río Tribique en el Distrito de Soná, provincia de Veraguas. *Tecnociencia* 5(1): 51-64.

Rodríguez V. & M. Mendoza. 2003. Entomofauna acuática asociada al río Agué, en La Mesa, Veraguas, Panamá. *Tecnociencia* 5(2): 109 – 118.

Roldán P., G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo para la Protección del medio ambiente. Bogotá, Colombia. 217 pp.

Townsend, C. R. & M. R. Scarsbrook. 1997. Quantifying disturbance in streams: alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrate species traits and species richness. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 16(3): 531-544.

Universidad de Panamá. 1972. Diccionario geográfico de Panamá. Editorial Universitaria cuatro tomos.

Wallace, J. B. & R. J. Webster. 1996. The Role of Macroinvertebrates in Stream Ecosystem Function. *Annu. Rev. Entomol.*, 41: 115-139.

Westfall Jr., M. J. 1988. Odonata. In: *An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Second Edition.* Merritt R. W. And Cummins, K. W. (Eds). Debuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company. pp. 126-176.

White, D. S., W. N. Brigham & J. T. Doyen. 1988. In: *An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Second Edition.* Merritt R. W. And Cummins, K. W. (Eds). Debuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company. pp. 361-437.

Wiggins, G. B. 1988. Trichoptera. In: *An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Second Edition.* Merritt R. W. And Cummins, K. W. (Eds.). Debuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company. pp. 270-311.

Wittgren, Z. & S. Villanero. 1998. Inventario de Macro-invertebrados en el Rio La Villa, Peninsula de Azuero. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. 89 p.

Wolda, H. 1978. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insect. *J. Anim. Ecol.* 47: 360-381.

Wolda, H. 1979. Fluctuaciones estacionales de insectos en el trópico: Sphingidae. En: *Memorias del VI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología* Scolen, Julio 25-27, Vol. 11058, Cali, Colombia.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento al profesor Viterbo Rodríguez por su Colaboración y guía; al profesor Ángel Vega por su imparcial critica y especialmente al Ing. Ciro Lombardo por su vital cooperación para la culminación de este trabajo.

Recibido octubre de 2005, aceptado junio de 2006.



LISTA PRELIMINAR DE LA FAMILIA CALLIPHORIDAE (DIPTERA: OESTROIDEA) DE PANAMA

Sergio E. Bermúdez C.

Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Colección Zoológica "Dr. Eustorgio Méndez"- Entomología Médica, A. Po. 0816-02593, Panamá, Rep. Panamá.

e-mail: sbermudez@gorgas.gob.pa; bermudezsergio@hotmail.com

RESUMEN

Este trabajo presenta una lista preliminar de 26 especies, representadas en 11 géneros de Calliphoridae en Panamá, incluyendo una breve descripción de la participación de estas moscas en el medio ambiente, así como su impacto en la salud humana y animal. Se destaca la importancia de *Cochliomyia macellaria*, *Chrysomya rufifacies*, *C. megacephala* y *Phaenicia* spp. como formadoras facultativas de miasis y propagadoras de patógenos; además de su uso como herramienta forense. Adicionalmente se reportan por primera vez para Panamá, dos especies de *Calliphora* (*C. vicina* y *C. nigribasis*) y una de *Mesembrinella* (*M. apollinaris*).

PALABRAS CLAVES

Panamá, Diptera, Calliphoridae, miasis, bionomía, moscas necrófagas.

ABSTRACT

This paper presents a preliminary inventory of 26 species of Panamanian blowflies, and discusses their ecology and impact on animal and human health. It describes the progress made so far in the eradication of the screwworm fly, *Cochliomyia hominivorax*, from Panama; the importance of *C. macellaria*, *Chrysomya rufifacies*, *C. megacephala* and *Phaenicia* spp in facultative myiasis and the spread of pathogens, as well as their use as a forensic tool. In addition, 2 species of *Calliphora* (*C. vicina* and *C. nigribasis*) and 1 of *Mesembrinella* (*M. apollinaris*) are reported for the first time for Panama.

KEYWORDS

Panama, Diptera, Calliphoridae, bionomy, carrion flies.

INTRODUCCIÓN

Las moscas Calliphoridae han sido profusamente estudiadas debido a las implicaciones sanitarias y médico legales de algunas de sus especies (Pape *et al.*, 2004). Esta importancia estriba en su atracción hacia olores emanados por material en descomposición que, por un lado, contribuyen a la propagación de microorganismos patógenos causantes de enfermedades entéricas (Mariluis & Schnack 2002) y estimulan la oviposición en heridas de seres vivos, provocando miasis y contribuyendo al detrimento de la salud humana y animal (Sukontason *et al.*, 2005).

Por otro lado, en varios países utilizan algunas especies con fines terapéuticos, colocando larvas vivas sobre tejidos afectados que, al alimentarse de las partes necrosadas, ayudan a la curación de heridas infectadas (Sherman *et al.*, 2000; Oliva 2002a). Adicionalmente se conoce que los Calliphoridae son los primeros en llegar a cadáveres frescos, lo cual es usado por peritos forenses al momento de calcular el intervalo de muerte o las posibles causas de ésta (Méndez 1993; Oliva 2002b).

Lehrer (1970) dividió esta familia en 9 subfamilias, de las cuales 5 son reportadas para América: Chrysomyinae y Calliphorinae distribuidas en todo el continente; Phormiinae, en Norteamérica; Toxotarsinae, exclusivamente Suramericanos y Mesembrinellinae para Centro y Suramérica. Con el fin de aportar en el conocimiento de esta familia en Panamá, se ha confeccionado una lista preliminar de especies, con una breve sinopsis de algunas.

PARTE EXPERIMENTAL

Se examinó el material depositado en colecciones entomológicas de Panamá: Museo de Invertebrados "G.B. Fairchild" de la Universidad de Panamá (MIUP); Museo de Entomología de la Universidad de Panamá (MEUP); Colección Seca del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) y Colección Zoológica "Dr. Eustorgio Méndez" del Instituto Commemorativo Gorgas de Estudios de la Salud (CoZEM), y se consultó al Dr. Norman Woodley del

Laboratorio de Entomología Sistemática del Museo de Historia Natural de Washington (USNHM) sobre la presencia de especies panameñas depositadas en dicha institución. Adicionalmente se realizaron colectas en tierras altas de las provincias de Panamá y Chiriquí, para lo que se utilizaron trampas McPhail cebadas con vísceras de pescado. Todos los especímenes se identificaron con las claves de Guimarães (1977), Dear (1985) & Melo (2003). Se mantuvo el criterio de taxonomía propuesto por Mariluis & Schnack (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 3 subfamilias y 26 especies de Calliphoridae en Panamá, lo que representa el 18% de las especies del Neotrópico, considerando que se han reportado 126 especies en el área (Amorin et al., 2002). Comparando esta cifra con otros países de la zona, se observa algunas similitudes a pesar de las diferencias en clima y posición geográfica. Por ejemplo, Mariluis & Schnack (2002) listan 24 especies para Argentina, donde 3 son exclusivamente patagónicas, 2 andinas y 2 están asociadas a regiones templadas. Por su parte, Melo (2003), reporta 32 especies para Brasil, algunas endémicas de la región amazónica y del área sur del continente; mientras que Pape y colaboradores (2004) presentan 29 especies en Colombia, donde 2 especies son andinas y 3 amazónicas.

A continuación se presenta una lista de las especies reportadas, ordenadas de manera alfabética. Se utilizan las siguientes abreviaturas para indicar los sitios de colecta: PAN: Panamá; B/Toro: Bocas del Toro; Ccl: Coclé; Cl: Colón; Chi: Chiriquí; Dar: Darién; Ver: Veraguas; P. N: Parque Nacional. Del mismo modo se abreviaron los meses del año con las primeras tres letras.

SUB FAMILIA CALLIPHORINAE

TRIBU CALLIPHORINI

Género *Calliphora* Robineau-Desvoidy 1830.

Las moscas de este género se distribuyen principalmente en zonas de clima templado, por lo que su distribución en los países cálidos del Neotrópico se restringe solo a regiones montañosas (Néstor Centeno en comunicación personal).

Calliphora nigribasis Macquart 1851.

Material revisado: CoZEM: 6 ♂ 1 ♀ PAN: Chi, P. N. Volcán Barú, Send. El Respingo, 2400 msnm. 21 ene 2006. S. Bermúdez & R. Miranda; 1 ♂ Chi, Fortuna, 1400 msnm. Trampa Mcphail (visceras pescado). 22 ene 2006. S. Bermúdez & R. Miranda.

Bionomía: James (1970) reportó esta especie para Costa Rica, Colombia, Ecuador y Perú bajo el nombre *Calliphora peruviana*, sin embargo la asignación de este nombre fue dada en principio a una mosca del género *Phaenicia* (Mariluis & Peris, 1984). Este es su primer reporte en Panamá.

Calliphora vicina Robineau-Desvoidy 1830.

Material revisado: CoZEM: 1 ♀ PAN: Pan 4 abr 1978. E. Méndez; 1 ♀ PAN: Chi. Fortuna, 1400 msnm. Trampa Mcphail (visceras pescado). 22 ene 2006. S. Bermúdez.

Bionomía: Se encuentra principalmente asociada a cadáveres humanos y animales, y ocasionalmente se ha reportado ocasionando de miasis (James 1947; Oliva 2002a). Su distribución en el Neotrópico se ha reportado en México, Uruguay, Argentina, Chile (James 1970) y Brasil (Vianna *et al.*, 1998); siendo éste su primer reporte en Panamá.

TRIBU LUCILINI

Género *Phaenicia* Robineau-Desvoidy, 1863.

Phaenicia cluvia (Walker 1849)

Material revisado: CoZEM: 3 ♀ y 1 ♂ PAN: Chi. Fortuna. 1400 msnm. Trampa Mcphail visceras de pescado. 22 ene 2006. S. Bermúdez y R. Miranda; MIUP: 1 ♀ PAN: B/Toro. Wesko-Teribe, PILA. 50 msnm. 17-24 oct. 1999. A. Santos, MEUP: PAN: Ccl. El Valle. Hígado de cerdo. 1 sep 2000. S. Bermúdez & R. Chang. STRI: PAN: Ccl 5 km N El Cope 850 msnm. Stockwell & Windsor. 15 jun 1991.

Bionomía: Es probable que la distribución de esta especie se restrinja solo a áreas poco alteradas por el ser humano, donde se encuentra alimentándose sobre excrementos y cuerpos de animales en descomposición.

Phaenicia cuprina (Wiedemann 1830).

Material revisado: MEUP: 5 ♀ y 1 ♂ PAN: Pan San Francisco. 21 jul 1988. V. Chong; CoZEM: 1 ♀ PAN: zona del Canal, Kobbe. 17 ago

1967. Col. BF. Eldrige. STRI: 1 ♂ Ancón, C Z (Canal Zone). 8 jul
1979. H.P. Stockwell.

Bionomía: Está asociada principalmente con asentamientos humanos, desarrollándose sobre cuerpos en descomposición, basura, excremento, además de alimentos, los cuales pueden infectar con microorganismos patógenos (Kano & Shinonaga 1968).

Phaenicia eximia (Wiedemann 1819).

Material revisado: CoZEM: ♀ PAN; zona del Canal, Kobbe. 18 ago 1967. Col. BF. Eldrige: ♀ PAN; 26 sep 1989 E. Méndez: PAN; zona del Canal, Kobbe. 18 ago 1967. Col. BF. Eldrige. STRI: 1 ♀ PAN: Arraiján, Loma del Río. 2 jun 1990. A. Aiello.

Bionomía: Se encuentra asociada tanto a asentamientos humanos, como a zonas silvestres, donde se pueden encontrar sobre cuerpos en descomposición (Bermúdez & Quintero 2002). Los adultos pueden observarse alrededor de basureros y ocasionalmente pueden introducirse a las viviendas donde se posan sobre alimentos. En Argentina se ha reportado que produce miasis en humanos (Oliva 2002a).

Phaenicia peruviana (Rovineau - Desvoidy 1830).

Material revisado: CoZEM: 5 ♀, 3 ♂ PAN; Chi. Fortuna. 1400 msnm. Mcphail (visceras de pescado). 22 ene 2006. S. Bermúdez & R. Miranda; 4 ♀ PAN; Chi. P. N. Volcán Barú, Sendero El Respingo. Mcphail (visceras pescado). 2200 msnm. 21 ene 2006. S. Bermúdez & R. Miranda. MEUP: PAN; Chi. Boquete. 6 sep 2000.

Bionomía: Al igual que las *Calliphora*, los adultos de *P. peruviana*, en Panamá, solo se han localizado en zonas montañosas entre 1500 msnm y 3200 msnm.

SUB FAMILIA CHRYSOMYINAE

En Panamá la subfamilia Chrysomyinae está representada por 6 géneros y 12 especies, siendo la subfamilia más importante desde el punto de vista medico-veterinario. Esta importancia se debe a que a este grupo pertenecen los géneros *Cochliomyia* y *Chrysomya*, en los cuales hay especies que se desarrollan obligatoriamente sobre heridas de vertebrados, afectando a la salud humana y a la ganadería.

Género *Chloroprocta* Wulp 1896.

Chloroprocta idioides (Robineau-Desvoidy 1830)

Material revisado: MEUP: 1 ♀ PAN: 10 mayo 1988. Barrios: 1 ♀ PAN: Ver, P. N. Coiba Cerro la X, 150 msnm. 18 ago 1997. Colecta Manual. R. Chang. CoZEM: 1 ♂ y 1 ♀ PAN: Ccl, El Valle. McPhail, vísceras de pescado. 29 sep 2000. S. Bermúdez & R. Chang. MIUP: 10 ♀ y 4 ♂ PAN: Dar, Cerro Pirre. Est. R. Frio. 22-28 mar 2000. S. Bermúdez, R. Cambra & A. Santos.

Género *Chrysomya* Robineau-Desvoidy 1830.

El género *Chrysomya* es nativo del Viejo Mundo, sin embargo se han diseminado al menos 4 especies a través de toda América. Baumgartner & Greenberg (1984) aseguran que están asociadas principalmente a establecimientos urbanos, donde pueden desplazar a las especies nativas que comparten ese nicho, además de propagar patógenos y provocar miasis secundarias.

Chrysomya chloropyga (Wiedemann 1818)

Material revisado: CoZEM: 1 ♀ PAN: Pan, Facultad de Ciencias Agropecuarias. En despojos de ganso. 1 abr 1995. J. Méndez. STRI: 5 ♀ PAN: Arraiján, Loma del Río. Hígado de gallina. 7 mayo 1996. A. Aiello.

Chrysomya megacephala (Fabricius 1794)

Material revisado: STRI: 13 ♀ y 3 ♂ PAN: Arraiján, Loma del Río. Hígado de gallina. 7 mayo 1996. A. Aiello. CoZEM: 1 ♀ PAN: Pan El Carmen. ene 1979. E. Méndez. MEUP: 25 ♀ y 24 ♂ PAN: Vacamonte, Arraiján. 23 ago 1999. Cadáver de cerdo. S. Bermúdez & G. Quintero.

