

ISSN 1008-8092



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

TECNOCIENCIA



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



LASER WAVELENGTH MEASUREMENTS USING A QUARTZ PLATE AND FARADAY EFFECT

López, J.C., Fajer A., V, González R.

Centre for Applied Technologies and Nuclear Development (CEADEN), Havana, Cuba. Calle 30 No. 502 e/ 5ta y 7ma. Miramar. Playa. Ciudad Habana. Cuba.
e-mail: juanka@ceaden.edu.cu

ABSTRACT

The authors performed a polarimetric prototype for wavelength measurements. In the design both Faraday rotators acting for modulation of the incoming laser light and also as compensator, allow together with a quartz plate, a precise measurement of laser wavelength from 400 to 900 nm. with a resolution better than 0.1 nm. Equations and graphics current versus lambda for a quartz tungsten halogen lamp are presented for sensor adjustments. It is also presented a signal to noise analysis and a comparison with a conventional method.

KEYWORDS

Wavelength measurements, rotatory dispersion, Faraday rotators.

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el diseño de un prototipo de medidor de longitud de onda polarimétrico. En el diseño los rotadores de Faraday actúan en la modulación y compensación de la luz incidente, estos unidos a una placa de cuarzo permite la medición de longitudes de onda entre 400 y 900 nm. con una resolución mejor que 0.1 nm. Las ecuaciones y los gráficos de corriente contra la longitud de onda son presentados para ajustes de los sensores. Además es presentado un análisis de la relación señal-ruido y una comparación con el método tradicional.

PALABRAS CLAVES

Mediciones de la longitud de onda, dispersión rotatoria, rotadores de Faraday.

INTRODUCTION

In research areas and in laboratory practice physics learning have been used many methods for measuring wavelength of radiation. One of the most common applications in research of these measurements is in optical metrology, for characterizing laser parameters. In this paper we shall describe a prototype and technique developed by CEADEN for laser wavelength measurements.

By other hand, Faraday rotators have been widely used as isolators in gas or diode lasers performance, before 1995 the employment of terbium doped glass and terbium gallium garnet (TGG) were commonly used in free-space isolator. Recently new crystals such as cadmium manganese telluride and mercury doped glass also have been developed. A broad range of yttrium iron garnet (YIG) epitaxially grown crystals, which includes many dopants (1) have been developed in the infrared region.

Optical spectrum analysers has been developed (2) employing a magneto-optical rotation generated by a variable magnetic film to perform spectral analysis based on detected intensity distribution of diffracted light in the thin film multilayer for known magnetic field strengths. On other hands real time spectral analysis is presently carried out in number of ways, one of which is to collimate the unknown spectral distribution, transmit it through or reflect it from a mechanical diffraction grating to separate the spectral components according to the first order angle and detect the relative spectral intensities via a charge couple device (CCD) photo-detector array (3). Another method, which is used in chemical spectroscopy analysis, replace the expensive CCD photo-detector array with a simple photo-detector and rotates the diffraction grating mechanically with the spectral component incident on the detector. The detected light is thereby related to the amount of rotation of the grating.

The cost of CCD-based systems, and the limited speed and mechanical nature of such chemical spectroscopy systems leaves a need for no mechanical electrically controllable spectral analyser, which were briefly explained in (1). All of these methods measure the wavelength according a pattern of intensities in the detector; it means an explanation of the distribution of intensities. The following method does not depend of intensity measurement of laser, it is a phase

detection method, and for that reason noise sources are minimized. The idea of our method was suggested by Cummings(4) and Zander (5) in studies for rotatory dispersion of quartz and sugar samples and it is supported in the last approved equations of rotatory dispersion of quartz (6). This sensor was employed in characterization of He-Ne laser and laser diode.

THEORETICAL CONSIDERATIONS

1. Quartz sample rotation

Quartz plates are widely used as standards in polarimetric measurements. Plates with different degrees of rotations from almost 0 to 100 ° are used in visual and photoelectric polarimeters with different wavelengths.

In 1998 International Commission Unified Methods Sugar Analysis accepted the following dependence for rotation of 1 mm of quartz with wavelength (μm):

$$[\alpha] = -0.1963657 + \frac{7.262667}{\lambda^2} + \frac{0.1171867}{\lambda^4} + \frac{0.0019554}{\lambda^6} \quad (1)$$

and analysing first derivative with wavelength,

$$d\lambda = \frac{d\alpha}{\left(-\frac{14.525334}{\lambda^3} - \frac{0.4687468}{\lambda^5} - \frac{0.117324}{\lambda^7} \right)} \quad (2)$$

Then, angular polarimetric measurement must be better than 0.002°; it means a maximal precision of 0.07 nm or 0.02 nm. According to the rotatory dispersion equation for shorter wavelengths, precision for optical rotation must be lower than 0.07 nm (Table 1).

Table N° 1. Theoretical accuracy for wavelength measurements.

Centre of Intervals (nm)	633.8	735.0	880.0	1000.0
Accuracy (nm)	0.017	0.026	0.045	0.068

2. Model for optimizing the signal to noise ratio (S/N).

In the Faraday cell performances the optical rotation (min) is:

$$\beta(\lambda) = V(\lambda)HL \quad (3)$$

where $V(\lambda)$ is Verdet constant in $\text{min Oe}^{-1} \text{ dm}^{-1}$, H is the magnetic strength in the solenoid axis in Oe and L is the length of the rod in dm . Verdet constant changes with wavelength did not considerably introduce a significant noise in the modulation angles (7). The resulting signal in the detector for small angles, when it is used a lock-in amplifier arrangement is:

$$S = 1.6\alpha\beta I_0 V(\lambda)niL \quad (4)$$

Where I_0 is the intensity of the incident radiation, α is the optical rotation of quartz, n is the number of turn per length, i is the current in the cell. Noise is obtained as follow:

$$N = \sqrt{I + A^2 I^2 + R} \quad (5)$$

And I is the intensity in the photo-detector, consequently, signal to noise ratio is:

$$SN = \frac{1.6\alpha\beta I_0 V(\lambda)niL}{\left(N = \sqrt{I + A^2 I^2 + R} \right)} \quad (6)$$

EXPERIMENTAL SETUP

The optical-mechanical arrangement Fig. 1 is basically composed by a quartz tungsten halogen lamp of 500 W, (1) a condenser lens system (2), a double monochromator MDR 23 with a diffraction grid of 1200 lines/mm (3), a collimating lens system (4), a sheet polarizer (5), a magnetic shielded Faraday cell (6), a quartz plate (7), a Faraday compensating cell (8), an analysing sheet with a mechanical rotator adjustment (9) and a photo multiplier tube of flat response for whole spectrum R636. The resulting signal of the detector and modulating

reference signal (10) is supplied to a lock-in amplifier (11), where they are filtered and amplified. Afterwards a dual channel oscilloscope monitors both signals, where it is obtained a corresponding Lissajous figure (frequency ratio 1:2). Modulation is driven by a wave generator at 1.8 KHz (modulating LASERPOL system) (12) and the standard signal is supplied to 5cm- 900 solenoid, which has a TF10 glass core. A 850 turn calibration cell (8) is fed by a stabilized current power supply (0-5 A, 0.25 mA ripple). The current measurement was performed by 0.1 mA scale of a digital storage multimeter Thurbly. The noise was taken as the peak-to-peak variation of the baseline before and after the rotation measurement. One point of calibration was established by using a 5 MHz digital storage oscilloscope IWATSU DS 8605. The various components of the instrument were carefully optimised during the experiments, since best extinction ratio and sensitivity of the system were very critical for the improvements in S/N ratio. Zero setting of the instrument was performed with a He-Ne laser of 0.6329914 μm . Then, without any current the zero point is set in the Faraday compensating cell (polarizer and analyzer in the crossed position). Also two more references points are established with a quartz tungsten lamp (Table 2).

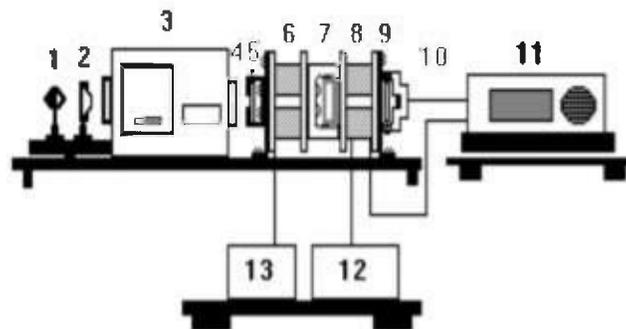


Fig.1. Block diagram of the instrument.

Table N° 2.

Wavelength measurements in MDR 23 monochromator (nm).	Wavelength fixed (nm).	Differences (nm).
454.22	454.16	-0.06
458.36	458.26	-0.10
473.30	473.30	0.00
488.23	488.23	0.00
504.93	504.88	-0.05
517.55	517.47	-0.08
533.87	533.77	-0.10
546.70	546.70	0.00
552.35	552.30	-0.05
582.60	582.60	0.00
607.45	607.45	0.00
632.95	632.96	0.01
665.70	665.70	0.00
679.85	679.85	0.00
735.05	735.03	-0.02
774.00	774.00	0.00
880.25	880.22	-0.03
999.87	999.76	-0.10

RESULTS AND DISCUSSIONS

At first glance, it seems from the resulting signal expression that simply providing a large modulation current, or more coil turns per unit length could enhance the signal. However, there are practical limits to increase the signal by these methods. One of these limits is the geometrical dimension, which has to be reasonable small. The heating of the coil is the major source of mismatching of the expression of rotary dispersion of quartz and the founded relationship in the calibration procedure. Although large current is used, the use of ramp shape pulse diminishes the power dissipated in the coil, even at 1.8 KHz.

The signal to noise ratio under these conditions is 132, which allows to measure better than 0.1 nm in the whole spectrum. Further studies

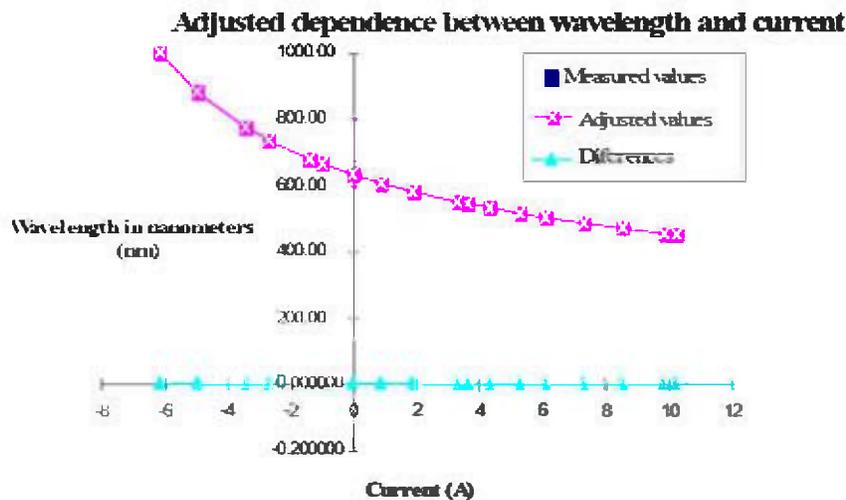
with higher Verdet constants cores must be considered to increase this S/N ratio.

$$\lambda = 73.60 + 1000(0.274185i + 2.830193)^{-0.55838} \quad (4)$$

where λ is in nm and i in ampere.

The results of calibration are shown in the Fig. 2. Here it was not observed a compensation between the Verdet variations of TF 10 glass and the variation of quartz with wavelength. The calibration curve was adjusted to the following expression:

The calibration was made with the best signal to noise ratio obtained and the resolution is better than 0,1 nm.



REFERENCES

Cummings, A. L. 1982. Proc. ICUMSA, 18 Session, Dublin. Subject 6: Appendix 1 and 5.

Keitel & Mosche. 1997. Proc. ICUMSA, 22 Session, Quartz plates subject.

Lano, G. E. 1995. Pinyan C: Optical Isolator direct light the right way. Laser Focus World, July.

Sato, et al. 1978. Optical Modulator using controllable diffraction grating. US 4115747. Delphion Intellectual Property Network.

Spillman, Jr. 1995. W. B.: Optical spectrum analyser and encoder using a modulated phase grating wherein said grating diffracts the wavelength as a function of the magnetic field. 412469. Delphion Intellectual Property Network.

Yeung, E. 1985. Signal to noise analysis in polarimetry, Talanta, Vol. 32, pps 1097-1100.

Zander, K. 1982. Proc. ICUMSA, 18 Session, Dublin, Subject 6 (printed).

Recibido octubre de 2002, aceptado junio de 2003.



***Columbina talpacoti* (Temminck, 1811): PUESTA, INCUBACIÓN Y ECLOSIÓN EN UN ECOSISTEMA URBANO. UNIVERSIDAD DE PANAMÁ, PANAMÁ**

Victor H. Tejera N., Ricardo J. Pérez A. y Ana M. Jiménez M.

Museo de Vertebrados, Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá. Apartado 6-2842, El Dorado, Panamá-Panamá.

e-mail: museover@uacon.up.ac.pa, rjiperez@yahoo.com, cochranella@hotmail.com

RESUMEN

Del 6 de enero al 18 de mayo del 2000 estudiamos los huevos de la tuerquita *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811), para determinar su aspecto externo, el tamaño de la camada, la duración de la incubación y la eclosión. Las observaciones se realizaron en el Campus Central de la Universidad de Panamá, ubicada a 8°59'02" N. y 79°31'59" O., ciudad de Panamá. Mediante búsqueda generalizada localizamos los nidos y una vez que los huevos fueron puestos procedimos a marcarlos, medirlos y describirlos. Los marcamos en el orden en que fueron puestos para poder determinar el tiempo de incubación y eclosión de cada uno. Los huevos son blancos, ovalados, poco granulados y poco brillantes. En 38 nidos observados, predominó la camada de 2 con promedio de 1.34 huevos por nido encontrado y 1.89 huevos por nido activo. Los promedios registrados para peso, largo y ancho fueron de 3.05g, 20.40 mm y 16.04 mm, respectivamente. El promedio de incubación fue de 12 días, observándose al macho incubar en el día. Eclosionó el 52.94% de los huevos. La mayor cantidad de huevos se encontró de 2.3 a 3.9 metros de altura. La ovoposición se registró durante todo el período de observación, destacándose enero como el mes más exitoso en este aspecto, pero en febrero y marzo se dio la mayor cantidad de eclosiones. Sólo en 13 especies de plantas encontramos nidos con huevos. *Ficus benjamina* y *Veitchia merrillii* presentaron la mayor cantidad de nidos con huevos eclosionados. Hubo huevos que fracasaron por depredación, condiciones atmosféricas, perturbación por personas y probablemente por la presencia de huevos no fecundados.

PALABRAS CLAVES

Columbina talpacoti, nidos, huevos, ovoposición, incubación, camada, eclosión, depredación, ecosistema urbano, Universidad de Panamá.

ABSTRACT

Eggs of ruddy-ground dove, *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811) were studied between January 6, to May 18, 2000 to determine their external characteristics, clutch size, period of incubation and eggs hatch. The observations were carried out at the main Campus of the University of Panama, located at 8°59'02" N and 79°31'59" W. Nests were localized by visual searchings, and, once eggs were laid, they were labeled, measured and described. Eggs were labeled according to the laying time in order to determine the period of incubation and the hatch time for each one. The eggs were white, oval, lightly granulous and lightly glossy. In thirty eight nest observed the clutch size was two with a mean of 1.34 eggs/nest and a mean of 1.89 eggs-active nest. The means for weight, length and diameter were 3.05g, 20.40 mm and 16.04 mm, respectively. The mean period of incubation was 12 days, and during day hours the incubation was carried out by the male. We found that 52.94% of eggs hatched. Most eggs were found at 2.30 to 3.90 meters. Laying process was recorded during the complete observations period and we found that January was the most successful month for laying while more eggs hatched during February and March. Nests with eggs were found only on 13 plant species, but the higher amount of nests with hatchlings were found only on *Ficus benjamina* and *Veitchia merrilli*. There were eggs that failure to hatch because of predation, environmental conditions, perturbation caused by people and perhaps some eggs failed to hatch because were not fertilized.

KEYWORDS

Columbina talpacoti, nests, eggs, laying process, incubation, clutch, hatch, predation, urban ecosystem, University of Panama.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio constituye un aporte más al conocimiento de la biología reproductiva de *Columbina talpacoti* (Temminck) conocida en Panamá, según Méndez (1979) como tortolita colorada, coloradita, Dun-guó, tierrerita y suirr.

La tortolita colorada presenta amplia distribución y es común en diversos biotopos tropicales y subtropicales. Prefiere las áreas despejadas de las costas, las sabanas, campos cultivados, pastizales, parques, jardines, orillas de los caminos rurales y las márgenes forestales, principalmente en el sector Pacífico. Sus magníficas aptitudes para vivir en la cercanía del hombre y de los animales domésticos, la han convertido en la más conocida de las colúmbidas del país (Méndez, 1979).

Se han realizado trabajos referentes a la *C. talpacoti* como los llevados a cabo por Skutch (1945, 1964 y 1966) en el Pacífico Sur de Costa Rica y en El General, también en Costa Rica. Aquí hace anotaciones referentes a las proporciones existentes entre nidos y huevos exitosos además de la cantidad de pollos que abandonaron el nido. Wetmore (1968) trabajó con nidos y huevos e hizo anotaciones sobre las características de los adultos en Panamá. Tejera, et al. (2000a, b y c) presentan anotaciones referentes a la etapa de nidos y huevos de esta especie en la Universidad de Panamá.

En este estudio informamos sobre el aspecto externo, medidas, tamaño de la nidada, incubación y eclosión de los huevos de esta especie. Los resultados son valiosos, pues corresponden a la etapa reproductora en un ecosistema urbano, con mucha contaminación del aire y gran deterioro físico por las actividades del hombre en el sitio exacto del estudio. La presencia de esta especie se hace cada vez más notable en el área por el rápido crecimiento de sus poblaciones. La información obtenida ampliará el conocimiento de la historia natural de la especie para todo el ámbito de su distribución y muy especialmente en un hábitat citadino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones se efectuaron del 6 de enero al 18 de mayo del 2000 en el Campus Central de la Universidad de Panamá, la cual se encuentra ubicada en la República de Panamá aproximadamente a 8°59'02" N. y 79°31'59" O., próxima a la arboleda de la Cresta y al Parque Natural Metropolitano, en un área de aproximadamente 22.5 hectáreas (Fig. 1). Esta área está sometida a la acción de actividades humanas propias de las ciudades, predominan las edificaciones y otras estructuras artificiales, hay llano, árboles y arbustos, frutales y ornamentales.

La búsqueda se realizó mediante la utilización de binoculares y a simple vista. Una vez localizado el nido de la *C. talpacoti*, se registró la fecha, el lugar, la condición climática, la época del año y la etapa de anidación en que estaba. Luego se anotó la especie de planta, la ubicación del nido en dicha planta y la altura a la cual estaba con respecto al suelo. Para esto empleamos una escalera corrediza de 5.5 m. Una vez alcanzado el nido, procedíamos a sacar los huevos para anotar el color, la forma, la

textura y la presencia o ausencia de manchas. Luego realizamos las medidas de peso, largo y ancho. Se usó una balanza de resorte de 100g marca OHAUS para el peso de cada uno, después tomamos el largo y el ancho con un calibrador de 0.1 mm de precisión. Los huevos fueron marcados con lápiz mongol No. 2, de acuerdo a la secuencia en que fueron puestos (Fig. 2). Si el nido no era accesible a la escalera, procedíamos a utilizar la técnica del espejo. Esta, consistía en colocarlo en un extremo de un tubo de PVC de 3 metros de largo, y así observar la etapa en la cual se encontraba el nido y al menos anotar las características visibles del o los huevos mediante la utilización de binoculares 10x50. En algunos casos uníamos dos tubos de PVC alcanzando la longitud de 5.7 m. En los nidos encontrados a alturas mayores de 8 m, la presencia de alguno de los progenitores indicaría que estaba activo.

RESULTADOS

Encontramos 38 nidos, 51 huevos y 27 eclosiones. Los huevos eran blancos, poco brillantes, poco granulados y ovalados (Fig. 3). La camada fluctuó de 1 a 2 huevos por nido, con promedio de 2. La incubación duró de 11 a 13 días con promedio de 12 y la ovoposición ocurrió durante todo el muestreo. Los huevos fueron puestos entre 2.3 y 8.0 metros de altura pero la mayoría (33) estuvieron entre 2.3 y 3.9 metros. Para anidar se utilizaron 16 especies de plantas, pero sólo en 13 de ellas se pusieron huevos.

En los 5 meses de observaciones hubo huevos, 22 correspondieron a enero, 11 a febrero, 6 a marzo, 5 en abril y 7 a mayo. También en todos los meses hubo eclosiones, 5 ocurrieron en enero, 9 en febrero, 8 en marzo (incluyen dos huevos de febrero), 2 en abril y 3 en mayo. En abril encontramos un huevo puesto sobre paja seca en el suelo (Fig. 4), y en mayo vimos otro en un mango maduro.

En 27 nidos hubo ovoposición, pero sólo se dieron eclosiones en 16. Como causas de fracasos que afectaron la etapa de huevos en *Columbina talpacoti*, se destaca la depredación por ardillas, *Sciurus variegatoides*, y changamé, *Cassidix mexicanus*, así mismo se puede mencionar el viento, lluvias, algunos huevos probablemente no fecundados, las personas y quizás zarigüeyas, *Didelphis marsupialis* y gatos, *Felis domesticus*.

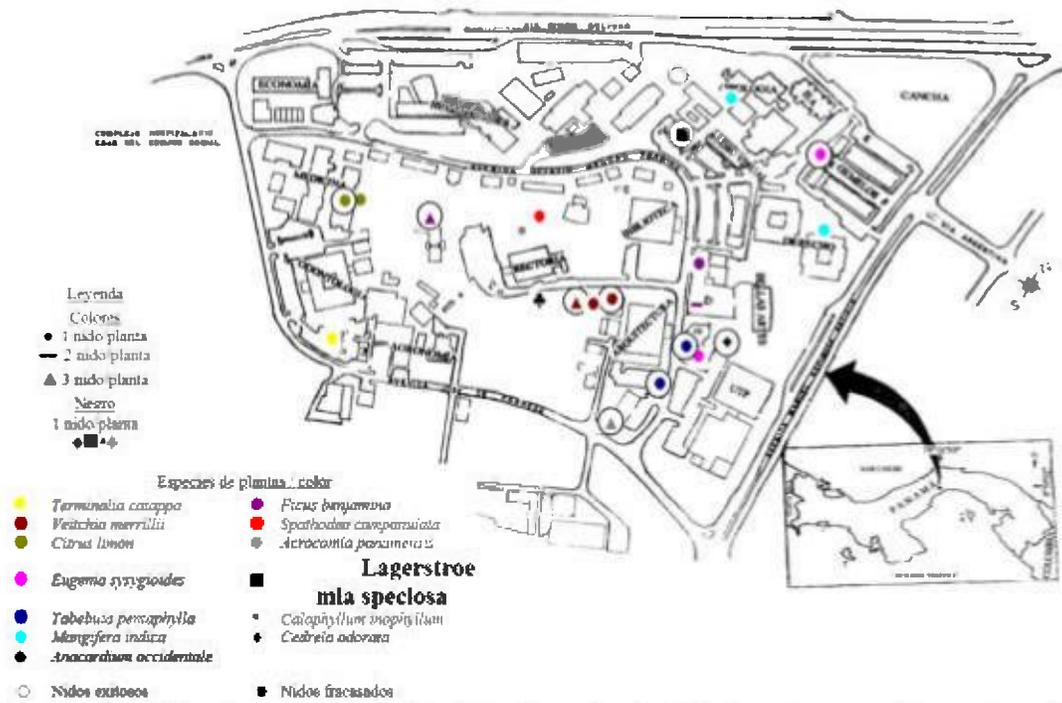




Fig. 2 Huevos marcados como parte de la metodología para determinar la duración de la incubación. Foto: Lic. Ricardo Pérez A.

Fig. 3. Nido y camada normal de *Columbina talpacoti* con huevos ovalados. Foto: Lic. Ana María Jiménez.



Fig. 4. Huevo de *Columbina talpacoti* encontrado en el suelo. Foto: Lic. Ricardo Pérez A.

DISCUSIÓN

La presencia de esta especie en los predios universitarios está determinada por las condiciones de área alterada, abierta, con llano, arbustos y árboles dispersos que se ajusta a lo anotado por Wetmore (1968) & Méndez (1979). Sin embargo, en la Universidad existen además múltiples edificios, amplias áreas abiertas cubiertas por concreto (Tejera, et al., 2000b), numerosas personas y vehículos desplazándose y produciendo ruido. También hay alteraciones físicas constantes como poda de césped, de arbustos y de árboles, tala, construcción de estacionamientos y edificios que no sólo contribuyen a calentar más el aire sino que obstaculizan su paso.

El color blanco de los huevos de *Columbina talpacoti* encontrados en el borde citadino ocupado por la Universidad de Panamá corresponde a la coloración normal para esta especie anotada por Méndez (1979) en Panamá. La apariencia poco brillante, poco granulosa y la forma ovalada con extremos más bien anchos observada en estos huevos es parte de su naturaleza ya descrita por Méndez (1979) para el país.

Los 38 nidos observados, los 27 nidos activos con sus 51 huevos y 27 eclosiones constituyen la mayor de las muestras estudiadas para esta especie, al igual que las proporciones de 51/27 huevos por nido, 27/27 eclosiones por nido y 27/51 eclosiones del total de huevos puestos que a nuestro juicio es alto (Cuadro 1). Algunas de estas relaciones ya las habíamos anotado en Tejera, et al. (2000b). Por otra parte, Skutch (1966) en El General de Costa Rica encontró que de 17 huevos puestos en 9 nidos eclosionaron solamente siete (41%).

Cuadro 1. Nidos y huevos de *Columbina talpacoti* en la Universidad de Panamá.

Etapas	Total	%
Nidos construidos	38	100
Nidos activos	27	71.05 NC
Huevos Puestos	51	100
Nidos con huevos eclosionados	16	42.10 NC y 59.26 NA
Huevos eclosionados	27	52.94 HP

NC nidos construidos NA nidos activos HP huevos puestos

La fluctuación de uno a dos huevos en la camada, con dominancia de dos y la incubación de 11 a 13 días está dentro de lo que se ha observado para esta especie en Panamá (Wetmore 1968 & Méndez 1979) y para Costa Rica (Skutch, 1945). Sin embargo, es exclusivo para la Universidad que el 92,59% de los nidos activos tuviese la nidada máxima.

El tamaño de la camada de *Columbina talpacoti* está determinado genéticamente pero para lograr el máximo debe haber suficiente alimento y también puede estar influida por la edad. Lack (1968) considera que la alimentación influye positivamente en el logro del tamaño máximo de la nidada.

El largo, el ancho y el peso de los huevos en el campus presentaron una variación considerable, resultando más cortos y angostos que los encontrados por Skutch (1945) en una región boscosa del Pacífico de Costa Rica y que los obtenidos por Wetmore (1968) en Darién y Bocas Del Toro, República de Panamá. En cuanto al peso, variaron en un rango donde hubo más livianos y más pesados que los reportados por Haverschmidt (1953) para Surinam (Cuadro 2). No encontramos ninguna información referente al peso para Panamá, lo cual puede indicar que el presente trabajo es pionero en este aspecto.

Cuadro 2. Medidas de huevos para *Columbina talpacoti* en diferentes países.

N	Largo(mm)		Ancho(mm)		Peso(g)		Localidad	Referencia
	Rango	X	Rango	X	Rango	X		
16	21.8 a 25.4	23.2	15.9 a 17.9	17.1	---	---	Pacífico Sur de Costa Rica	Skutch 1945
4	---	---	---	---	3.22 a 3.72	3.42	Surinam	Haverschmidt 1953
2	22.2 a 23.5	---	17.6 a 18.3	---	---	---	Darién, Panamá	Wetmore 1968
1	22.5	---	16.9	---	---	---	Bocas del Toro, Panamá	Wetmore 1968
21	18.0 a 22.7	20.4	12.1 a 17.2	16.04	3.0 a 4.0	3.05	Universidad de Panamá	Presente estudio

N = Número de huevos X= Promedio g = Gramos mm = Milímetros

El apareamiento y la ovoposición se llevaron a cabo durante todo el periodo de nuestras observaciones, desde diciembre hasta mayo, quedando incluido en el periodo de nidificación anotado por Wetmore (1968) que va hasta junio o agosto, pero con apareamiento de febrero a mayo. Información parecida presenta Méndez (1979). En la Universidad la ovoposición no se mantuvo constante, resultó muy notable el descenso de enero a mayo, con el 43.1% en enero. Las eclosiones también se dieron en todo este tiempo, se incrementó al máximo de enero a febrero para descender irregularmente hasta mayo (Fig. 5).

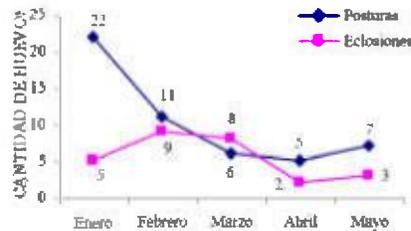


Fig. 5. Cantidad de huevos y eclosiones por mes.

Con anterioridad habíamos anotado que en esta especie ambos sexos incuban en el Campus, el macho en el día y la hembra en la noche (Tejera, et al., 2000b). Observaciones iguales han sido reportadas por Wetmore (1968) & Méndez (1979) para Panamá, Skutch (1945) para Costa Rica y Baicich & Taylor (1978) para Norteamérica. Los huevos nunca dejaron de incubarse, un miembro de la pareja reemplazaba al otro inmediatamente.

La estructura de las plantas y la actividad universitaria debajo o en las proximidades de ellas debe haber influido en que los huevos de las tierreas fueran puestos de 2.30 a 8.00 m de altura y que el 64.70% estuviera entre 2.30 y 3.90 metros. Wetmore (1968) encuentra nidos en el país ubicados de uno a siete metros del suelo y nosotros (Tejera, et al., 2000c) habíamos indicado que la cantidad de huevos en la Universidad de Panamá tendía a disminuir con la altura. Por otra parte, Rand & Taylor (1954) registran nidos de esta especie entre 3.00 y 5.00 m en El Salvador.

Aparentemente no hubo mucha selectividad en cuanto a las especies de plantas en las cuales se construía el nido. En 13 hubo ovoposición, en tanto que en tres los nidos permanecieron vacíos. La higuera de la India, *Ficus benjamina* y la palma de Manila, *Veitchia merrillii* presentaron la mayor cantidad de nidos con huevos, 11 y 10, respectivamente. Las otras especies donde hubo nidos con huevos correspondieron a la palma de corozo, *Acrocomia panamensis* con seis, mango, *Mangifera indica* y roble, *Tabebuia pentaphylla* con cuatro cada una, sauce llorón, *Eugenia sxygtoides* con tres, en tanto que el almendro, *Terminalia catappa*, limón, *Citrus limon*, flama del bosque, *Spathodea campanulata*, marañón, *Anacardium occidentale*, palomaria, *Calophyllum inophyllum*, cedro amargo, *Cedrela odorata* y la reina de las flores, *Lagerstroemia speciosa* sólo con dos cada una. De estas especies, ocho eran árboles, tres arbustos y dos palmas. En El Salvador, Rand & Taylor (1954) también encontraron que las tierreras pusieron sus huevos en nidos contruidos en estos tres tipos de hábitos vegetales.

No todos los huevos eclosionaron, algunos fallaron debido a la depredación que se presentó en el Campus por las ardillas, *Sciurus variegatoides* y el changamé, *Cassidix mexicanus*. Este último picoteaba los huevos y comía de su contenido. También produjeron estragos los fuertes vientos, lluvias y probablemente hubo huevos no fecundados. Quizás la desaparición de algunos se debió a la acción de zarigüeyas, *Didelphis marsupialis* y gatos, *Felis domesticus* que se desplazaban por toda el área. No debemos descartar las actividades del personal de ornato de nuestra Universidad y de otras personas que a diario transitaban o reposaban en los sitios de nuestras observaciones. Esto corrobora algunas consideraciones que habíamos presentado en trabajos anteriores relacionados con este ecosistema urbano (Tejera, et al., 2000 a y b).

CONCLUSIONES

Los huevos de *Columbina talpacoti* son blancos, ovalados, poco granulados y poco brillantes. La camada de 2 huevos por nido predominó, se observó en 92.59% de los nidos activos. Las medidas de los huevos variaron, resultaron ser los más cortos y angostos para la especie, y por primera vez se les registró el peso para Panamá. El tiempo de incubación promedio fue de 12 días. La ovoposición tendió

a descender a medida que aumentaba la altura. En la Universidad de Panamá hemos registrado los nidos construidos a mayor altura.

Ficus benjamina y *Veitchia merrillii* fueron las especies de plantas con mayor cantidad de nidos con huevos puestos y eclosionados, destacándose el mes de enero con la mayor cantidad de ovoposiciones, pero febrero y marzo con la mayor cantidad de eclosiones. El éxito de la eclosión fue de 52.94%, que viene a ser el mayor porcentaje encontrado hasta ahora para esta especie.

Los vientos y la abundancia de depredadores como *S. variegatoides* y *Cassidix mexicanus* fueron las causas principales que afectaron esta etapa.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a la Sra. Virginia Martínez de Jiménez (Q.E.P.D.) por su apoyo y aliento, a los Licenciados Isaias Ramos, Oscar López y Sedy Pérez por su colaboración en las actividades de campo, al Lic. Dario Córdoba por su ayuda en informática y a la Dra. Dora Quirós por la revisión del resumen en Inglés.

REFERENCIAS

Baichich, P. J. & C. J. Harrison. 1978. *A Guide To The Nests, Eggs, and Nestlings of North American Birds*. Second Edition. Natural Word, Academic Press. 347 págs.

Haverschmidt, FR. 1953. Notes On the Life History of *Columbigallina talpacoti* in Surinam. *Condor*, 55:21-25.

Lack, D. 1968. *Ecological Adaptations for Breeding Birds*. Methium and Company, London.

Méndez, E. 1979. *Las Aves de Caza de Panamá*. Laboratorio Conmemorativo Gorgas, Escuela de Biología, Universidad de Panamá. Editora Renovación, S.A. Panamá. 290 págs.

Rand, A.L. & M.A. Taylor. 1954. *Manual de las Aves del Salvador*. Segunda edición. Editorial Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A. 308 págs.

Skutch, A. F. 1945. Incubation and Nestling Periods of Central American Birds. *The Auk*, 6(1): 1-35.

Skutch, A. F. 1964. Life Histories of Central American Pigeons. *Willson Bull.* 76(3): 211-247.

Skutch, A. F. 1966. A Breeding Bird Census and Nesting Success in Central America. *The Ibis*, 108(1):1-16.

Tejera N., V. H., R. J. Pérez A. & A. M. Jiménez M. 2000a. Anidación de la Tierrera común, *Columbina talpacoti* (Temminck) en la Universidad de Panamá. *IV^o Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación.* Pág. 86.

Tejera N., V. H., R. J. Pérez A. & A. M. Jiménez M. 2000b. Aspectos Reproductivos de *Columbina talpacoti* (Temminck) en el Campus central de la Universidad de Panamá. *Afiche.* 15 págs.

Tejera N., V. H., R. J. Pérez A. & A. M. Jiménez M. 2000c. Huevos de *Columbina talpacoti* (Temminck) en la Universidad de Panamá. *VI^o Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología.* Página CO8.

Wetmore, A. 1968. The Birds of the Republic of Panama. Columbidae (Pigeons) to Picidae (Woodpeckers). *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 150(2):26-29.

Recibido julio de 2003, aceptado julio de 2003.



INFECCIÓN NATURAL CON *Trypanosoma cruzi* EN TRIATOMINOS (HEMIPTERA: REDUVIIDAE: TRIATOMINAE), VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS EN SAN ANTONIO RAYÓN, JONOTLA, PUEBLA, MÉXICO

Cesar Antonio Sandoval-Ruiz¹, José Lino Zumaquero-Rios¹, Gladis Linares², Ricardo Alejandro Aguilar³, Maria Lilia Cedillo Ramírez² y Jesús Francisco López Olguin²

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología, Laboratorio de Biología de los Invertebrados ¹. Instituto de Ciencias Universidad Autónoma de Puebla (ICUAP)². Boulevard Valsequillo y Avenida San Claudio s/n Col. San Manuel. Ciudad Universitaria Edif. 76. C. P. 72570 Puebla, México³. I.P.N Plan de Ayala y Santo Tomás³. e-mail: sandovalcesar@hotmail.com & linozuma@hotmail.com.

RESUMEN

En la comunidad de San Antonio Rayón, Jonotla, Puebla, México; se llevó a cabo un estudio sobre la existencia de triatomino intradomiciliarios, con el propósito de determinar el índice de infección natural de *Trypanosoma cruzi*, durante los meses de Agosto 2002 a Mayo de 2003. Con el propósito de cuantificar los triatomino, fue asperjada una solución de piretroides al 10% en el interior de las casas y el peridomicilio, donde se observaron acumulaciones de bloque, madera, corrales, etc que constituyen habitáculos naturales de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811); de los cuales se capturaron un total de 388 triatomino, distribuidos en 62 hembras, 48 machos y 278 ninfas de diferentes estadios; 30 de los ejemplares presentaron infección natural con *Trypanosoma cruzi*. Los índices entomológicos fueron: Infestación 44.65%, Hacinamiento 4.04, Densidad 1.8, Colonización 90.63% e infección natural con *Trypanosoma cruzi* 18.40%. Se encontró un cambio en la etología de esta especie con respecto a comunicaciones anteriores al ser detectado con mayor frecuencia en el intradomicilio, lo cual se justifica por las alteraciones ecológicas de carácter antropogénico producidas en esta zona con fines agrícolas y ganaderos.

PALABRAS CLAVES

Enfermedad de Chagas, Índices Entomológicos, *Triatoma dimidiata* y *Trypanosoma cruzi*.

ABSTRACT

The study was carried out in San Antonio Rayón, Jonotla, Puebla, México, from August 2002 to May 2003. The objective was to determine the natural infection index to *Trypanosoma cruzi*. The method consisted in sprinkling pyrethroids to 10% at ecotopes of bugs. From a total of 388 specimens there were 62 females, 48 males and 278 nymphs. There were 30 triatominae bugs infected with *Trypanosoma cruzi*. The entomological index was: 44.65% infestation, 4.04 stacking, 1.8 density, 90.625% colonization and 18.40% natural infection. The triatominae bugs were identified as *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811). In the main they were found within houses, this suggests us that housing quality and the modification of environment with agricultural and cattle objectives may favor the invasion into human dwellings.

KEYWORDS

Chagas' disease, Entomological index, *Triatoma dimidiata* and *Trypanosoma cruzi*.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas, también llamada Tripanosomiasis americana, es una zoonosis parasitaria endémica del continente americano. Esta entidad es producida por *Trypanosoma cruzi* (Protozoa: Kinetoplastida: Trypanosomatidae) y transmitida principalmente por reduvidos hematófagos pertenecientes a la subfamilia triatominae, denominados popularmente como: chuponas, chinches besuconas, chinches asesinas, vinchucas, etc. (Schofield, 1994; Magallon-Gastélum et al., 1998).

La distribución de los vectores de la enfermedad abarca desde los grandes lagos en los Estados Unidos de América (42° N) hasta la Patagonia en la Argentina (46° S) (Lent & Wygodzinsky, 1979), afectando seriamente al hombre debido a que muchos de las especies, se han vuelto parcial o totalmente domiciliarios.

Hasta el momento se reconocen 128 especies descritas taxonómicamente (Schofield et al., 1999), de las cuales se comunican 32 en México (Alejandre-Aguilar et al., 1999), la mayoría pertenecientes al género *Triatoma* (Laporte, 1832); comunicándose más de la mitad con infección natural a *Trypanosoma cruzi*. El ciclo natural del parásito se mantiene por triatominos salvajes, los cuales se infectan al realizar la hematofagia sobre mamíferos infectados.

Las estimaciones actuales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que de un total de 360 millones de habitantes en los 18 países endémicos, un mínimo de 120 millones de personas se consideran en riesgo de infectarse y de 16-18 millones de personas están infectadas con el parásito (TDR, 2000). Debido a su impacto económico (días/ hombre perdidos), a partir de 1993, el banco mundial la considera como la enfermedad parasitaria más grave en América (Schofield & Dias, 1995).

La enfermedad de Chagas es un problema prioritario en las acciones de salud pública, en algunos países de Centro y Sudamérica (principalmente en el control de los vectores domiciliarios), en México aun no se considera de elevada prioridad, debido a que los casos comprobados de la enfermedad son muy pocos, y están localizados a áreas marginadas de diversas regiones del país, pero los casos presuntivos por serología o sintomatología están más distribuidos debido a migraciones humanas y transfusiones sanguíneas infectadas con *Trypanosoma cruzi* (Velasco-Castrejón & Salazar-Schettino, 1995; Guhl et al., 2000).

Este estudio se justifica por la situación de la enfermedad de Chagas en Centroamérica, a la reciente comunicación de la seroprevalencia a la enfermedad en el estado de Puebla (Sánchez-Guillén et al., 2002) así como la propuesta de un programa de atención a la problemática (Salazar-Schettino et al., 2001). Para lo cual se formulo el objetivo de conocer los índices entomológicos de triatominos, los cuales pueden ser útiles para adecuar los programas de control vectorial.

MATERIAL Y MÉTODOS

San Antonio Rayón, Jonotla, Puebla, se sitúa al norte del estado de Puebla con coordenadas geográficas: longitud oeste: 97° 28' 52" y latitud norte 20° 06' 37". La altitud sobre el nivel del mar oscila entre 250-850 msnm. La localidad presenta clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año; la temperatura medio anual es de 24.5°C, la precipitación media anual es de 2274.2 mm. La vegetación reportada es selva alta perennifolia (INEGI, 1987); pero en realidad predominan las fincas cafetaleras, de cítricos, agricultura de temporal y pastizales inducidos. Los cuales son transformaciones antropogénicas de los ecosistemas con fines agrícolas y ganaderos.

Se realizaron diez muestreos entre Agosto del 2002 a Mayo del 2003, con duración de 7 días, con la intención de coleccionar triatominos o evidencias de estos en el interior de las casas y el peridomicilo, para lo cual se asperjo una solución de permetrina + D-alletehrin al 10% en oquedades, sitios con acumulación de madera, debajo las camas, dormitorios de animales domésticos y techos. Además, de la búsqueda activa, también se utilizo el método de búsqueda pasiva sugerido por Aché & Berti (1995), el cual consiste en la participación popular en la colecta de insectos, los cuales fueron remitidos al presidente municipal en frascos con los datos de colecta.

Cada ejemplar fue coleccionado con la ayuda de una lámpara, pinzas y colocadas en un recipiente etiquetado, para su posterior traslado al laboratorio de Biología de los Invertebrados de la Escuela de Biología perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, donde se identificaron taxonómicamente los ejemplares de acuerdo a las claves para tribus, géneros y especies de Lent & Wygodzinsky (1979), además, se realizo el análisis coproparasitoscopico, el cual consistió en una gota de heces por una gota de PBS, para identificar si presentaban infección con el parásito.

Los índices entomológicos fueron determinados de acuerdo al método propuesto por Silveira et al. (1984) y recomendados por la OPS/OMS, para los triatominos capturados dentro y fuera de las casas. Calculándose los índices de infestación, hacinamiento, densidad, colonización e infección natural con *Trypanosoma cruzi*.

Se aplico la prueba estadística no paramétrica de χ^2 , con el propósito de encontrar diferencias entre la presencia de los insectos y el parásito a lo largo de las colectas.

RESULTADOS

Durante el período de trabajo (70 días de labores), se capturaron un total de 388 triatominos de los cuales 62 fueron hembras, 48 machos y 278 ninfas de diferentes estadios. Un total de la muestra 30 triatominos presentaron infección natural con *Trypanosoma cruzi*.

Los adultos capturados fueron identificados taxonómicamente como *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811). Para el caso de las ninfas sólo se

identificó el género, el cual fue *Triatoma* (Laporte, 1832), a las ninfas se les alimento hasta que evolucionaran al estado de imago, para la confirmación de especie, identificándose como *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811).

En el siguiente cuadro se muestran los índices entomológicos correspondientes a *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) en San Antonio Rayón, Jonotla, Puebla.

Cuadro 1. Índices entomológicos de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811).

I. Infestación	44.65%
I. Hacinamiento	4.04
I. Colonización	90.63%
I. Densidad	1.8
I. Infección Natural	18.40%

El tratamiento estadístico no mostró diferencias significativas para los tres casos analizados: machos y hembras ($\chi^2 = 63.33$, $P = 0.233$), estadios ninfales ($\chi^2 = 70$, $P = 0.283$) y triatomos infectados con *Trypanosoma cruzi*.

DISCUSIÓN

La confirmación de la presencia de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) en la zona de estudio, nos permite corroborar que ésta especie presenta una distribución a lo largo de toda la zona conocida como Sierra Norte de Puebla, donde las condiciones de temperatura y humedad favorecen una colonización, así como las condiciones socioeconómicas evidenciadas por la mala calidad de la vivienda favorecen la penetración y colonización en el intradomicilio de esta especie. La cual, también, ha sido registrada en otras zonas del estado de Puebla como: Chignauapan, Cuetzalan, Ayotoxco, Huauchinango, Xicotepec de Juárez, Teziutlán (Zumaquero-Rios, en prensa), localidades que presentan condiciones ecológicas y socioeconómicas similares.

Triatoma dimidiata (Latreille, 1811), es un insecto que se distribuye desde el norte de Perú, oeste de Venezuela, Colombia, Ecuador, toda

Centroamérica; en México su distribución abarca todos los estados de la costa del Golfo de México, siete de la Costa del Pacífico, desde Nayarit hasta Chiapas, la Península de Yucatán, así como algunos estados del centro del país como Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí (Zárate & Zárate, 1985; Zeledón, 1995). Considerada como la tercera especie vector de la Tripanosomiasis americana en el continente después de *T. infestans* (Klug) y *R. prolixus* (Stal), por su gran distribución geográfica y gran plasticidad biológica, que le permiten acceder a una gran variedad de hábitáculos y hospederos entre los que se encuentran mamíferos silvestres y sinántropicos.

La mayoría de los ejemplares fueron capturados en el interior de las habitaciones humanas, lo que confirma lo mencionado por Zeledón (1995) sobre la etología de la especie para colonizar casas de madera, bambú, con piso de tierra no consolidada. Sin embargo, este comportamiento es nuevo para el estado de Puebla, ya que Zárate & Zárate (1985) la comunicaban como una especie del peridomicilio. Esta situación puede deberse al deterioro ecológico en la zona.

El índice de infección natural que se determinó fue de 18.40% muy parecido al reportado por Guzmán et al. (1991) de 16% en Yucatán y por Vidal-Acosta et al. (2000) de 14% en Veracruz. Sin embargo, estos últimos autores reportan para los estados de San Luis Potosí 5.2%, Oaxaca 4.1% e Hidalgo 9.2%; inferiores a los determinados en el presente estudio. En otras zonas del país se han encontrado índices de infección natural del 90% en las especies de *T. rubida* (Uhler, 1894) y *T. recurva* (Stal, 1868) (Paredes et al., 2001); mientras que en la costa oeste de México, Martínez-Ibarra et al. (2001) comunican un 29.3% de infección natural para *T. longipennis* Usinger, 1939 y *T. picturata* Usinger, 1939.

Los resultados de comparar la aparición de los triatominos por periodo de colecta, demostró la no dependencia de los organismos hacia factores como temperatura y humedad (24. 5°C, precipitación media anual 2274.2 mm), las cuales son mas o menos constantes a lo largo del año, condicho que favorece el desarrollo poblacional de estos insectos (Schofield, 1994). De igual forma se encontró una total independencia en el índice de infección natural y los meses del año, a la vez, que la curva de parasitemia en reservorios no se modifica por cambios estacionales.

Schofield et al. (1999) mencionan que las especies de triatomos que ahora son estrictamente domiciliarios, probablemente pierden la capacidad de readaptarse nuevamente a hábitats silvestres. Aspecto, que debería ser tomado en cuenta por las autoridades sanitarias del estado, para implementar un programa de control vectorial.

CONCLUSIÓN

Triatoma dimidiata (Latreille, 1811) mostró un importante índice infestación y según los resultados coloniza el intradomicilio, por lo que, se estrecha la relación epidemiológica entre hombre y vector, el cual se encontró infectado con el agente causal de la enfermedad de Chagas, haciendo posible un brote de la enfermedad en la zona de estudio.

REFERENCIAS

Aché, A & J. Berti. 1995. Programa de control de la Enfermedad de Chagas en Venezuela. En. Schofield, C. J; J. P. Durjardin & J. Jurberg (Edit). Taller internacional sobre genética poblacional y control de triatomos. Sto. Domingo de los Colorados, Ecuador. pp 22-29.

Alejandre-Aguilar, R., B. Noguera-Torres., M. Cortéz-Jiménez., J. Jurberg., C. Galvao & R. Carcavallo. 1999. *Triatoma bassolsae* sp. n. do México, com uma chave para as especies do complexo "*phyllosoma*" (Hemiptera, Reduviidae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 94 (3) 353-359.

Guhl, F., C. Jaramillo., G. A. Vallejo., F. Cárdenas-A-Arroyo & A. Aufdeheide. 2000. Chagas disease and human migration. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 95 (4): 553-555.

Guzmán, E., M. A. Barrera., M. E. Rodríguez., F. Escobedo & J. Zavala. 1991. Indicadores entomológicos de *Triatoma dimidiata* en el estado de Yucatán. Rev. Biomed. 2: 20-29.

INEGI. 1987. Enciclopedia de los municipios de Puebla. Gobierno del Estado de Puebla. Secretaria de Gobernación. México.

Lent, H. & P. Wygodzinsky. 1979. Revision of the triatominae (Hemiptera: Reduviidae) and their significance as vectors of Chagas disease. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 163: 123-520.

Magallón-Gastélum, E., N. C. Magdaleno-Peñaloza., G. Kathain-Duchateau., F. Trujillo-Contreras., F. J. Lozano-Kasten & R. J. Hernández-Gutiérrez. 1998. Distribución de los vectores de la enfermedad de Chagas (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), en el estado de Jalisco, México. *Rev. Biomed.* 9:151-157.

Martínez-Ibarra, J. A., N. M. Bárcenas-Ortega., B. Nogueta-Torres., R. Alejandro-Aguilar., M. L. Rodríguez., E. Magallón-Gastélum., V. López-Martínez & J. Romero-Nápoles. 2001. Role of two *Triatoma* (Hemiptera:Reduviidae:Triatominae) species in the transmission of *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida:Trypanosomatidae) to man in the west coast of Mexico. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.*

Paredes, G. E. A., J. Valdéz-Miranda., B. Nogueta-Torres., R. Alejandro-Aguilar & R. Caanett-Romero. 2001. Vectorial importance of triatominae bugs (hemiptera: reduviidae) in Guyamas, México. *Rev. Lat. Microbiología.* 43 (3): 119-123.

Salazar-Schettino, P. M., Q. A. Cravioto & R. Tapia-Conver. 2001. Iniciativa México: Propuesta para el control y vigilancia epidemiológica de la enfermedad de Chagas en México. *Bol. Chil. Parasitol.* 57: 76-79.

Sánchez-Guillén, M. C., C. Barnabé; J., F. Guégan., M. Tibayrenc., M. Velásquez-Rojas., J. Matínez-Munguía., H. Salgado-Rosas., E. Torres-Rasgado., M. I. Rosas-Ramírez & R. Pérez-Fuentes. 2002. High prevalence anti- *Trypanosoma cruzi* antibodies, among blood donors in the state of Puebla, a non-endemic area of México. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 97 (7): 947-952.

Schofield, C. J. 1994. Triatominae. *Biología y Control.* Zeneca Public Health. p 71.

Schofield, C. J & J. C. P. Dias. 1995. Introduction and historical overview. En. Schofield, C. J., J. P. Durjardin & J. Jurberg (Edit).

Taller internacional sobre genética poblacional y control de triatominos. Sto. Domingo de los Colorados, Ecuador. pp 11-18.

Schofield, C. J., L. Diotaiuti & J. P. Dujardin. 1999. The process of domestication in triatominae. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 94 (1) 375-379.

Silveira, A. C., D. F. Rezende & M. H. C. Máximo. 1984. Risk measure of domestic transmission of Chagas' disease through a new entomological indicator. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. Suppl. 79: 113-115.

TDR- Tropical Disease Research. 2000. Intervention research on Chagas disease. Special programme for research and training in tropical diseases. UNDP/World Bank/WHO (TDR). p 1.

Velasco-Castrejon & Salazar-Schettino, 1995. Enfermedad de Chagas en México. En. Schofield, C. J., J. P. Dujardin & J. Jurberg (Edit). Taller internacional sobre genética poblacional y control de triatominos. Sto. Domingo de los Colorados, Ecuador. pp 28-29.

Vidal-Acosta, V., S. Ibañez-Bernal & C. Martínez-Campos. 2000. Infección natural de chinches *Triatominae* con *Trypanosoma cruzi* asociadas a la vivienda humana en México. Salud Publica de México. 42 (6): 496-503.

Zárate, L & R. Zárate. 1985. A checklist of the triatominae (Hemiptera: Reduviidae) of México. Int. J. Entomol. 27 (1-2): 102-127.

Zeledon, R. 1995. Enfermedad de Chagas en Centroamérica. En. Schofield, C. J., J. P. Dujardin & J. Jurberg (Edit). Taller internacional sobre genética poblacional y control de triatominos. Sto. Domingo de los Colorados, Ecuador. p 40.

Recibido marzo de 2003, aceptado julio de 2003.

CARACTERÍSTICAS GEOMAGNÉTICAS DEL SUBSUELO EN EL SECTOR NORESTE DEL CONJUNTO MONUMENTAL DE PANAMÁ VIEJO

Alexis Mojica^{1,2}, Louis Pastor^{2,3} y Mario Caraballo⁴

¹ Instituto de Geociencias, Dpto. de Física, CITEN, Universidad de Panamá.

² Département de Géophysique Appliquée, UMR 7619 Sisyphe, Université P. & M. Curie - Paris VI, Tour 15 - 25, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France.

³ Université Denis Diderot – Paris VII – Francia.

⁴ Escuela de Física, Universidad de Panamá.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio geomagnético del subsuelo en un sitio que conforma uno de los más importantes legados históricos de Panamá: el Conjunto Monumental de Panamá Viejo. Con el objetivo de conocer la naturaleza del suelo y la respuesta de la actividad del hombre en el pasado sobre dicha región, se realizó un análisis cartográfico del gradiente magnético vertical. Estudiando el rango de la magnitud y el signo de polaridad de las anomalías magnéticas en dos zonas de dicho Conjunto, fue posible detectar, en una de ellas (zona 1), dos periodos de ocupación: uno de tipo hispánico y el otro más reciente del siglo pasado; y en la otra zona, ubicada un poco más hacia el Este de la primera, se detectó una extensión notable de rocas volcánicas (zona 2).

PALABRAS CLAVES

Gradiente magnético, magnetómetro, anomalía magnética, canaleta hispánica.

ABSTRACT

In this work the results of a geomagnetic study of the subsoil are presented in a place that conforms one of the most important historic legacy of Panama: The Joint one Monumental of Panama Viejo. With the objective of knowing the nature of the soil and the answer of the activity of the man in the past upon said region, an cartographical analysis of the vertical magnetic gradient was carried out. Studying the rank of the magnitude and the sign of polarity of the own magnetic anomalies of

place, was possible to detect in a zone, two periods of occupation: one of hispanical type and the other more recent one of last century (zone 1), and another zone located a little more toward the east of the first one, with a notable extension of volcanic rocks (zone 2).

KEYWORDS

Magnetic gradient, magnetometer, magnetic anomaly, hispanic canal.

INTRODUCCIÓN

Las ruinas de lo que un día constituyó el principal asentamiento español en el continente americano, se han convertido en el foco de diversos trabajos de investigación, tanto en el área de la Arqueología como en el de la Geofísica de Prospección. En este marco de investigaciones, los trabajos de estratigrafía han mostrado resultados interesantes concernientes a los diversos períodos de ocupación del sitio arqueológico de Panamá Viejo (Rovira, 1994).

Desde el punto de vista de la Geofísica Aplicada, es importante señalar que los modelos teóricos que intentan explicar los diversos fenómenos de la naturaleza, pueden ser aplicados no solamente a problemas geológicos, hidrogeológicos, agricultura de precisión, ingeniería civil, por mencionar algunos, sino también a problemas de identificación de estructuras arqueológicas, o dicho de otra manera, a la determinación de la geometría de las principales características arqueológicas enterradas a cierto nivel de profundidad (Scollar et al., 1990). El presente trabajo enfatiza en las generalidades de dos zonas ubicadas en la región oriental de una de las principales estructuras que forman parte del Conjunto Monumental de Panamá Viejo: el Convento de Santo Domingo. Es importante recalcar la labor que ha desarrollado la comisión de investigadores del Patronato de Panamá Viejo, pues gran parte de los resultados obtenidos en sus investigaciones han servido en la correlación con la posible respuesta geomagnética del sitio (Pastor et al., 2001). Estos resultados evidencian la existencia de una canaleta hispánica y pequeñas plataformas con fechas de finales del siglo pasado.