Bionomía: Los adultos se pueden encontrar alimentándose de frutas caídas, alimentos humanos, basura y excrementos, los cuales sirven de sustrato para la oviposición. Se han reportado provocando miasis en hombres y animales (Sukontason et al., 2005).

Chrysomya rufifacies (Macquart 1843).

Material revisado: STRI: 1 ♀ PAN: Área Canal. 12 oct 1995. A. Aiello. CoZEM: 3 ♀ y 2 ♂ PAN: Pan, 21 abr 1980. G. García. MEUP: 15 ♀ y 20 ♂ PAN: Vacamonte, Arraiján. 19 ago 1999. Cadáver de cerdo. S. Bermúdez & G. Quintero.

Bionomía: Esta especie se localiza principalmente en zonas urbanas y rurales. Según datos suministrados por la Comisión Panamá-Estados Unidos para la Erradicación y Prevención del Gusano Barrenador del Ganado (COPEG)¹, esta especie se ha encontrado causando miasis en aves, bovinos, cerdos y perros en diferentes puntos del país. Según Sinha & Nandi (2004), fue considerada una de las principales pestes en criaderos de ovejas en Australia por las pérdidas económicas que provocaba. Esta especie es colonizadora primaria en cuerpos en descomposición en zonas abiertas (Bermúdez & Quintero 2002). Sus larvas de tercer estadio son depredadoras de otras larvas de Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae que se desarrollan en los mismos sitios (Oliva 2002a).

Género *Cochliomyia* Townsend, 1915.

Cochliomyia hominivorax (Coquerel, 1858)

Material revisado: MEUP: 28 ♀ y 24 ♂ PAN: Tocumen. 22 abr 1998. 17 ♀ y 26 ♂ PAN: P N Soberanía. 7 ene 1993. CoZEM: 1 ♀ PAN: Dar, Cruce Mono. 14 ene - 21 feb 2006. Trampa McPhail con proteína hidrolizada. A. Cueto.

Bionomía: Debido a las múltiples pérdidas económicas provocadas por las miasis de *Co. hominivorax* en la ganadería, se implementó una campaña de erradicación a partir del uso de machos esterilizados. Esta campaña se inició en los estados del sur de Estados Unidos, y hasta la fecha se ha logrado eliminar a esta especie de toda Norteamérica, parte de Centroamérica y de las provincias occidentales y centrales de Panamá.

Cochliomyia macellaria (Fabricius 1775)

Material revisado: STRI: 1 ♀ PAN: Arraiján, Loma del Río. Hígado de gallina 7 mayo 1996. A. Aiello. MEUP: 27 ♀ y 26 ♂ PAN: Vacamonte, Arraiján. 21 ago 1999. Cadáver de cerdo. S. Bermúdez & G. Quintero. CoZEM: 32 ♂ y 24 ♀ PAN: Ccl, El Valle. McPhail, vísceras de pescado. 29 sep 2000. S. Bermúdez & R. Chang.

Bionomía: Esta especie es colonizadora primaria en cadáveres recientes, compartiendo nicho con *C. rufifacies* y *C. megacephala*, lo cual puede permitir su utilización en entomología forense (Méndez 1993; Bermúdez & Quintero 2002). También se ha demostrado que en

¹ Informes anuales de Epidemiología de COPEG desde el 2002-2006.

Panamá causa miasis facultativa en animales domésticos como bovinos, cerdos y aves².

Género *Compsomyiops* Townsend 1918.

Compsomyiops verena (Walker 1849)

Material revisado: CoZEM: 2 ♂ PAN: Chi. Bambito 25 abr 1956. E. Méndez.

Género *Hemilucilia* Brauer 1850.

Hemilucilia benoisti Séguy 1925.

Material revisado: CoZEM: 7 ♀ PAN: Dar. Chucanti. 13 mayo 2006. S. Bermúdez. MIUP: 2 ♀ PAN: Ccl. El Valle. 29 sep 2000. S. Bermúdez.

Hemilucilia segmentaria (Fabricius 1805)

Material revisado: STRI: 2 ♀ PAN: San Blas. 19 Km. N El Llano 350 msnm. G. De Nevers. 9 sep 1984. CoZEM: 1 ♀ PAN: Dar. Morti River. 21 abr 1967. MIUP: 3 ♀ y 2 ♂ PAN: Dar. Cerro Pirre. Est. R. Frio. 22-28 mar 2000. S. Bermúdez, R. Cambra & A. Santos.

Hemilucilia semidiaphana (Rondani 1850)

Material revisado: CoZEM: 1 ♀ PAN: Chi. Fortuna. Aprox. 1400 msnm. Trampa McPhail, pescado. 22 ene 2006. S. Bermúdez, R. Miranda: 1 ♂ Cerro Ancón, Panamá, Panamá. 11 jun 2000. Hígado de cerdo. S. Bermúdez. MEUP: 14 ♀ PAN: Ver. P. N. Coiba. Cerro la X 150 msnm. 18 ago 1997. R. Chang. STRI: 1 ♀ PAN: San Blas. 19 Km. N El Llano 350 msnm. G. De Nevers. 9 sep 1984.

Género *Paralucilia* Brauer & Bergenstamm 1891.

Paralucilia adespota Dear 1985.

Material revisado: USNHM: 4 ♀ Pan. Rio Trinidad. 9 mayo 1911. A. Busch.

Paralucilia fulvinota (Bigot 1877).

Material revisado: MIUP: 8 ♀ y 4 ♂ PAN: Ccl. El Valle. McPhail, visceras de pescado. 29 sep 2000. S. Bermúdez y R. Chang. CoZEM: 10 ♀ y 4 ♂ PAN: Pan. Cerro Azul. Visceras de pescado. 22 sep 2000. S. Bermúdez.

² Informes anuales de Epidemiología de COPEG desde el 2002-2006.

Paralucilia pseudolyrcea (Mello 1969).

Material revisado: CoZEM: 3 ♀ y 5 ♂ PAN: P. N. Soberania 7 jul 93.
MIUP: 15 ♀ y 12 ♂ PAN: Dar, Cerro Pirre. Est. R. Frio. 22-28 mar
2000. S. Bermúdez, R. Cambra y A. Santos. MEUP: PAN: Ccl. El
Valle. En carcasa zarigüeya. 29 sep 2000. S. Bermúdez & R. Chang.

SUB FAMILIA MESEMBRINELLINAE

La taxonomía y biología de esta subfamilia fue ampliamente discutida por Guimaraes (1977). Este autor sugirió establecer este grupo como una familia separada de Calliphoridae basándose en ciertas características morfológicas y de comportamiento, no obstante muchos autores mantienen su posición como subfamilia de Calliphoridae. Las hembras colocan sus larvas sobre distintos materiales como excremento, cuerpos de animales en descomposición y frutos caídos, principalmente en lugares sombreados.

Género *Huascaromusca* Townsend 1918.

Huascaromusca aeneiventris (Wiedemann 1830).

Material revisado: CoZEM: 8 ♀ y 3 ♂ PAN: Dar, Chucanti. 13 mayo
2006. S. Bermúdez.

Género *Mesembrinella* Giglio-Tos 1893.

Mesembrinella abaca (Hall 1948).

Material revisado: MEUP: 3 ♂ y 3 ♀ PAN: Pan, Cerro Azul-Altos de
Pacora. 7 ago 2000. C. Korytkowski.

Mesembrinella apollinaris Séguy 1925.

Material revisado: MIUP: 2 ♀ PAN: Dar, Cerro Pirre. Est. R. Frio. 22-
28 mar 2000. S. Bermúdez, R. Cambra & A. Santos.

Mesembrinella bicolor (Fabricius 1805).

Material revisado: CoZEM: 1 ♀ PAN: Dar, Santa Fé. 15 abr 1967. 1 ♂
PAN: San Blas. Cuandi River. Feb 1967; 2 ♂ y 11 ♀ PAN: Ccl. El
Valle. McPhail, visceras de pescado. 29 sep 2000. S. Bermúdez y R.
Chang. MIUP: 7 ♂ y 31 ♀ PAN: Dar, Cerro Pirre. Est. R. Frio. 22-28
mar 2000. S. Bermúdez, R. Cambra & A. Santos.

Mesembrinella flavicrura Aldrich 1925.

Material revisado: CoZEM: 1 ♀ PAN: P. N. Altos de Campana. 1 ago
2000. Malais. Instituto Gorgas: 1 ♀ PAN: Chi. Fortuna. 1400 msnm.

Trampa Mcphail, pescado. 22 ene 2006. S. Bermúdez y R. Miranda.
MIUP: 1 ♀ PAN: B/Toro. Wekso-Teribe, PILA. 50 msnm. 17-24 oct
1999. A. Santos.

Mesembrinella umbrosa Aldrich 1922.

Material revisado: MEUP: 2 ♀ PAN: Cerro Azul-Altos de Pacora. 7
ago 2000. C. Korytkowski.

Género *Souzalopestiella* Guimaraes 1977.

Souzalopestiella facialis (Aldrich, 1922)

Material revisado: CoZEM: 4 ♀ PAN: P. N. Soberania. 7 sep 2004. S.
Bermúdez.

CONCLUSIONES

Hasta el momento se han reportado 26 especies de Calliphoridae en Panamá, de las cuales al menos 2 son importantes como causantes de miasis en el país (*C. macellaria* y una especie no determinada de *Phaenicia*) y 2 como potenciales (*C. rufifacies* y *C. megacephala*); 4 poseen importancia forense (*C. macellaria*, *C. rufifacies*, *C. megacephala*, *P. eximia*) por ser colonizadoras primarias en cadáveres frescos de ambientes urbanos. Se reportan por primera vez las especies *C. vicina*, *C. nigribasis*, *M. apollinaris*.

REFERENCIAS

Amorin, D., C. Silva, M. Balbi. 2002. Estado do conhecimento dos Diptera neotropicais. Proyecto de red Iberoamericana de biogeografía y entomología sistemática Pribes. Pág. 29-36. En: Costa, C., Vanin, S., Lobo, J., Melic, A. Edits. Monografias tercer milenio. Vol. 2. Zaragoza.

Baumgartner, D., B. Greenberg. 1984. The Genus *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) in the New World. J. Med. Entomol. 21(1): 105-113.

Bermúdez, S., G. Quintero. 2002. Determinación de la entomofauna asociada a carcasas de cerdos (*Sus scrofa*) en el Puerto de Vacamonte. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad de Panamá. 87 p.

Dear, J. 1985. A revision of the new world Chrysomyini (Diptera: Calliphoridae). Rev. Bras. Zool. 3 (3): 109-169.

Guimaraes, R. 1977. A systematic revision of the Mesembrinellidae. Stat. Nov. (Diptera, Cyclorrapha). Arq. Zool. S. Paulo 29(1): 1-109.

James, M. 1947. The flies that cause myiasis in man. U.S. Agric. Misc. Publ. 631: 1-175.

James, M. 1970. A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States. Calliphoridae. Mus. Zool., Sao Paulo. 102: 1-27.

Kano, R. & S. Shinonaga. 1968. Fauna japonica, Calliphoridae (Insecta : Diptera). Biogeo. Soc. Japan. 181.

Lehrer, A. 1970. Considérations phylogénétiques et taxonomiques sur la famille Calliphoridae. Ann. Zool. Et Bot. 61: 1-57.

Mariluis, J. & S. Peris. 1984. Datos para la sinopsis de los Calliphoridae neotropicales. Eos. LX. 67-86.

Mariluis, J. & J. Schnack. 2002. Calliphoridae de la Argentina. Sistemática, ecología e importancia sanitaria (Diptera Insecta). En: actualizaciones en artropología sanitaria en Argentina. RAVE. Serie de Enfermedades Transmisibles, Monografía 2. pp. 23-37.

Melo, R. 2003. Chave para a identificacao das formas adultas das espécies da familia Calliphoridae (Diptera, Brachycera, Cyclorrapha) encontradas no Brasil. Entomol. Vect. 10(2): 255-268.

Méndez, J. 1993. La entomología forense en la investigación criminal. Cuad. Crim. Pan. 22:101-108.

Oliva, A. 2002a. Miasis en la Argentina. En: Actualizaciones en artropología sanitaria en Argentina. RAVE. Serie de enfermedades transmisibles, Monografía 2. pp. 45-51.

Oliva, A. 2002b. La entomología forense en Argentina. En: actualizaciones en artropología sanitaria en Argentina. RAVE. Serie de enfermedades transmisibles, Monografía 2. pp. 39-42.

Pape, T., M. Wolff & E. Amat. 2004. Los califoridos, éstridos, rinofóridos y sarcófagidos (Diptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae) de Colombia. *Biota Colombiana*. 5(2): 201-208.

Sherman, R., M. Hall & S. Thomas. 2000. Medicinal Maggots: An ancient remedy for some contemporary afflictions. *Ann. Rev. Entomol.* 43: 55-81.

Sinha, S. & B. Nandi. 2004. Notes on Calliphoridae flies (Diptera: Insecta) from Sundarbans Biosphere Reserve and their impact on man and animals. *Jour. Bombay Nat. Hist. Soc.* 101 (3): 415-420.

Sukontason, K., P. Narongciial, P. Sripakdee, T. Ciiawong, R. Ngern-Klun & K. Sukontason. 2005. First Report of Human Myiasis Caused by *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya ruficacies* (Diptera: Calliphoridae) in Thailand, and its implication in forensic entomology. *J. Med. Entomol.* 42 (4): 702-704.

Vianna, E., J. Brum., P. Ribeiro., M. Berne & P. Silvera. 1998. Synantropy of Calliphoridae in Pelotas, Rio Grande do Sul State, Brasil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 7: 141-147.

AGRADECIMIENTO

A Diomedes Quintero y Roberto Cambra (MIUP), Cheslavo Korytkowski y Enrique Medianero (MEUP) y Anette Aiello (STRI), por su colaboración en el préstamo de especímenes. A Norman Woodley (USNHM) por la información sobre especímenes panameños en esa institución. A Néstor Centeno de la Universidad de Quilmes (Argentina) por corroborar la identificación de *Calliphora* y *Phaenicia* y a Martha Wolf de la Universidad de Antioquia (Colombia) por suministrar material bibliográfico. También se agradece a José Espinosa, Ángel Cielo, Franklin Clavel y Janina Subia (COPEG) por permitimos utilizar parte de su información epidemiológica.

Recibido marzo de 2006, aceptado junio de 2006.