Marco geográfico y geológico del sitio

Las ruinas de Panamá Viejo se encuentran ubicadas a pocos kilómetros, al Este de la ciudad de Panamá, entre el río Gallinero y la quebrada del Algarrobo. Este importante sitio limita al Noreste con un área pantanosa, al Norte con el río Abajo, al Este con el viejo puerto, transformado en un área pantanosa y al noroeste, con el Jardín de Paz. La figura 1 muestra una fotografía aérea del Conjunto Monumental, incluyendo la región de interés de este estudio, la cual se encuentra representada por un polígono (ver flecha en la figura).



Fig. 1. Fotografía aérea del Complejo Arqueológico de Panamá Viejo y la zona de interés.

De acuerdo a las notas geológicas de (Rubio, 1949), el Istmo de Panamá presenta diferencias en su constitución geológica debido a la formación lenta que experimentó a lo largo del tiempo. Desde el punto de vista de la Geología, dicho Istmo está constituido por rocas ígneas propias del periodo Preterciario. En este mismo contexto geológico, sobre las formaciones del Eoceno se encuentran las del Oligoceno; las mismas son observadas de forma superficial en zona de mayor estudio realizado en el Istmo, el área del canal y sus alrededores. La base sedimentaria a lo largo de esta área canalera está formada por estratos de conglomerados de la formación Bohío, recubiertas por calizas que continúan a lo largo del área Este. Por otro lado, las rocas sedimentarias

más antiguas del Oligoceno y las tobas del Eoceno constituyen la base de la ciudad de Panamá. Dicho conglomerado consiste de fragmentos redondeados y angulares de rocas ígneas de color negro, cementadas por una toba oscura estratificada en muchos fragmentos redondeados debido a la acción del agua en las orillas de los ríos y arroyos. Los estratos de guijarros y guijas transportados y separados por los de arenisca y arcilla, también están presente (Rubio, 1949). El área de trabajo forma parte de la formación Panamá facie marina del Terciario, Oligoceno Superior.

Cabe destacar que el análisis efectuado a una muestra de tierra de este sector, revela un 65% de silicio, 3% de potasio y 2% de sodio; lo restante está constituido por basalto que está formado por plagioclasas o feldespato, albita y anortita, y además están presente los minerales máficos constituidos por elementos ferromagnéticos (Rubio, 1949).

Contexto arqueológico

Las ruinas del sitio colonial de Panamá Viejo, representan el deseo que surgió en el pasado de edificar un punto estratégico, tanto para las campañas de conquista y colonización, como sitio de convergencia para el comercio colonial de la Corona Española (Carles, 1969; Sosa, 1955). Esta importante ciudad fue fundada el 15 de agosto de 1519 por Pedrarias Dávila, y gracias al tráfico de la riqueza proveniente de México, Perú y Centroamérica hacia España, y la concentración de terratenientes y comerciantes pudientes, dicha ciudad logró convertirse en un foco gubernamental poderoso (Rubio, 1950). Es así que Panamá llega a representar el asentamiento español más importante de todo el continente americano de la época.

A pesar de todas las características que poseía este importante asentamiento europeo, hubo poco interés por parte de sus administradores para la construcción de edificaciones sólidas y planificadas, como fue el caso de otras ciudades de origen colonial en América, que aún existen. Se estima que la cantidad de casas que existía en el momento de la destrucción debido al ataque del pirata H. Morgan, oscilaba entre 600 a 700, las cuales en su mayoría fueron arrasadas por el incendio, quedando solamente las estructuras construidas por piedras, pero gran parte de ellas fueron deterioradas por las inclemencias del medio ambiente. Otras partes quedaron bajo

las edificaciones de las casas de los moradores que invadieron los terrenos que están alrededor del sitio histórico (Castillero, 1994).

El mapa de Antonelli, cuya descripción data de 1586 (Fig. 2), nos ofrece un panorama general sobre la distribución de las construcciones en la antigua ciudad de Panamá. En esta figura, se presentan algunas edificaciones principales en el sector este del Convento de Santo Domingo (área de interés). Existen además, otras fuentes que presentan no solamente las calles principales, sino también algunos alineamientos que corresponden a canaletas propias de un sistema de drenaje, ya que en esta parte de la ciudad, existían zonas pantanosas.

Esta descripción corrobora los estudios arqueológicos desarrollados por Suárez (2001a), en donde se logra identificar una canaleta construida a base de ladrillos, unidos estos por argamasa, propia de la época colonial.



Fig. 2. Mapa de Antonelli sobre la distribución de las estructuras en Panamá Viejo, fechada el 15 de septiembre de 1586.

El estado de conservación de estos restos arqueológicos es acorde con una zona habitacional importante de la burguesía local (Suárez, 2001b). Los resultados de las excavaciones arqueológicas dieron evidencia de cierto tipo de intervenciones humanas del siglo pasado. Los resultados de estas excavaciones se presentan en la figura 3.



Fig. 3. Fotografía de una canaleta de tipo colonial ubicada en el área de interés (Suárez, 2001b).

En base a toda la información arqueológica del área, se seleccionaron dos zonas de interés: la 1 y la 2. Las mismas fueron elegidas con el objeto de conocer ciertas características físicas del lugar que pudiesen estar asociadas a las estructuras de drenaje de tipo hispánico ya mencionadas con anterioridad. La figura 4 muestra la distribución de algunas características arqueológicas aflorantes y las zonas ya mencionadas.

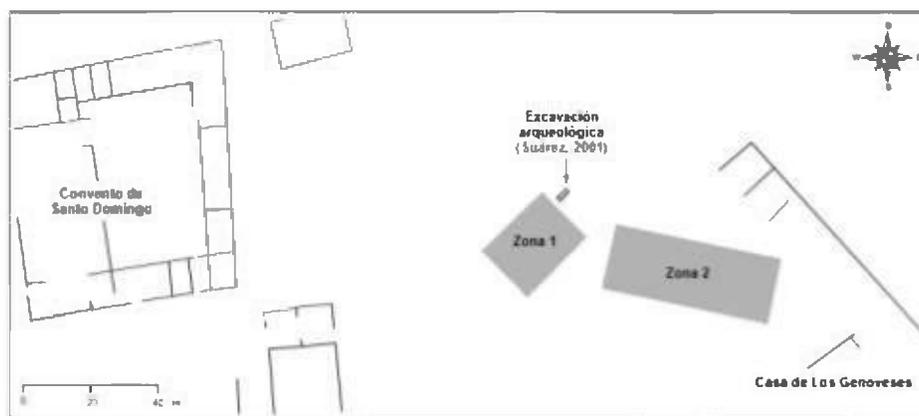


Fig. 4. Ubicación de las zonas 1 y 2 (en color gris) en el sector este del Convento de Santo Domingo.

En esta misma figura, se localiza la excavación arqueológica realizada por Suárez, en la parte noreste de la zona 1.

Es importante mencionar que a finales del siglo pasado, el Complejo Arqueológico de Panamá Viejo, fue objeto de diversas alteraciones producto de la expansión residencial en los alrededores del sitio y la presencia militar que incluyó la edificación no planificada de centros de almacenamiento, de oficinas centrales y caballerizas, entre otras.

INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

Para la prospección magnética de las zonas 1 y 2, se empleó un magnetómetro de vapor de Cesio G - 858 (Magmapper) de la GeoMetrics. Este complejo sistema trabaja bajo el principio físico de bombeo óptico, el cual se basa en la energía proveniente de la transferencia de los electrones entre dos niveles energéticos (Breiner, 1973). Los gases clásicamente utilizados en este tipo de magnetómetros son los de Cesio, Rubidio, Sodio y Helio. De acuerdo a (Telford et al., 1996), los tres primeros elementos poseen un electrón único en la capa externa, donde el eje de rotación se alinea de manera paralela o antiparalela a la dirección del campo magnético creado por alguna estructura ubicada en el subsuelo.

El dispositivo utiliza un sensor de Cesio en modo magnetómetro simple y dos sensores de Cesio, a manera de gradiómetro. Con el objeto de medir la diferencia del valor absoluto del campo magnético total entre dos posiciones sobre la superficie del terreno, el G-858 se programó en modo de gradiómetro, con una separación entre ambos sensores de 1,0 m. Esta elección se hizo sobre la base del fácil manejo y el control que se tiene sobre el dispositivo sobre el terreno. Dicha diferencia de intensidades magnéticas, dividida entre la separación de éstos, ofrece una buena aproximación del gradiente magnético vertical registrado en el punto medio entre ambos sensores (Bossuet et al., 2001). De acuerdo a (Lliboutry, 1998) este registro también ofrece una data corregida del efecto de la contribución magnética regional.

Con una frecuencia de medición de 10 registros por segundo, a lo largo de un perfil, el proceso de medición y almacenamiento son muy rápidos y efectivos, considerando además que el mismo ofrece una dispersión de 0,01 nT.

En este estudio se lograron prospectar las zonas 1 y 2 señaladas en el mapa de la figura 4, ambas con una superficie de $(20 \times 27) \text{ m}^2$ y $(50 \times 20) \text{ m}^2$, respectivamente; se especificó una malla en donde la distancia que separaba los perfiles, era de 1,0 m. Con esta separación entre los perfiles, se lograba trabajar sobre una malla lo suficientemente fina, de tal forma que pudiesen observarse a detalle los espectros generados. Los mapas del gradiente magnético vertical, para ambas zonas, fueron sometidas a un proceso de acotamiento y filtraje mediante algoritmos especiales de tipo estadístico que permiten definir ciertas características, y con esto, las anomalías magnéticas de interés.

RESULTADOS

El resultado de la prospección magnética se muestra en la figura 5. La misma contiene la integración de los dos mapas del gradiente magnético vertical.

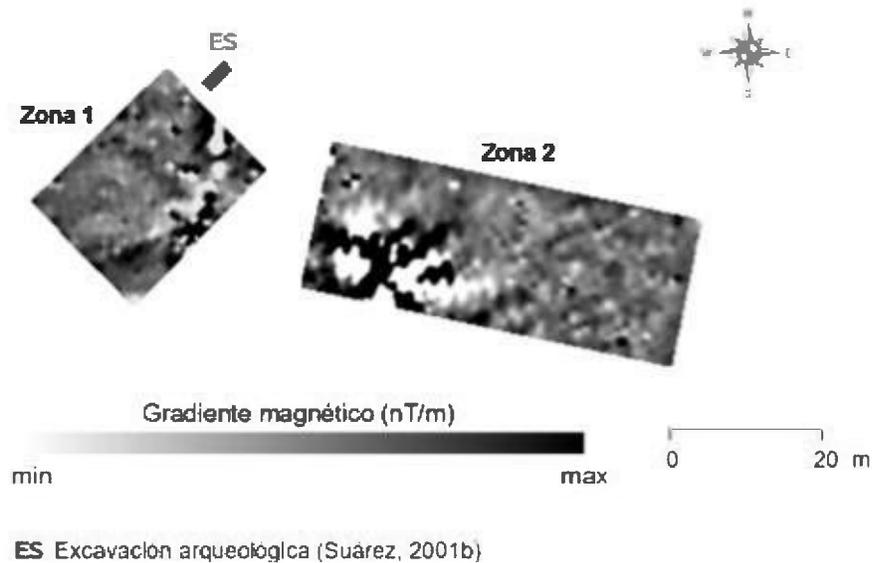


Fig. 5. Sector noreste del Complejo Arqueológico de Panamá Viejo. Mapas de gradiente magnético vertical para las dos zonas 1 y 2.

En la zona 1, es posible notar algunos contrastes fuertes del gradiente magnético (polaridad de las anomalías magnéticas), algunos de ellos, estrechamente relacionado con materiales férricos que se encuentran dispersos en el sitio. Para estos casos, son las anomalías intermedias, las que nos interesan. Por otro lado, en la zona 2, nos encontramos con una anomalía notable, cuya intensidad se relaciona con la existencia de roca volcánica.

En la figura 6 presentamos el mapa anterior, pero con las interpretaciones para cada espectro magnético, y con sus respectivas coordenadas geográficas métricas (UTM).

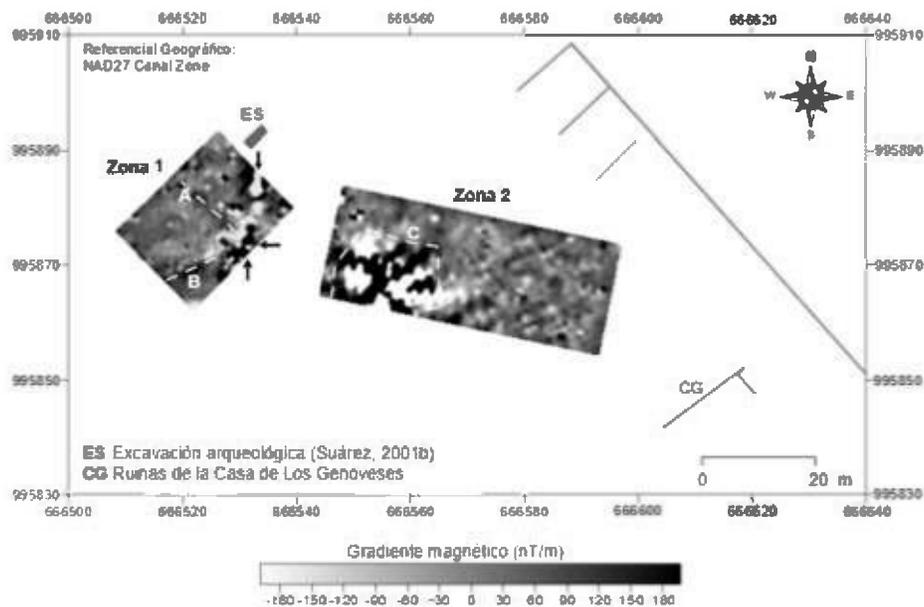


Fig. 6. Plan de las ruinas aforantes en el sector este del Convento de Santo Domingo – Panamá Viejo, e interpretación de los mapas del gradiente magnético vertical.

En primer lugar, nos encontramos con un conjunto de fuertes anomalías, asociadas con lo que hemos mencionado anteriormente: metales de fechas recientes enterrados a poca profundidad (ver flechas negras en el mapa). Por otro lado, la anomalía A (en líneas blancas punteadas) se encuentra asociada al límite de una plataforma de ocupación humana reciente, o construida a finales del siglo pasado.

Esto corrobora los resultados obtenidos de las excavaciones arqueológicas, en donde se han revelado la existencia de pisos de concreto, propios de la época de ocupación militar; y en este mismo contexto, las prospecciones electromagnéticas (georadar) realizadas por C. Camerlynck (2002) señalan también la existencia de dicha plataforma. Por otro lado, la anomalía B se encuentra relacionada a estructuras de tipo hispánica, y ésta a su vez, a sistemas de drenaje, tal como lo reporta Suárez (2001b). Estas características detectadas, no sobrepasan 1,0 m de profundidad, corroborando los resultados de (Caraballo, 2001).

Finalmente la anomalía C, que se encuentra representada mediante un polígono de líneas blancas punteadas, corresponde a la presencia de una roca volcánica en el sitio, cuya característica magnética ocupa un 25% del espectro dado. El resto de este mismo espectro (zona 2), que podrían estar relacionadas a la posible presencia de material arqueológico en el subsuelo, no presenta otro tipo de variaciones significativas.

DISCUSIÓN

Podemos recalcar que la Geofísica de Prospección puede jugar un papel muy importante, en lo que a detección arqueológica se refiere. Hablamos más específicamente, de su papel como herramienta notable de apoyo al arqueólogo.

En este mismo contexto, el empleo de determinados procesos de acotamiento de intensidades magnéticas y la aplicación de algoritmos especiales, facilitaron, en este caso, la interpretación de las anomalías del gradiente magnético vertical que revelaron dos periodos de ocupación: época hispánica y recientemente (fines del siglo pasado). A pesar del notable trabajo de rescate cultural desarrollado por el Patronato de Panamá Viejo en todo el Conjunto Monumental y la aplicación de diversas técnicas de tipo electromagnético (georadar), ha sido difícil dar una continuidad a los trabajos de prospección geofísica debido al elevado nivel de contaminación del sitio. La misma se debe a serias alteraciones del sitio mediante la construcción de estructuras no programadas y la deposición de desechos inorgánicos. Por esta razón es necesario hacer un análisis profundo sobre la importancia de nuestro legado cultural.

CONCLUSIONES

Gracias a la utilización de herramientas geofísicas no destructivas, fue posible identificar estructuras correspondientes a un periodo de ocupación colonial, en donde se detectaron ciertas características arqueológicas relacionadas con sistemas de drenaje, y además, de otro periodo de ocupación reciente relacionados con una plataforma enterrada y que corresponde a intervenciones humanas no planificadas.

Por otro lado, los espectros revelaron las características ígneas del sitio, corroborando de esta manera, lo reportado por la literatura sobre la geología local.

REFERENCIAS

Bossuet, G., C. Camerlynck, C. Brehonnet, & C. Petit. 2001. Magnetic Prospecting of Diachronic Structures (Antiquity to First World War) on the Site of the Sanctuary of Ribemont – sur – Ancre (Somme, France). *Archaeol. Prospect.* Vol. 8. pp 67 – 77.

Breiner, S. 1973. *Applications Manual for Portable Magnetometers.* GeoMetrics Sunnyvale, USA.

Caraballo, M. 2001. *Estudio del gradiente magnético vertical de las estructuras arqueológicas en la zona oriental del Convento de Santo Domingo – Panamá Viejo.* Trabajo de graduación – Universidad de Panamá.

Carles, R. 1969. *220 Años del Periodo Colonial en Panamá.* Taller de Arte Gráfica del Colegio Artes y Oficios – Melchor Lasso de la Vega.

Castillero, A. 1994. *Arquitectura, Urbanismo y Sociedad – La vivienda colonial en Panamá.* Fondo de Promoción Cultural Shell.

Lliboutry, L. 1998. *Géophysique et géologie.* Editorial Masson.

Pastor, L., R. Vanhoeserlande, N. Florsch, I. Florsch, J. Toral, J. González, M. Lezcano & A. Mojica. 2001. Prospección arqueogeofísica en Panamá La Vieja: presentación de casos. *Arqueología de Panamá La Vieja – Avances de investigación – Época Colonial.*

Rovira, B. 1994. Sitio de Panamá Viejo; Planificación de Labores Arqueológicas. (Afiche).

Rubio, A. 1949. *Notas sobre Geología de Panamá*. Tall. Imp. Nacional.

Rubio, A. 1950. *Panamá: Monumentos Históricos y Arqueológicos*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Sosa, J. 1955. *Panamá la Vieja*. Imprenta Nacional.

Suárez, L. 2001a. Informe sobre el Proyecto General de Sondeo Superficial – Este de Santo Domingo. Panamá: Dirección de Arqueología, Patronato de Panamá Viejo.

Suárez, L. 2001b. Una canaleta colonial. Boletín Informativo – Panamá Viejo.

Scollar, I., A. Tabbagh, A. Hesse & I. Herzog. 1990. *Archaeological Prospecting and Remote Sensing*. Cambridge University Press: Cambridge.

Telford, W., L. Geldart & R. Sheriff. 1996. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press: Cambridge.

AGRADECIMIENTOS

Consignamos nuestro más profundo agradecimiento al Centro Cultural y de Cooperación para América Central (CCCAC), a la Embajada de Francia y el Servicio Cultural Francés en Panamá por el apoyo brindado durante todos estos años para la conclusión satisfactoria de estos trabajos de investigación. Al Dr. Pierre Mechler de la Universidad de París VI por facilitarnos los dispositivos de prospección geomagnética. De igual manera, deseamos agradecer al Patronato de Panamá Viejo por la información suministrada y la Universidad de Panamá por abrirnos las puertas y apoyar el rescate de nuestro legado cultural, y con ello, el desarrollo nacional.

Recibido marzo de 2003, aceptado julio de 2003.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CICLO DE VIDA DE *APHIS GOSSYPHII* (HOMOPTERA: APHIDIDAE)

Edwin Domínguez, Dora I. Quiros y Dauiel Emmen

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Edificio de Laboratorios Científicos, Laboratorio de Ensayos Biológicos Contra Plagas Agrícolas (Lab. 116), Tel.: 264-8441.

e-mail:edwin_dominguez@hotmail.com, dqiros@cwpanama.net, demmen@cwpanama.net

RESUMEN

El áfido del algodón, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), es una especie polífaga y cosmopolita. Se reproducen sólo por partenogénesis en climas calientes. Es la principal plaga de cultivos tales como Cucurbitaceae y Malvaceae. El daño incluye reducción en la producción y calidad del fruto, así como virosis. El desarrollo de controles biológicos requiere una mejor comprensión de la biología de *A. gossypii* el cual es afectado por condiciones ambientales especialmente la temperatura. El propósito de este estudio fue determinar el ciclo de vida de *A. gossypii* en condiciones de laboratorio con el fin de utilizar esta información como control en bioensayos. Para esto se seleccionó un individuo del primer instar y se transfirió a una planta de melón aislada en un pote pequeño dentro de una caja con condiciones ambientales controladas. Los individuos de cada sistema fueron observados cada 24 horas. En las condiciones del laboratorio el período reproductivo se inició aproximadamente a los 6 días y duró 14.6 días; la cantidad de ninfas puestas durante el ciclo fue de 66, con un promedio diario de 3.5. La duración total del ciclo fue de 27 días.

PALABRAS CLAVES

Partenogénesis, polimorfismo, ninfas, *Aphis gossypii*, temperatura, madurez sexual, ciclo de vida.

ABSTRACT

The cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), is a polyphagous and cosmopolitan species. Under tropical conditions exhibit only parthenogenetic reproduction. It is the major pest on crops belonging to Cucurbitaceae and

Malvaceae. Damage on crops is caused mainly by virus they transmit and includes yield loss and decreased fruit quality. Development of a biological control requires a better understanding of *A. gossypii* biology which is affected by environmental conditions specially temperature. The purpose of this study was to determine the life cycle of *A. gossypii* under laboratory conditions in order to use this information as a control for bioassays. Therefore a first instar aphid was transferred to a melon plant growing in a small pot that was isolated within a collapsible cage kept under controlled environmental conditions. Individuals in each observation system were observed every 24 hours. About six days later the reproduction period started and ended 14.6 days later. Sixty six nymphs were born during the life cycle with a mean of 3.5. Duration of the complete life cycle was 27 days.

KEYWORDS

Parthenogenesis, polymorfism, ninphs, *Aphis gossypii*, temperature, sexual maturity, life cycle.

INTRODUCCIÓN

Los áfidos han fascinado y frustrado al hombre por mucho tiempo. Esto se debe principalmente a su intrincado estilo de vida en estrecha asociación con sus plantas hospederas, su polimorfismo y habilidad para reproducirse tanto asexual como sexualmente (Dixon, 1985, Aldyhim & Khalil, 1992). En climas calientes se reproducen sólo por partenogénesis mientras que en climas templados lo hacen sexualmente (King & Sanders, 1984).

Uno de los factores abióticos más importantes que afectan el ciclo de vida de los áfidos es la temperatura, que además puede también influir en la producción de organismos alados. La temperatura y la luz son los dos signos obvios usados como indicadores de cambios estacionales en los áfidos (Ebert & Cartwright, 1997). A temperaturas bajas, el desarrollo es lento y se reduce la fecundidad. Para cada especie de áfido hay una temperatura óptima para desarrollarse y reproducirse (Dixon, 1973).

El desarrollo de controles biológicos para *A. gossypii*, requiere comprensión de su crecimiento bionómico y potencial de la población el cual es afectado por condiciones ambientales, en donde sobresale notablemente la temperatura (Xia et al., 1999).

Según Dixon (1985), se desarrollan individuos pequeños cuando son criados en condiciones de apiñamiento, sobre plantas maduras o a altas temperaturas. Por el contrario, se desarrollan individuos grandes cuando las ninfas son criadas en aislamiento, sobre plantas u hojas jóvenes o senescentes, o a bajas temperaturas.

Trabajos realizados con otras especies de áfidos han demostrado que éstos disminuyen su tiempo de desarrollo a medida que aumenta la temperatura (Godínez et al.,1994; Ebert & Cartwright, 1997; Wyatt & Brown, 1977).

En Panamá no se han realizado estudios sobre el efecto de las condiciones ambientales en el ciclo de vida de los áfidos con excepción de un trabajo realizado por Fuertes (1978), quien estudió la biología de *A. gossypii* a una temperatura promedio de 27.2°C.

El propósito de nuestro estudio fue determinar el ciclo de vida de *A. gossypii* en condiciones de laboratorio con el fin de utilizar esta información para levantar colonias saludables y abundantes para la realización de bioensayos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las colonias de *A. gossypii* fueron iniciadas en el laboratorio a partir de 1999, con individuos obtenidos de una parcela de melón en el área de la Provincia de Los Santos, en la región central de la República de Panamá. Los individuos fueron transferidos a plantas de melón (*Cucumis melo*) de 16 días de edad cultivadas en potes de plástico de 12 cm de alto y 13 cm de diámetro mantenidos dentro de cajas colapsables 18"x18"x18".

Para realizar este estudio se utilizó un pincel fino para transferir un individuo del primer instar de la colonia a la tercera hoja de una nueva planta de melón la cual tenía 5 hojas y alrededor de dos semanas de edad. Para evitar la entrada de otros insectos, la planta fue mantenida dentro de un cilindro plástico cubierto en su extremo superior con organza la cual era mantenida en su lugar mediante una banda elástica ancha. El extremo inferior del cilindro se ancló en la tierra del pote. Este sistema de observación fue colocado dentro de una caja colapsable (18"x 18"x 18").

La temperatura, humedad relativa y fotoperíodo para este estudio fueron seleccionados a partir de repetidas observaciones llevadas a cabo durante los años previos a este estudio en los que se determinó que una temperatura de $23.9^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ permite obtener un número abundante pero manejable de individuos cada tres días. Para obtener esta temperatura y una humedad relativa de $45\% \pm 2\%$ dentro de los sistemas de observación, se utilizó un sistema de luces compuesto por tres bombillos de 25 Watts los cuales se encendían o apagaban automáticamente de acuerdo con las fluctuaciones de temperatura en el laboratorio. La temperatura fue registrada con un higrómetro pequeño cada 24 horas y el fotoperíodo (16L:8O) se reguló electrónicamente mediante un cronómetro digital.

La planta se irrigó cada tres días colocando el agua sobre un plato de plástico colocado en la base del pote para que esta subiera por capilaridad. El áfido fue transferido a una nueva planta cada vez que se observaron signos de clorosis en el hospedero. Las observaciones se realizaron cada 24 horas. Un total de 12 réplicas fueron establecidas para este estudio. Los individuos de cada planta fueron observados desde el primer día de colocado hasta su muerte eliminando diariamente con un pincel fino los recién nacidos y las mudas. Para cada individuo se anotó la fecha de colocación del mismo, duración de cada periodo ninfal, duración del periodo ninfal total, cantidad de mudas (si se observaban), duración del estado adulto, cantidad de áfidos nacidos y duración del periodo reproductivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante este estudio se encontró que bajo las condiciones establecidas el periodo ninfal total promedio para los 12 individuos observados fue de 5.29 días; la madurez sexual se alcanzó a los 6.29 días, la duración del estado adulto fue de 20.71 días; la duración total del ciclo fue de 27 días y el periodo reproductivo fue de 14.57 días (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características reproductivas de *A. gossypii*.

	Tiempo (Promedio en días)
Periodo ninfal	5.29
Madurez sexual	6.29
Duración del estado adulto	20.71
Duración total del ciclo	27
Periodo reproductivo	14.57

A una temperatura similar, Ferrándiz & Gutiérrez (1985), encontraron que el periodo reproductivo y la longevidad o duración total del ciclo fueron de 9.05 y 15.68 días, respectivamente. A una temperatura ligeramente superior (25°C), Aldyhim & Khalil (1993) encontraron que el periodo reproductivo duró 16.4 días y el ciclo de vida tuvo una duración total de 22.5 días. De igual manera, Kersting et al. (1999) encontraron que la longevidad para esta especie, fue de 23.1 días a la misma temperatura. En el único estudio disponible realizado en Panamá previamente Fuertes (1978) encontró que a 27.2°C, *A. gossypii* tiene un periodo ninfal de 5.26 días, la madurez sexual fue alcanzada a los 6.07 días y el ciclo total duró 11.33 días.

La cantidad promedio de ninfas nacidas durante el ciclo de vida de los individuos estudiados fue de 66.1 con un promedio de 3.5 ninfas por día. Cuando se analizó la tasa reproductiva individual por día se observó que la máxima cantidad de ninfas fue de 8.4 y la mínima de 1.1 (Cuadro 2). Resultados similares fueron reportados por Ferrándiz & Gutiérrez (1985), quienes encontraron que el total de áfidos por día fue de 4.2, con un promedio máximo de 8 y mínimo de 2.7 insectos por día.

Cuadro 2. Tasa *A. gossypii* en condiciones de laboratorio.

	Número promedio de individuos
Total de ninfas durante el ciclo	66.1
Total ninfas/día	3.5
Máxima cantidad de ninfas/día	8.4
Minima cantidad de ninfas/día	1.1

Fuertes (1978), en condiciones ambientales no controladas, encontró que el número total de ninfas nacidas durante todo el ciclo fue de 28.89 con un promedio diario de 4.77 ninfas, con una cantidad máxima de nueve ninfas y una mínima de tres. Kersting et al. (1999), encontraron que el número de ninfas por hembra por día estuvo en un rango entre 2.5 a 15°C y 4.9 a 30°C. Xia et al. (1999), encontró que el promedio de reproducción fue de 3.1 ninfas por hembras por día a 25°C. Kocourek et al. (1994), encontraron que a 25°C la fecundidad media por hembra fue de 53.6 individuos.

Wyatt & Brown (1977), probaron que a temperaturas de 18 a 24°C, *A. gossypii* produce mas progenie y que a bajas temperaturas, el proceso de desarrollo es mas lento.

Según Xia et al. (1999), la fecundidad total y la media de la tasa reproductiva se incrementa desde el umbral de temperatura más baja hasta la temperatura óptima y entonces decrece y es por ello que a 23°C se presentan valores cercanos a los de 25°C.

Durante los primeros días después de llegar a adulto se observó que los áfidos pueden procrear hasta 12 individuos por día (media de 6.57 individuos). Esta tendencia va disminuyendo paulatinamente y finalmente deja de procrear (Fig. 1). Resultados similares encontró van Steenis & El-khawass (1995) a temperaturas de 20, 25 y 30°C. En este caso la reproducción diaria fue alta durante los primeros días después de alcanzar la edad adulta. Estos resultados contrastan con los de Ferrándiz & Gutiérrez (1985) en donde la reproducción fue alta aun al final del ciclo reproductivo. Probablemente estos resultados fueron influidos por un fotoperíodo mas corto (de 12 horas de luz), en contraste con el utilizado en esta investigación que fue de 16 horas de luz.

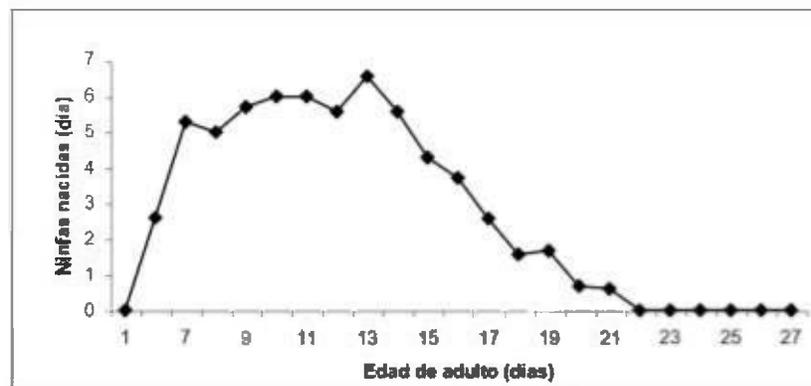


Fig. 1. Supervivencia y curva reproductiva en *Aphis gossypii* vs tiempo.

En nuestro estudio observamos dos individuos que vivieron varios días (12 y 20 días) después de haber terminado su periodo reproductivo. Ferrándiz & Gutiérrez (1985) encontraron que el 32% de los áfidos estudiados sólo sobrevivieron un día después de terminado su periodo

reproductivo. Fuertes (1978) encontró que 15.81% de los individuos observados vivieron de uno a cuatro días antes de morir después de haber terminado su periodo reproductivo.

La duración, en días, de los diferentes estadios de desarrollo de *A. gossypii* bajo condiciones de laboratorio se observa en el Cuadro 3. La duración de cada estadio es aproximadamente un día. Resultados similares han sido reportados por Ferrándiz & Gutiérrez (1985), van Steenis & El-Khawass (1995), Xia et al. (1999), Aldyhim & Khalil (1993) a temperaturas de 20 a 25°C.

Cuadro 3. Duración en días de los diferentes estadios del desarrollo en *Aphis gossypii* bajo condiciones de laboratorio.

	Temperatura (23.9 °C)	
Ninfas (días)		
Estadio 1	1	
Estadio 2	1.7	± 0.48
Estadio 3	1.1	± 0.38
Estadio 4	1.6	± 0.53
Adultos	20.7	

CONCLUSIONES

El ciclo de vida de *A. gossypii*, bajo nuestras condiciones de laboratorio (23.9°C±2°C, H.R. 45%±2%, fotoperiodo: 16L:8O), se completa en 27 días lo que permite obtener suficientes individuos para realizar bioensayos en corto tiempo.

Bajo estas condiciones de temperatura es posible ejercer control sobre la densidad poblacional para evitar el rápido deterioro de la calidad de las plantas hospederas lo que conduce a un gasto excesivo de los recursos que se utilizan para mantener las colonias de áfidos.

REFERENCIAS

Aldyhim, Y. N. & A. F. Khalil, 1992. Influence of temperature and daylength on population development of *Aphis gossypii* on *Cucurbita pepo*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 67: 167-172.

Dixon, A.F.G. 1973. Biology of Aphids. The Institute of Biology's. Studies in Biology. no.44. First published. Edward Arnold. London. 58 p.

Dixon, A.F.G. 1985. Aphid Ecology. First published. Chapman & Hall. New York. 157 p.

Ebert, T.A. & B. Cartwright. 1997. Biology and Ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Southwestern Entomologist. 22 (1): 116-153.

Ferrándiz, R. & F. Gutiérrez. 1985. Reproducción y desarrollo del áfido *Aphis gossypii* Bajo condiciones controladas. Ciencias de la Agricultura 27/86: 51-53.

Fuertes, E. 1978. Determinación de infestación y ciclo biológico del áfido del melón: *Aphis gossypii*. Trabajo de graduación. Facultad de Agronomía. Universidad de Panamá.

Godínez, V.J., N.R. Vega & J.A. Villanueva. 1994. Temperaturas base, grados – día de desarrollo y fenología de *Aphis nerii* (Boyer) (Homoptera: Aphididae) bajo condiciones térmicas controladas y variables. Revista Chapingo. Serie Protección Vegetal 1: 61-63.

Kersting, U., S. Satar & N. Uygun. 1999. Effect o temperature rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. J. Appl. Ent. 123, 23- 27.

King, A. B. S. & J. L. Saunders. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales en América Central: Una guía para su reconocimiento y control. Administración de Desarrollo Extranjero. Londres, 182 pp.

Kocourek, F., J. Havelka, J. Berankova & V. Jarosik. 1994. Effect of temperature on developmental rate and intrinsic rate of increase of *Aphis gossypii* reared on greenhouse cucumbers. Entomologia Experimentalis et Applicata 71: 59-64.

van Steenis, M.J. & K.A.M.H. El-Khawass. 1995. Life history of *Aphis gossypii* on cucumber: influence of temperature, host plant and parasitism. Entomologia Experimentalis et Applicata 76: 121-131.

Wyatt, I.J. & S.J. Brown. 1977. The influence of light intensity, daylength and temperature on increase rates of four glasshouse aphids. *J. appl. Ecol.* 14:379-399.

Xia, J. Y., W. Van der Werf & R. Rabbinge. 1999. Influence of temperature on bionomics of cotton aphid, *Aphis gossypii*, on cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90: 25-35.

Recibido julio de 2003, aceptado septiembre de 2003.



STEROIDOGENESIS IN THECA CELLS OF CHICKEN FOLLICLES

Ricardo E. Caicedo Rivas

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Centro de Investigación de Criobiología, Panamá. Department of Animal Production and Utilization Science, The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Japan. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología, México.

e-mail: ricairi4@hotmail.com

ABSTRACT

The aim of this study was to assess and compare the steroidogenic response to luteinizing hormone (LH) and follicle-stimulating hormone (FSH) in cells of the theca interna and theca externa isolated from follicles at different stages of maturation. Cells of the theca interna and theca externa isolated from the largest, second largest and third-fifth largest preovulatory follicles of the chicken (*Gallus domesticus*) were incubated at the concentration of 2×10^5 cells/ml/tube in Medium 199 containing 10mM HEPES and 0.2% bovine serum albumin with increasing doses (0, 0.1, 1.0, 10 and 100 ng/ml/tube) of ovine LH (oLH) or ovine FSH (oFSH). After the 4 hr-incubation, progesterone (P_4), testosterone (T), and estradiol-17 β (E_2) in the medium were measured by RIA. P_4 and T were detected in cultured medium of theca interna cells but were undetectable (< 25 pg/tube) in that of theca externa cells, while E_2 was detected in cultured medium of theca externa cells but not (< 25 pg/tube) in that of theca interna cells. The productions of P_4 and T were stimulated in a dose dependent manner by oLH and oFSH. The responses to oLH and oFSH were greater in smaller follicles, although the response to oFSH was less than that to oLH. E_2 production was stimulated in a dose-dependent manner by oFSH with greater response in smaller follicles but not by oLH. The present results support a three-cell theory for estrogen production in avian follicles and indicate that, in the chicken, the smaller follicles may play a conspicuous role in gonadotropin-induced steroidogenesis.

KEYWORDS

Chicken, gonadotropin, steroidogenesis, theca interna and externa cells.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue de ensayar y comparar la respuesta esteroidogénica a la hormona luteinizante (LH) y la hormona del folículo estimulante en las células de la teca interna y externa, aisladas desde folículos en diferentes estados de maduración. Las células de la teca interna y externa aisladas de primeros largos y segundo y tercero-quinto largos folículos preovulatorios de la gallina (*Gallus domesticus*), fueron incubados a concentración de 2×10^5 células/ml/tubo, en medio 199 conteniendo 10mM Hepes y 0.2% de suero de albumina de bovino, con incremento de dosis (0, 0.1, 1.0, 10 y 100 ng/ml/tubo), de ovino LH (oLH) o ovinoFSH (oFSH). Después de 4 horas de incubación, progesterona (P_4) Testosterona (T), y estradiol 17 β (E_2), fueron medidos por RIA. P_4 y T fueron detectados en el medio de cultivo de la teca interna, pero indetectable (< 25 pg/tubo) en células de teca externa, mientras que E_2 fue detectado en medios de cultivo de células de la teca externa, pero no (< 25 pg/tubo), en células de la teca interna. La producción de P_4 y T fue estimulado en dosis dependiente por oLH y oFSH. La respuesta a oLH y oFSH fue grande el folículos menores, aunque la respuesta a oFSH fue menor que oLH. La producción de estradiol fue estimulada en dosis dependiente por oFSH, con gran respuesta en pequeños folículos pero no por oLH. El presente resultado soporta la teoría de tres células para la producción de esteroides en folículos de ave e indica que en la gallina, los pequeños folículos juegan un papel conspicuo en que la gonadotropinas-induce la esteroidogenesis.

PALABRAS CLAVES

Gallina, gonadotropina, esteroidogenesis, células de teca interna y externa.

INTRODUCTION

In avian, the major hormone being secreted from the ovarian follicle are progesterone (P_4), testosterone (T) and estradiol17- β (E_2) (Gilbert, 1977). It has well been established that, with follicular maturation, there is a marked increase in steroidogenic activity of the granulosa cells which produce mainly P_4 whereas steroidogenic activity in the theca cells, which produce T and E_2 , is decreased (Shahabi et al., 1975; Huang & Nalbandov, 1979; Nakamura et al., 1979; Bahr et al., 1983; Marrone & Hartelendy, 1983). A three-cell theory for estrogen production in avian species has recently been proposed (Porter et al., 1989; Pedemera et al., 1989; Nitta et al., 1991; Velazquez et al., 1991; Kato et al., 1995, Caicedo, 1997); this theory is based on the facts that at least two kinds of steroidogenic cells are present in the theca layer of preovulatory follicles, and P_4 produced by granulosa cells is converted by theca interna cells to androgens, which is subsequently metabolized to estrogen by theca externa cells. The production of P_4

in granulosa cells is stimulated by gonadotropins, luteinizing hormone (LH) and follicle-stimulating hormone (FSH). As the follicles mature, the granulosa cells sensitivity to LH is increased while the sensitivity to FSH is decreased; by the last day before ovulation, the steroidogenic response to FSH disappears and the granulosa cells solely under the regulatory influence of LH (Huang et al., 1979; Scanes & Fagioli, 1980; Hammond et al., 1981; Robinson et al., 1988). In contrast to the granulosa cells, the role gonadotropins in the control of steroidogenesis in cells of the theca interna and theca externa of chicken preovulatory follicles has not been clearly defined, although the production of T and E₂ in the theca cells of avian follicles has been shown to be influenced by gonadotropins hormone (Huang & Nalbandov, 1979; Onagbesan & Peddie, 1989; Porter et al., 1989, 1991; Nitta et al., 1991).

The purpose of the present studies was to evaluate and compare the steroidogenic activity in response to gonadotropins hormone, LH and FSH, in cells of the theca interna and theca externa isolated from follicles at different stages of maturation.

MATERIALS AND METHODS

Animals:

White Leghorn hens laying at least four eggs in a sequence were used. Seven to ten hen 1-2 hr after oviposition were killed for each of at least three replications, and the largest (F₁), second largest (F₂) and third-fifth (F₃-F₅) largest preovulatory follicles were removed from the ovary of each hen.

Isolation of theca interna and theca externa cells

After removing the outer fibrous tissues and the separation of the granulosa layer according to the method of Gilbert et al. (1977), the remainder of each follicle (*theca folliculi*) was inverted, and incubated for 30 min in medium 199 containing 10mM Hepes and 0.2% collagenase. The theca interna layer was gently scraped off with a scalpel blade until the color of tissue changed from pink to near white, and returned to Medium 199 containing 10mM Hepes and 0.2% collagenase, then further incubated for 20 min. after the incubation, mechanical dispersion was performed for 5 min with a syringe. The remaining theca externa layer was minced into about 2 mm square

pieces, and incubated for 60 min in Medium 199 containing 10mM Hepes and 0.2% collagenase with mechanical disruption of tissue at 15 min interval with a syringe. The cell suspensions of theca interna and theca externa were filtered through a nylon gauze (60 μ m mesh) and centrifuged at 400 X g for 10 min at 4°C. The cell pellet was resuspended in Medium 199 containing 40% Percoll and centrifuged at 400 X g for 20 min. Top layer containing theca cells was removed and pelleted by centrifugation at 400 X g for 10 min. The cell pellet was suspended in culture medium containing 10mM Hepes and 0.3% bovine serum albumin (BSA) in Medium 199, and centrifuged at 400 X g 10 min. This cell-washing procedure was repeated three times.

Culture of theca cells

After the cell count on a hemocytometer following a trypan blue dye exclusion, living cells of the theca interna and theca externa were diluted to 2×10^5 cells/0.5 ml with culture medium. oLH (NIDDK oLH-S26) and oFSH (NIDDK oFSH-S20) were diluted in culture medium at the concentrations of 0.1, 1, 10 and 100 ng/0.5 ml and added to the cell suspensions. The cells with the incubation volume of 1ml were incubated for 4 hr at 37°C. After the incubation, the cultured medium was stored -20°C until assayed for steroid hormones.

Assays of steroid hormones

P₄, T, and E₂ in the medium were measured in duplicate without extraction by a routine radioimmunoassay. The antiserum of P₄, T and E₂ were donated by Dr. Wakabayashi (Gunma University, Japan). Radioactive steroids [1, 2, 6, 7 - ³H] P₄, [1, 2, 6, 7 - ³H] T and [2, 4, 6, 7, 16, 17 - ³H] E₂, were purchased from Amersham Company. In brief, in glass tubes (10 X 75 mm), 0.1ml of the cultured medium diluted with 1% BSA-0.1M phosphate buffered saline, 0.1 ml of P₄, T or E₂ anti-serum diluted with 1% normal rabbit serum-0.05 M EDTA-0.1M phosphate buffered saline and 0.1 ml of 1% BSA-0.1M phosphate buffered saline containing ³H-P₄, ³H-T or ³H-E₂ of about 20,000-25,000 cpm were added, and incubated for 24 hr at 4°C. For the separation of bound and unbound steroids, 0.2ml of dextran-coated charcoal suspension (6.5g charcoal Nori A and 0.625g dextran T-70 per liter of 0.01M phosphate saline) was added, and the tubes were kept in an ice bath for 30 min. After the centrifugation at 3,000 rpm for 15 min at 4°C, the supernatant was added to a vial containing about 4 ml of ASC-II scintillator and vortexed for 10 sec. On the following

day, the radioactivity was counted for 5 min. The assay sensitivity of P₄, T and E₂ (more than 2 SD difference from zero bound) was 2.5 pg per tube in all steroids. The intra-and inter-assay coefficients of variation of P₄, T and E₂ were 6.0 and 12.5, 10.2 and 15.2 and 8.5 and 11.2% respectively.

Statistical analysis

The data were analyzed by analysis of variance and followed by Duncan's new multiple range test to determine significant difference among treatment means.

RESULTS

In a few cases of the present experiments, small amounts of P₄, T, E₂ were detected in the cultured media of theca externa cell and theca interna cells, respectively. However, in most experiments E₂ was not detected (P<25 pg/tube) in the cultured medium of theca interna cells while P₄ and T were undetectable in the culture medium of theca externa cells. Therefore, because the detections of E₂ in theca interna cells and of P₄ and T in theca externa cells, the data obtained in the experiment which the separation of thecal cells was deemed to be incomplete, were thus eliminated from the present results.

The results of the measurement for P₄, T and E₂ in the cultured medium are shown in Figs. 1, 2, and 3, respectively. As shown in Figs. 1 and 2, P₄ and T were detected in the cultured medium of theca interna cells but below the measurement limit for these hormones (< 25 pg/tube) in the cultured medium of theca externa cells. E₂, however, was detected in the cultured medium of theca externa cells but not in the cultured medium of theca interna cells (Fig.3). Basal productions of P₄ and T by cells of the theca interna and of E₂ by cells of the theca externa, determined in untreated cells during the 4 hr incubation period, were 44.3-64, 232- 450 and 113-151 pg/2X10⁵ cells/4 hr in the cells of F₁, 110-124, 280-326 and 254- 482 pg/2X10⁵ cells / 4hr in the cells of F₂, and 130-136, 222-4429 and 352-483 pg/2 X10⁵ cells/4hr in the cells of F_{3,5} respectively. The production of P₄ and T by cells of theca interna was stimulated by both oLH and oFSH in a dose-related manner. However, the extent of the stimulation was different not only between the treatments of oLH and oFSH but also among follicles with different stage of development. Thus, the response to oLH in both production of P₄ and T was greater

than the response to oFSH. Moreover, there was a greater response in smaller follicles. The production of E₂ by cells of the theca externa was stimulated only by oFSH in a dose-dependent manner, but not by oLH. Also the E₂ production in response to oFSH was greater in smaller follicles.

DISCUSSION

The present studies, confirm a three-cell theory for estrogen production by preovulatory follicles of the domestic hen in which at least two thecal cells subpopulations are involved in estrogen production in the theca layer; the theca interna cells produce androgens, which are subsequently metabolized to estrogen by theca externa cells (Porter et al., 1989; Pedernera et al., 1989; Nitta et al., 1991; Velazquez et al., 1991; Kato et al., 1995; Rodriguez-Maldonado et al., 1996), because P₄ and T were detected in cells of the theca interna but not in cells of theca externa, while E₂ was detected in cells of the theca externa but not in those of the interna. In addition, the presents study provides a profile of steroidogenesis in response to LH and FSH in cells of the theca interna and theca externa during the development of preovulatory follicles of the chicken.

As has been already known by the presence of cytochrome P₄₅₀ cholesterol side chain cleavage (Kowalsky et al., 1991; Nitta et al., 1991) and 3β-hydroxysteroid dehydrogenase (Nitta et al., 1993) in the theca interna, the present study confirm that P₄ is produced in theca interna cells, although the production of P₄ is very little compared to that in cultures of granulosa cells reported by many investigators (Johnson, 1990). In addition, the present study demonstrated that theca interna cell production of P₄ with T in all follicles examined is stimulated by not only LH but also FSH, although less by FSH than LH. Moreover, the theca interna cell response to these gonadotropins was greater in smaller preovulatory follicles. To the best of our knowledge, only Porter et al. (1989) had examined the effect of both LH and FSH on steroidogenesis by theca interna cells. They reported that in the turkey, the production of P₄ and androgen in theca interna cells was stimulated by oLH in the smaller F₅ but not in the larger F₁ and also not by porcine FSH at the concentration of 1,000 ng/ml in both F₁ and F₅. Although the distinctions between our and their results on the response of theca interna cells to LH and FSH are unclear, they used trypsin while we

used collagenase for the isolation of theca cells. As the damage to cells by enzymatical dispersion is generally known to be greater by trypsin than by collagenase, the difference in enzyme used may explain the discrepancy for the theca interna cell response to gonadotropins between our and their results. The presence of receptors for LH and FSH in avian theca layer has been reported by Kikuchi & Ishii (1992) & Masuda et al. (1984), respectively, who found that these receptors are more numerous in smaller than larger follicles. Therefore, the higher sensitivity of theca interna cells to gonadotropins in smaller preovulatory follicles may be attributed to the greater number of gonadotropin receptors in smaller follicles.

In the present experiments, the production of E_2 in theca externa cells was not stimulated by LH. The present results are in agreement with those of Porter et al. (1989) and Nitta et al. (1991), who also demonstrated that estrogen production is stimulated by the coincubation of theca interna and theca externa cells and enhanced in the presence of oLH. Porter et al. (1989) also reported that E_2 production by theca externa cells of F_5 was not enhanced by oLH in spite of the addition of T (10^{-7} or 10^{-6} M) as substrate of estrogen, whereas E_2 production by the addition of 10^{-6} M of T was greater than with the addition of 10^{-7} M of T. The present results, together with all of the above mentioned results, indicate that LH does not stimulate the activity of aromatase which converts androgens into estrogens. However, we found that FSH, with its greater response in smaller follicles, enhances the production of E_2 in cultures of theca externa cells alone despite the undetectable level of T as a precursor of estrogens. Nitta et al. (1991), had reported that fibroblast in the theca externa may function as an additional site of conversion of P_4 to androstenedione as a substrate to produce estrogens. Therefore, the increase in E_2 production by FSH in cultures of theca externa cells alone indicates that FSH may enhance the aromatase activity in cells of the theca externa of the chicken.

As described above, the activity for steroidogenesis in avian theca layer is greater in smaller preovulatory follicles, so the steroidogenic capability in the theca layer is decreased with follicular development. This decrease has been explained by the decrease in the enzyme activity for steroidogenesis (Nakamura et al., 1979; Marrone & Hertelendy, 1985; Mori et al., 1985; Nitta et al., 1993), the responsiveness to LH (Porter et al., 1991), the number of receptors for gonadotropins (Masuda

et al., 1984; Kikuchi & Ishii, 1992), the mRNA levels of cytochrome P450_{17 α} hydroxylase and P450_{aromatase} (Kato et al., 1995) in the theca layer, and by the interaction of the granulosa and theca layers (Huang & Nalbandov, 1979; Marrone & Hertelendy, 1983; Mori et al., 1984; Johnson et al., 1987). Based on the responsiveness of isolated theca interna or theca externa cells to LH and FSH for steroidogenesis, we conclude that the smaller preovulatory follicles exert a profound influence on gonadotropin-induced steroidogenesis in the theca layer of the chicken. Also exert a very important influence in the production of steroid hormone in ovarian development follicles.

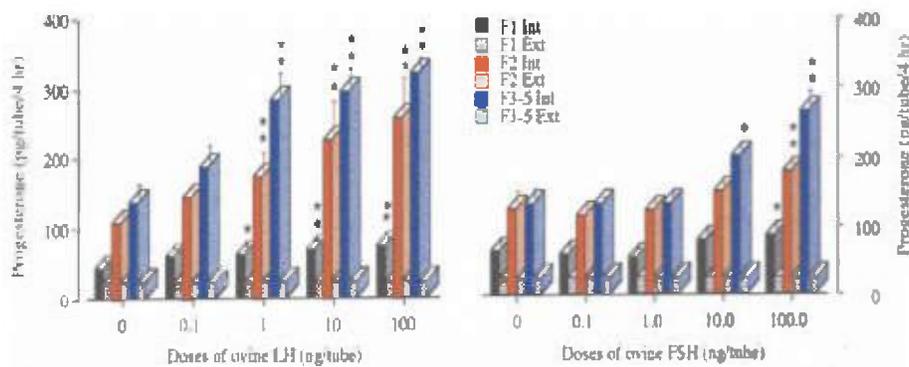


Fig.1. Effect of ovine LH and FSH on progesterone by cells of theca interna and theca externa, isolated from the largest, second largest and third-fifth preovulatory follicles. Cells of theca interna (Int), theca externa (Ext), isolated from the largest (F₁), second largest (F₂) and third-fifth (F₃₋₅) largest preovulatory follicles were incubated for 4 hr with or without increasing of doses of (0.1-100 ng/tube) of ovine LH or FSH. After the incubation, progesterone in the medium was measured. Results are expressed as mean±SEM of at least 3 replicates. Asterisks indicate significantly a difference (*P < 0.05, ** P < 0.01), from basal production (Without ovine LH and FSH) of each follicle.

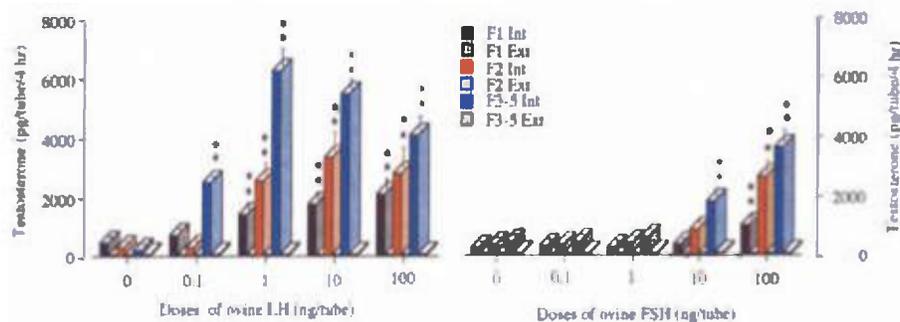


Fig. 2. Effect of ovine LH and FSH on testosterone by cells of theca interna and theca externa from the largest, second largest and third-fifth preovulatory follicles. Cells of theca interna (Int), theca externa (Ext) from the largest (F_1), second largest (F_2) and third-fifth (F_{3-5}) largest preovulatory follicles were incubated for 4 hr with or without increasing of doses of (0.1-100 ng/tube) of ovine LH or FSH. After the incubation, testosterone in the medium was measured. Results are expressed as mean \pm SEM of at least 3 replicates. Asterisks indicate significantly a difference (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$) from basal production (without ovine LH and FSH) of each follicle.

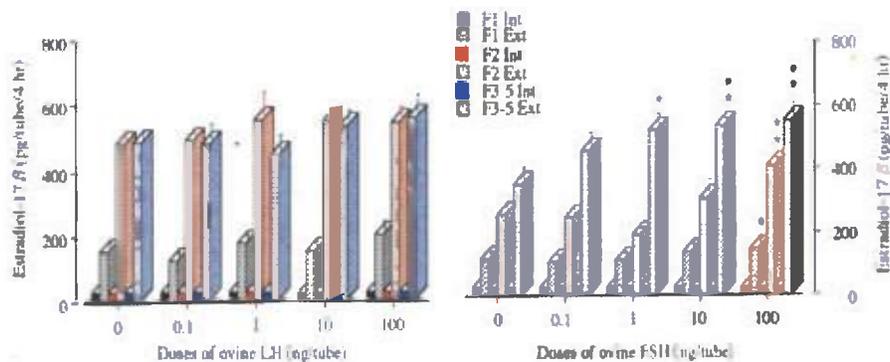


Fig. 3. Effect of ovine LH and FSH on estradiol-17 β by cells of theca interna and theca externa isolated from the largest, second largest and third-fifth preovulatory follicles. Cell of theca interna (Int), theca externa (Ext), isolated from the largest (F_1), second largest (F_2) and third-fifth (F_{3-5}) largest preovulatory follicles were incubated for 4 hr with or without increasing of doses of (0.1 -100 ng/tube) of ovine LH or FSH. After the incubation, estradiol-17 β in the medium was measured. Results are expressed as mean \pm SEM of at least 3 replicates. Asterisks indicate significantly a difference (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$) from basal production (withouth ovine LH and FSH) of each follicle.