EL QUINTO ESTADO: EL CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN (BEC)

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Adriano Ibarra – Durán

Servicios de Laboratorio S.A., SERLAB S.A.

e-mail: adrian_ibarra@hotmail.com

RESUMEN

En 1995, tras muchos intentos fallidos y superar varios obstáculos, se logró enfriar un gas de átomos alcalinos a temperaturas del orden de 10^{-7} K. A esta temperatura, los átomos se “unen” para formar el Condensado de Bose-Einstein (BEC). El BEC constituye otro estado de la materia, cuyas propiedades son objeto de estudios hoy día. El BEC había sido predicho por Einstein (1924) cuando analizaba el trabajo de S.N. Bose (sobre Mecánica Estadística), pero tuvo que esperar el desarrollo y perfeccionamiento de técnicas para atrapar y enfriar átomos, de las últimas dos décadas. En este trabajo, se repasan los aspectos más importantes de algunas de estas técnicas y otros elementos de la formación del BEC. En el año 2001, y en reconocimiento a su trabajo, E. Cornell (EUA), C. Weimann (EUA) & W. Ketterle (Alemania), fueron galardonados con el premio Nóbel de Física, por el descubrimiento del quinto estado de la materia.

PALABRAS CLAVES

Condensado de Bose-Einstein, MOT, TOP, Premio Nóbel de Física (2001), Quinto Estado de la Materia, Enfriamiento de Átomos.

ABSTRACT

In 1995, after many failures attempts and after overcoming several obstacles, it was possible cool down a gas of alkali atoms at temperature on the order of 10^{-7} K. For this temperature the atoms bond together to form the Bose-Einstein Condensate (BEC). The BEC is another state of matter and its properties are being studied today. The BEC was predicted by Einstein (1924) when he analyzed the work of N.S. Bose (about statistical mechanics) but it had to wait for the development and improvement

of the techniques to cool and trap atoms, in 1980's y 90's. In this work, we'll review those some of these techniques and other elements for BEC formation. In recognition of their work, at 2001, E. Cornell (USA), C. Weimann (USA) & W. Ketterle (Germany) were awarded with the Nobel Prize in Physics for the discovery of BEC: the fifth state of matter.

KEYWORDS

Bose – Einstein condensate (BEC), MOT, TOP, Physics Nobel Price (2001), Fifth State of Matter, Atoms cooling.

INTRODUCCIÓN

El 5 de junio de 1995, en Boulder Colorado (EUA), un grupo de investigadores, liderados por Eric Cornell y Carl Weiman, lograron atrapar y enfriar átomos de rubidio-87 a temperaturas del orden de 10^{-7} K. A esta temperatura, los átomos muestran un comportamiento peculiar. De hecho, éstos se “unen” o “condensan” para formar, lo que podríamos llamar un “super-átomo”. Es decir, los átomos de rubidio pasan a formar una entidad única, perdiendo su individualidad. Desde otro punto de vista, se dice que las partículas del sistema se encuentran en el mismo estado cuántico.

El estado “condensado” de los átomos, es una forma de materia jamás vista antes de esa fecha y sus propiedades son objeto de numerosas investigaciones en la actualidad. Sin lugar a dudas, es un nuevo estado de la materia, además de lo conocidos, líquido, gas, sólido y plasma.

Es notable que este nuevo estado fuera predicho por los físicos Satyendra Nath Bose (India) & Albert Einstein (Alemania) en 1924. Analizando las ecuaciones de la estadística que siguen los gases Bosónicos¹ (Estadística de Bose-Einstein), se vislumbró la posibilidad de que todos los átomos del sistema ocuparan el mismo estado cuántico, por debajo de una temperatura extremadamente baja (llamada temperatura crítica, T_c).

En honor a quienes predijeron su existencia, el nuevo estado de la materia recibió el nombre de Condensado de Bose-Einstein (BEC; por sus siglas en inglés). Éste es el quinto estado de la materia, que brevemente trataremos.

¹ Bosones: Partículas de spin entero.

LA IDEA

Originalmente, la estadística de Bose-Einstein fue deducida para los cuantos de luz o fotones, sin embargo, Einstein estudio la posibilidad de aplicarla a partículas materiales. Durante estos análisis, Einstein se percató que a temperaturas por debajo de T_c , "todas" las partículas que constituían el gas pasarían a ocupar el mismo estado cuántico, correspondiente a la energía más baja posible. Este resultado asombró a Einstein, ya que ningún sistema conocido, presentaba tal comportamiento.

De manera visual, en la Figura 1a se muestra la distribución más probable de un gas de bosones en equilibrio térmico para a dos temperaturas, por encima de T_c . En la Figura, vemos que a bajas temperaturas, la población de los niveles menos energéticos, aumenta rápidamente. Cuando el sistema se encuentra a una temperatura por debajo de T_c , el gráfico se toma como la Figura 1b. Observe que se tienen un gran número de partículas (todas las del sistema) en los niveles de energía más bajos posibles. Este efecto, produce un salto en la función de distribución, muy cerca del origen del gráfico. Cuando esto ocurre, se ha alcanzado el BEC.

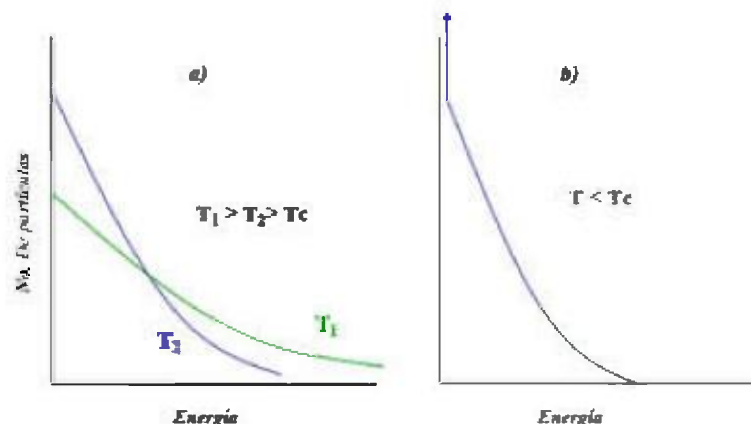


Fig. 1. Diagrama de la función de distribución de Bose – Einstein: a) para dos temperaturas T_1 y T_2 , por encima de la temperatura crítica y b) por debajo de dicha temperatura.

OBSTACULOS

Además de la temperatura del sistema y la energía de las partículas, existe otro parámetro muy importante para lograr el BEC; este es la densidad de la muestra de gas.

Como es conocido, en comparación con los líquidos y sólidos, la densidad de los gases es bastante baja (del orden de 10^{20} cm^{-3} a TPN²). Sin embargo, si un sistema gaseoso (por ejemplo, vapor de agua) se enfría, tendremos que su densidad aumentará, hasta que ocurra una transformación de fase y se convierta en una sustancia líquida. Si se continúa descendiendo la temperatura, su densidad aumentará hasta solidificarse.

Aunque no todas las sustancias siguen esta conducta, la idea general es la misma: Un descenso en la temperatura implica un aumento en la densidad. ¿Cómo podremos obtener un gas de bosones a temperaturas del orden de 10^{-7} K , para observar la formación del BEC?

Esto se puede lograr, evitando la existencia de “centros de nucleación”. Para la formación de gotas o cristales, es necesario que los átomos o moléculas, se aglomeren en torno a algún “cuerpo”. Estos cuerpos, actúan como centros de nucleación, ya que son los núcleos de las futuras gotas o cristales.

Generalmente las paredes del sistema, así como el polvo o impurezas, actúan como centro de nucleación. Así es que, si se evita que el gas toque las paredes del sistema, y al mismo tiempo se asegura un sistema extra-limpio, tendremos un gas en estado metaestable.

Por otro lado, la colisión de dos átomos del gas, solo propicia el intercambio de energía entre ellos, sin que ellos puedan quedar unidos. Sin embargo, cuando tres átomos chocan simultáneamente, entre sí, puede suceder que el choque no sea del todo elástico y dos de ellos queden unidos, como en una molécula, mientras que el tercero lleva consigo la energía restante. La molécula o moléculas que se formen, rápidamente, servirán como centros de nucleación, y a la licuefacción del gas. Para evitar esto, es necesario mantener una baja densidad para el gas, del orden de 10^{12} cm^{-3} .

ASPECTOS EXPERIMENTALES

Para obtener el BEC es necesario utilizar una serie de técnicas experimentales, de las cuales, las más importantes serán detalladas aquí.

² temperatura y presión normal (273 K y 1 atm).

1. Trampa Magneto-Óptica (MOT)

En primera instancia es necesario atrapar un gran número de átomos (a temperatura ambiente) y luego enfriarlos. Para esto, se utiliza una Trampa Magneto-Óptica (MOT, por sus siglas en inglés), es decir, una que combina las características de las *melazas ópticas* y las propiedades de los campos magnéticos. Esencialmente, el MOT consiste en 3 pares de láseres contra propagantes, circularmente polarizados (derecha, $\sigma+$ e izquierda, $\sigma-$), en cuya intersección se ubican los átomos que se desean enfriar.

El MOT también cuenta con dos bobinas del tipo anti-Helmoltz, ya que la corriente en ellas circula en direcciones opuestas. El campo magnético resultante (B) forma un cuádrupolo esférico. Este tipo de campo, se anula en el centro de la trampa, donde los láseres se interceptan, y aumenta su intensidad, conforme se aleja de este punto; es lo que se llama un gradiente de Campo. En la Figura 2, se muestra un esquema de este tipo de Trampa.

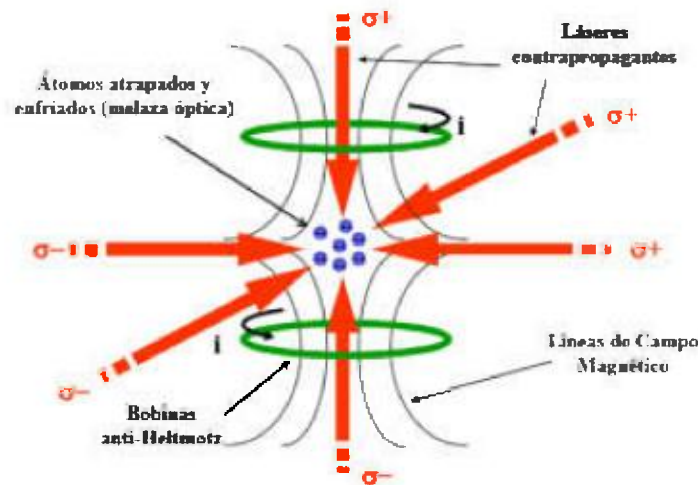


Fig. 2. Modelo de una Trampa Magneto-Óptica (MOT).

La alta eficacia del MOT, para enfriar y contener los átomos, se debe a la acción simultánea de dos mecanismos:

a) **Enfriamiento Doppler en un MOT:**

Aunque la intensidad del gradiente de campo magnético no es suficiente para contener los átomos, su presencia permite la acción del efecto Zeemann³.

Los átomos en la vecindad central del MOT interactúan con el campo magnético cuadrupolar y, por efecto Zeemann, desdoblan sus niveles energéticos, de acuerdo al momento angular de cada nivel. Esto, aumenta la probabilidad de absorber fotones láseres, que por estar polarizados circularmente, llevan un momentum angular ($-\hbar$ o $+\hbar$). Veamos un ejemplo.

En la Figura 3 se muestra un esquema lineal del desdoblamiento de los niveles del átomo, a lo largo de la dirección z . Se ha tomado, por simplicidad, el estado base (b) con momentum angular total nulo ($J=0$) y el estado excitado (e) con $J=1$.

Observe que en el centro de la trampa ($z=0$) no existe desdoblamiento alguno.

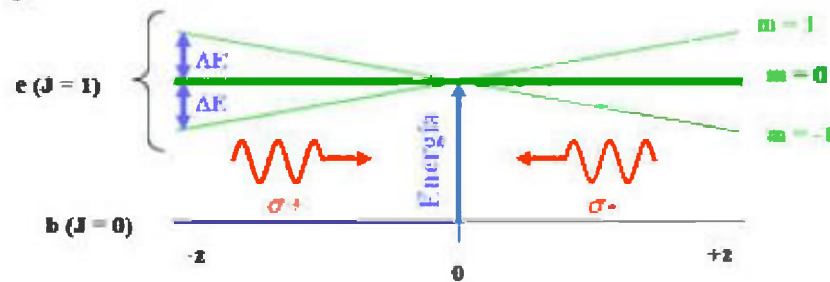


Fig. 3. Modelo unidimensional de la dependencia del efecto Zeemann (ΔE) de la posición, en un MOT.

Sin embargo, conforme se aleja de esa posición, el efecto Zeemann se hace más intenso debido al incremento del campo magnético⁴. Sea el caso de un átomo en la posición $+z$, cercana al centro. Según la Figura 3, tal átomo tiene mayor probabilidad de absorber un fotón con polarización $\sigma-$, que uno con polarización $\sigma+$, por lo que podrá excitarse al subnivel $m=-1$ (más cercano, energéticamente). Un razonamiento análogo se sigue para los átomos en $-z$.

³ Desdoblamiento de los niveles energéticos de un átomo, en presencia de un campo magnético externo.

⁴ Para el efecto Zeemann, $\Delta E = \mu B m$, m =proyección del momentum angular y μ =momento magnético del átomo.

El momentum lineal neto que experimenta el átomo, es producto de la absorción y posterior emisión de fotones. Sin embargo, debido al carácter aleatorio de la emisión, y luego de varios procesos de absorción-emisión, no se producirá un efecto mecánico neto sobre el átomo. Pero la absorción inicial, siempre ocasionará una disminución de la velocidad en la dirección del movimiento, y al mismo tiempo “empuja” al átomo hacia el centro de la trampa.

Por otro lado, debido a la velocidad relativa de los fotones y átomos, es preciso disminuir la frecuencia de los láseres para que los átomos (en rumbo de colisión con los fotones) “vean” que éstos poseen la frecuencia (energía) necesaria para ser absorbidos. Esta es una forma de efecto Doppler óptico. De allí que este mecanismo se denomine “enfriamiento Doppler”.

b) Enfriamiento Sisifo:

Además del enfriamiento Doppler que hemos tratado, el gradiente de polarización debido a la superposición de los láseres polarizados origina un tipo de enfriamiento llamado “enfriamiento Sisifo”. Aunque no se detalla aquí el mecanismo, el enfriamiento Sisifo hace que la energía de los átomos dependa de su posición dentro del MOT. De tal forma, que cuando el átomo avanza a través del MOT, pierde una cantidad de energía cinética, que se transforma en energía potencial, y luego se emite como un fotón (Ver ref. 5).

En síntesis, el MOT logra contener y enfriar los átomos a temperaturas del orden de $10\ \mu\text{K}$, pero aun no es suficientemente frío para lograr el BEC.

2. Enfriamiento Evaporativo

Este tipo de enfriamiento es el más comúnmente observado en la naturaleza, pero en el que menos se medita.