REFERENCES

- Bahr, J.M., S.C. Wang, M.Y.Huang & F.O. Calvo. 1983. Steroid concentration in isolated theca and granulosa layers of preovulatory follicles during the ovulatory cycle of domestic hen. *Biology of Reproduction*, 29: 326-334.
- Caicedo, R.E. 1997. Interection of Gonadotropins and steroids hormone in provulatory follicles in domestic hen. Doctoral Thesis. Gifu University, Japan.
- Gilbert, A.B. 1977. The endocrine ovary in the production, In "Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl (Bell, D.J., & Freedman, B.B. eds)", Vol. 3, pp 1449-1468. Academic Press Incorporation, London.
- Gilbert, A.B., A.J. Evans, M.M. Perry & M.H. Davidson. 1977. A Method for separating the granulosa cells, the basal lamina and the theca of the preovulatory ovarian follicles of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Journal of Reproduction Fertility*, 50:178-181.
- Hammond, R.W., W.H. Burke & F. Hertelendy.1981. Influence of follicular maturation on progesterone release in chicken granulosa cells in response to turkey and ovine gonadotrophins. *Biology of Reproduction*, 24: 1045-1055.
- Huang, E.S.R., K.J. Kao & A.V. Nalbandov.1979. Synthesis of sex steroids by cellular components of chicken follicles. *Biology of Reproduction*, 20:454-461.
- Huang, E.S.R. & A.V. Nalbandov.1979. Steroidogenesis in chicken granulosa and theca cells: *in vitro* incubation system. *Biology of Reproduction*, 20:442-453.
- Johnson, A.L. 1990. Steroidogenesis and actions of steroids in the hen ovary. *Critical Reviews of Poultry Biology*, 2:319-346.
- Johnson, P.A., Stoklosowa & J.M. Bahr. 1987. Interaction of granulosa and theca layers in the control of progesterone secretion in the domestic hen. *Biology of Reproduction*, 37:1149-1155.

Kato, M.K., Shimada, N. Saito, K. Noda & M. Ohta. 1995. Expression of P450 17α hydroxylase and P450 aromatase genes in insolated granulosa theca interna and theca externa layers of chicken ovarian follicles during follicular growth. *Biology of Reproduction*, 52: 405-410.

Kikuchi, M. & S. Ishii. 1992. Changes in luteinizing hormone receptors in the granulosa and theca layers of the ovarian follicle during follicular maturation in the Japanese quail. *General and comparative endocrinology*, 85: 124-137.

Kowalsky, K. I., J. Tilly & A. L. Johnson. 1991. Cytochrome P450 side-chain cleavage (P450SCC) in the hen ovary. I. Regulation of P450SCC messenger RNA levels and steroidogenesis in theca cells of developing follicles. *Biology of Reproduction*, 45:955-966.

Marrone, B.L. & F. Hertelendy. 1983. Steroidogenesis by avian ovarian cells: effects of luteinizing hormone and substrate availability, *American Journal of Physiology*, 244:E487-E493.

Marrone, B.L. & F. Hertelendy. 1985. Decreased androstenedione production with increased follicular maturation in theca cells from the domestic hen (*Gallus domesticus*). *Journal of Reproduction and Fertility*, 74: 543-550.

Masuda, S., K. Wakabayashi & O. Koga. 1984. Changes of properties of follicle stimulating hormone like gonadotropin binding sites in the follicles of the hen during follicular growth. *Japanese Journal of Zootechnical Science*, 55:399-408.

Mori, M., K. Kohmoto & Y. Shoda. 1984. Role of granulosa and theca cells on *in vitro* progesterone production in preovulatory follicles of the Japanese quail. *Japanese Poultry Science*, 21: 206-214.

Mori, M., F. Aoki, K. Kohmoto & Y. Shoda. 1985. Metabolism of steroid hormones *in vitro* by follicular tissues of the Japanese quail. *Biology of Reproduction*, 33: 11-20.

Nakamura, T., Y. Tanabe & H. Hirano. 1979. Progesterone and estradiol levels in follicles and *in vitro* metabolism of steroid hormones

by hens during the ovulatory cycle (in Japanese). *Japanese poultry Science*, 16: 15-25.

Nitta, H., Y. Osawa & J.M. Bahr. 1991. Multiple steroidogenic cell populations in the thecal layer of proevulatory follicles of the Chicken ovary. *Endocrinology*, 129: 2033-2040.

Nitta, H., J.I. Mason & J.M. Bahr. 1993. Localization of 3 β -hydroxysteroid dehydrogenase in the chicken ovarian follicles shifts from the theca layer to granulosa layer with follicular maturation. *Biology of reproduction*, 48:110-116.

Onagbesan, O.M. & M.J. Peddie. 1989. Calcium-dependent stimulation of estrogen secretion by FSH from theca cells of the domestic hen (*Gallus domesticus*). *General and Comparative Endocrinology*, 75: 177-186.

Pedemera, E., P. Velázquez, Y. Gómez & G. del Pliego. 1989. Isolation of steroidogenic cell subpopulations in the follicular theca of the ovary in the domestic fowl. In 'Growth factors among the Ovary (Hirshfield, A.N. ed)' pp. 351-355, Serono Symposium Plenum, New York.

Porter, T.E., B.M. Hargis, J.L. Silsby & M.E. El Halawani. 1989. Differential steroid production between theca interna and theca externa cells: a Three-cell model for follicular steroidogenesis in avian species. *Endocrinology*, 125: 109-116.

Porter, T.E., B.M. Hargis, J.L. Silsby & M.El Halawani. 1991. Characterization of dissimilar steroid production by granulosa, theca interna and theca externa cells during follicular maturation in the turkey (*Meleagris gallopavo*). *General and Comparative Endocrinology*, 84: 1-8.

Robinson, F.E., R.J. Etches, L.C. Anderson, W. H. Burke, K.W. Cheng, F.J. Cunningham, S. Ishii, P.J. Sharp & R.T. Talbot. 1988. Steroidogenic relationships of gonadotrophin hormones in the ovary of the hen (*Gallus domesticus*). *General and Comparative Endocrinology*, 69:455-466.

Rodriguez-Maldonado, E., P.N. Velázquez, N.A. Juárez-Oropeza, & E. Pedernera. 1996. Steroid metabolism in theca externa cells from preovulatory follicles of domestic hen (*Gallus domesticus*). *General and Comparative Endocrinology*, 101: 173-179.

Scanes, C.G., & J.H. Fagioli. 1980. Effects of mammalian and avian gonadotropins on in vitro progesterone production by avian ovarian granulosa cells, *General and Comparative Endocrinology*, 41: 1-7.

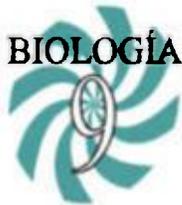
Shahabi, N.A., H.W. Norton & A.V. Nalbandov. 1975. Steroid levels in follicles and the plasma of hens during the ovulatory cycle. *Endocrinology*, 96: 962-968.

Velázquez, P., Y. Gómez, G. del Pliego & E. Pedernera. 1991. Steroidogenic cells subpopulations obtained from the theca of preovulatory follicles in the ovary of the domestic fowl. *General and Comparative Endocrinology*, 83: 243-248

ACKNOWLEDGMENTS

We wish to thank to Dr. Michiharu Kamiyoshi (Gifu University), and Dr. Katsumi Wakabayashi (Gunma University), for providing the P₄, T and E₂ antisera. NIH-oLH-S26 and NIH-oFSH-S20 were kindly provided by the National Hormone and Pituitary Program (NIDDK, Baltimore, MD. USA).

Recibido septiembre de 2003, aceptado octubre de 2003.



PRESAS, COMPORTAMIENTO DE ANIDACIÓN Y NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN EN POMPÍLIDOS NEOTROPICALES (HYMENOPTERA: POMPILIDAE)

Roberto A. Cambra T., Diomedes Quintero A. *, Roberto J. Miranda

Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Estafeta Universitaria, Universidad de Panamá, Panamá, República de Panamá. *Smithsonian Tropical Research Institute, Apto. 2072, Balboa, Panamá, Rep. de Panamá.
E-mail: rcambra@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

Se presentan 63 registros de arañas como presas de los siguientes 12 géneros de Pompilidae: *Ageniella*, *Anoplius*, *Aporus*, *Auplopus*, *Cryptocheilus*, *Entypus*, *Pepsis*, *Poecilopompilus*, *Priochilus*, *Priocnemella*, *Priocnessus* y *Tachypompilus*. Adicionalmente, por primera vez se registra una presa para *Atopogenia menkei* Wasbauer, 1987: *Olios* sp. (Araneae: Sparassidae). Se informa del comportamiento inusual de *Priocnessus prominens* Dreisbach, 1960 y *Priochilus scrupulum* (Fox, 1897) de utilizar las arañas capturadas específicamente para alimentarse de ellas y no para que sirvan de alimento a sus larvas. Se presentan detalles sobre la construcción de celdas de barro por *Priochilus captivum* (Fabricius, 1804), especie que se registra como hospedero de *Plega* sp. (Neuroptera: Mantispidae). Aportamos información sobre el comportamiento de anidación de *Priochilus gloriosum gloriosum* (Cresson, 1869). Se registran por primera vez para Panamá el género *Cryptocheilus* y las especies *Priocnessus prominens* Dreisbach, *Priochilus regius* Fabricius y *Priochilus formosum hondurensis* Dreisbach; para Costa Rica: *Priocnessus neotropicalis* (Cameron).

PALABRAS CLAVES

Pompilidae, presas, comportamiento de anidación, distribución.

ABSTRACT

We present 63 spider prey records for the following 12 genera of Pompilidae: *Ageniella*, *Anoplius*, *Aporus*, *Auplopus*, *Cryptocheilus*, *Entypus*, *Pepsis*, *Poecilopompilus*, *Priochilus*, *Priocnemella*, *Priocnessus* y *Tachypompilus*. Additionally, we report

the first prey record for *Atopagenia menkei* Wasbauer, 1987: *Olios* sp. (Araneae: Sparassidae). Information about the unusual behaviour of *Priocnessus prominens* Dreisbach, 1960 and *Priochilus scrupulum* (Fox, 1897) is here presented, females use paralyzed spiders as a food source and not as food for their larvae. We present information about construction of mud cells by *Priochilus captivum* (Fabricius, 1804), a species that we have found is used as host by *Plega* sp. (Neuroptera: Mantispidae). Information about the nesting behaviour of *Priochilus gloriosum gloriosum* (Cresson, 1869) is presented. New distribution records for Panama include the genus *Cryptocheilus* and the following three species: *Priocnessus prominens* Dreisbach, *Priochilus regius* Fabricius and *Priochilus formosum hondurensis* Dreisbach. In addition, *Priocnessus neotropicalis* (Cameron) is reported for the first time for Costa Rica.

KEYWORDS

Pompilidae, prey, nest behaviour, distribution.

INTRODUCCIÓN

Con cerca de 5000 especies descritas, en aproximadamente 120 géneros a nivel mundial, los pompílicos representan una familia de avispas Aculeata muy diversa en las regiones tropicales (Wasbauer, 1995). Muy poco o nada es conocido sobre la biología de algunos géneros y muchas especies de pompílicos neotropicales. Wasbauer (1995) menciona que nada es conocido sobre la biología de algunos géneros neotropicales como *Mystacagenia* (excepto que colectan barro), *Aplochaeres*, *Balboana*, *Xenopompilus* y *Atopagenia*. El presente trabajo sirve para mejorar el conocimiento sobre estas interesantes avispas en cuanto a las arañas que utilizan como hospederos, su comportamiento de anidación, alimentación y distribución geográfica en la región neotropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones de campo se realizaron en Panamá (1990 – 2000) y en Perú durante giras a los Departamentos de Loreto, octubre - noviembre de 1990, y Madre de Dios, Reserva del Manu, febrero - marzo 1992; esta última, con el proyecto BIOLAT del Smithsonian Institution. Todos los registros de presas presentados en este trabajo están basados en especímenes de pompílicos hembras capturadas transportando sus presas paralizadas o cuando construían sus nidos y tenían la araña paralizada cerca a ellas (e.g. *Poecilopompilus*).

En resultados y discusión las especies tratadas se presentan alfabéticamente dentro de su subfamilia y dentro de cada subfamilia alfabéticamente por tribu y género basados en la clasificación utilizada por Wasbauer (1995). Todos los especímenes examinados están depositados en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Trece familias de arañas (Cuadro 1) son registradas como presas de 13 géneros de pompílicos:

Pepsinae: Ageniellini

Determinamos que los miembros de esta tribu amputan con sus mandíbulas las patas de las arañas capturadas a nivel de la articulación coxa-trocánter. Este es el plano articular más débil de la pata.

Ageniella parkeri (Banks, 1925)

Panamá, Pmá. Pr., Chorrera, Playa Leona, R. Perequete, 20 mar 1991: dos avispas capturadas con Ctenidae: una, con *Cupiemiis* sp. juvenil y la otra, con un juvenil no identificado. Las avispas amputaron a las arañas los pares de patas III y IV y las patas derechas I y II. Wasbauer (1995) no cita registros de Ctenidae como presa de *Ageniella* en el Nuevo Mundo, pero si otras siete familias de arañas como presas de *Ageniella*.

Ageniella (Ageniella) wheeleri (Banks, 1925)

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Cruce de Mono, 18 feb 1993: presa *Ctenis* sp. juvenil (Ctenidae); la avispa le amputó a la araña todas las patas. Panamá, Pmá., Penins. Gigante, Monumento Natural Barro Colorado, 28 ago 1990: presa Ctenidae juvenil, probablemente *Ctenis* sp.; la avispa le amputó a la araña los tres últimos pares de patas.

Ageniella zeteki (Banks, 1925) ?

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Rancho Frio: 21 mar- 4 abr 2000: presa juvenil de Anyphaenidae; 23 mar 2000: presa juvenil de Anyphaenidae; 20 mar-5 abr 2000: presa juvenil de Clubionidae, probablemente *Elaver* sp. En los tres casos, las avispas les amputaron a las arañas todas las patas. Wasbauer (1995) no cita registros de arañas Anyphaenidae como presas de *Ageniella* en el Nuevo Mundo.

***Ageniella* sp.1**

Panamá, Veraguas, P.N. Coiba, Is. Coiba, Camp. Producción, 1 ago 1998: presa macho inmaduro de Sparassidae, probablemente *Olios* sp.; la avispa le amputó a la araña todas las patas. Wasbauer (1995) no cita registros de arañas Sparassidae como presas de *Ageniella* en el Nuevo Mundo.

***Ageniella* sp.2**

Panamá, Pmá., Capira, Río Capira, 29 ago 1992: presa un juvenil de *Misumenoides* sp. (Thomisidae); la avispa amputó a la araña los dos pares posteriores de patas.

***Atopogenia menkei* Wasbauer, 1987**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Cruce de Mono, 24 feb 1993: la hembra transportaba un juvenil de *Olios* sp. (Sparassidae). Primer registro de una presa para *Atopogenia*, género monotípico con distribución en Costa Rica y Panamá (Wasbauer 1987). Al momento de la captura, a la araña le faltaba sólo la pata IV derecha y sospechamos que la avispa se la amputó. Es probable que *A. menkei* ampute todas las patas de su presa, como otros géneros de la Ageniellini. Esta es la distribución más al sur de *A. menkei* y probablemente se extienda hasta la región del Chocó en Colombia.

***Auplopus esmeraldus* (Banks, 1925)**

Panamá, Panamá Pr., Isla Barro Colorado, 24 jul 1994: presa una hembra juvenil de Sparassidae, probablemente *Olios* sp. La avispa le amputó a la araña todas las patas, inclusive los pedipalpos. De todos los registros presentados en este trabajo, esta avispa fue la única que amputó los pedipalpos de su presa, lo que resulta algo inusual. Wasbauer (1995) cita registros de siete familias de arañas (Sparassidae es citada como Heteropodidae, nombre en sinonimia) utilizadas como presas por *Auplopus* en el Nuevo Mundo.

***Auplopus violaceus* Dreisbach, 1963**

Panamá, Darién Pr., Cana, 10 abr 1991: dos avispas capturadas, cada una con hembra de *Patrera* sp. (Anyphaenidae), las arañas tenían todas sus patas amputadas; igual localidad, pero 6 abril 1991: presa *Corythalia obsoleta* Banks, 1929 (Salticidae); la avispa amputó a la araña la pata izquierda del par II y los pares de patas III y IV.

***Auplopus* sp. aff. *violaceus* Dreisbach, 1963**

Panamá, Coclé Pr., El Copé, 2 feb 1990: presa juvenil de Anyphaenidae, con todas sus patas amputadas por la avispa, excepto la pata izquierda del par I.

***Auplopus* sp.1**

Panamá, Panamá Pr., Chorrera, Corregimiento Playa Leona, Río Perequete, 17 ene 1992: presa juvenil de *Cupiemiinus* sp. (Ctenidae); la avispa le amputó a la araña todas las patas.

***Priocnemella fairchildi* Banks, 1925**

Panamá, Panamá Pr., Península Gigante, Monumento Natural Barro Colorado, 13 sep 1990: presa Ctenidae; la avispa le amputó todas las patas. Panamá, Colón Pr., Sta. Rita, 23 dic 1997: capturada (3:49 pm) con una *Cupiemiinus* sp. (Ctenidae); la avispa le amputó los dos pares posteriores de patas. Perú, Madre de Dios, Reserva del Manu, Estac. Pakitza, 2 mar 1992 (2:30 pm): la avispa transportaba un macho inmaduro de Ctenidae, al cual le había amputado todas sus patas. El único registro previo de presas para el género *Priocnemella* es el de Kimsey (1980), quien capturó un espécimen de *P. rufothorax* llevando una araña Acantoctenidae sin sus patas amputadas. Es probable que la avispa fue atrapada corto tiempo después de haber capturado a la araña y por lo tanto, no tuvo la oportunidad para amputarle las patas. Los registros aquí presentados demuestran que *Priocnemella* amputa las patas de sus presas al igual que otros géneros de Ageniellini.

Pepsinae: Pepsini

***Cryptocheilus* sp.**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Cruce de Mono: 20 feb 1993: presa adulto *Ctenus w-notatus* Petrunkevitch, 1925 (Ctenidae); 20 feb 1993: presa *Cupiemiinus* sp. (Ctenidae); 21 feb 1993: presa *Ctenus w-notatus*; 14 feb 1993: presa *Ctenus* sp. (Ctenidae); 19 feb 1993: presa adulto *Ctenus w-notatus*; 4 mar 1993: presa *Ctenus w-notatus*; 22 feb 1993: dos avispas, cada una con presa *Ctenus w-notatus*; 25 feb 1993: presa *Ctenus w-notatus*; 6 feb 1993: presa *Ctenus w-notatus*; 16 feb 1993: presa juvenil de *Ctenus* sp. (Ctenidae). Las 11 hembras de *Cryptocheilus* fueron atrapadas exclusivamente con arañas Ctenidae de las cuales, 10 fueron *Ctenus* y una *Cupiemiinus*. Wasbauer (1995) presenta un resumen de familias de arañas utilizadas por *Cryptocheilus*, y no se menciona la utilización de arañas Ctenidae como presas en

Europa ni en América del Norte. Los especímenes de *Cryptocheilus* capturados representan una especie no descrita, nueva para la ciencia, y el primer registro del género para Panamá.

***Entypus urichi* (Banks, 1945)**

Panamá, Panamá Pr., Chorrera, corregimiento Playa Leona, Río Perequete, 20 mar 1991; Panamá, Colón Pr., Villa Guadalupe, 26 ene 1992: las dos avispas atrapadas con hembras de *Ancylometes bogotensis* (Keyserling, 1877) (Pisauridae). Los registros presentados aquí son el primer informe de arañas Pisauridae como presas de *Entypus* ya que sólo existían registros de arañas del género *Lycosa* (Lycosidae) (Wasbauer 1995).

***Pepsis frivaldszkyi* Mocsary, 1885**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Cruce de Mono, 20 feb 1993: presa *Psalmopoeus* sp. (Theraphosidae).

***Pepsis vitripennis* Smith, 1855**

Panamá, Panamá Pr., Península Gigante, Monumento Natural Barro Colorado, 27 sep 1990: presa un juvenil de *Sericopelma* sp. (Theraphosidae).

***Priocnessus neotropicalis* (Cameron, 1891)**

Panamá, Colón Pr., 20 km de Sta. Rita, 21 dic 1990: presa hembra juvenil de *Cupiennius* sp. (Ctenidae). Wasbauer (1995) sólo cita registros de arañas Agelenidae como presas de *Priocnessus* en el Nuevo Mundo. Hemos recolectado una hembra de *P. neotropicalis* en Costa Rica, Limón Pr., nr. Río Corinto, nr. Guápiles, Finca Los Laureles, 26 feb 1994, lo que representa el primer registro de la especie para Costa Rica.

Distribución: Costa Rica y Panamá.

***Priocnessus prominens* Dreisbach, 1960**

Panamá, Coclé Pr., El Copé, 23 sep 1990: presa macho inmaduro de *Cupiennius* sp. (Ctenidae). El peso humedo de la araña y la avispa fueron de 337 mg y 152 mg respectivamente. Primer registro de *P. prominens* para Panamá. En Coclé, El Copé, 2 sep 1990 se observó a una hembra de *P. prominens* caminando de manera rápida y dando pequeños vuelos cortos, buscando una probable presa entre la hojarasca. Luego de unos minutos de búsqueda, la avispa atrapó (12:15 pm) a una araña juvenil Sparassidae, la cual después de paralizada empezó a

maxilar. Atrapamos a la avispa con su presa en el momento que ya se habia comido gran parte del cefalotórax y abdomen. Pudimos observar, cuando la avispa capturó su presa, que la araña era mucho más pequeña que su depredador. Interpretamos que la avispa reconoció que su presa no tenia el tamaño adecuado para ser utilizada como hospedero y por lo tanto, aprovechó a la araña como una fuente de alimento para compensar la cantidad de energía perdida en la búsqueda de su presa hospedera. Este comportamiento, de devorar arañas, lo observamos también en *Priochilus scrupulum* y *Priochilus* sp. Evans & Yoshimoto (1962) registran este inusual comportamiento en *Anoplius (Notiochares) amethystinus atramentarius*, de capturar arañas para específicamente alimentarse de ellas.

Pompilinae: Aporini

***Aporus (Aporus) idris comptus* (Bradley, 1944)**

Panamá, Panamá Pr., Summit Gardens, 13 dic 1990: presa una hembra de *Neocteniza* sp. (Idiopidae). Desconocemos de registros previos de esta familia de araña como presa de cualquier género de Pompilidae para el Nuevo Mundo. *Neocteniza* agrupa especies de arañas "trap doors" que viven dentro de ramas huecas, construyendo una puerta móvil en la entrada de su escondite.

Pompilinae: Pompilini

***Anoplius (Arachnophroctonus) americanus ambiguus* (Dahlbom, 1845)**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Cruce de Mono, 13 feb 1993: presa hembra de *Hogna* sp. (Lycosidae).

***Anoplius (Notiochares) amethystinus* (Fabricius, 1793)**

Panamá, Pmá., Chorrera, Correg. Playa Leona, Río Perequete, 17 ene 1992: presa hembra juvenil de *Ctenus* sp. (Ctenidae). Panamá, Coclé Pr., Valle de Antón, 29 sep 2000: presa hembra juvenil de *Ancylometes* sp. (Pisauridae). Wasbauer (1995) no menciona registros de Ctenidae y Pisauridae como presas de *Anoplius* para el Nuevo Mundo.

***Anoplius (Anopliodes) varius* (Fabricius, 1804)**

Panamá, Pmá., Pen.Gigante, Monumento Natural Barro Colorado, 30 ago 1990: presa *Cupiennius* sp. (Ctenidae).

***Poecilopompilus algidus fervidus* (Smith, 1873)**

Panamá, Pmá., Juan Díaz, Ciudad Radial, 26 ene 1991: presa hembra de *Araneus horizonte* Levi, 1991 (Araneidae). Primer registro de esta especie de araña para Panamá; su distribución previa es Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y Paraguay (Levi, 1991).

***Poecilopompilus badius* Evans, 1966**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Cruce de Mono: 9 feb 1993: presa juvenil de *Eriophora* sp. (Araneidae); 24 feb 1993: presa *Eriophora fuliginea* (C.L. Koch, 1843).

***Poecilopompilus flavopictus flavopictus* (Smith, 1862)**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Rancho Frio, 29 mar 2000: presa juvenil de *Eriophora* sp. (Araneidae). Panamá, Coclé Pr., El Copé: 22 sep 1990: presa hembra de *Eustala sedula* Chickering, 1955 (Araneidae); 22 sep 1990: presa *Paravixia* sp. ? (Araneidae); 1 sep 1990: presa *Argiope argentata* (Araneidae). Panamá, Panamá Pr., P. N. Soberanía, Pipeline Road: 19 may 1996: presa hembra de *Verrucosa arenata* (Araneidae); 22 oct 1993: presa hembra juvenil de *Eriophora edax* (Blackwall, 1863) (Araneidae); 19 may 1996: presa *Carepalxis salobrensis* Simon, 1895 (Araneidae).

***Poecilopompilus polistoides* (Smith, 1855)**

Perú, Madre de Dios, Reserva del Manu, Estac. Pakitza, 26 feb 1992: presa hembra de *Kapogea alayoi* (Archer, 1958) (Araneidae). La avispa colocó a la araña sobre una hoja, a unos 30 cm del suelo, y luego empezó a construir un túnel en el suelo lodoso, a unos 65 cm de donde estaba la araña paralizada.

***Priochilus captivum* (Fabricius, 1804)**

Panamá, Pmá. Pr., Península Gigante, Monumento Natural Barro Colorado, 12 oct 1990: presa hembra juvenil de *cupiennius* sp. (Ctenidae). Quintero & Cambra (1993) registran a *P. captivum* con presa de *Beata cephalica* (Salticidae). A orillas del Rio Perequete, Chorrera, Panamá, hemos observado el 26 y 27 feb 1991, a hembras de *P. captivum* recolectar barro para la construcción de vasijas, con una celda en su interior. Una hembra de *P. captivum* utilizó estiércol húmedo de vaca y barro en la construcción de dos celdas (Fig. 1). Las celdas fueron construidas en el suelo, ocultas debajo de hojas secas o dentro de grietas de lodo seco y aprovisionadas con Salticidae (Fig. 2).

En total estudiamos 12 nidos (los nidos son agrupaciones de vasijas) diferentes de *P. captivum*. Observamos en cada nido entre una y cinco celdas construidas por cada avispa. Medimos para tres hembras diferentes la distancia entre el lugar de construcción de sus celdas y el lugar en que recolectaban barro: 38.8 m, 36 m y 29.9 m. El 20 de marzo 1991, en la misma localidad, recolectamos cinco celdas de *P. captivum* de un mismo nido. De una de estas celdas emergió el 1 de mayo de 1991 un macho de *Plega* sp. (Neuroptera: Mantispidae). Las otras cuatro celdas no estaban parasitadas. Un comportamiento similar, de construir celdas de barro, probablemente se presente en todas las especies de *Priochilus* que poseen, al igual que *P. captivum*, dos dientes en el ápice de las mandíbulas. La mayoría de las especies descritas de *Priochilus* tienen tres dientes en el ápice de la mandíbula.

***Priochilus formosum hondurensis* Dreisbach, 1950**

Panamá, Darién Pr., Cana, 12 abr 1991: presa juvenil de *Ctenus* sp. (Ctenidae).

Primer registro de *P. formosum hondurensis* para Panamá.

Distribución: Honduras, Costa Rica, Panamá, Colombia (Evans 1966; Fernández 2000).

***Priochilus gloriosum gloriosum* (Cresson, 1869)**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Rancho Frío. 20 mar- 5 abr 2000: presa *Olios* sp. (Sparassidae). Hemos observado el 13 de nov 1990 (11:15 am) en un sendero de Explorama Lodge, Loreto, 80 km NE de Iquitos, Perú a dos hembras de *P. gloriosum gloriosum* recolectar del suelo pedazos de hojas secas de *Heliconia* para la construcción de sus nidos. Las avispas sujetan con sus mandíbulas el borde externo de la hoja y halan hacia la nervadura central un pedazo de la hoja para luego cortar con sus mandíbulas. Cuando las avispas halan el pedazo de hoja, mantienen sus cuerpos transversal a la nervadura central. Para cortar el pedazo de hoja con sus mandíbulas, la avispas reposicionan sus cuerpos en dirección paralela u oblicua a la nervadura central de la hoja. Una vez cortada la hoja, las avispas emprenden el vuelo con el pedazo de hoja sujetada por sus mandíbulas. Las avispas regresaron varias veces a la misma hoja seca. Al seguir la ruta de vuelo de una de las avispas, observamos que se introducía debajo de la hojarasca en el suelo. No medimos la distancia de vuelo desde la hoja al nido, pero con seguridad no era mayor de 20 m. Al

remover la hojarasca encontramos un nido tubular de aproximadamente 10 cm de largo construido con los pedazos de hojas secas (Fig. 3). Algunos de los pedazos de hojas utilizados para la construcción del nido median entre 33 y 63 mm de largo ($n = 9$) y la mayoría un ancho no mayor de 8 mm. Del nido recolectado emergió un macho entre el 25-27 dic 1990 y una hembra el 8 ene de 1991 de *P. g. gloriosum*. La recolección de hojas secas adicionales por la pompilida, al momento de la colecta, indica que probablemente estaba construyendo una tercera celda en el nido tubular o que estaba terminando de cerrar la segunda celda después de haberla provisionado con su presa. Williams (1928) registra por primera vez este comportamiento de anidación para *P. gloriosum* y presenta información sobre la localización, construcción, dimensión y número de celdas en el nido.