Pensemos en una taza de café caliente, y en el vapor que sale de ella. Si se deja esta taza a la intemperie, eventualmente se enfriará, alcanzando la temperatura del medio circundante ¿Cómo ocurre esto? El vapor que abandona la taza, no son más que moléculas de café que poseen una energía mayor que el promedio de las moléculas del café, de tal forma que pueden superar la barrera energética de la superficie y

escapan de la taza, llevando consigo una parte de la energía inicial del café.

Luego que muchas moléculas, con energía promedio altas, abandonan la taza, las moléculas restantes poseerán una energía promedio menor que la inicial, por lo tanto el café se enfría.

Este mismo mecanismo se utilizó para obtener el BEC por primera vez. Es decir, se necesita una “taza” para contener los átomos de rubidio, y luego dejar escapar los más energéticos, de tal manera que la energía (temperatura) promedio restante disminuya. Esto debe hacerse con sumo cuidado, ya que si se dejan escapar muchos átomos rápidamente, no quedaran suficientes para obtener el BEC. La densidad juega un papel importante, como ya lo hemos mencionado.

a) Potencial Tiempo-Orbital (TOP):

La “taza” donde se colocan los átomos de rubidio se construye apagando los láseres que sustentan el MOT, y luego, generando un campo similar al utilizado en el MOT, pero mucho más intenso. El campo magnético de esta “trampa magnética estática convencional”, se anula en el punto central y aumenta su valor conforme nos alejamos de este punto. La Figura 4 muestra la forma de este potencial magnético.

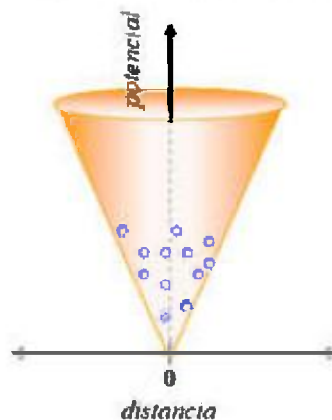


Fig. 4. Potencial en función de la distancia para una trampa magnética estática convencional. Observe que se anula en el punto central.

En su interacción con los átomos, el campo magnético “empuja” hacia el centro, a aquellos átomos con spin paralelo al campo, mientras que

átomos con spin antiparalelo son repelidos del centro (se desplazan hacia regiones donde el campo es máximo)⁵.

El potencial magnético que contiene a los átomos, mostrado en la Figura 4, posee un defecto importante: Al poseer un campo nulo en el centro, esto permite que los átomos, en este punto, cambien su spin al azar (efecto Majorana ó Majorana spin-flips). Así, muchos átomos pueden invertir su spin, de forma que sean expulsados de la trampa. Esta pérdida descontrolada de átomos, tiene una influencia negativa sobre la densidad de átomos necesaria para el BEC.

Eric Cornell solucionó este problema, añadiendo otro campo magnético, el cual rota en un plano normal al eje de simetría de la trampa inicial. El potencial resultante tendría forma parabólica, como se muestra en la Figura 5.

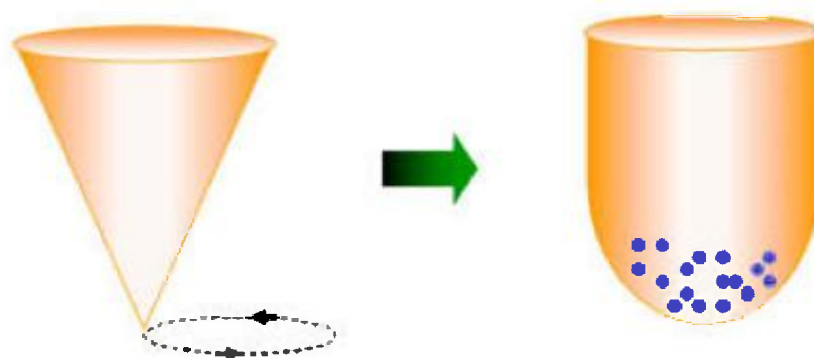


Fig. 5. Esquema de la formación de una TOP.

Esencialmente, se toma el punto central (donde el campo es cero) y se desplaza haciéndolo girar. Así, los átomos siguen atrapados en lo que se denomina “órbita de la muerte”, de manera que pueda aplicarse el enfriamiento evaporativo. Este tipo de potencial giratorio recibió el nombre de Potencial tiempo-orbital (TOP, siglas en inglés).

⁵la fuerza de “empuje” es $F = -\nabla U$, donde $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$ es la energía potencial magnética de interacción

b) Escalpelo de radiofrecuencia (rf):

Ahora que poseemos una “taza” donde nuestros átomos están contenidos, debemos extraer los átomos más energéticos, sin reducir dramáticamente la densidad (para este momento es del orden de 10^{10} cm^{-3}).

Para hacer esto, se utiliza un “escalpelo” de radio frecuencia (rf). Este escalpelo consistiría en una fuente de ondas (fotones) en el orden de las radio frecuencias⁶. La frecuencia del escalpelo puede ser modificada a voluntad, y es la variable independiente del experimento.

Este escalpelo posee inicialmente la frecuencia exacta para cambiar la orientación de los spines de los átomos más energéticos, es decir, aquellos que se encuentran en la parte superior de la “taza” (Fig. 5) o, dicho de otro modo, aquellos átomos ubicados en las regiones donde el campo magnético es máximo.

CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN (BEC)

Como ya se comento, la orientación del spin, determina si el átomo es “empujado” hacia la trampa o repelido de ella. El escalpelo cambiará la orientación de los spines atómicos, y “sacará” los átomos más energéticos. Conforme su frecuencia decrezca, hará “cortes” cada vez mas profundos en la nube de átomos atrapados, ya que los átomos restantes poseerán menos energía.

En la Figura 6 se muestra un grupo de fotografías de la nube de átomos para distintos valores del escalpelo (ν_{trap}). A partir de estas imágenes, se pudo determinar la distribución espacial y de velocidad, y de éstas, la temperatura y densidad central de la nube.

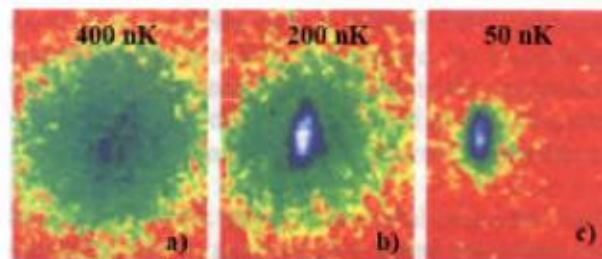


Fig 6. Nube de átomos atrapados, para distintas frecuencias del escalpelo. Los colores han sido agregados para dar mayor claridad (Cortesía de Nobel e-Museum, <http://www.nobel.se/physics/laureates/2001/phyadv.pdf>)

⁶ Podría ser una antena o un campo magnético oscilante

En las diferentes imágenes de la Figura 6, se puede observar un patrón circular de átomos normales de rubidio (color amarillo y verde) uniformemente distribuidos, tal como se espera de un gas en equilibrio térmico. En la parte central de la Figura 6a, se empieza a observar regiones donde los átomos empiezan a condensarse (regiones en azul). En las Figura 6b y 6c, se hace evidente la aparición de átomos condensados (blanco) en el centro de la nube, con forma elíptica. Este mismo esquema en tres dimensiones se muestra en la Figura 7.

La evidencia experimental, muestra que la densidad del pico aumenta abruptamente a una frecuencia de $\nu_{\text{evap}} = 4.23 \text{ MHz}$ ($\approx 170 \text{ nK}$), indicando el inicio de la formación del BEC. Para una frecuencia de 4.1 MHz , casi todos los átomos en la trampa se encuentran en estado condensado.

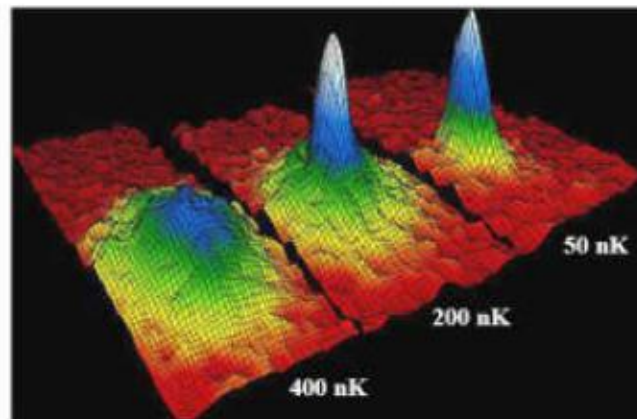


Fig 7. Esquema tridimensional de una nube de gas donde vemos de la formación del BEC (Cortesía de Nobel e-Museum, <http://www.nobel.se/physics/laureates/2001/phyadv.pdf>).

Estos son partes de los datos obtenidos por E. A. Cornell, C. E. Wiemann y su equipo, ese 5 de junio de 1995, a las 10:54 a.m., cuando observaron por primera vez el Quinto estado de la materia: El condensado de Bose-Einstein.

De ese momento en adelante, otros investigadores, que también buscaban el BEC, confirmaron la creación del mismo, reproduciendo los resultados del grupo de Boulder. Entre los primeros estaba W. Ketterle del MIT, quien pocos meses después, logró alcanzar el BEC usando átomos de sodio-23 y un sistema alternativo al TOP para contener los átomos.

CONCLUSION

Además de la posibilidad de observar macroscópicamente el comportamiento cuántico de la materia, el descubrimiento del BEC, fue considerado como un logro admirable, por lo que E. Cornell, C. E. Wiemann, W. Ketterle fueron galardonados con el premio Nóbel de Física (2001). Sin embargo, el trabajo recién comienza para quienes, ahora estudiarán las propiedades físicas del BEC. Se abre así, un nuevo campo de estudio para los físicos, a inicios del siglo XXI.

REFERENCIAS

Anderson, M., J. Ensher, M. Matthews, C. Wiemann & E. Cornell. 1995. "Observation of Bose-Einstein Condensation in a dilute atomic Vapor". *Science* 269: 198-201.

Balykin, V., V. Minogin & V. Letokhov. 2000. "Electromagnetic Trapping of Cold atoms". *Rep. Prog. Phys.* 66(9): 1429-1510.

BEC HomePage. 2000. <http://www.colorado.edu/physics/2000/bec/index.html>.

Cornell, E. 1996. "Very Cold Indeed: The Nanokelvin Physics of Bose-Einstein Condensation". *J. Res. Inst. Stand. Technol.* Vol 101, No. 4.

Ibarra-Durán, A. 2005. "Por debajo del Limite Doppler: El Enfriamiento Sisifo". *Tecnociencia* 7(1): 121-133.

Ketterle, W., M. Andrews, K. Davis, D. Durfee, D. Kurn, M. Mewes & N. Van Druten. 1996. "Bose-Einstein condensation of ultracold atomic gases". Publicado en: *Physica Scripta*, Procedente de la 15^a Conferencia General de la División de Materia Condensada de la Sociedad Física Europea.

Nobel e-Museum (www.nobel.se). 2001. "Bose-Einstein Condensation in Alkali Gases". Premio Nóbel de Física 2001. Disponible en <http://www.nobel.se/physics/laureates/2001/phyadv.pdf>

Rawat, H.S. 1998. "Laser Cooling and Trapping of Neutral Atoms". *Laser News* 9(4). Disponible en <http://www.ila.org.in/lasernews/ln984/index.html>

Taubes, G. 1995. "Physicists Create New State of Matter". *Science* Vol 269: 152-153.

Recibido febrero de 2005, aceptado septiembre de 2006.



RETROSPECTIVA A LA ESCUELA DE FISICA EN EL AÑO MUNDIAL DE LA FISICA

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Eduardo Chung

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Departamento de Física.

e-mail:eduardochung@yahoo.com

RESUMEN

En el año Mundial de la Física se hizo una recopilación de los trabajos de tesis presentados por los estudiantes de la carrera de Licenciatura en Física a lo largo de sus 35 años de funcionamiento. Se encontró que el espectro de trabajos realizados es muy amplio. En Física teórica se explican fenómenos relacionados con la Física cuántica y la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein. En Geofísica, los trabajos se han concentrado principalmente en la prospección de aguas subterráneas. El área con mayor cantidad de trabajos es en Técnicas nucleares e Instrumentación, la cual abarca Estado sólido, Instrumentación y Técnica Nuclear, y Física médica. La mayoría de los trabajos realizados en el área de Ciencias de Materiales han utilizado la técnica de Espectroscopia Mössbauer. El área de Física de la Atmósfera es un área relativamente joven por lo que los trabajos se han concentrado en establecer distintos parámetros de Panamá. En el área de Enseñanza de la Física se ha tratado de implementar diversas metodologías en el proceso enseñanza-aprendizaje y se han elaborado diversos módulos para estudiantes. El número de egresados de la Carrera de Licenciatura en Física ha ido aumentando a través de los años, desde 14 en la década de los 70, hasta 35 en la década de los 90, y en lo que va de esta década ya han culminado 30 licenciados en Física.

PALABRAS CLAVES

Escuela de Física, Licenciatura en Física, Año Mundial de la Física.

ABSTRACT

A Bachelor's Degree thesis compilation of the School of Physics during his 35 years has been made in the World Year of Physics. A wide variety of works have been

made. In Theoretical Physics phenomena related to Quantum Physics and Einstein's Special Theory of Relativity are explained. In Geophysics, the works have been concentrated mainly in water prospection. The area with greater amount of work is Nuclear Techniques and Instrumentation, including Solid State, Instrumentation and Nuclear Technique, and Medical Physics. Most of the work made in the area of Material's Sciences includes the use of Mössbauer Spectroscopy. The area of Physics of the Atmosphere is a relatively new area, which explains why the works have been concentrated in establishing different parameters of Panama. The area of Teaching Physics has implemented diverse methodologies in the teaching-learning process and diverse modules for students have been elaborated. The number of students with Bachelor's Degree in Physics has been increased through years, from 14 in the decade of the 70, up to 35 in the decade of the 90, and in this decade there are already 30 who got their Bachelor's Degree in Physics.

KEYWORDS

Physics School, Bachelor Degree in Physics, World Year of Physics.

La Escuela de Física de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología de la Universidad de Panamá ha graduado a casi 100 Licenciados en Física a lo largo de sus 35 años de existencia. En la década de los 70 graduó a 14, en los 80, 20 jóvenes obtienen sus títulos, en la década de los 90, 35 culminan con éxitos la carrera y de lo que va de esta década, 30 jóvenes han logrado superarse en esta difícil carrera. En la Figura 1 podemos observar como es el incremento de los graduados en Física. A este ritmo, podemos decir que en los próximos cinco años habrá más de 30 jóvenes graduándose en esta carrera.

Los aportes que han hecho estos graduados, a través del trabajo de graduación han sido muy amplios. Se han realizados setenta y cuatro (74) trabajos divididos en distintas áreas, hay catorce (14) trabajos realizados sobre la física teórica, once (11) en geofísica, seis (6) en enseñanza de la física, tres (3) en física de la atmósfera, veintinueve (29) en Técnicas nucleares e Instrumentación, y once (11) en Ciencias de materiales. En la Figura 2 podemos observar que el área donde hay mayor cantidad de trabajo es el de Técnicas nucleares e Instrumentación, seguido del área de Geofísica y las áreas donde hay menor cantidad de trabajo son enseñanza y Física de la atmósfera.

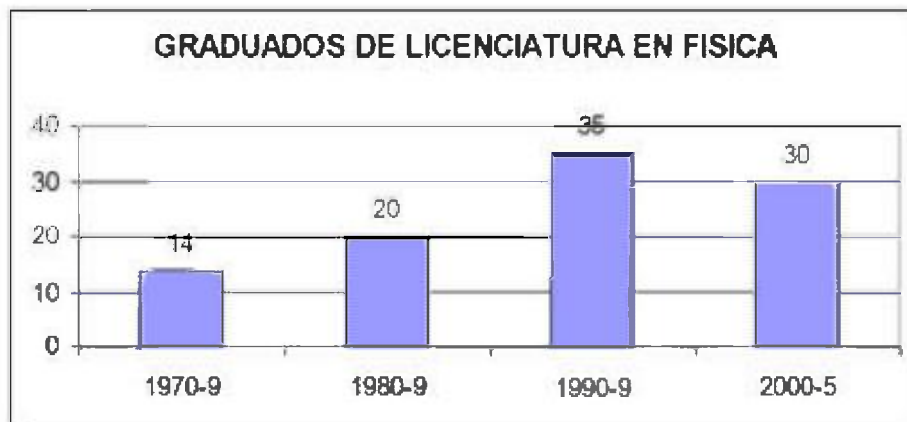


Fig. 1. Cantidad de graduados por década. De continuar la tendencia, podemos esperar que el próximo lustro haya más de 30 estudiantes que se gradúen.



Fig. 2. Distribución de tesis por área de trabajo. Más del 50% de los trabajos realizados pertenecen a las áreas de Técnicas nucleares e instrumentación y Física teórica.

FISICA TEORICA

El área de la Física teórica parte de los principios físicos y con rugosidad matemática explica los fenómenos físicos, deduce comportamientos o explica la formación de “partículas”. Entre los trabajos realizados podemos mencionar sobre el Efecto Mössbauer, la Resonancia Magnética, la Resonancia Magnética Nuclear y la Resonancia Electrónica del Espín, los Fundamentos Axiomáticos de la Relatividad Especial, los métodos fisicomatemáticos en la Mecánica Cuántica, estudio fenomenológico del modelo de Quarks, análisis de una perturbación r^{-3} al potencial coulombico, derivación estocástica de la Ley de Planck y los coeficientes de Einstein, sobre la formación de monopolos tipos “t-Hooft-Polyakov”, aproximación asintótica de las propiedades de estado de paridad negativa, el momento angular del espín como valor complejo, introducción a la simetría de escala, sobre el momento magnético angular del espín como valor complejo, y propiedades electromagnéticas del campo escalar cargado, los aspectos fundamentales de la Física del Plasma.

GEOFISICA

El área de Geofísica da una explicación física de los aparatos de medición utilizados a partir de los principios físicos interpretar los resultados de las mediciones hechas con aparatos propios del área como acelerógrafo, o que miden propiedades geomagnéticos, electroresistivos, entre otros. En el área de la geofísica, se han hecho prospección de aguas subterráneas utilizando el método electroresistivo y potencial espontáneo en Capellania y Cerro Morado en Aguadulce, el estudio de atenuación inelástica y características espectrales de las ondas sísmicas en la Región Sur Occidental de Panamá, estudio geofísico integral para la exploración de aguas subterráneas en el área de Cermeño, Distrito de Capira, además de trabajos hechos en Panamá Vieja como la detección de rutas coloniales aplicando el método de eléctrico de resistividad, estudio de gradiente magnético vertical de las estructuras arqueológicas en la zona oriental del Convento de Santo Domingo, aplicación del método magnético en el estudio de un canal de desagüe, técnica metalográfica aplicado a clavos coloniales encontrados en excavaciones, parametrización de casas reales mediante la inversión de pseudos secciones de resistividad aparente, el acelerógrafo, uso y aplicaciones.

ENSEÑANZA DE LA FISICA

En el área de la Enseñanza de la Física, se hacen diagnósticos de las dificultades que presentan los estudiantes y se presentan posibles soluciones a estas dificultades. En esta área se han elaborado estudio de la física en la escuela secundaria, la resolución de problemas y su incidencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje, elaboración, aplicación y ensayos de un paquete de enseñanza experimental dirigido al desarrollo de las estructuras lógico-formal, y de un paquete de lecciones de física para estudiantes de nivel medio, se ha tratado sobre la importancia de una unidad didáctica como estrategia de planificación de clases, se han elaborado módulos de autoinstrucción asistido por computadora.

FISICA DE LA ATMOSFERA

El área de Física de la atmósfera fue creada alrededor de 1995 y consiste en realizar monitoreo continuo de la radiación ultravioleta y de la columna de ozono, además de estudios y determinación de los parámetros meteorológicos para el país. En el área de Física de la atmósfera se han elaborado los mapas de isolíneas de radiación global, heliofania y determinación de los parámetros A y B del modelo de Kasten para Panamá, estudio de dos parámetros meteorológicas que influyen en el comportamiento de los vientos de tránsito en el Istmo de Panamá, fundamentos de la tecnología VSAT y su papel en la red de sistema de monitoreo del CTBT.

TECNICAS NUCLEARES E INSTRUMENTACION

Los trabajos realizados en el área de Técnicas nucleares e instrumentación se pueden categorizar en estado sólido, Instrumentación y Técnicas nucleares, y Física médica. El área de estado sólido trata de explicar el resultado de mediciones de comportamiento de la materia a través de un modelo teórico. Las técnicas nucleares principalmente utilizan aparatos de medición utilizando propiedades del núcleo para determinar algunas propiedades de la materia. El área de Instrumentación además de explicar el funcionamiento de los aparatos utilizados a partir de los principios físicos y cuales son las propiedades físicas que mide, diseña y construye el equipo con materiales que se consiguen en el mercado panameño. En el área de Física médica se determinan los parámetros dosimétricos que garantice la seguridad de todos los usuarios. Los trabajos orientados al estado sólido son: medición del momento

magnético nuclear y del espín del electrón, el estudio de los momentos magnéticos localizados en metales de transición, el análisis de distribución del desdoblamiento cuadrupolar de un óxido complejo, síntesis y caracterización del Y-B-Co utilizando la técnica de termoluminiscencia, estudio estequiométrico del $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$, estudio de la magnetización de un superparamagnético con anisotropía uniaxial, la temperatura: una magnitud fundamental, la radiación solar como fuente para la producción de energía eléctrica y simulación digital de un colector solar plano, estudio de factibilidad para la instalación de un laboratorio de análisis de tritio para tratamiento de aguas. En el área de Instrumentación se han desarrollado instrumentos de mediciones aplicados a la Física, y mediciones de la potencia termoeléctrica, del efecto Hall, de la resistividad eléctrica, y de la susceptibilidad magnética, el control proporcional integral derivativo aplicado a un controlador automático para hornos. Y en el área de técnicas nucleares y física médica se han realizados trabajos como el desarrollo de un programa de computación para determinar la dosis de radiación del dosímetro de película, el diseño, construcción y evaluación de un monitor de dosis de alta energía, las propiedades del fibrocemento como material de blindaje en salas de mamografías, la dosimetría fetal en radiología diagnóstica, estudios de parámetros dosimétricos en equipos nuevos, la determinación de la dosis absorbida en agua para haces de fotones y electrones de alta energía en el Centro Oncológico Paitilla, estudio de distribución de dosis de Co-60 en tratamiento de mamas, y medidas de secciones totales y diferenciales de la neutralización de Li^+ al incidir blancos gaseosos de H_2 , Ar y Ne a energías de KeV, estudios de los parámetros dosimétricos en equipos THERATON 780C, además de los estudios de la influencia de la tecnología en la salud humana como la emisión de radiación X por parte de los aparatos televisivos, estudios de la radiación electromagnética en la hidroeléctrica La Estrella, análisis de los niveles de contaminación acústica en áreas residenciales cercanas al ferrocarril transistmico de Panamá, mediciones de niveles sonoros en un sector del área urbana de la Ciudad de Panamá y análisis de las vibraciones generadas en la Gran Estación de Transporte.

El uso de distintas técnicas de distintas disciplinas como química, ingeniería mecánica, metalografía, entre otras para determinar las propiedades de los materiales caracterizan los trabajos del área de Ciencias de Materiales. En esta área se han realizados distintos

trabajos, entre los cuales se encuentran aquellos que han utilizado la Espectroscopia Mössbauer como técnica principal como el estudio de arcillas tratadas térmicamente y de compuestos no estequiométricos de bario, el estudio de cerámicas antiguas y las condiciones de cocción de arcillas rojas del sitio El Caño y de magnetitas sustituidas natural y artificialmente, la caracterización de algunas cerámicas indígenas antiguas de la Región Central, estudio preliminar de minerales de arcillas utilizadas por alfareros artesanales en la región de La Arena de Chitré, y aquellos que incorporaron otras técnicas además de la Espectroscopia Mössbauer como estudios de correlación aplicado a las arcillas y las cerámicas, los efectos de la corrosión sobre las propiedades mecánicas en láminas de aceros galvanizados y láminas a base de Zn-Al-Cu, los estudios comparativos de la resistencia a la corrosión y la variación de propiedades mecánicas entre el Zinalco y el acero galvanizado, de tres pinturas anticorrosivo para ambiente marino de uso común, de las propiedades termoluminescentes en cuarzos panameños y europeos, y la acústica del Kammu Purwi.

Una cantidad considerable de egresados de la carrera de Licenciatura en Física han podido realizar estudios de postgrado en el extranjero y algunos de ellos han logrado obtener el doctorado. El éxito de estos profesionales es tal que algunos de ellos se encuentran laborando en empresas o universidades de renombre a nivel mundial en países como Japón, Suecia, España, Estados Unidos, Puerto Rico, Brasil, etc. Hay otros que han regresado a Panamá para formar a los futuros profesionales del área. Y otros que están estudiando todavía o están culminando sus maestrías o doctorados. Muchos de los que regresan se destacan en el ámbito académico y han ocupado puestos como Decano, Directores de Centros de Investigaciones, asesores técnicos, representantes de Panamá ante distintos organismos internacionales, etc.

CONCLUSIONES

Los egresados de la Carrera de Licenciatura en Física no son muchos en comparación con otras carreras de la Facultad o de la Universidad de Panamá, pero podemos observar que la cantidad de egresados ha ido en aumento. La Escuela de Física necesita mejorar su infraestructura y seguir actualizando el equipo de laboratorio y herramientas tecnológicas para dar formación consona a un número mayor de jóvenes que ingresarán en esta carrera.

De la gráfica 2 observamos con preocupación que sólo un 8% de los trabajos se han realizados en Enseñanza de la Física. Esto puede ser por dos razones, los estudiantes de la Carrera de Licenciatura en Física pueden considerar que los problemas de la enseñanza de la Física en Panamá no tiene la misma importancia jerárquica que las otros áreas de desarrollo; o puede ser que los estudiantes de la Carrera de Licenciatura en Física están acostumbrados a las investigaciones cuantitativas y no están familiarizados con las investigaciones cualitativas. Los problemas de grandes porcentajes de fracasos en la Física puede deberse a que no se le ha dado la importancia a esta área de desarrollo a lo largo de estos 35 años.

REFERENCIAS

Archivos de la Biblioteca Interamericana Simón Bolívar, Sección de Tesis, Universidad de Panamá, Panamá.

Archivos de la Biblioteca del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá.

Recibido julio de 2005, aceptado septiembre de 2006.



ANÁLISIS DE LA AVIFAUNA REPORTADA EN LA RESERVA FORESTAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO FORTUNA, PROVINCIA DE CHIRIQUI

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Percis A. Garcés

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología,
Centro Regional Universitario de San Miguelito
e-mail: perchysg@hotmail.com

RESUMEN

El avistaje de aves constituye una de las actividades eco turísticas más prometedora en las comunidades rurales, que bien organizada puede ayudar a generar ingresos rentables a sus ofertantes y a propiciar su desarrollo sustentable. Para la Reserva Forestal Fortuna se han reportado 299 especies, que están incluidas en 214 géneros, 50 familias y 17 órdenes. Este total representa el 30.8% del total de las especies reportadas para el país. Además, soporta 41 especies de aves con distribución restringida, 12 en peligro, 48 vulnerable, 4 con rango N2 y 7 con rango N3. El análisis a nivel de especies, sugiere que la gran mayoría de las aves son de bosque secundario y de rastrojos de tierras bajas y en menor grado de bosque premontano no perturbado. Este último tipo de ecosistema podría servir para explicar la notable presencia de especies de interés ornitológico que incluye algunas especies amenazadas y endémicas, "raras", protegidas por ley nacional, CITES y UICN. La presencia de especies que poseen hábitat de distribución restringidas y "raras" son un excelente atractivo para los observadores de aves, por lo que, la promoción de la Reserva junto a una adecuada selección de los sitios, podría incentivar a que más observadores profesionales, científicos y naturalistas se interesen por conocer esta preciada diversidad. Otro elemento que contribuye a resaltar el papel de la Reserva Forestal Fortuna, es el de servir como sitio de tránsito para las aves migratorias del norte.

PALABRAS CLAVES

Avifauna, Reserva Forestal Fortuna, riqueza de especies, especies amenazadas, endémicas, "raras", protegidas por ley nacional, CITES y UICN.

ABSTRACT

The diversity of birds constitute one of the most promissory activity of ecotourism in rural communities, and well organized it can help promote economical resources for those who offer the service; and it may promote sustain development for Fortuna Forest Reserve. 299 species have been reported, which has been included in 214 genera, 50 families and 17 orders. This represents the 30.8% of all species reported in the country. Also include, 41 species of birds with restricted distribution, 12 endangered, 48 vulnerable, 4 with range N2 y 7 species with range N3. The analysis at species level, suggests that the majority of the birds belong to the second growth forest and stubbles from the lowlands, and lesser degree from premontano undisturbed forest. This later type of ecosystem could serve to explain the notable presence of species of great ornithology importance, including some rare, endangered and endemic species protected by national's laws, CITES, and UICN. The presence of species with limited range of habitat distribution is an excellent attraction for birds-watchers. Thus promotion of birds' reservation along with and adequate selection of the sites could attract more watchers, professionals, scientists and nature watchers to build-up interest to discover the diversity of the area. Another aspect which contributes to project the role of Fortuna's Forest Reserve, is to serve as a path for birds migration.

KEYWORDS

Avifauna, Fortuna Forest Reserve, richness of species, endangered species, endemic, rare, protected by national laws, CITES and UICN.