***Priochilus regius* (Fabricius, 1804)**

El 9 de abril 1991 en el área de Cana, Darién, se observó (9:45 am) a una *Priochilus* sp. construyendo una celda de barro debajo de una hoja seca en el suelo. La avispa no regresó más a su celda en todo el día y la celda no fue provisionada con su araña. A unos 18 m del lugar en donde la avispa construía su celda de barro ese mismo día se habían colocado (8:30 am) en el suelo del bosque unas 30 trampas amarillas (platos plásticos planos con agua y detergente). En la tarde se recolectaron las trampas amarillas y el único espécimen de *Priochilus* atrapado, era una hembra de *P. regius* (primer registro de la especie para Panamá). Interpretamos que la hembra de *P. regius* cayó accidentalmente en la trampa cuando buscaba a la araña que utilizaría para provisionar su celda. Esta avispa era parecida a la que observamos construyendo la celda de barro y probablemente fue la que construyó la celda. En los 10 días de colectas en Cana no atrapamos especímenes de *P. captivum*. Al igual que *P. captivum*, *P. regius* posee dos dientes en el ápice de sus mandíbulas. Para el Nuevo Mundo se conoce que los géneros *Auplopus*, *Dimorphagenia*, *Phanagenia* y probablemente *Mystacagenia* (todos Pepsinae) construyen celdas de barro. Reconocemos que *Priochilus*, previamente considerado como miembro de la Pepsinae, probablemente sea el único género de la Pompilinae en el Nuevo Mundo con algunas especies que construyen celdas de barro.

***Priochilus scrupulum* (Fox, 1897)**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Cruce de Mono. 14 feb 1993: recolectada mientras devoraba a una *Heteropoda* sp. (Sparassidae). En el momento de la captura, la avispa había devorado el abdomen, patas izquierdas y una muy pequeña porción de la parte posterior izquierda del cefalotórax.

***Priochilus splendidulum splendidulum* (Fabricius, 1804)**

Panamá, Darién Pr., Cana, 4 abr 1991 y 8 abr 1991: ambas avispas recolectadas con presas juveniles de *Cupiennius* sp. (Ctenidae).

***Priochilus veraepacis* (Cameron, 1893)**

Perú, Loreto, Explorama Lodge, Río Yanamono, 80 km NE Iquitos, 13 nov 1990 y 14 nov 1990: ambas avispas recolectadas mientras transportaban juveniles de Ctenidae. Perú, Madre de Dios, Reserva del Manu, Estación Pakitza, 14 feb 1992: presa juvenil de *Fufius* sp. (Cyrtaucheniidae).

***Priochilus* sp.**

Perú, Madre de Dios, Reserva del Manu, Estac. Pakitza, 1 marzo 1992: capturada cuando estaba maxilando el abdomen de una *Scytodes* sp. (Scytodidae). Sólo conocemos de registros previos de Salticidae como presas de *Priochilus* (Quintero & Cambra 1993). En este trabajo se registran las capturas, por diferentes especies de *Priochilus*, de arañas de las familias Ctenidae, Sparassidae; Cyrtaucheniidae y Scytodidae.

***Tachypompilus ferrugineus affinis* Banks, 1947**

Panamá, Darién Pr., P.Nac. Darién, Estac. Cruce de Mono. 14 feb 1993: presa *Olios* sp. (Sparassidae). Wasbauer (1995) sólo cita registros de arañas Lycosidae y Pisauridae como presas de *Tachypompilus* en el Nuevo Mundo.

Cuadro 1. Registros de las familias de arañas que son presas de los géneros de pompilidos en este trabajo.

Familias de arañas	Géneros de Pompilidae
Anyphaenidae	<i>Ageniella, Auplopus</i>
Araneidae	<i>Poecilopompilus</i>
Clubionidae	<i>Ageniella</i>
Ctenidae	<i>Ageniella, Auplopus, Priocnemella, Cryptocheilus, Priocnessus, Anoplius, Priochilus</i>
Cyrtoucheniidae	<i>Priochilus</i>
Idiopidae	<i>Aporus</i>
Lycosidae	<i>Anoplius</i>
Pisauridae	<i>Entypus, Anoplius</i>
Salticidae	<i>Auplopus</i>
Scytodidae	<i>Priochilus</i>
Sparassidae	<i>Ageniella, Atopagenia, Auplopus, Priochilus, Tachypompilus</i>
Theraphosidae	<i>Pepsis</i>
Thomisidae	<i>Ageniella</i>



Figuras 1-2. Celdas de *Priochilus captivum* (Fabricius):

Fig. 1. Dos celdas construidas con barro y estiércol húmedo de vaca.

Fig. 2. Celda de barro abierta mostrando Salticidae paralizada con huevo de avispa en abdomen; y otra araña paralizada, de la misma especie, sacada de otra celda.



Fig. 3. Nido de *Priochilus gloriosum gloriosum* (Cresson) construido con pedazos de hojas secas.

REFERENCIAS

- Evans, H. E. 1966. A revision of the Mexican and Central American spiders wasps of the subfamily Pompilinae (Hymenoptera: Pompilidae). *Memoirs of the American Entomological Society*, 20: 1-442.
- Evans, H. E. & C. M. Yoshimoto. 1962. The ecology and nesting behavior of the Pompilidae (Hymenoptera) of the northeastern United States. *Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America*, 3: 66-119.
- Fernández C., F. 2000. Avispas Cazadoras de Arañas (Hymenoptera: Pompilidae) de la Región Neotropical. *Biota Colombiana* 1(1): 1-24.
- Kimsey, L. S. 1980. Notes on the biology of some Panamanian Pompilidae, with a description of a communal nest (Hymenoptera). *Pan-Pacific Entomologist*, 56: 98-100.
- Levi, H. W. 1991. The Neotropical and Mexican species of the orb-weaver genera *Araneus*, *Dubiepeira* and *Aculepeira* (Araneae: Araneidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 152(4): 167-315.
- Quintero, D. & R. A. Cambra. 1993. *Anolis tropidogaster*. Behavior. *Herpetological Review*, 24(3): 104-105.
- Wasbauer, M.S. 1987. A new genus of Ageniellini from Central America (Hymenoptera: Pompilidae: Pepsinae). *Psyche*, 94: 181-187.
- Wasbauer, M.S. 1995. Pompilidae. págs. 522-539. En: Hanson, P. E. y Gauld, I. D. (eds.) *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford University Press. 893 págs.
- Williams, F. X. 1928. Studies in tropical wasps – their hosts and associates (with descriptions of new species). *Bulletin of the Experiment Station of the Hawaiian Sugar planters' Association, Entomological Series*, 19: 1-179.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al programa BIOLAT del Smithsonian Institution por pagar nuestros gastos durante las expediciones de 1992 y 1993 a Pakitza, Madre de Dios; a Paul E. Hanson, Universidad de Costa Rica, por las sugerencias y comentarios para mejorar este manuscrito. A todo el personal de la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) que colaboró con nosotros durante nuestras giras de campo al Parque Nacional Darién.

Recibido septiembre de 2003, aceptado noviembre de 2003.



DETERMINACIÓN DE LA FLORA BACTERIANA ASOCIADA CON LA DESCOMPOSICIÓN DEL HÍGADO DE CERDO Y POSIBLE ATRACCIÓN DE LAS MOSCAS DEL GUSANO BARRENADOR DEL GANADO (*Cochliomyia hominivorax*) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE)

Iván Gustavo Luna¹, Humberto Cornejo, Zenaida Vergara, Velkis Staff y Yazmina Concepción

¹Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá.

RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo con el propósito de determinar la comunidad de bacterias asociada con la descomposición de este atrayente. Para cumplir este propósito tres puestos con hígados fueron puestos en el Parque Natural Metropolitano desde noviembre de 1999 hasta abril de 2000. Una muestra diaria de la superficie de cada hígado fue tomada y llevada al laboratorio donde se identificaron las especies de bacterias encontradas. Como resultado se obtuvieron 31 especies de bacterias, 22 en la estación lluviosa y todas en la seca. Ellas fueron agrupadas de acuerdo a su presencia en ambas temporadas del año en tres grupos, uno con las bacterias presentes sólo en la época seca, otro con mayor número de réplicas positivas en la estación seca y el último con mayor número de réplicas en la lluviosa.

PALABRAS CLAVES

Ecofisiología, Flora bacteriana, Atracción, Diptera *Cochliomyia hominivorax*.

ABSTRACT

The goal of this work is determining the bacterial community of bacteria to the decomposition of the liver in the field. To achieve this goal three sites with rotten liver in the Parque Nacional Metropolitano, Panamá City, Panamá, were set from November 1999 to December 2000. A bacterial sample on each liver surface was taken daily. We obtained 31 bacterium species, 22 at the rainy season and all of them at the dry season. They were grouped according to the season in three groups of bacterium: one of them only presents at the dry season, the other one with the greater number at the dry season, and the last one with the greater number of bacterium at

the rainy season. We discuss the environmental implications of each group and its importance in the attraction of the screwworm *Cochliomyia hominivorax*.

KEYWORDS

Ecophysiology, bacterial flora, rotten liver, attraction, Diptera, *Cichliomya hominivorax*.

INTRODUCCIÓN

Cochliomyia hominivorax es una seria plaga de mamíferos de sangre caliente, produciendo severos daños económicos a la ganadería. Sus larvas producen miasis y son parásitos obligatorios de las heridas de estos animales (Holt et al., 1979). Por consiguiente, las hembras estarán en búsqueda constante de un hospedero adecuado, o sea un mamífero con herida.

Existe poca información acerca de cómo las hembras de *C. hominivorax* localizan su hospedero (Thomas, 1993). Se ha determinado que el olfato es importante en esta actividad (DeVaney, 1970; Hammack, 1990). Asimismo, los olores que proceden de las heridas infestadas son más atractivas (Hammack, et al., 1989; Holt et al., 1979). Esto sugiere la presencia de sustancias que atraen a las hembras hacia los sitios potenciales de oviposición (Adams et al., 1979; Hammack & Holt, 1983; Hammack et al., 1989; Hammack, 1990; Thomas, 1993).

Borgstrom (1938) fue de los primeros en implicar las bacterias en la atracción de *C. hominivorax*. DeVaney et al. (1973) reportaron por primera vez que la sangre inoculada con bacterias atraía mayor cantidad de moscas que la no contaminada. Eddy et al. (1975) observaron que un grupo de bacterias provoca la atracción de las moscas gusanera a larga distancia (*Proteus*); mientras que otras promueven el contacto con el medio de oviposición (*Bacillus*). De igual modo, Hammack et al. (1987) demostraron la atracción *C. hominivorax* hacia vapores preparados de cultivos de *Providencia rettgeri*. Asimismo, Hammack et al. (1989) implican a las bacterias en la atracción de la sangre de bovino seca. En tanto que, Hammack (1990) sugiere que ante la escasez de fuente proteica en la naturaleza, las bacterias ayudan en el proceso de ubicación de éstas.

Uno de los métodos de colecta de empleados para *C. hominivorax* es el hígado en descomposición, el cual es muy eficaz en las áreas tropicales (Parker & Welch, 1991a, b). Sin embargo, toda la información que se tiene acerca de la flora bacteriana asociada con la atracción de estas moscas procede de estudios hechos en heridas, sangre o medios de cría de estas moscas. Sin embargo, no se tiene información de este tipo en el hígado en descomposición (DeVaney et al., 1973). Estos autores sospechan que la atracción de este cebo hacia estas mosca se fundamenta en la presencia de bacterias. Por lo tanto, en el presente estudio se tiene como propósito determinar la flora bacteriana que se encuentra asociada con la descomposición del hígado y que pudiera causar la atracción de las hembras de *C. hominivorax*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Esta investigación se realizó en el Parque Natural Metropolitano (PNM) en la ciudad de Panamá durante dos períodos; la estación lluviosa comprendida entre el 27 de noviembre de 1998 al 7 de enero de 1999 y la época seca entre el 1 de marzo y el 18 de abril de 1999. Como cebo se empleó hígado de cerdo procedente del Mercado Público. Tres puestos fueron ubicados en el borde del Parque: el sitio 1 dentro del bosque detrás de la caseta de vigilancia, el 2 en el borde del bosque detrás de las antiguas instalaciones de COPFA y el 3 en el borde del bosque al norte de este edificio. Cada puesto era vigilado por una persona, la cual rotaba diariamente en el sentido de las manecillas del reloj. Durante cada época se utilizaron tres hígados diferentes por un período de catorce días continuos para cada uno, los cuales, fueron considerados como bloque experimental.

Metodología de campo

Cada hígado nuevo se dividió en tres pedazos, uno para cada puesto (réplica); los cuales se colocaron en un plato en el suelo y se expusieron por un período de dos horas comprendidas entre las 10:45 a.m. hasta la 1:00 pm. Cada 30 min se tomaron medidas de la temperatura ambiental (Digi-Thermo). Luego de la última lectura del día, se procedía a tomar la muestra bacteriológica sobre la superficie del hígado con un hisopo humedecido con Caldo Nutritivo. Posteriormente, ésta se colocaba dentro de un tubo de ensayo que contenía 10 ml del Caldo Nutritivo. También, se tomó una muestra bacteriológica de cada pedazo en el momento en que se compraba el hígado en el Mercado Público con el fin de obtener un registro de la flora bacteriana inicial procedente del mercado.

Metodología de Laboratorio

Las muestras de bacterias fueron transportadas al laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Escuela de Biología de la Universidad de Panamá donde se dejaba por un espacio de 24 horas a temperatura ambiente (27°C). Luego de pasado este período, las muestras se sembraron por 24 h en Agar Nutritivo, Eosina Azul de Metileno (E.M.B.), Agar Manitol Salado y Agar Sangre por 18 h. Se seleccionaron las diferentes colonias aisladas en cada medio y se les realizó la tinción de Gram (Murray, et al.,1994) hasta obtener colonias puras Gram positivas y Gram negativas. Estas cepas fueron sembradas en tubos inclinados con Agar Nutritivo. La identificación de las especies de bacterias Gram negativas se realizó mediante el sistema de identificación aerobio de API 20E (bioMérieux Vitek, Inc.). Las bacterias Gram positivas se separaron basándose en su morfología en bacilos y cocos, siendo identificadas hasta especie por medio de las pruebas de hidrólisis de almidón, crecimiento en Agar con una concentración de 7% y 5% de NaCl, producción de catalasa, motilidad, hidrólisis de gelatina, hidrólisis de caseína, utilización de azúcares (manitol, xilosa y arabinosa), prueba de Voges-Proskauer, reducción de NO₃-NO₂ y producción de acetoina (Holt et al., 1994). Dentro de los cocos los géneros *Micrococcus* y *Staphylococcus*, se identificaron mediante las pruebas de citocromo oxidasa, producción de catalasa, motilidad, fermentación de azúcares y resistencia a Bacitracina (Holt et al., 1994). Para la identificación de las especies del género *Staphylococcus* se emplearon las pruebas de coagulasa, producción de acetoina, citocromo oxidasa, Agar con (NH₄)₂SO₄, utilización de los azúcares, crecimiento en Agar con una concentración de 7% y 5% de NaCl, reducción de NO₃ y medio con tioglicolato (Holt et al., 1994).

RESULTADOS

Comportamiento General de las bacterias totales

El análisis del número de especies de bacterias presentes por puestos reveló homogeneidad ($F_{2,249,5\%} = 2.38$; $p = 0.095$); por lo que, ellos podían sumarse entre sí. Asimismo, para analizar los datos por época del año las réplicas de los hígados fueron sumadas por temporada del año. Por consiguiente, para esta prueba los datos representaron la suma de las réplicas de puesto e hígado. Así, el valor más alto que podía tener una especie era de nueve cuando se presentaba en todos los puestos e hígados en una época del año.

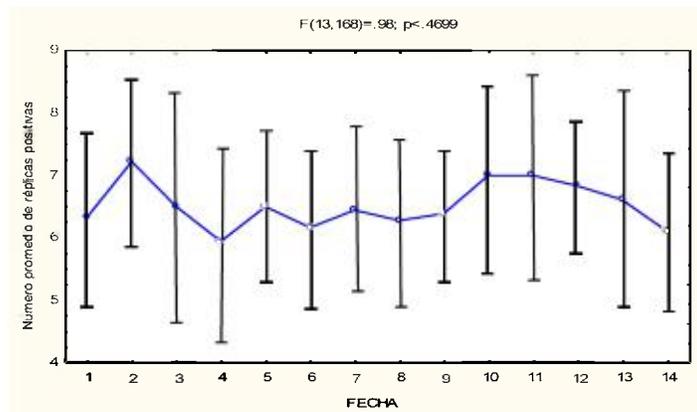


Fig. 1. Comparación del número de bacterias entre los días de descomposición del hígado.

31 especies de bacterias fueron colectadas en nuestro estudio. De ellas, 22 fueron encontradas en la estación lluviosa y todas ellas en la seca (Cuadro 1). El análisis de ANOVA del número total de réplicas positivas por días y temporada del año no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las fechas ($F_{13,156,5\%} = 1.0576$; $p = 0.400116$) (Fig. 1). El promedio total de réplicas positivas por día fluctuó entre 5.61 a 7.00 ($\bar{X} = 6.30 \pm 3$). Con respecto a la temporada del año, hubo diferencias significativas entre ellas ($F_{1,12,5\%} = 307.2$; $p \approx 0.0000$) (Fig. 2.), siendo el número promedio de réplicas positivas

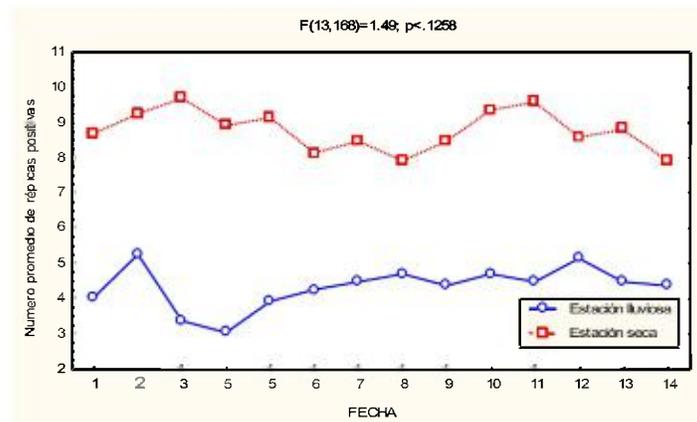


Fig. 2. Comparación del número de réplicas de bacterias de acuerdo a la temporada del año.

mayor en la temporada seca ($\bar{X} = 8.4 \pm 2.5$, $\Sigma = 1082$; mínimo = 0, máximo = 16) que en la estación lluviosa ($\bar{X} = 3.93 \pm 1.67$, $\Sigma = 507$, mínimo = 0, máximo = 8). En tanto que, el comportamiento de las fechas en ambas estaciones del año fue similar ($F_{13,156,5\%} = 1.4$; $p = 0.16$) (Fig. 2). Durante la estación lluviosa el promedio de réplicas positivas fue más bajo, aumentando desde el cuarto día para mantenerse constante desde el séptimo. Sin embargo, durante la estación seca, este promedio se mantuvo aproximadamente constante.

El Cuadro 1 muestra la asociación de las especies de bacterias con la temporada del año permitió diferenciar cuatro grupos. El primero formado por bacterias que sólo fueron colectadas en la época seca. El segundo constituido por aquellas que se presentaron en baja cantidad en la estación lluviosa. El tercero está comprendido por bacterias cuyas réplicas se encontraron en mayor cantidad en la temporada lluviosa.

El análisis de varianza de los días (Cuadro 1) para cada especie de bacteria indica que no hubo sucesión de especies. Sólo cuatro de ellas, *Y. intermedia*, *St. auricularis*, *St. capitis* y *Escherichia coli*, mostraron diferencias significativas entre los días

El análisis de correspondencia presenta un modelo aceptable de nuestros resultados. Las 31 especies se redujeron a dos dimensiones que explican el 51.3 % de la inercia total. La primera de ellas separa las bacterias en los tres grupos de acuerdo a su abundancia, explicando el 42.5% del Chi cuadrado total (Fig. 3). Estas agrupaciones corresponden a las obtenidas por la prueba de ANOVA (Cuadro 1). La segunda dimensión explica el 9% de la inercia, separando algunas bacterias, *Providencia alcalifaciens*, *Alcaligenes sp*, *Staphylococcus gallinarum*, de acuerdo a su abundancia en los tres primeros días de la temporada lluviosa.

Cuadro 1. Valores de las pruebas de significancia (F) para las bacterias encontradas por grupo.

Grupo de Especie	Entre Estación	Entre Hígado	Estación Seca	Estación Lluviosa	Mayor Número	Diferencias entre días
GRUPO 1						
<i>Hafnia alvei</i> (HA)	31.3*	0.60ns	0.79ns	—	Seca	No
<i>Citrobacter freundii</i> (CF)	279.8*	16.4*	0.10ns	—	Seca	No
<i>Yersinia intermedia</i> (YI)	105.0*	4.0*	1.98*	—	Seca	11 y 12 Seca
<i>Serratia marcescens</i> (SM)	82.1*	0.75ns	1.66ns	—	Seca	No
<i>Serratia fonticola</i> (SF)	97.0*	7.9*	1.20ns	—	Seca	No
<i>Vibrio damsela</i> (VD)	242.7*	14.3*	1.0ns	—	Seca	No
<i>Enterobacter aerogenes</i> (EA)	15.5*	1.7ns	1.12ns	—	Seca	No
<i>Xanthomonas maltophilia</i> (AM)	83.0*	0.6ns	1.12ns	—	Seca	No
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (KP)	80.1*	2.9ns	1.27ns	—	Seca	No
GRUPO 2						
<i>B. stearothermophilus</i> (BST)	25.6*	1.2ns	1.41ns	0.70ns	Seca	No
<i>Acinetobacter lwoffii</i> (ACL)	11.3*	5.78*	1.02ns	0.45ns	Seca	No
<i>Staphylococcus auricularis</i> (STA)	61.0*	1.24ns	4.08*	0.94ns	Seca	3, 6, 7, 8, 9, 10 Seca
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (PF)	39.5*	9.3*	1.59ns	1.06ns	Seca	No
<i>Chryseomonas luteola</i> (CHL)	9.7*	12.2*	1.69ns	0.60ns	Seca	No
<i>Acinetobacter baumannii</i> (AB)	8.3*	7.16*	1.10ns	0.30ns	Seca	No
<i>Pseudomonas especies</i> (PS)	3.9*	1.04ns	0.79ns	0.84ns	Seca	No
<i>Providencia rettgeri</i> (PE)	7.9*	4.14*	0.45ns	1.14ns	Seca	No
<i>F. meningosepticum</i> (FM)	8.6*	0.87ns	1.44ns	1.23ns	Seca	No
<i>Staphylococcus capitis</i> (STC)	13.7*	2.9ns	4.90*	1.50ns	Seca	7 y 8 Seca
<i>Bacillus brevis</i> (BB)	5.4*	1.8ns	2.80*	1.48ns	Seca	No
<i>Klebsiella oxytoca</i> (KO)	1.0ns	3.48ns	1.13ns	0.91ns	Igual	No
<i>Proteus mirabilis</i> (PM)	0.25ns	3.02ns	3.05*	1.52ns	Igual	No
<i>Escherichia coli</i> (EC)	0.2ns	5.56*	2.54*	0.23ns	Igual	1 lluviosa 3 Seca
<i>Staphylococcus gallinarum</i> (STG)	1.79ns	1.51ns	0.68ns	1.33ns	Igual	No
<i>Staphylococcus sciuri</i> (STS)	0.91ns	4.70ns	0.75ns	1.61ns	Igual	No
<i>Bacillus subtilis</i> (BS)	1.51ns	3.30*	1.59ns	1.25ns	Igual	No
<i>Bacillus circulans</i> (BC)	0.00ns	1.56ns	0.59ns	1.71ns	Igual	No
GRUPO 3						
<i>Alcaligenes sp</i> (AL)	4.3*	1.4ns	1.04ns	0.23ns	Lluviosa	No
<i>Providencia alcalifaciens</i> (PA)	8.1*	0.69ns	6.20*	6.17*	Lluviosa	No
<i>Enterobacter sakazakii</i> (ES)	34.8*	0.55ns	0.55ns	3.03*	Lluviosa	No
<i>Enterobacter cloacae</i> (ENC)	114.6*	2.18ns	2.15ns	0.18ns	Lluviosa	No

* Diferencias estadísticamente significativas
 ns Diferencias no estadísticamente significativas.
 — No hubo réplicas positivas en esa época del año.

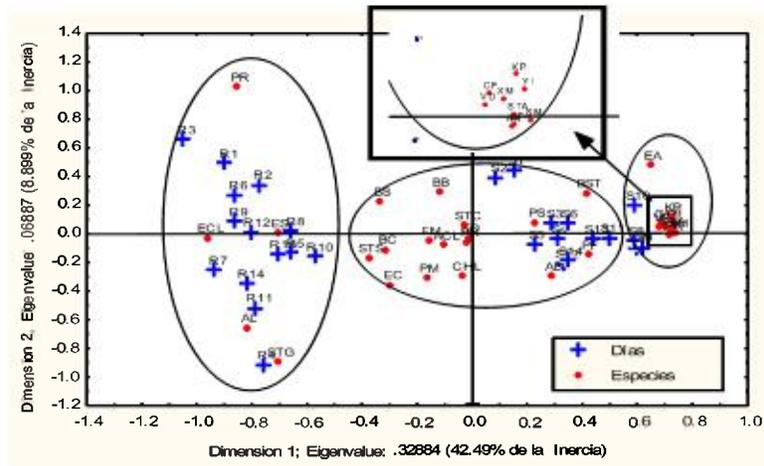


Fig. 3. Relaciones de los grupos bacterianos de acuerdo a los días de descomposición del hígado obtenido por el análisis de correspondencia. En el recuadro (a) aparece separado un pequeño subgrupo de bacterias cuya frecuencia es muy similar. Las especies están representadas por sus siglas que se encuentran en el cuadro 1.

DISCUSIÓN

No hay antecedentes donde se haya reportado la flora bacteriana asociada con el hígado en descomposición. Una alusión a ella fue hecha por DeVaney et al. (1973) al sospechar que la atracción del hígado en descomposición depende la presencia de bacterias. Sin embargo, algunos trabajos existen acerca de la flora microbiana en otros ambientes asociados a *C. hominivorax*. Por ejemplo, Poudevigne (1995) reporta la presencia de 16 especies de bacterias relacionadas con las heridas, de las cuales nueve de ellas se encontraron en nuestro estudio. Recientemente, Turner (1998) reportó el primer aislamiento de bacterias en heridas, reportando 16 especies de bacterias, de las cuales ocho aparecen el presente estudio.

Los resultados obtenidos aquí muestran la presencia de una comunidad bacteriana bien desarrollada, en la cual se detectó 31 especies de bacterias diferentes. El mayor número de especies en la temporada seca se puede atribuir a dos razones. Una es la presencia de un grupo

de especies que sólo aparecen durante esta época (grupo 1); mientras que la otra es la observación de un conjunto de bacterias que están presentes en la temporada lluviosa, pero el mayor número de réplicas positivas se presentó en la estación seca (grupo 2). Esto se puede atribuir al efecto de la temperatura (Balows et al., 1992; Brock & Madigan, 1993). Durante el presente trabajo se reportó una temperatura promedio de 27.1°C para la temporada lluviosa y de 31.2°C para la seca. Estas temperaturas son óptimas para muchas de las bacterias que aparecen en el estudio, como es el caso de *H. alvei* (35°C), *A. baumannii* y *A. lwoffii* (30 a 35°C), *Yersinia intermedia* (37°C), *S. Marcescens* y *S. fonticola* (36°C), esto explica la ausencia de ellas durante la época lluviosa.

La sucesión de especies bacterianas no se observó durante los catorce días de descomposición en nuestras muestras de hígado. Esto puede deberse a que las especies de bacterias encontradas en nuestro estudio no son capaces de subsistir solas. De acuerdo con Brock & Madigan (1993), las poblaciones en la naturaleza generalmente se encuentran en comunidades, muy rara vez viven solas.