INTRODUCCIÓN

El presente documento expone un análisis actualizado de la avifauna reportada para la Reserva Forestal Fortuna, es decir, el sitio donde se localiza la Represa del Proyecto Hidroeléctrico Fortuna. Para la actualización del mismo revisamos los estudios realizados por (Wetmore 1965-1973, Adames 1977, De Sousa 1999, Valdespino & Santamaria, 1999 y Tejera 2001, Angher 2003, Ridgely & Gwynne, 1993), por lo que tratamos de seleccionar los registros más precisos realizados por estos autores. En algunos casos como en los reportes de Valdespino & Santamaria (1999) tomamos como buenos los registros asociados al bosque premontano. Mientras que los reportes de Ridgely & Gwynne (1993) fueron considerados casi en su totalidad, por lo que no descartamos la posibilidad de que el número de especies para este sitio sean más abundante del que obtuvimos en la revisión. El análisis de la avifauna también incorpora los cambios en nomenclatura, así como la clasificación propuesta por la American Ornithologist's Union (AOU 1998). Destaca la riqueza de especies a nivel de familias, especies amenazadas y "raras", y además, presenta el

concepto Elementos Especiales para aquellas aves que aparecen listadas con ciertas categorías de protección, como lo son: Especies Protegidas por Ley Nacional (EPL); Internacional sobre el Tráfico de Especies en Peligro (CITES) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN).

ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD DE AVES DE LA RESERVA FORTUNA

Desde el punto de vista ornitológico, la Reserva Forestal Fortuna presenta aproximadamente un tercio de la diversidad de especies reportadas para el país. Esto resulta evidenciado cuando comparamos los resultados obtenidos por diversos autores (Adames 1977, De Sousa 1999, Valdespino & Santamaría 1999, Tejera 2001, Angher 2003, Ridgely & Gwynne 2005) con las 972 especie reportadas para el país (Angher 2006 comunicación personal). De acuerdo a la actualización de los nuevos registros, podemos indicar que la Reserva Forestal Fortuna contiene aproximadamente 299 especies de aves, las que están incluidas en 214 géneros, 50 familias y 17 órdenes. Este total de especies representa el 30.8% del total de las especies reportadas para el país. Ponemos énfasis en que al no tomar en cuenta los registros de bosque montano que presenta Valdespino & Santamaria (1999) y de Ridgely & Gwynne (1993) en las tierras alta de Chiriquí se pudieron haber dejado por fuera algunas especies que podrían enriquecer la avifauna de la Reserva Fortuna.

La comparación entre las diversa familias evidenció que las que presentaron la mayor riqueza de especies fueron: Tyrannidae con 49, Parulidae 24, Thraupidae 24, Trochilidae con 21, Emberezidae 15 y Furnariidae con 13. El análisis a nivel de especies sugiere que la gran mayoría de las aves son de bosque secundario y de rastrojos de tierras bajas y en menor grado de bosque premontano no perturbado. La ocurrencia del bosque premontano podría servir para explicar la notable presencia de especies de interés ornitológico como la candelita collareja (*Mnioborus torquatus*), la reinita cabecilistada (*Basileuterus tristriatus*), tangara de monte común (*Chlorospingus ophthalmicus*) y zeledonia (*Zeledonia coronata*). También es importante destacar la presencia de algunas especies “raras” o de hábitats muy restringidos, como lo son: el ave sombrilla cuellinuda (*Cephalopterus glabricollis*), el picolanza frentiverde (*Doryfera ludovicae*), el periquito frentirrojo (*Touit costaricensis*) el bebedor ventriamaarillo (*Sphyrapicus varius*).

el tirahojas gorgigris (*Sclerurus albigularis*), el hojarrasquero rojizo (*Automolus rubiginosus*), el trepatroncos ventribarrado (*Dendrocolaptes picummmus*), el picoguadana piquipardo (*Campylorhamphus pusillus*), el tororoi ocráceo (*Grallaricula flavirostris*), el capulinero negro y amarillo (*Phainoptila melanoxantha*) y el pinzón pizarroso (*Haplospiza rustica*) (Ridgely & Gwynne 1993).

La Reserva Forestal Fortuna protege la cuenca de la represa y contiene un gran número de especies amenazadas y endémicas, razón por la cual está considerada como un área de aves endémicas (AAE) de tierras Altas de Costa Rica y Panamá de la vertiente del Caribe de Centroamérica (Stattersfield *et al.*, 1998), su singularidad también se destaca porque es un sitio estacionalmente importante para especies como el ave sombrilla cuellinuda (*Cephalopterus glabricollis*), el periquito frentirrojo (*Touit costaricensis*) y el campanero tricarunculado (*Procnias tricarunculata*) (Angher 2003). Fortuna está incluida en la Región de la Vertiente Caribeña de América Central, que se extiende desde Guatemala hasta Panamá, y entre sus principales valores, incluye 41 especies de aves con distribución restringida, 12 en peligro y 48 vulnerable (Angher 2003). La importancia de conservar la Reserva no sólo se limita a su potencial uso como fuente de recurso hídrico, sino que simultáneamente contribuye a conservar a las especies endémicas, en peligro y al movimiento estacional de algunas especies locales, y migratorias nortenas.

Cuadro 1. Aves reportadas en la Reserva Forestal Fortuna.

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Tinamiformes	Tinamidae	Tinamú grande	<i>Tinamus major</i>
Tinamiformes	Tinamidae	Tinamú chico	<i>Crypturellus soui</i>
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	Cormorán neotropical	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>
Pelecaniformes	Fregatidae	Fregata magnífica	<i>Fregata magnificens</i>
Ciconiiformes	Ardeidae	Garceta bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>
Ciconiiformes	Ardeidae	Garza dorsiverde	<i>Butorides virescens</i>
Ciconiiformes	Cathartidae	Gallinazo cabecinegro	<i>Coragyps atratus</i>
Ciconiiformes	Cathartidae	Gallinazo cabecirrojo	<i>Cathartes aura</i>
Ciconiiformes	Cathartidae	Gallinazo rey	<i>Sarcorampus papa</i>
Falconiformes	Accipitridae	Elanio tijereta	<i>Elanoides forficatus</i>
Falconiformes	Accipitridae	Gavilán barretero	<i>Leucopternis princeps</i>
Falconiformes	Accipitridae	Gavilán blanco	<i>Leucopternis albigollis</i>
Falconiformes	Accipitridae	Gavilán negro mayor	<i>Buteogallus urubitinga</i>

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Falconiformes	Accipitridae	Gavilán caninero	<i>Buteo magnirostris</i>
Falconiformes	Accipitridae	Gavilán alado	<i>Buteo platypterus</i>
Falconiformes	Accipitridae	Gavilán colicorto	<i>Buteo brachyurus</i>
Falconiformes	Accipitridae	Aguilillo negro	<i>Spizaetus tyrannus</i>
Falconiformes	Accipitridae	Aguilillo adornado	<i>Spizaetus ornatus</i>
Falconiformes	Falconidae	Halcón montés barreteado	<i>Micrastur ruficollis</i>
Falconiformes	Falconidae	Caracara cabeciamarilla	<i>Milvago chimachima</i>
Falconiformes	Falconidae	Halcón reidor	<i>Harporhynchus cochimons</i>
Galliformes	Cracidae	Chachalaca cabecigris	<i>Oreortyx cinereiceps</i>
Galliformes	Cracidae	Pava negra	<i>Chamaepetes unicolor</i>
Galliformes	Cracidae	Pavón grande	<i>Crax rubra</i>
Galliformes	Odontophoridae	Codorniz crestada	<i>Colinus cristatus</i>
Galliformes	Odontophoridae	Codorniz pechinegra	<i>Odontophorus leucolaemus</i>
Galliformes	Odontophoridae	Codorniz moteada	<i>Odontophorus guttatus</i>
Gruiformes	Rallidae	Rascón -montés cuelligris	<i>Aramides cajaneus</i>
Gruiformes	Eurypygidae	Garza del sol	<i>Eurypyga helias</i>
Charadriiformes	Scolopacidae	Playerito coleador	<i>Actitis macularia</i>
Columbiformes	Columbidae	Paloma colorada	<i>Columba cayennensis</i>
Columbiformes	Columbidae	Paloma escamosa	<i>Columba speciosa</i>
Columbiformes	Columbidae	Paloma coronablanca	<i>Columba leucocephala</i>
Columbiformes	Columbidae	Paloma collaraja	<i>Columba fasciata</i>
Columbiformes	Columbidae	Paloma rojiza	<i>Columba subvinacea</i>
Columbiformes	Columbidae	Tortolita menuda	<i>Columbina minuta</i>
Columbiformes	Columbidae	Tortolita rojiza	<i>Columbina talpacoti</i>
Columbiformes	Columbidae	Paloma rabiblanca	<i>Leptotila verreauxi</i>
Columbiformes	Columbidae	Paloma-perdiz de Chiriquí	<i>Geotrygon chinquensis</i>
Psittaciformes	Psittacidae	Perico aliamarillo	<i>Pyrrhura hoffmanni</i>
Psittaciformes	Psittacidae	Perico frentirrojo	<i>Aratinga fuschii</i>
Psittaciformes	Psittacidae	Perico carisucio	<i>Aratinga pertinax</i>
Psittaciformes	Psittacidae	Perico barbiranaja	<i>Brodiaea jugularis</i>
Psittaciformes	Psittacidae	Periquito frentirrojo	<i>Touit costaricensis</i>
Psittaciformes	Psittacidae	Loro cabecipardo	<i>Pionopsitta haematotis</i>
Psittaciformes	Psittacidae	Loro cabeciazul	<i>Pionus menstruus</i>
Psittaciformes	Psittacidae	Amazona frentirrojo	<i>Amazona autumnalis</i>
Cuculiformes	Cuculidae	Cuco ardilla	<i>Piaya cayana</i>
Cuculiformes	Cuculidae	Cuelillo listado	<i>Tapera naevia</i>
Cuculiformes	Cuculidae	Garrapatero piquiliso	<i>Crotophaga ani</i>
Strigiformes	Tytonidae	Lechuza campanaria	<i>Tyto alba</i>
Strigiformes	Strigidae	Autillo tropical	<i>Otus choliba</i>
Strigiformes	Strigidae	Autillo vermiculado	<i>Otus guatemalae</i>

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	Tapacamino común	<i>Nyctidromus albicollis</i>
Caprimulgiformes	Nyctibidae	Nictibio común	<i>Nyctibius griseus</i>
Apodiformes	Apodidae	Vencejo cuelliblanco	<i>Streptoprocne zonaris</i>
Apodiformes	Apodidae	Vencejo de chimenes	<i>Chaetura pelagica</i>
Apodiformes	Apodidae	Vencejo de Vaux	<i>Chaetura vauxi</i>
Apodiformes	Trochilidae	Ermitaño bronceado	<i>Glaucis aenea</i>
Apodiformes	Trochilidae	Ermitaño pechicanelo	<i>Glaucis hirsuta</i>
Apodiformes	Trochilidae	Barbita colibandeada	<i>Threnetes ruckeri</i>
Apodiformes	Trochilidae	Ermitaño verde	<i>Phaethornis guy</i>
Apodiformes	Trochilidae	Ermitaño colilargo	<i>Phaethornis superciliosus</i>
Apodiformes	Trochilidae	Ermitaño chico	<i>Phaethornis longuemareus</i>
Apodiformes	Trochilidae	Pico de hoz-puntiblanco	<i>Eutoxeres aquila</i>
Apodiformes	Trochilidae	Picolanza frentiverde	<i>Doryfera ludovicae</i>
Apodiformes	Trochilidae	Alasable violáceo	<i>Campylopterus hemileucurus</i>
Apodiformes	Trochilidae	Orejivioláceo verde	<i>Colibri thalassinus</i>
Apodiformes	Trochilidae	Colicorda verde	<i>Dicosura conversii</i>
Apodiformes	Trochilidae	Amazilia ventrinivosa	<i>Amazilia edward</i>
Apodiformes	Trochilidae	Amazilia colínufa	<i>Amazilia tzacatl</i>
Apodiformes	Trochilidae	Colibri ventrinegro	<i>Eupherusa nigriventris</i>
Apodiformes	Trochilidae	Esmeralda coliblanca	<i>Elvira chionura</i>
Apodiformes	Trochilidae	Colibri-montañas vetriblanco	<i>Lampornis hemileucus</i>
Apodiformes	Trochilidae	Colibri-montañas gorgiblanco	<i>Lampornis cataneiventris</i>
Apodiformes	Trochilidae	Brillante coroniverde	<i>Heliodoxa jacula</i>
Apodiformes	Trochilidae	Colibri magnífico	<i>Eugenes fulgens</i>
Apodiformes	Trochilidae	Hada coronipúrpura	<i>Heliothryx barroti</i>
Apodiformes	Trochilidae	Estrella gorgimorada	<i>Calliphlox bryantae</i>
Trogoniformes	Trogonidae	Trogón ventrianaranjado	<i>Trogon aurantiiventris</i>
Trogoniformes	Trogonidae	Trogón gorginegro	<i>Trogon rufus</i>
Trogoniformes	Trogonidae	Trogón colirrayado	<i>Trogon clathratus</i>
Trogoniformes	Trogonidae	Quetzal resplandeciente	<i>Pharomacrus mocinno</i>
Coraciiformes	Momotidae	Momoto enano	<i>Hylomanes momotula</i>
Coraciiformes	Momotidae	Momoto coroniazul	<i>Momotus momota</i>
Coraciiformes	Momotidae	Momoto rufo	<i>Baryphengus mariti</i>
Coraciiformes	Momotidae	Momoto piquiancho	<i>Electron paryrhynchum</i>
Coraciiformes	Alcedinidae	Martin pescador verde	<i>Chloroceryle americana</i>
Piciformes	Bucconidae	Buco bigotiblanco	<i>Malacopsitta panamensis</i>
Piciformes	Ramphastidae	Barbudo cabecirrojo	<i>Eubucco bourcierii</i>
Piciformes	Ramphastidae	Barbudo cocora	<i>Sayornis frantzii</i>

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Piciformes	Ramphastidae	Tucancillo verde	<i>Anlacorhynchus prasinus</i>
Piciformes	Ramphastidae	Tucancillo piquinaranja	<i>Preroglossus frantzii</i>
Piciformes	Ramphastidae	Tucán pico iris	<i>Ramphastos sulfuratus</i>
Piciformes	Picidae	Carpintero careto	<i>Melanerpes formicivorus</i>
Piciformes	Picidae	Carpintero coronirrojo	<i>Melanerpes rubicapillus</i>
Piciformes	Picidae	Bebedor veniamarillo	<i>Sphyrapicus varius</i>
Piciformes	Picidae	Carpintero pardo	<i>Ventilornis fumigatus</i>
Piciformes	Picidae	Carpintero olividorado	<i>Piculus rubiginosus</i>
Piciformes	Picidae	Carpintero lineado	<i>Dryocopus lineatus</i>
Passeriformes	Fumariidae	Colaespina pechiblanca	<i>Synallaxis albens</i>
Passeriformes	Fumariidae	Colaespina carirroja	<i>Crantoleuca erythrops</i>
Passeriformes	Fumariidae	Subpalo moteado	<i>Premnoplex brunescens</i>
Passeriformes	Fumariidae	Trepamango listado	<i>Hylocichla ustulata</i>
Passeriformes	Fumariidae	Hojarzasquero rayado	<i>Syndactyla subalaris</i>
Passeriformes	Fumariidae	Hojarzasquero de anteojos	<i>Anabacerthia variegaticeps</i>
Passeriformes	Fumariidae	Hojarzasquero gorgipálido	<i>Automolus ochrolaemus</i>
Passeriformes	Fumariidae	Hojarzasquero rojizo	<i>Automolus rubiginosus</i>
Passeriformes	Fumariidae	Trepamango pechirrayado	<i>Thripadectes rufobrunneus</i>
Passeriformes	Fumariidae	Xenops bayo	<i>Xenops minutus</i>
Passeriformes	Fumariidae	Tirahojas gorgicastaño	<i>Sclerurus mexicanus</i>
Passeriformes	Fumariidae	Tirahojas gorgigris	<i>Sclerurus albigularis</i>
Passeriformes	Fumariidae	Tirahojas gorgiescamoso	<i>Sclerurus guatemalensis</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos rojizo	<i>Dendrocincla hamachroa</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos oliváceo	<i>Sittasomus griseicapillus</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatronco colilarjo	<i>Deconychura longicauda</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos pico de cuña	<i>Glyphorhynchus spirurus</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos picofuerte	<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos barrileado	<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos ventribarrado	<i>Dendrocolaptes picumnus</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos gorgiancado	<i>Xiphorhynchus susurrans</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos manchado	<i>Xiphorhynchus erythropygius</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos cabecirrayado	<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Trepatroncos coronipunteado	<i>Lepidocolaptes affinis</i>
Passeriformes	Dendrocolaptidae	Picoguadaña piquipardo	<i>Campylorhamphus pusillus</i>
Passeriformes	Thamnophilidae	Batata negruzco	<i>Thamnophilus bridgesi</i>
Passeriformes	Thamnophilidae	Batata barrileado	<i>Thamnophilus atrinucha</i>
Passeriformes	Thamnophilidae	Batata rufo	<i>Thamnistes anabatinus</i>

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Passeriformes	Thamnophilidae	Batarito cabecigris	<i>Dystichanus mentalis</i>
Passeriformes	Thamnophilidae	Hormiguerito pizarro	<i>Myrmotherula schisticolor</i>
Passeriformes	Thamnophilidae	Hormiguerito lomitrufa	<i>Terenura callinota</i>
Passeriformes	Thamnophilidae	Hormiguero negruzco	<i>Cercomacra tyrannina</i>
Passeriformes	Thamnophilidae	Hormiguero dorsicastaño	<i>Myrmeciza exul</i>
Passeriformes	Thamnophilidae	Hormiguero immaculado	<i>Myrmeciza immaculata</i>
Passeriformes	Formicariidae	Pittasoma coroninegro	<i>Pittasoma michleri</i>
Passeriformes	Formicariidae	Tororoí ocráceo	<i>Grallaricula flavirostris</i>
Passeriformes	Rhinocryptidae	Tapaculo frentiplateado	<i>Scytalopus argenteifrons</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tiranolete silbador sureño	<i>Camptostoma absoletum</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Elaenia penoclnuda	<i>Elaenia flavogaster</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Elaenia menor	<i>Elaenia chiriquensis</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito guardarríos	<i>Serpophaga cinerea</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito olivilistado	<i>Mionectes olivaceus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito ventriocráceo	<i>Mionectes oleagineus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito gorrizarró	<i>Leptopogon superciliaris</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito cejitrufa	<i>Phylloscartes superciliaris</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tiranolete frentiblanco	<i>Phylomyias zeledoni</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tiranolete cejigris	<i>Zimmerius vilisimus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tiranolete de breñas norteño	<i>Sublegans arenarum</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tirano-enano crestiescamado	<i>Lophortyx pileatus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tirano-enano ojipalido	<i>Lophortyx pilaris</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Espatulilla común	<i>Todirostrum cinereum</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Picoplano de anteojos	<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Picoplano oliváceo	<i>Rhynchocyclus olivaceus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Picoancho azufrado	<i>Tolmomyias sulphureus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Picochuto gorgiblanco	<i>Platyrinchus mystaceus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Picochato coronidorado	<i>Platyrinchus coronatus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquero real	<i>Onychorhynchus coronatus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito colitrufa	<i>Terenotriccus erythrurus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito loniamarillo	<i>Myiobius barbarus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito-moñudo común	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Pibí boreal	<i>Contopus cooperi</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Pibí oscuro	<i>Contopus lugubris</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Pibí occidental	<i>Contopus sordidulus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito ventrianarillo	<i>Empidonax flaviventris</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito verdoso	<i>Empidonax virascens</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito de Traill	<i>Empidonax traillii</i>

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquerito amarillento	<i>Empidonax flavescens</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquero negro	<i>Sayornis nigricans</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Atila lomiamarilla	<i>Atila spadiceus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Plañidera rufa	<i>Rhytipterna holerythra</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Copetón crestioscuro	<i>Myiarchus tuberculifer</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Copetón panameño	<i>Myiarchus panamensis</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Copetón viajero	<i>Myiarchus cinerius</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquero picudo	<i>Megarhynchus pitangua</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquero social	<i>Myiozetetes similis</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquero ventriderado	<i>Myiodynastes hemichrysus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquero rayado	<i>Myiodynastes maculatus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquero ventriazulado	<i>Myiodynastes luteiventris</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Mosquera pirata	<i>Laganus leucophanus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tirano tropical	<i>Tyrannus melancholicus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tirano nortño	<i>Tyrannus tyrannus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Tijeta sabanera	<i>Tyrannus savana</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Schiffornis común	<i>Schiffornis turdinus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Cabezón aliblanco	<i>Pachyramphus polychopterus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Cabezón blanquingro	<i>Pachyramphus albogriseus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	Titira enmascarada	<i>Tityra semifasciata</i>
Passeriformes	Cotingidae	Ave-sombrilla cuellinuda	<i>Cephalopterus glabricollis</i>
Passeriformes	Cotingidae	Campanero tricarunculado	<i>Procnias tricarunculata</i>
Passeriformes	Pipridae	Saltarín cuellinaranja	<i>Manacus aurantiacus</i>
Passeriformes	Pipridae	Saltarín gorgiblanco	<i>Corapipo altera</i>
Passeriformes	Pipridae	Saltarín coludo	<i>Chiroxiphia lanceolata</i>
Passeriformes	Pipridae	Saltarín coroniblanco	<i>Pipra pipra</i>
Passeriformes	Vireonidae	Vireo pechiamarillo	<i>Vireo flavifrons</i>
Passeriformes	Vireonidae	Vireo de Filadelfia	<i>Vireo philadelphicus</i>
Passeriformes	Vireonidae	Vireo ojierojo	<i>Vireo olivaceus</i>
Passeriformes	Vireonidae	Vireo verdiamarillo	<i>Vireo flavoviridis</i>
Passeriformes	Vireonidae	Verdillo coronileonado	<i>Hylaphilus ochraceiceps</i>
Passeriformes	Vireonidae	Verdillo menor	<i>Hylaphilus decurtatus</i>
Passeriformes	Corvidae	Urraca pechinegra	<i>Cyanocorax affinis</i>
Passeriformes	Corvidae	Urraca capuchiceleste	<i>Cyanolyca cucullata</i>
Passeriformes	Hirundinidae	Martín pectigris	<i>Progne subis</i>
Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina azul y blanca	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>
Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina alirraposa sureña	<i>Selgidopteryx ruficollis</i>
Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina ribereña	<i>Riparia riparia</i>
Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina tijereta	<i>Hirundo rustica</i>

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Passeriformes	Troglodytidae	Sotorrey rufiblanco	<i>Thryothorus rufalbus</i>
Passeriformes	Troglodytidae	Sotorrey modesto	<i>Thryothorus modestus</i>
Passeriformes	Troglodytidae	Sotorrey común	<i>Troglodytes aedon</i>
Passeriformes	Troglodytidae	Sotorrey ocráceo	<i>Troglodytes ochraceus</i>
Passeriformes	Troglodytidae	Sotorrey-selvático pechiblanco	<i>Hemicorhina leucosticta</i>
Passeriformes	Troglodytidae	Sotorrey-selvático pechigris	<i>Hemicorhina leucophrys</i>
Passeriformes	Troglodytidae	Sotorrey-ruscoñor sureño	<i>Microoerculus marginatus</i>
Passeriformes	Cinclidae	Cinco norteamericano	<i>Cinclus mexicanus</i>
Passeriformes	Sylviidae	Soterillo piquilargo	<i>Ramphocaenus melanurus</i>
Passeriformes	Sylviidae	Perlita tropical	<i>Poliophtila plumbea</i>
Passeriformes	Turdidae	Solitario carinegro	<i>Myadestes melanops</i>
Passeriformes	Turdidae	Zorzal piquinegro	<i>Catharus gracilirostris</i>
Passeriformes	Turdidae	Zorzal piquinaranja	<i>Catharus aurantirostris</i>
Passeriformes	Turdidae	Zorzal sombrío	<i>Catharus fuscater</i>
Passeriformes	Turdidae	Zorzal de Swainson	<i>Catharus ustulatus</i>
Passeriformes	Turdidae	Mirlo montañero	<i>Turdus plebejus</i>
Passeriformes	Turdidae	Mirlo ventripálido	<i>Turdus obsoletus</i>
Passeriformes	Turdidae	Mirlo pardo	<i>Turdus grayi</i>
Passeriformes	Turdidae	Mirlo gorgiblanco	<i>Turdus assimilis</i>
Passeriformes	Ptilonotidae	Capulinero negro y amarillo	<i>Phainoptila melanoxantha</i>
Passeriformes	Ptilonotidae	Capulinero colilargo	<i>Ptilonotis caudatus</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita alidorada	<i>Vermivora chrysoptera</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita verdilla	<i>Vermivora peregrina</i>
Passeriformes	Parulidae	Parula tropical	<i>Parula pitlayumi</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita flaqueicastaña	<i>Dendroica pensylvanica</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita negrverde	<i>Dendroica virens</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita gorginaranja	<i>Dendroica fusca</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita pechicastaña	<i>Dendroica castanea</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita trepadora	<i>Mniotilta varia</i>
Passeriformes	Parulidae	Candelita nortea	<i>Setophaga ruticilla</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita gusanera	<i>Heimitheros vermivorus</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita homera	<i>Seiurus auricapillus</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita-acústica nortea	<i>Seiurus noveboracensis</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita-acústica piquigrande	<i>Seiurus motacilla</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita cachetinegra	<i>Oporornis formosus</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita enlutada	<i>Oporornis philadelphia</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita gorrinegra	<i>Wilsonia pusilla</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita collaraja	<i>Wilsonia canadensis</i>

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Passeriformes	Parulidae	Candelita gargantiplomiza	<i>Myioborus miniatus</i>
Passeriformes	Parulidae	Candelita collaraja	<i>Myioborus torquatus</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita coronitorada	<i>Basileuterus culicivorus</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita gorriscastaña	<i>Basileuterus rufifrons</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita enlutada	<i>Basileuterus tristriatus</i>
Passeriformes	Parulidae	Reinita lomiantecada	<i>Phaeothlypis fulviceauda</i>
Passeriformes	Parulidae	Zeledonia	<i>Zeledonia coronata</i>
Passeriformes	Coerebidae	Reinita mielera	<i>Coereba flaveola</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara-de monte común	<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara-de monte cejiblanca	<i>Chlorospingus pileatus</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara-de monte gorgiceña	<i>Chlorospingus canigularis</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara negriamarilla	<i>Chrysothlypis chrysomelas</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara oliva	<i>Chlorothraupis carmioli</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara cabecigris	<i>Eucomens penicillata</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara bermeja	<i>Piranga flava</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara veranera	<i>Piranga rubra</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara aliblanca	<i>Piranga leucoptera</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara lomiescarlata	<i>Ramphocelus passerinii</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara azulaja	<i>Thraupis episcopus</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara palmera	<i>Thraupis palmarum</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara azulitorada	<i>Bangia arcasi</i>
Passeriformes	Thraupidae	Eufonia coroniamarilla	<i>Euphonia luteicapilla</i>
Passeriformes	Thraupidae	Eufonia piquigueta	<i>Euphonia lanitrostris</i>
Passeriformes	Thraupidae	Eufonia ventricanala	<i>Euphonia fulvicrissa</i>
Passeriformes	Thraupidae	Eufonia gorriscanala	<i>Euphonia amica</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara goliplata	<i>Tangara icterocephala</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara motecada	<i>Tangara guttata</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara cabecibaya	<i>Tangara gyrola</i>
Passeriformes	Thraupidae	Tangara capuchitorada	<i>Tangara larvata</i>
Passeriformes	Thraupidae	Dacnis musliescarlata	<i>Dacnis venusta</i>
Passeriformes	Thraupidae	Clorofonia cejitorada	<i>Chlorophonia callophrys</i>
Passeriformes	Thraupidae	Mielero patirajo	<i>Cyanerpes cyaneus</i>
Passeriformes	Emberizidae	Espiguero pizarroso	<i>Sporophila schistacea</i>
Passeriformes	Emberizidae	Espiguero variable	<i>Sporophila americana</i>
Passeriformes	Emberizidae	Espiguero cuelliblanco	<i>Sporophila torqueola</i>
Passeriformes	Emberizidae	Espiguero pechirrojo	<i>Sporophila minuta</i>
Passeriformes	Emberizidae	Semillero menor	<i>Oryzoborus angolensis</i>
Passeriformes	Emberizidae	Semillerito cariamarillo	<i>Tiaris olivacea</i>
Passeriformes	Emberizidae	Pinchaflo pizarroso	<i>Diglossa plumbea</i>

Orden	Familia	Nombre común	Especie
Passeriformes	Emberizidae	Pinzón carisucio	<i>Tyrurus crassirostris</i>
Passeriformes	Emberizidae	Pinzón verdiamarillo	<i>Pselliophorus luteoviridis</i>
Passeriformes	Emberizidae	Pinzón pizarroso	<i>Haplospiza rustica</i>
Passeriformes	Emberizidae	Matorrero gorgicastaño	<i>Buarremon brunneinucha</i>
Passeriformes	Emberizidae	Matorrero Cabecilistado	<i>Buarremon torquatus</i>
Passeriformes	Emberizidae	Gorrion piquinaranja	<i>Arremon aurantirostris</i>
Passeriformes	Emberizidae	Gorrion negrilistado	<i>Arremonops contrirostris</i>
Passeriformes	Emberizidae	Gorrion ruficollarejo	<i>Zonotrichia capensis</i>
Passeriformes	Cardinalidae	Salvador listado	<i>Salvator albicollis</i>
Passeriformes	Cardinalidae	Salvador gorgianteado	<i>Salvator maximus</i>
Passeriformes	Cardinalidae	Picogueso muslinegro	<i>Pheucticus tibialis</i>
Passeriformes	Cardinalidae	Picogueso negrizulado	<i>Cyanococcyz cyanoides</i>
Passeriformes	Icteridae	Pastorero oriental	<i>Sturnella magna</i>
Passeriformes	Icteridae	Bolsero castaño	<i>Icterus spurius</i>
Passeriformes	Icteridae	Bolsero norteño	<i>Icterus galbula</i>
Passeriformes	Icteridae	Oropéndula cabecicastaña	<i>Psarocolius wagleri</i>
Passeriformes	Fringillidae	Higuero menor	<i>Carduelis palmaria</i>

ESPECIES DE INTERÉS ESPECIAL

En la categoría especies de interés especial se incluyen los elementos de la avifauna panameña que aparecen incluidas con diferentes rangos de protección o que son indicadoras ecológicas.