Además de esto se debe considerar el papel de los insectos carroñeros que llegan al hígado. Herms & James (1961) señalan que ellos presentan una gran cantidad de bacterias y microorganismos, los cuales pueden contaminar este cebo. En el presente trabajo se pudo observar la presencia de una gran diversidad de insectos que llegaban al hígado, como: moscas de las familias Muscidae, Calliphoridae, Sarcophagidae; escarabajos de la familia Nitidulidae y Scarabaeidae (subfamilia Coprinae). Estas moscas se caracterizan por utilizar como fuente alimenticia cadáveres, materia orgánica en descomposición, heces fecales, etc (Greenberg & Szyska, 1984). Por lo tanto, la llegada constante de esas moscas pudo contaminar el hígado con bacterias lo cual contribuye al mantenimiento de una flora microbiana en él. Esto explica la razón por la cual, el número promedio de especies de bacterias fue constante durante los catorce días de descomposición de las muestras de hígado.

Algunas especies bacterianas aparecieron en las muestras del mercado público, *Escherichia coli*, *Alcaligenes sp.*, *Staphylococcus capitis*, *Staphylococcus sciuri*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter sakazakii*, *Providencia alcalifaciens*, *Citrobacter freundii*, *Providencia rettgeri*,

Enterobacter aerogenes, *Bacillus circulans*, *Bacillus stearothermophilus*, *Staphylococcus gallinarum*. Esto se puede explicar debido al proceso de manipulación del hígado de cerdo en este lugar. Como vemos, algunas de estas bacterias, como: *E. coli*, *En. cloacae*, *En. sakazakii*, *En. aerogenes* y *Pr. alcalifaciens*, son entéricas; pudiendo contaminar las muestras de hígados en este sitio (Balows et al.,1992). En el caso de las especies de *Staphylococcus* encontradas, éstas pudieron llegar al hígado a través de la piel de las manos y por la saliva. El resto de las especies; o sea los *Bacillus* pudieron ser adquiridos a través de esporas que se encuentran en el aire.

Algunas de las especies encontradas en nuestro estudio, también, han sido implicadas en la atracción de *C. hominivorax* en otras investigaciones. Por ejemplo, Eddy et al. (1975) reportan atracción de varias especies encontradas en el presente estudio, como son: *Providencia* (= *Proteus*) *rettgeri*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus brevis*, *B. subtilis*, *B. stearothermophilus* y *Eschericia coli*. Ellos señalan a *P. rettgeri* como la especie más atrayente, resultando tan atractiva como la combinación de las cuatro especies de *Proteus* y las doce de *Bacillus* que estudió. Un punto relevante de este trabajo es el hecho que estos investigadores encontraron una fuerte atracción oviposicional de las especies de *Bacillus*, entre las cuales estaban nuestras tres especies. *Proteus mirabilis* aparece en literatura como una bacteria que produce sustancias bactericidas, la mirabicilina (Erdmann et al.,1984). Hammack et al. (1987), usando pruebas con olfactómetro, demostraron la atracción de los vapores destilados de medios de cultivos inoculados con *P. rettgeri* hacia las hembras de la mosca gusanera. De esta manera, muchas de estas bacterias tienen que ver directamente con la atracción o la repelencia de la *C. hominivorax* hacia un material determinado. Sin embargo, muchos estudios deben ser hechos en este campo.

Los resultados obtenidos señalan la presencia de una rica flora bacteriana sobre el hígado, dentro de la cual aparecen varias especies implicadas en la atracción de la *C. hominivorax*, *Providencia* (= *Proteus*) *rettgeri*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus brevis*, *B. subtilis*, *B. stearothermophilus* y *Eschericia coli*. Sin embargo, se requiere conocer el papel del resto de las especies, como: *H. alvei*, *Y. Intermedia*, *Se. marcescens*, *S. fonticiola*, *V. damsela*, *En. aerogenes*, *X. maltophilia*, *Alcaligenes* sp, *F. meningosepticum*, *Ps. fluorescent*,

Ac. baumannii, *Ac. lwofii*, *Ch. luteola*, *St. auricularis*, *St. gallinarum* y *St. capitis*.

REFERENCIAS

Barlows, A., H.G. Trüpper, M. Dworkin, W. Harder & K. Schleifer. 1992. The Prokaryotes. 2nd Edition. Springer-Verlag. New York. Volume II, Vol. III, IV. 530 pp.

Borgstrom, F. A. 1938. Studies on experimental *Cochliomyia hominivorax* infestations with special reference to the bacterial flora and the development of immunity. Am. J. Trop. Med., 18: 395-411.

Brock, T.C. & M.T. Madigan. 1993. Biology of microorganisms. 6ta. Edición. Prentice Hall. New Jersey. pp. 761-775.

DeVaney, J. A., G. W. Hedí, B. D. Handke & E. López. 1970. Olfactory responses of the adult screwworm after removal of the antennae, mouthparts, tarsi and legs. J. Econ. Entomol., 63: 1816-1819.

DeVaney, J. A., G. W. Eddy, E. M. Ellis & R. Harrington, Jr. 1973. Attractancy of inoculated and incubated bovine blood fractions to screwworm flies (Diptera: Calliphoridae): role of bacteria. J. Med. Entomol., 10: 591-595.

Eddy, G. W., J. A. DeVaney & B. D. Handke. 1975. Response of the adult screwworm (Diptera: Calliphoridae) to bacteria-inoculated and inoculated bovine blood in olfactometer and oviposition tests. J. Med. Entomol., 12: 379-381.

Erdmann, G. R., M. Bromel, G. Gasnner, T. P. Freeman & A. Fisher. 1984. Antibacterial activity demonstrated by culture filtrates of *Proteus mirabilis* isolated from screwworm (*Cochliomyia hominivorax*) (Diptera: Calliphoridae) larvae. J. Med. Entomol. 21: 159-164.

Hammack, L. 1990. Protein feeding and oviposition effects on attraction of screwworm flies (Diptera: Calliphoridae) to host fluids. Ann. Entomol. Soc. Amer., 83: 97-102.

Hammack, L. & G. G. Holt. 1983. Responses of gravid screwworm flies *Cochliomyia hominivorax*, to whole wounds, wound fluid, and standard blood attractant in olfactometer tests. *J. Chem. Ecol.*, 9: 913- 922.

Hammack, L., M. Bromel, F. M. Duh & G. Gasner. 1987. Reproductive factors affecting responses of the screwworm fly, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae), to an attractant of bacterial origin. *Ann. Entomo. Soc. Amer.*, 80: 775-780.

Hammack, L., J. G. Pomonis, R. A. Flath & H. Hakk. 1989. Multicomponent attractant for female screwworm flies, *Cochliomyia hominivorax*, in bovine blood. *J. Chem. Ecol.*, 15: 25- 36.

Herns, W. B. & M. T. James. 1961. *Medical Entomology*. The Macmillan Company, New York, 616 pp.

Holt, G. G., T. S. Adams & W. D. Sundet. 1979. Attraction and ovipositional response of screwworms, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae), to simulated bovine wounds. *J. Med. Entomol.*, 16: 248-253.

Holt, J.G., N.R. Krieg, P.H.A. Sneath, J.T. Staley & Williams, Stanley. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9na. Edición. Williams & Wilkins. U.S.A. 544-551 pp.

Murray, R.G.E., F. Gerhardt, W.A. Wood & N.R. Krieg. 1994. *Methods for General and Molecular Bacteriology*. American Society for Microbiology. Washington D.C. 31 pp.

Parker, F. D. & J. B. Welch. 1991a. Alternative to sentinel animals for collecting egg masses from wild females of the screwworm (Diptera: Calliphoridae). *J. Econ. Entomol.*, 84: 1476-1479.

Parker, F. D. & J. B. Welch. 1991b. Field comparisons of attractants for the screwworm fly (Diptera: Calliphoridae) in a Tropical Dry Forest in Costa Rica. *J. Econ. Entomol.* 84: 1189-1195.

Poudevigne, F. A. 1995. *Ecología de la miasis: Aplicación a un nuevo sistema de colecta*. I Seminario sobre el gusano barrenador del ganado, 13 al 24 de febrero de 1995, Universidad de Panamá.

Thomas, D. B. 1993. Behavioral aspects of screwworm ecology. J. Kansas Entomol. Soc., 66: 13-30.

Turner, A. 1998. Miasis Humana. Memoria del II Seminario Taller sobre el Gusano Barrenador, Universidad de Panamá, 55-58 páginas.

Recibido agosto de 2003, aceptado noviembre de 2003.



NEAR SURFACE VELOCITY STRUCTURE OF ANDALUCIA (SOUTHERN SPAIN) AND ALBORAN SEA REGION FROM 0.15-2.0 HZ RAYLEIGH WAVES

M. Chourak¹, M. Navarro¹, V. Corchete¹, J. Badal²

¹ Department of Applied Physics, University of Almeria, 04120 Almeria, Spain.

*Fax +34 950 015477. e-mail: corchete@ual.es

² Department of Theoretical Physics-Geophysics, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain.

ABSTRACT

A methodology that has been applied for a relatively short time on Seismology is the modelling of very shallow structures from the inversion of dispersion values (group velocity of short period Rg waves). This is possible, because the very short period Rg wave group velocity is sensitive to the variations in the structure of shear velocity for the shallowest layers of the crust. In this line, we have undertaken in the present work, the determination of the shear velocity models for Andalusia and Alboran Sea region (southern Iberia), by means of the generalized inversion of dispersion curves corresponding to Rg waves (short period Rayleigh waves). We use digital filtering techniques, which provide a significant improvement in the signal-to-noise ratio helping to determine a reasonable model for velocity of shear waves. The dispersion curves obtained shows the complexity of the average structure crossing for the waves in each path analysed. We have inverted the average dispersion curves obtained for every path analysed in order to obtain theoretical shear-velocity models, according to the generalized inversion theory. The results obtained show the existence, in the study area, of strong lateral variations in the physical properties of the materials for a rank of depths between 0 to 5 km. The higher velocity values correspond to paths which crossing older structures, whereas the lower values correspond to the paths crossing younger structures.

KEYWORDS

Rg waves, dispersion, inversion, Betic and Neogene basins.

RESUMEN

Una metodología que ha sido aplicada desde hace poco tiempo en Sismología, es el modelado de estructuras muy superficiales a partir de la inversión de valores de dispersión (velocidad de grupo de ondas Rg de corto periodo). Esto es posible, debido a que la velocidad de grupo de las ondas Rg de corto periodo, es sensible a las variaciones en la estructura de la velocidad de cizalla de las capas más superficiales de la corteza. En esta línea, nosotros hemos emprendido el presente trabajo: la determinación de los modelos de velocidad de cizalla para la región de Andalucía y mar de Alborán (sur de Iberia), por medio de la inversión generalizada de curvas de dispersión correspondientes a ondas Rg (ondas Rayleigh de periodo corto). Nosotros usamos técnicas de filtrado digital, las cuales proporcionan una significativa mejora en la razón señal-ruido, ayudando a determinar un modelo razonable para la velocidad de las ondas de cizalla. Las curvas de dispersión obtenidas muestran la complejidad de la estructura media cruzada por las ondas en cada trayectoria analizada. Nosotros hemos invertido las curvas de dispersión medias obtenidas para cada trayectoria analizada, con el objeto de obtener modelos teóricos de velocidad de cizalla, de acuerdo con la teoría de la inversión generalizada. Los resultados obtenidos muestran la existencia, en el área de estudio, de fuertes variaciones laterales en las propiedades físicas de los materiales dentro de un rango de profundidad que va desde 0 a 5 km. Los valores más altos de velocidad corresponden a trayectos que cruzan las estructuras más antiguas, mientras que los valores más bajos corresponden a trayectorias que cruzan las estructuras más recientes.

PALABRAS CLAVES

Ondas Rg, dispersión, inversión, cuencas Neógenas y Béticas.

INTRODUCTION

The main objective of this work: the determination of very shallow shear wave velocity structure of Andalucía (southern Spain) and the Alboran Sea, is of much interest for the studies of Seismic Engineering and the Prevention of Seismic Disasters in this region. The short period Rayleigh waves (Rg waves) used in this study to obtain the principal goal described above, constitute part of the answer of the very superficial Earth structure, to the excitation produced by an artificial earthquake (explosion) or a natural earthquake. The knowledge of the velocity of propagation of the short period Rg waves helps to distinguish details of the shallowest structure of the Earth. This relationship between group velocity and frequency (or period) and its lateral change in some region of the Earth are of great importance because it may be correlated with the geologic structure.

In the Iberian area, several studies have showed the existence of some degree of lateral variation in seismic wave velocity and its correlation with the geologic structure. For instance, we have investigated the shallow structure of southern Spain (Almeria region) by means of dispersion analysis of Rg waves generated by blasts or local earthquakes (Navarro et al., 1997), finding continuous velocity distributions with depth of the uppermost crustal layers. We could infer the most conspicuous features of the region in the upper 3.5 km, from the lateral variation in seismic wave velocity, and its correlation with the local geology. Also, in a previous study, Sarrate et al. (1993) studied the shallow crustal structure of another parts of the Iberian Peninsula (the north-west of the Iberian Peninsula), by using dispersion analysis of Rayleigh wave observations. In this study, we carried out a detailed dispersion analysis of high-frequency Rayleigh waves generated by blasts from quarry operations propagated along very short paths. Seismic wave velocity structure of the region was obtained. Retaking this problem for the whole south of Iberia, we obtained the shear velocity structure for a depth range from 0 to 5 km. We will use the inversion process of the dispersion curves in this region (group velocity of the Rg waves for the period ranging between 0.5 to 6 s), like a work tool.

GEOLOGICAL SETTING

Before presenting this study we will to locate the reader in the geotectonic situation of the object of this study region. For that reason, previous to the description of this work, we are going to present a brief geologic description of the study zone. With it, we will facilitate the future interpretation of the obtained results, in a geologic frame that the reader can understand. The region under study is located in the southern part of the Iberian Peninsula (see figure 1) and it is composed of several tectonic units that we will describe below.

The *external zone* formed most of the southern part and the minor eastern part of the Iberian Massif, in which during the Mesozoic and part of Cenozoic sediments were accumulated, being deformed and taken off. It is divided in Subbetic and Prebetic and in both exists deposits, generally of marine origin, although the Subbetic presents deeper and therefore harder structures than the Prebetic, which is characterised less by deep sediments (Sanz de Galdeano, 1997). In general, the lithology of the external zone is of type: dolostone, limestones, marls and marl-limestones.

The *complex of the field of Gibraltar* is dominated by alloctones units coming from the basin of the Flyschs, located originally between the internal zones of the Betic Cordillera, the Rift, the Tell and Calabria by a side and the NW of Africa by the south (Wildi, 1983). This unit presents Mesozoic sediments and mainly tertiary turbidites and hemipelagics, which are less compact than the materials of the previous unit.

The *internal zone* is divided tectonically in three superposed complexes and that from top to bottom are: the Maláguide, the Alpujárride and Nevado-Filábride. The Maláguide complex is formed by a Paleozoic basement, whose materials are fundamentally detritics, clays and quartzites, and have a Mesozoic-tertiary cover which are basically formed by dolostone, limestones, marl-limestones, generally very fractured. The Alpujárride complex and Nevado-Filábride present similar stratigraphic sequences of general type: schists, quartzites, gneis, dolostone and limestones, are to say a Paleozoic basement (Komprobst, 1976) and one Mesozoic or Triassic cover (Priem et al., 1979) carbonated in a part, and both are affected to a certain degree by regional Alpine metamorphism.

The *neogene basins* and the neogene volcanism filled up with sediments of general type: sands, clays, conglomerate and marls, that formed during early Miocene. These neogene basins, formed as much on the internal zone as on the external one or the contact between both. The basins better kept from the Mountain range formed from upper Miocene and are intramountainous basins, like for example the river basins of Almería, Granada, Guadix-Baza, etc. A rest of volcanism within sediments of early Neogene exist. The volcanism that appears in of Spain (Cabo de Gata and sector of Mazarrón) initiates during Miocene, is especially active in the Tortoniense-Messiniense and arrives at the Pliocene; it extends towards NNE to France and towards SSO to Morocco (Hernández et al., 1987; Sanz de Galdeano, 1990) and is well represented in the Alboran Sea.

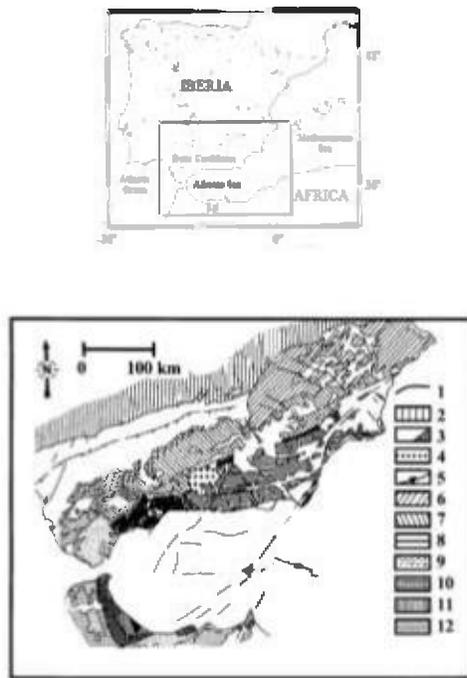


Fig. 1. Upper part: Geographical location of the study area (rectangle) between Iberia and Africa. Lower part: A zoom view of the study zone, emphasising the main structural features and units (after Sanz de Galdeano, 1997). 1: Faults, 2: Foreland, 3: Neogene basins (triangle presents the volcanism), 4: Granada basin, 5: Guadalquivir basin (line present the thrust), 6: Prebetic, 7: Subbetic (small circles present the olistostromes), 8: External zones of the Rif, 9: Flysch, 10: Maláguide and Dorsal, 11: Alpujárride complex, 12: Nevado-Filábride.

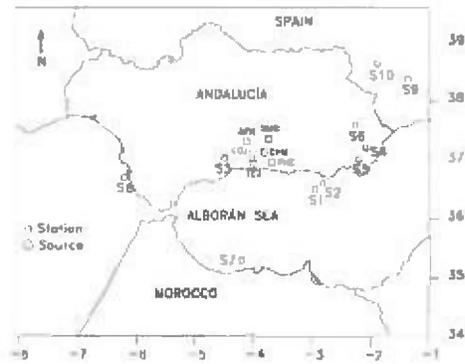


Fig. 2. Locations of sources and stations considered in this study.

Forming western of the Mediterranean, the *Alboran Sea* constitutes a continental basin extended between the South the Iberian Peninsula and the North of Morocco. Of global direction EW, 350 km long and 150 km wide, its waters can reach up to 2000 ms of depth. The marine bottom respectively presents a very complicated frame closely related to the tectonic activity and the regime of sedimentation in this zone (Woodside & Maldonado, 1992; Comas et al., 1992; Docherty & Banda, 1995). The basin of the Alboran Sea formed during lower Miocene and it is characterised fundamentally by clays, sands and marls.

DATA AND PRELIMINARY ANALYSIS

The Rg wave records used in this study were generated by 43 earthquakes which occurred in the Andalucía and Alboran Sea area during 1990 to 1995 (see table 1), with epicentral distances ranging from 33 to 282 km, approximately, and magnitudes between 2.7 to 4.0 mb. These earthquakes were all recorded by vertical component seismographs of the Regional Seismic Network of Andalucía (RSNA). The study region is covered by the seismic network RSNA managed by the Andalusian Institute of Geophysics (AIG). Codes, coordinates and elevations of the stations used in this study are given in table 3 (and plotted in figure 2). All the events that appear listed in table 1, are grouped around very small areas (source zones). These earthquake epicentres defining 10 source areas are listed in table 2 (and plotted in

figure 2). Thus, 48 Rg-wave paths between sources and stations has been formed and listed in table 4.

In the preliminary analysis our goal was to analyse the dispersive properties of Rg waves. The result expected in this first step are the epicentre-receiver Rg-wave velocity measurements determined by means digital filtering of seismograms. After obtaining the ray-path group velocities of the propagating waves, our next goal was to invert the dispersion curves to determine the shear-wave velocity structure (inversion procedure). We use digital filtering techniques (Corchete et al., 1989), which provide a significant improvement in the signal-to-noise ratio helping to determine a reasonable model for velocity of shear waves in the next analysis: the inversion procedure. These operations have, for example, been applied to long-period data by Badal et al. (1996), and to very short-period data by Navarro et al. (1997), showing the effectiveness of the digital filtering for the elimination of noise and other undesirable effects. We used the same filtering process mentioned above with all the selected seismograms.

Table 1. List of seismic events considered in this study.

Event No	Date (year month day)	Origin Time (h:min:s)	Depth (km)	Magnitude (mb)
1	1990 09 28	03:51:37.31	6.2	3.5
2	1990 11 03	13:53:25.14	5.0	4.0
3	1990 07 18	19:15:48.36	5.0	3.8
4	1991 04 20	09:14:09.52	0.1	3.3
5	1991 05 06	07:25:20.94	0.3	3.5
6	1991 05 11	20:23:53.72	0.1	3.3
7	1991 10 20	10:53:50.45	0.1	3.1
8	1992 02 24	12:20:35.63	4.5	3.3
9	1992 09 08	12:12:01.66	5.0	3.0
10	1992 11 06	02:52:46.24	2.5	3.3
11	1992 12 17	05:01:05.96	2.1	3.3
12	1993 04 05	01:25:35.88	0.4	3.4
13	1993 12 23	18:00:08.34	4.6	4.0
14	1993 12 27	20:01:58.80	16.1	2.7
15	1994 01 03	01:00:06.88	9.9	3.9
16	1994 01 04	16:46:46.44	3.9	3.3
17	1994 01 04	21:08:37.75	2.4	3.0
18	1994 01 09	16:01:36.34	4.4	3.4
19	1994 01 13	23:03:03.56	2.7	2.9
20	1994 01 16	15:55:03.66	3.9	3.6
21	1994 01 26	16:16:01.66	5.0	3.0
22	1994 02 02	05:28:05.05	7.5	3.6
23	1994 02 02	19:09:15.06	7.2	3.3
24	1994 02 26	07:25:13.99	5.2	3.6
25	1994 03 05	15:26:06.53	7.7	3.4
26	1994 04 20	21:23:38.94	3.5	3.2
27	1994 05 26	14:05:38.86	4.5	3.1
28	1994 05 27	19:12:52.63	5.7	3.2
29	1994 06 07	15:32:40.31	5.1	3.6
30	1994 06 08	03:08:31.14	5.4	3.6
31	1994 06 14	16:56:30.52	5.0	3.4
32	1994 06 15	00:15:20.60	5.0	3.5
33	1994 06 18	03:22:39.87	4.8	3.2
34	1994 06 22	21:26:29.73	5.0	3.2
35	1994 07 24	00:45:21.51	8.4	3.3
36	1994 08 10	20:05:14.03	7.9	3.2
37	1995 02 25	19:24:25.44	8.7	3.2
38	1995 03 18	13:40:34.20	3.6	3.9
39	1995 04 29	07:37:40.64	6.1	3.2
40	1995 06 03	17:21:25.13	4.5	3.6
41	1995 06 07	16:20:35.97	5.2	4.0
42	1995 08 25	19:58:06.92	9.0	3.2
43	1995 11 18	08:24:47.73	9.3	3.9

Table 2. Codes and coordinates of the source areas used in this study.

Sources	Events	Latitude (°N)	Longitude (°W)
S1	7,9,13,14,15	36.50	2.95
S2	16,17,18,19,20 21,22,23,24,39	36.60	2.82
S3	1,11,25,36,42	37.02	4.50
S4	12,26	37.20	2.10
S5	8,35,37,38,40, 41,43	37.00	2.21
S6	4,5,6	37.58	2.27
S7	27,28,29,30,31, 32,33,34	35.30	4.20
S8	3	36.64	6.21
S9	2	38.37	1.37
S10	10	38.63	1.89

Table 3. Codes, coordinates and elevations of the stations used.

Station	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Altitude (m)
PHE	36.952	3.688	1360
TEJ	36.915	4.014	1480
LOJ	37.109	4.105	1340
SMO	37.358	3.743	1170
APN	37.307	4.120	1160
CHM	37.105	3.829	860

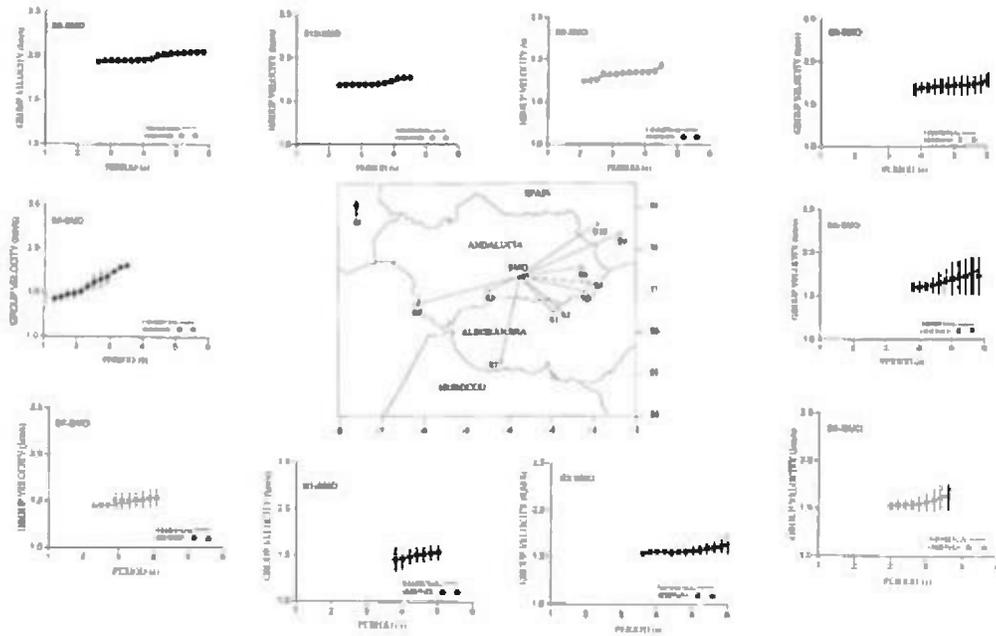


Fig. 3. Rg wave group velocity dispersion curves measured along all epicentre-receiver paths with SMO station. For every path we can see a comparison between the solution of the forward problem, the theoretical group velocity dispersion curve (continuous line) predicted by the earth model obtained after inversion, and the observed dispersion of group velocity (dots). Vertical bars represent standard deviations (1-sigma errors) at several periods.

Thus, the group-velocity dispersion curves for all paths are obtained and listed in table 4. The dispersion curves for SMO station have been plotted in figure 3. For each seismic trajectory, both the path-length travelled by the waves and the respective events involved are known (table 4). Figure 3 shows the mean dispersion curves of Rg-wave group velocity measured along every path considered (with SMO station) and the standard deviation (1-sigma errors) plotted with vertical bars at various periods for each case. The dispersion curves obtained show the complexity of the average structure crossed by the waves for each path analysed. Nevertheless, the filtering techniques mentioned above allow us to obtain the group velocity values for each path analysed.

SHEAR VELOCITY MODELS

With the purpose of obtaining earth models in terms of path-averaged shear-wave velocities, we inverted the average dispersion curves obtained for every path analysed. The standard deviation (1-sigma errors) related to each group velocity dispersion curve, has been provided to account for the estimation of the shear wave velocity uncertainties. We perform inverse modelling by generalized inversion in order to obtain theoretical shear-velocity models according to the inversion theory (Tarantola, 1987).

For all paths considered with SMO station, we also estimated the reliability of the inversion results by means of forward modelling: through a comparison of the theoretical group-velocity dispersion curve predicted by the earth model obtained by inversion, with the observed dispersion data. The theoretical solutions derived by forward modelling and the observed group velocity dispersion, are shown for all paths with SMO station in figure 3, as continuous and dot line, respectively. The shear wave velocity values from inversion of group velocities are shown in table 5. Shear velocity values and group velocity values, shows in general a similar trend.

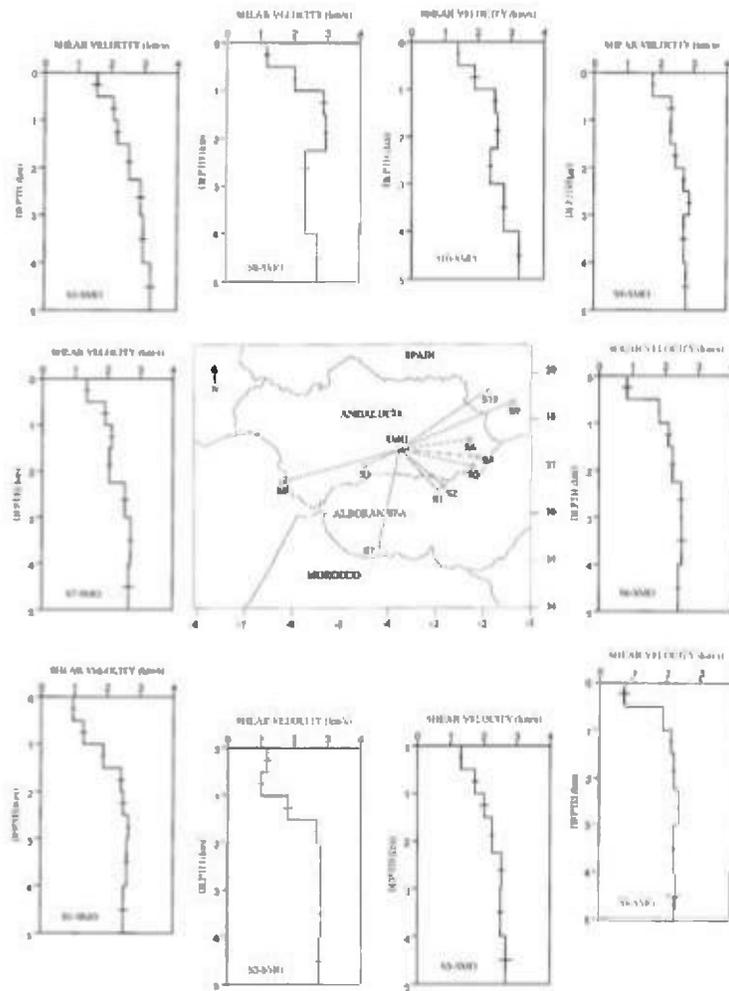


Fig. 4. Shear wave velocity models derived from inversion of ray-path group velocities for the paths with SMO station. Horizontal bars represent standard deviations (1-sigma errors) at several depths.