Del total de especies reportadas para la Reserva Forestal Fortuna se reportaron seis (6) especies protegidas por las leyes panameñas de la vida silvestre, las cuales aparecen en la Resolución N°-DIR-002-80 de INRENARE, en cumplimiento de Decreto Ley 39 del 29 de septiembre de 1966 y la Ley 12 de 29 de enero de 1973. Entre estas especies se encuentran aves grandes como: el tinamú grande (*Tinamus major*), el tinamú chico (*Crypturellus soui*), la pava negra (*Chamaepetes unicolor*), la paloma escamosa (*Columba speciosa*), la paloma rojiza (*Columba subvinacea*). Tanto el tinamú grande como la pava negra y el chico son considerados un manjar delicado, por su deliciosa carne, lo que las hace objetivos especiales de los cazadores (Méndez 1979).

Las categorías de especies amenazadas se basan en Threatened Bird Species of the World (BirdLife International 2000). Las especies amenazadas a nivel nacional se tomaron de (Angher 2003, y IUCN 1999). De acuerdo con la categoría de amenazas en peligro (EP), se

encontraron nueve (10) especies y 26 Vulnerable (VU) de acuerdo a los términos de la UICN (UICN/WWF 1999) (Cuadro 2). Entre las aves EP sobresalen el ave sombrilla cuellinuda (*Cephalopterus glabricollis*), el quetzal resplandeciente (*Pharomachrus mocinno*), el tucancillo piquinaranja (*Pteroglossus frantzii*), el capulinerio negro y amarillo (*Phainoptila melanoxantha*) y el pinzón veriamarillo (*Pselliophorus luteiviridis*) son algunas de las especies más sobresaliente, por que su poblaciones son raras o poco común, y además se encuentran en localidades muy específica en las tierras altas occidentales.

Del análisis del listado publicado por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES 1990), se concluye que 42 especies reportadas forman parte del apéndice II. A continuación se detalla la distribución: 21 Trochilidae, 9 Accipitridae, 8 Psittacidae, 3 Falconidae y 1 Strigidae. Dentro de estos grupos, los psitácidos (loros y pericos) son los que más presión de cacería confrontan, debido a que son utilizados como mascotas en algunos hogares del área, y por el comercio ilegal que se genera con su captura y venta para ser trasladados hacia otros sitios del país.

En cuanto a análisis de las especies que poseen hábitat de distribución restringida se diagnosticaron 4 con rango N2 y 7 con rango N3. La categoría N2 hace referencia a especies que por lo restringido de su hábitat a nivel nacional pueden estar severamente amenazadas ya sea por la pérdida de hábitat o la cacería (Cuadro 2).

En atención a las especies migratorias, se destaca el hecho de que esta categoría involucra especies que normalmente se reproducen en Norteamérica y que durante la temporada de invierno realizan migraciones de largas distancias, de modo que habitualmente utilizan nuestras costas, claros de bosques o bosques jóvenes o maduros como rutas de tránsito. De allí la estratificación de especies transitorias (t) o residentes de invierno (r), migratorias parcial (p) y migratoria intertropical. Atendiendo a la misma descripción se diagnosticaron 20 especies transitorias, 19 residentes de invierno, 11 especies compartiendo estos comportamientos (t, r), unas especies migratorias parciales (p), las cuales también están aparecen identificadas como especies transitorias y tres especies migratorias intertropicales (Cuadro 2).

Por otra parte, la denominación especies “raras”, incluye especies que generalmente se registran menos del 25 % en los viajes que se realizan al campo (Ridgely & Gwynne 1993).

La notable presencia de especies migratorias y “raras” refleja el carácter ecológico que está llamado a desempeñar el borde claro de los bosques de la Reserva de Fortuna. La posible conectividad entre las áreas boscosas de las tierras altas, y de estas con las tierras bajas, en este punto del país, refuerza la importancia de conservar este corredor biológico que actualmente sirve al tránsito de las especies migratorias del norte y a las especies nativas que realizan migraciones altitudinales. De igual forma, la existencia de 12 especies “raras” y 11 con hábitat restringidos, puede servir para focalizar la atención de los observadores de aves, en este sitio, para incrementar los conocimientos biológicos (ecológicos) de las mismas y para seguir promoviendo la conservación de la Reserva, porque conservándola contribuimos a garantizar la biodiversidad en esta región del país.

Cuadro 2. Elementos especiales reportados en Fortuna.

Especie	EPL	UTCN Nacional	CITES	TNC Nacional	Migratoria	Rara
<i>Tinamus major</i>	*					
<i>Crypturellus soui</i>	*					
<i>Sarcovamphus papa</i>		VU				
<i>Elanoides forficatus</i>					t(p)	
<i>Leucopternis princeps</i>						
<i>Leucopternis albicollis</i>						
<i>Buteogallus urubitinga</i>						
<i>Buteo magnirostris</i>						
<i>Buteo platypterus</i>					Lr	
<i>Buteo brachyurus</i>						
<i>Spizastur tyrannus</i>						
<i>Spizastur ornatus</i>						
<i>Micrasur ruficollis</i>						
<i>Milvago chimachuma</i>						
<i>Herpetoheres cachimans</i>						
<i>Chamaepetes unicolor</i>	*	VU		N2		
<i>Odontophorus leucolaemus</i>		VU		N2		
<i>Actitis macularia</i>						
<i>Columba speciosa</i>	*					
<i>Columba fasciata</i>				N3		
<i>Columba leucocephala</i>	*	En				

Especie	EPL	UCN Nacional	CITES	TNC Nacional	Migratoria	Rara
<i>Columba subvinacea</i>	*	VU				
<i>Geotrygon chiriquensis</i>	*	VU		N3		
<i>Pyrrhura hoffmanni</i>		VU	II			
<i>Aratinga finschi</i>			II			
<i>Aratinga pertinax</i>			II			
<i>Bratogeris jugularis</i>			II			
<i>Touit costaricensis</i>		VU	II			
<i>Pronopitta haematoris</i>			II			
<i>Pronus menstruus</i>			II			
<i>Amazona autumnalis</i>			II			
<i>Glaucis aenea</i>			II			
<i>Glaucis hirsuta</i>			II			
<i>Threnetes ruckeri</i>			II			
<i>Phaethornis guy</i>			II			
<i>Phaethornis superciliosus</i>			II			
<i>Phaethornis longuemareus</i>			II			
<i>Eutoxeres aquila</i>			II			
<i>Doryfera ludovicae</i>			II	N2		x
<i>Campylorhynchus hemileucurus</i>			II			
<i>Colibri thalassinus</i>			II			
<i>Dicosura conversii</i>			II			
<i>Amazilia edward</i>		VU	II			
<i>Amazilia tzacatl</i>						
<i>Eupherusa nigriventris</i>		En	II			
<i>Elvira chionura</i>		En	II			
<i>Lampornis hemileucus</i>						
<i>Lampornis cataneiventris</i>			II			
<i>Heliodoxa jacula</i>						
<i>Eugenes fulgens</i>			II			
<i>Heliothryx barroti</i>						
<i>Calliphila bryanuae</i>		En	II			
<i>Trogon clathratus</i>		VU				x
<i>Pharomacrus mocino</i>		En	I			
<i>Momonus momota</i>			II			
<i>Baryphthengus martii</i>			II			
<i>Electoqn platyrhynchum</i>			II			
<i>Sennornis franzii</i>		VU				
<i>Ramphastos sulfuratus</i>			II			
<i>Pteroglossus franzii</i>		En				
<i>Hylocistis subulatus</i>				N2		x
<i>Thripadectes rufobrunneus</i>		VU				

Especie	EPL	UICN Nacional	CITES	TNC Nacional	Migratoria	Rara
<i>Sclerurus mexicanus</i>				N3		x
<i>Sclerurus albigularis</i>		VU				x
<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>						
<i>Pittasoma michleri</i>						x
<i>Grallinula flavirostris</i>						x
<i>Scytalopus argentipectus</i>		VU				
<i>Pythomyias zeledoni</i>						
<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>		VU				
<i>Rhynchocyclus olivaceus</i>		En				
<i>Contopus borealis</i>					t	
<i>Contopus lugubris</i>		VU				
<i>Contopus ochraceus</i>		VU				
<i>Contopus sordidulus</i>					t	
<i>Empidonax flaviventris</i>					r	
<i>Empidonax traillii</i>					t	
<i>Myiodynastes hemichrysus</i>		VU		N3		
<i>Myiodynastes maculatus</i>		VU				
<i>Myiodynastes luteiventris</i>		VU				
<i>Pachyrhamphus albogriseus</i>		VU				x
<i>Cyphalopterus glabricollis</i>		En				x
<i>Procnias tricarunculata</i>		VU				
<i>Vireo flavifrons</i>					t, r	
<i>Vireo philadelphicus</i>					r	
<i>Vireo olivaceus</i>					t	
<i>Hirundo rustica</i>					t	
<i>Cinclus mexicanus</i>						
<i>Myadestes melanops</i>		VU		N3		
<i>Catharus ustulatus</i>					r	
<i>Phainoptila melanoxantha</i>		En				x
<i>Prilognys caudatus</i>		VU				
<i>Vermivora chrysoptera</i>					t	
<i>Vermivora peregrina</i>					t, r	
<i>Dendroica pensylvanica</i>					r	
<i>Dendroica virens</i>					r	
<i>Dendroica fusca</i>					t	
<i>Dendroica castanea</i>					t, r	
<i>Mniotilta varia</i>					t, r	
<i>Setophaga ruticilla</i>					t, r	
<i>Seiurus novaboracensis</i>					t, r	
<i>Seiurus motacilla</i>					t, r	
<i>Oporornis formosus</i>					r	x

Especie	EPL	UICN Nacional	CITES	TNC Nacional	Migratoria	Rara
<i>Oporornis philadelphia</i>				N3	t, r	
<i>Myioborus torquatus</i>		VU				
<i>Wilsonia pusilla</i>					r	
<i>Wilsonia canadensis</i>					t	
<i>Basileuterus culicivorus</i>		VU				
<i>Zeledonia coronata</i>		VU				x
<i>Chlorospingus pileatus</i>		VU				
<i>Chlorospingus canigularis</i>		VU				
<i>Chrysothlypis chrysomelas</i>		VU		N3		
<i>Eucometis penicillata</i>		VU				
<i>Piranga rubra</i>					t, r	
<i>Bangsia arcaei</i>		VU				
<i>Euphonia luteicapilla</i>		VU				
<i>Euphonia lanitrostris</i>		VU				
<i>Euphonia fulvicaissa</i>		VU				
<i>Euphonia anneae</i>		VU				
<i>Tyrurus crassirostris</i>		VU				
<i>Pselliophorus luteoviridis</i>		En				
<i>Diglossa plumbea</i>		VU				
<i>Icterus spurius</i>					t, r	
<i>Icterus galbula</i>					r	

Fuente: www.cead.ws/documentos/comutestecnicos-sinergias/092005-CTBI/CITES/Cient/Anexo6cAVE/Panamá
EPL: (*) Especies protegidas por ley nacional. CITES: Internacional sobre el Tráfico de Especies en Peligro. UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales. En peligro (EP), Vulnerable (VU), (r) Residente invernial, (t) Ave de paso, (x) "Rara".

REFERENCIAS

Adames, A. J. 1997. Evaluación ambiental y efectos del proyecto hidroeléctrico Fortuna. Fase I. Revista Lotería. 254-256. 538 p.

Angehr, G. R. 2003. Directorio de áreas importantes para aves en Panamá. Sociedad Audubon de Panamá. BirdLife/Vogelsbescherming Nederland. 342 p.

American Ornithologists' Union (A.O.U.). 1998. The A.O.U. Checklist of Norte American Birds: the species of birds of North America from the Artic through Panama, including the West Indies and Hawaiian Islands. American Ornithologists' Union. Seventh edition. Lawrence, Kansas, U.S.A. Allen Press. 829 p.

BirdLife International. 2000. Threatened Birds of the World. Lynx Edicions/BirdLife International, Barcelona & Cambridge, UK.

CITES. 1990. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora. Apéndice I, II, y III.

De Sousa, F. 1999. Fortuna Reserva Biológica. Evaluación del posible impacto ecológico sobre la fauna existente en el área del nuevo embalse del Proyecto Hidroeléctrico La Fortuna. 207 p.

Méndez, E. 1979. Las Aves de Caza de Panamá Editora Renovación S.A., Panamá 290 p.

Ridgely, R. & J. Gwyne. 1993. Guía de las Aves de Panamá, 1era. ed. Español. ANCON. 614 p.

Stattersfield, A. J., M. J. Crosby, A. J. Long, & D. C. Wege. 1998. Endemic Bird Areas of the World: Priorities for Biodiversity Conservation. BirdLife International, Cambridge, U.K.

Tejera, V.H. 2001. Contribución al Conocimiento de las aves de la Reserva de Fortuna, Chiriquí, República de Panamá. Tecnociencia 3: 31-67.

UICN/WWF. 1999. Listas de Fauna de Importancia para la Conservación en Centroamérica y México. WWF/UICN/SICA, San José, Costa Rica.

Valdespino, I. A. & S. Santamaria (eds). 1999. Evaluación Ecológica del Propuesto Corredor Biológico Altitudinal de Gualaca, Provincia de Chiriquí, República de Panamá. ANCON, Panamá.

Wetmore, A. 1965-1973. The Birds of the Republic of Panama. Smiths. Misc. Coll., 1-3.

www.ccad.ws/documentos/comitestecnicos/sinergias092005/CTBIOC1TESCient/Anexo6cAVESPanama.

Recibido febrero de 2006, aceptado septiembre de 2006.