INTERPRETATION AND CONCLUDING REMARKS

In this study we wanted to determine the very superficial elastic structure of Andalusia and the Alboran Sea region, from the inversion of Rg waves dispersion curves generated by local earthquakes registered by the short period seismic stations of the Andalusian Seismic Network. The group velocity values obtained for the Rg waves in the different analyzed paths are between 1.12 and 2.15 km/s for a rank of periods between 0.6 and 6.0 s, obtaining a different dispersion curve for each path analysed. In spite of the structural complexity of the study area, mainly the Eastern part, the group velocity values obtained for each path shows a good correlation with the main features of the area, surrounding the respective path. We found, in general, that the group velocity is greater for the paths contained, total or partially, in the oldest structures. It is being observed that the paths corresponding to the sources S4, S5, and S6, that crossing the Nevado-Filábride complex, display the highest values of group velocity (between 1.43 and 2.15 km/s, for a rank of periods between 1.6 and 6.0 s). These differences are a consequence of the superficial heterogeneities that affect the propagation of the Rg waves.

The seismic sources S1, S2 and S7 are located in the Alboran Sea and their paths, crossing sedimentary structures, show the lower values of dispersion. The inversion of the dispersion curves for the different paths source-station analyzed, has allowed to obtain the elastic model of the structure crossed by each path, each model being the average of the different structures that each path crosses. We observed that the values of shear velocity are in general greater for the paths crossing the oldest structures (Complex Nevado-Filábride, Alpujárride complex and subbetic structure), whereas the lowest values correspond to the paths contained in the sedimentary structures of the study area. The shear velocity models have been obtained for a rank of depth between 0.0 and 5.0 km.

If we compare the group velocity values and the shear velocity models obtained for the different seismic sources and the SMO station (see figures 3 and 4), we observe that paths S1-SMO and S2-SMO crossing the same geologic structure (formed by neogene-quaternary materials and Alpujárride complex) present similar trends. Shear velocity models have a quite similar trend, with values between 1.00 to 2.80 km/s. The path S3-SMO is contained completely on a subbetic structure, therefore it crosses in average a more rigid structure than the previous one, showing a shear velocity model with values from 1.56 to 3.20 km/s.

Table 4. Source-station paths analysed in this study, the events involved in each case (as listed in table 1) and the average distances travelled by the waves. The fifth column shows the studied range of depth. The sixth shows the number of layers considered in the Earth's model. The seventh column shows the shear velocity range, obtained after the inverse process of the dispersion curve for this path. Finally, the last column displays the rank of values for the standard deviation (1- σ error) of the shear velocity for each path.

Paths	Events	Source-station	Distance (km)	Δz (km)	N	$\Delta\beta$ (km/s)	$\Delta\sigma_{\beta}$
1	7,9,13,14,15	S1-APN	118.65	0.0-5.0	8	0.96-2.78	0.04-0.13
2	13,14,15	S1-TEJ	889.90	0.0-5.0	11	1.11-2.47	0.05-0.15
3	7,9,14	S1-SMO	107.10	0.0-5.0	8	1.00-2.80	0.04-0.10
4	9,13,14,15	S1-CHM	84.11	0.0-5.0	11	0.86-2.69	0.03-0.14
5	7,9,14	S1-LOJ	120.38	0.0-5.0	8	1.00-3.47	0.04-0.13
6	13	S1-PHE	060.29	0.0-5.0	8	0.96-2.76	0.04-0.14
7	16,18,20	S2-APN	137.22	0.0-5.0	7	1.21-2.62	0.08-0.11
8	16,18,20,23,39	S2-CHM	100.77	0.0-5.0	8	0.98-2.76	0.04-0.12
9	17,18,20,21,22,24	S2-PHE	083.88	0.0-5.0	7	1.28-2.73	0.04-0.11
10	18,21,22,23	S2-LOJ	124.41	0.0-5.0	8	1.00-2.84	0.05-0.10
11	17,19,21,22	S2-TEJ	101.79	0.0-5.0	7	0.95-2.54	0.01-0.10
12	18,19,20,23,39	S2-SMO	111.00	0.0-5.0	8	1.01-2.80	0.02-0.12
13	1,4,2	S3-SMO	067.19	0.0-5.0	7	1.56-3.20	0.07-0.13
14	1,11,25,4,2	S3-TEJ	041.66	0.0-5.0	7	1.51-3.03	0.05-0.14
15	1,11,25,4,2	S3-LOJ	032.78	0.0-5.0	7	1.85-2.89	0.06-0.14
16	1,11,3,6	S3-CHM	059.38	0.0-5.0	7	0.87-2.80	0.05-0.12
17	12,2,6	S4-LOJ	175.00	0.0-5.0	8	1.31-2.72	0.03-0.09
18	12,2,6	S4-CHM	150.88	0.0-5.0	8	1.70-3.06	0.03-0.12
19	12,2,6	S4-TEJ	171.24	0.0-5.0	8	1.16-2.62	0.02-0.08
20	12,2,6	S4-SMO	141.59	0.0-5.0	7	0.76-2.37	0.04-0.18
21	12,2,6	S4-APN	178.84	0.0-5.0	8	1.40-2.87	0.03-0.11
22	37,40,43	S5-TEJ	146.68	0.0-5.0	7	1.50-3.04	0.03-0.13
23	38,41	S5-SMO	140.86	0.0-5.0	7	1.30-2.67	0.03-0.18
24	8,35,37	S5-LOJ	138.41	0.0-5.0	7	1.41-2.82	0.05-0.10
25	8,41	S5-CHM	130.94	0.0-5.0	7	1.01-2.54	0.03-0.09
26	5,6	S6-CHM	148.53	0.0-5.0	7	1.43-2.83	0.01-0.09
27	5,6	S6-TEJ	166.96	0.0-5.0	8	1.59-3.00	0.02-0.16
28	4,5,6	S6-LOJ	169.82	0.0-5.0	7	0.96-2.45	0.01-0.10
29	4,5,6	S6-SMO	131.76	0.0-5.0	7	0.83-2.49	0.02-0.14
30	4,5,6	S6-APN	165.30	0.0-5.0	7	1.68-2.98	0.07-0.15
31	4,5,6	S6-PHE	142.84	0.0-5.0	8	1.70-2.98	0.03-0.16
32	27,28,29,33,34	S7-LOJ	199.02	0.0-5.0	8	0.98-2.78	0.04-0.10
33	30,31	S7-TEJ	172.12	0.0-5.0	11	1.00-2.85	0.03-0.09
34	29,32,34,30	S7-PHE	187.33	0.0-5.0	8	0.99-2.75	0.03-0.11
35	29,30,33	S7-CHM	198.95	0.0-5.0	7	1.47-3.20	0.04-0.15
36	29,30,31,34	S7-SMO	212.22	0.0-5.0	7	1.35-2.70	0.05-0.16
37	28,30,34	S7-APN	202.88	0.0-5.0	7	0.71-2.44	0.01-0.15
38	3	S8-APN	199.57	0.0-5.0	7	0.95-2.48	0.03-0.08
39	3	S8-PHE	226.35	0.0-5.0	7	1.28-2.86	0.02-0.11
40	3	S8-LOJ	193.83	0.0-5.0	7	1.00-3.75	0.01-0.17
41	3	S8-CHM	217.30	0.0-5.0	8	1.88-2.77	0.04-0.16
42	3	S8-SMO	232.75	0.0-5.0	7	1.19-2.97	0.04-0.10
43	3	S8-TEJ	197.18	0.0-5.0	7	1.62-3.00	0.03-0.12
44	2	S9-SMO	235.88	0.0-5.0	8	1.75-2.87	0.04-0.12
45	2	S9-LOJ	277.23	0.0-5.0	7	1.06-2.83	0.03-0.10
46	2	S9-PHE	256.57	0.0-5.0	8	1.69-2.84	0.04-0.09
47	2	S9-TEJ	282.15	0.0-5.0	8	1.39-2.90	0.05-0.15
48	10	S10-SMO	214.57	0.0-5.0	7	1.39-3.24	0.02-0.13

The paths S4-SMO, S5-SMO and S6-SMO which crossing similar geologic structures, are contained mainly in a structure formed by neogene-quaternary and Nevado-Filábride complex. The dispersion curves show similar values for group velocity.

The source S7 corresponds to events of the seismic series of Heseima (north of Morocco) and the epicentres are in the sea. The paths corresponding to this source are mainly contained in the Alborán Sea basin. The length of the continental part of each path from S7 to the station is different, which produces slight differences in dispersion curves. The lower values of group velocity correspond to the paths with the stations near to the coast (TEJ and PHE) and therefore the continental contribution is small. The highest values correspond to the path S7-APN, which is to 70 % contain in the Alboran Sea basin and to 30% in the Alpujárride and subbetic structure. For this reason velocity values are increased respect to the other paths. The continental part corresponding to path S7-SMO is to 30 % contain in the Alpujárride complex and to 70% on the neogene-quaternary basin (Granada basin). The shear velocity models corresponding to the paths with the source S7 partially characterise the elastic structure of the Alborán Sea region. The paths corresponding to the source S8 are crossing a subbetic structure mainly, and show higher group velocity values than the corresponding ones the paths partially contained in a sedimentary basin.

The path S8-SMO can be completely considered to be contained in a subbetic structure and shows shear velocities from 1.19 to 2.97 km/s, for a rank of depth between 0.0 to 5.0 km. The paths of the sources S9 and S10 to seismic station SMO cross a very complex structure formed by materials of different tectonic units (mainly Subbetic and Prebetic) and sedimentary structures. For this reason we don't find great differences in the group velocities and shear velocity models for both paths.

The results exposed above show the existence, in the study area, of strong lateral variations of the physical properties of the materials for the rank of depth under consideration (0 to 5 km). The group velocity obtained for the different paths analyzed in this study show remarkable differences. The higher velocity values correspond to the paths, which are crossing older structures, whereas the lower values correspond to the paths crossing younger structures.

REFERENCES

- Badal, J., V. Corchete, G. Payo, L. Pujades & J. A. Canas. 1996. Imaging of Shear-wave velocity structure beneath Iberia. *Geophys. J. Int.*, 124, 591-611.
- Comas M.C., V. Garcia & M. J. Jurado. 1992. Neogene tectonic evolution of the Alboran sea from MCS data. *Geo-Marine Letters*, 12, 157-164.
- Corchete, V., J. Badal, G. Payo & F.J. Serón. 1989. Filtrado de ondas sísmicas dispersadas. *Rev. de Geofísica*, 45, 39-58.
- Docherty & Banda. 1995. Evidence for eastward migration of the Alboran sea based on regional subsidence analysis: a case for basin formation by delamination of the subcrustal lithosphere? *Tectonics*, Vol. 14, N° 4, pp. 804-818.
- Hernández, J., F. D. de Larouziere, Bolze, J. et P. Bordet. 1987. Le magmatisme néogène bético-rifain et le couloir de décrochement trans-Alboran. *Bull. Soc. géol. France*, Vol. ., pp. 257-267.
- Kornprobst, J. 1976. Signification structurale des péridotites dans l'orogène bético-rifain: arguments tirés de l'étude des détritiques observés dans les sédiments paléozoïques. *Bull. Soc. géol. France*, Vol. 18 (3), pp. 607-618.
- Navarro, M., V. Corchete, J. Badal, J. A. Canas, L. Pujades & F. Vidal. 1997. Inversion of Rg waveforms in southern Spain. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 87, 847-865.
- Priem, H N A, N A I M Boelrijk, E H Hebeda, I S Oen, E A T Verdurmen & R H Verchure. 1979. Isotopic dating of the emplacement of the ultramafic masses in the Serrania de Ronda, southern Spain. *Contributions Mineral. Petrol.*, Vol. 70, pp. 103-109.
- Sanz de Galdeano, C. 1990. Geologic evolution of the Betic Cordilleras in the Western Mediterranean, Miocene To the present. *Tectonophysics*, Vol. 172, pp. 107-119.

Sanz de Galdeano, C. 1997. La zona interna Bético-Rifeña. Univ. De Granada, Granada. 318 pp.

Sarrate, J., J. A. Canas, L. Pujades, J. Badal, V. Corchete & G. Payo. 1993. Shallow structure of part of northwestern Iberia from short-period Rayleigh-wave observations, *Tectonophysics*, 221, 95-105.

Tarantola, A. 1987. *Inverse Problem Theory. Methods for Data Fitting and Model Parameter Estimation*, Elsevier, Amsterdam.

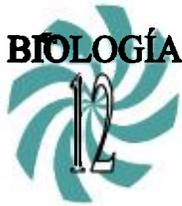
Wildi, W. 1983. La chaîne Tello-Rifaine (Algérie, Maroc., Tunisie): structure, stratigraphie et évolution du trias au Miocène. *Rev. Géol. Dyn. Geodr. Phys.*, Vol. 24, N° 3, pp. 201-297.

Woodside, J. M. & A. Maldonado. 1992. Styles of compressional neotectonics in the Eastern Alboran Sea, *Geo-Mar. Lett.*, 12, 111-116.

ACKNOWLEDGEMENTS

The digital data used in this study were recorded on the Regional Seismic Network of Andalucía (RSNA) managed by the Andalusian Institute of Geophysics (Granada, Spain). AIG is operated under financial support from the Junta de Andalucía. The Dirección General de Enseñanza Superior (DGES): project PB96-0139-C04-01-04 and the Dirección General de Investigación (MCyT): projects REN2000-1740-C05-03-04, supported this research.

Recibido junio de 2003, aceptado diciembre de 2003.



CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS ESTRATOS DE LA VEGETACIÓN DE LAS QUEBRADAS QUE FLUYEN HACIA EL RÍO CHIRIQUÍ (ÁREA DE TRANSVASE), PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Vielka Murillo G.

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

RESUMEN

El área correspondiente a las quebradas Zarciadero, Las Huacas, Zumbona, Pinola y La Tigra tienen un gran valor como superficie protectora de gran cantidad de agua, por consiguiente el trasvase de estas ayuda a garantizar un nivel óptimo de agua a el Lago Fortuna. La vegetación presente es muy diversa, por eso se dan a conocer las familias, especies y géneros representativos de ésta .

PALABRAS CLAVES

Fortuna, Bosque nuboso, rubiaceae, piperaceae, ericaceae, bioprospección, helechos arbóreos, dosel, estrato herbáceo.

ABSTRACT

The area corresponding to the Zarciadero, Las Huacas, Zumbona, Pinola and la Tigra watershed have a great value as surface protector of a enormous amount of water. Therefore they contribute to keep an optimal level at Fortuna Lake. The vegetation of this region is very diverse, and representative families and species of some of them are given in this article.

KEYWORDS

Fortuna, cloud forest, rubiaceae, piperaceae, ericaceae, bioprospection, herbaceous stratus.

INTRODUCCIÓN

Entre las quebradas que fluyen hacia el río Chiriquí tenemos: Quebradas Zarciadero, Las Huacas, Zumbona, Pinola y La Tigra. Las mismas suministran con el trasvase parte de su caudal, para garantizar un nivel óptimo de agua a el Lago Fortuna.

Según el mapa de vegetación de Panamá elaborado por el proyecto Corredor Biológico Mesoamericano, la zona se clasifica como Bosque Perennifolio Ombrofilo Tropical Submontano Montano (500-1000 m. Caribe, 1200-1800 m. Pacífico). Esta área forma parte de la Cordillera de Talamanca la cual se extiende desde Costa Rica hasta el oeste de Panamá. El tipo de bosque que encontramos en estas elevaciones, cuyo promedio es aproximadamente 1000 m. es el llamado Bosque Nuboso, debido a que con frecuencia las nubes cubren la vegetación.

El relieve de la Cordillera es muy abrupto, aunque en la cuenca del río Chiriquí se observan áreas de topografía ondulada.

La precipitación está entre un mínimo de 4000 mm, a las mayores elevaciones, hasta 7000 mm anuales para los lugares más húmedos y la temperatura oscila entre los 15.8°C y una mínima de 11°C. Esta media resulta bastante inferior al gradiente de descenso de temperatura por altitud que se calcula en unos 20°C promedio anual. Esta discrepancia se debe a los continuos vientos fuertes, húmedos y frescos. Los vientos son relativamente fuertes en toda el área.

A nivel del suelo, los vientos viajan consistentemente desde el Este, manifestándose como fuertes ráfagas. Estos vientos acarrear a menudo gotas de agua que comúnmente se les denomina bajareque. Además la influencia climática de transporte de humedad y reductor de temperatura, el viento tiene un efecto mecánico marcado sobre la cubierta vegetal, cuyas cúspides más altas de las montañas y laderas aparece densamente cubierta de árboles achaparrados y retorcidos; lo esperado en consecuencia, serán noches frías y neblinas frecuentes.

Debido al terreno empinado o escarpado y a la proximidad de la capa freática al suelo, el área tiene un gran valor como superficie protectora de gran cantidad de agua y en corrientes regularizadas en cantidad y calidad. Además es un refugio natural de una variadísima flora.

En el bosque natural que bordea las quebradas aún se conservan relictos de bosques primarios, altos con varios estratos, de los cuales el superior puede alcanzar un promedio de 40 m. de altura. Algunas de las especies arbóreas encontradas son : *Quercus* (mameicillo), *Persea* (aguacatillo), *Sapium caudatum* (olivo) *Hedyosmum bonplandianum*, *Oreomunnea mexicana* y otras.

Las familias Lauraceae y Fagaceae son características de altas elevaciones. La Lauraceae (*Persea sp.*) con su cáliz acrescente rojo es muy codiciada por las aves, mientras que la Fagaceae representada por el roble o mameicillo (*Quercus sp.*) es un grupo esencialmente del norte templado; con una o dos especies que llegan hasta Colombia y que en Panamá ha sido registrado solamente en los bosques nublados, a partir de los 1000m.s.n.m. (D' Arcy, 1987b). Esta especie fuertemente amenazada en su área de distribución debido a su gran valor maderable. En la familia Fabaceae o Leguminosae tenemos algunas especies del género *Inga* (guabita); su fruto es consumido tanto por humanos, primates y aves, su arilo blanco es dulce.

La familia Euphorbiaceae está representada por *Sapium caudatum* (olivo), árbol con presencia de látex en su corteza, utilizado para capturar aves, aunque su madera es blanda, se extrae para la elaboración de cajas para depositar tomates, cebollas y otras hortalizas. En la familia Moraceae se tiene, *Ficus pertusa*, *Ficus colubrinae*. árboles con gambas y un sistema radical adaptado a terrenos escarpados, los murciélagos se alimentan de sus frutos y dispersan sus semillas.

Estrato arbustivo y herbáceo

Existe un estrato arbustivo y otro herbáceo. El arbustivo comprende especies de la Familia Rubiaceae, Melastomataceae, Piperaceae, Ericaceae y Compositae. La gran representación en número de especies es de la Familia Rubiaceae, Compositae, Melastomataceae es importante, muy numerosas y distribuidas en toda la República, con una enorme cantidad de géneros y especies.

Según Dwyer (1980), la Rubiaceae es la familia más grande que existe en Panamá, muchas especies de esta familia son un gran recurso alimenticio para las aves ya que durante todo el año tienen floración y fructificación. El género *Psychotria* es muy abundante y representativo en este bosque, sus flores poseen néctar que algunos colibríes además

de otras aves visitan, por lo que están íntimamente relacionados en la polinización de éstas.

La Familia Piperaceae en este estrato esta muy bien representada, se encuentra en todo el país, sin embargo, alcanza una mayor variedad en este tipo de hábitat. En estudios de bioinstitrospección, se señalan que varias especies de esta familia poseen actividad biológica bacteriana y se han comprobado los principios activos medicinales de las mismas.

En el estrato arbustivo se contemplan arbustales y rastrojo en la que su altura media no sobrepasa los 5m. La composición florística de estos varía de acuerdo a la magnitud de la perturbación ocurrida y la superficie afectada.

Las perturbaciones naturales se consideran claves para mantener la diversidad de las selvas tropicales (Foster, 1990), sin embargo, las perturbaciones antrópicas interrumpen los ciclos normales de sucesión natural, pudiendo empobrecer la flora de regiones enteras (Whitmore, 1990). Estas perturbaciones casi siempre son más severas y persistentes que las naturales, de allí su impacto negativo sobre la diversidad de una región.

En la zona los arbustales y rastrojos están en áreas relativamente grandes, que fueron taladas para convertirlas en potreros o cultivos y luego abandonadas dando inicio al proceso de regeneración natural. En esta área la regeneración ha tardado aproximadamente 25 años. Sin embargo, es curioso observar en estos rastrojos la presencia de orquídeas del género *Sobralia spp.*, aliados de los helechos del género *Lycopodiella*, representantes de la familia Onagraceae, *Ludwigia peruviana*, Melastomataceae, *Miconia sp.*, al igual que representantes de la familia Piperaceae, Asteraceae.

Estas plantas crecen indistintamente en áreas abiertas y escarpadas, no poseen un sistema radical con estructuras propias del terreno, su presencia indica que son áreas drenadas o excesivamente drenadas, con requerimientos ambientales específicos.

Estrato herbáceo

El estrato incluye plantas que durante toda su vida permanecen herbáceas como especies de *Dieffenbachia*, *Anthurium*, *Heliconia*, las familias Melastomataceae, Malvaceae, Poaceae, Gesneriaceae, Rubiaceae, Ericaceae. Se presentan gran variedad de especies de

helechos de escasa altura al igual que palmas pequeñas de los géneros *Chamaedorea*, aliados de los helechos (*Selaginella*, *Lycopodiella*).

La familia Gesneriaceae muy representada en el estrato herbáceo, se encuentran ampliamente distribuidas en estas zonas de altitud. La presencia de especies epífitas y algunas terrestres de esta, también es característica de los lugares altos y húmedos.

Los helechos arbóreos son usuales, las especies *Alsophila cuspidata* y *Cyathea multiflora*. Lellinger (1989) indica que muchas especies de helechos (pteridofitas) están totalmente restringidas a ciertas elevaciones. En el caso de los helechos montanos (500-1500 msnm o más) están frecuentemente más restringidos en su distribución y muchos de ellos pueden ser endémicos.

Según Lellinger (1989), las áreas más ricas en helechos (pteridofitas) están ubicadas en sitios no perturbados entre las montañas que van desde la región central de Costa Rica hasta el Oeste de Panamá a más de 1000- 1500 m. de elevación. Los helechos arbóreos son relictos del Carbonífero (Período Jurásico) indicando que estos bosques aunque han tenido afecciones antrópicas mantienen parches o fragmentos que no han sido desequilibrados del todo.

La importancia económica de los helechos arbóreos radica en sus raíces, que son utilizadas para recubrir la base de los cestos y canastas donde se plantan las orquídeas; por lo que están desapareciendo rápidamente.

Varias especies de *Miconia*, árboles o arbustos (de la familia Melastomataceae) poseen un gran valor en la cultura indígena Ngobe Buglé, ya que de sus cortezas se obtienen pigmentos, colorantes o tintes para colorear las *chácaras* que estos elaboran.

Epífitas

Las epífitas son frecuentes en todos los estratos del bosque y se encuentran representadas por algunas familias de angiospermas tales como: Piperaceae, Bromeliaceae, Orchidaceae (muy abundantes), Araceae. Las trepadoras tanto herbáceas como leñosas son abundantes y se apoyan sobre los troncos y ramas para buscar las condiciones climáticas apropiadas para su buen desarrollo.

En el bosque primario contamos que existe una mayor cantidad de especies en floración y fructificación en los estratos inferiores que en los superiores. En los estratos inferiores en comparación con los siguientes además de que no existen especies caducifolias, existe la tendencia en muchas especies, a estar representado por un mayor número de individuos, quizás esto explique los estados de éstos.

Bosques paralelos a las quebradas

Algunas especies arbóreas características de los bosques paralelos a las quebradas: *Citharexylum sp.*, *Meliosma glabrata*, *Quercus sp.*, *Ocotea sp.*, *Hedyosmum bonplandianum*, *Calatola costarricensis*, *Billia columbianum*, *Siparuna pauciflora*, *Eugenia sp.* La altura de dosel y la estructural del bosque, al igual que las familias de las plantas más comunes y las especies dominantes en los diferentes estratos, corresponden en gran medida a las características de los bosques ubicados en alturas similares y condiciones ambientales parecidas (Kappelle, 1996).

Entre los rangos distintivos de este bosque está la dominancia en el dosel por mameicillo o roble de montaña (*Quercus sp.*, Familia Fagaceae) y la abundancia de árboles de Lauraceae (*Ocotea sp.*, *Nectandra sp.*, y *Persea sp.*). El roble de montaña pertenece a un grupo de plantas que en la parte panameña de la cordillera del Talamanca, sólo se encuentra en bosques localizados a más de 1000m.s.n.m. (D'Arcy, 1987; Gentry, 1985). También hay una cantidad de epífitas pertenecientes a las familias Orchidaceae, Araceae, Bromeliaceae, Cyclanthaceae y varias familias de helechos que son típicas de estos bosques, sobre todo los arbóreos que abundan en estos sitios.

El viento afecta la vegetación limitando el crecimiento de las plantas, principalmente de los árboles y las epífitas. Esto reduce la densidad de las plantas en el bosque, lo cual simplifica su estructura, resultando en un bosque con un estrato arbóreo más o menos definido.

Así como el viento ejerce presión en el crecimiento de la vegetación la altitud y el tipo de suelo del área, también son factores determinantes, que permiten que este bosque sea albergue de una gran cantidad de especies de plantas importantes por su rareza o poco conocidas, y de especies de plantas aún no descritas por la ciencia; las mismas, con requerimientos

ambientales específicos y cuyas poblaciones dependen de la conservación de este especial ecosistema para su supervivencia.

El endemismo en estas áreas no es alto, es importante reconocer que aún no son identificadas todas las plantas. En el área abundan los musgos, los líquenes. Por otro lado, hay una gran cantidad de orquídeas y de epífitas.

Las briofitas (plantas no vasculares) que incluyen musgos, hepáticas foliosas y talosas también son abundantes en el área y son indicadores de humedad, ya que permiten que en el bosque haya equilibrio hídrico al retener gran cantidad de agua lluvia, la que sueltan gradualmente evitando la erosión de los suelos y mantenimientos de una superficie húmeda favorable a desarrollo de otros organismos vegetales y animales asociados a ellas (relaciones de mutualismo); además son buenos bioindicadores de calidad ambiental: indicadores de contaminación del suelo, del agua y del aire.

El desarrollo de técnicas para obtener e identificar compuestos químicos ha permitido determinar algunas de las sustancias que contienen y que son biológicamente activas, con potencialidades químicas (particularmente las hepáticas) como pesticidas naturales, sustancias antisépticas y otras de importancia farmacológica.

Quizás cuando observamos los bosques nos recreamos la vista, pero no somos conscientes que dentro del conjunto de árboles se lleva a cabo una serie de relaciones tróficas, ecológicas necesarias e indispensables para que los seres humanos podamos obtener alimento, medicina, papel, barniz, colorantes, taninos, etc, en fin una serie de beneficios incalculables y es por eso que es necesario crear conciencia de que los bosques son una herencia que la naturaleza nos brinda de manera gratuita, pero que si no le correspondemos al uso y desarrollo sostenible, los ecosistemas se verán afectados y por consiguiente nuestra vida.

El valor forestal de los bosques de las áreas de las quebradas es bajo, debido a que en un tiempo las maderas de valor forestal fueron extraídas, tales como: caoba, cedro espino, cedro amargo, de hecho, en algunas fracciones del bosque se encuentran estas especies en una baja frecuencia y con diámetros de 1.80 cm, lo que indica que hubo mayor cantidad de estas en el pasado. Las maderas de los árboles propios de este tipo de bosque son maderas blandas por su afinidad a las especies provenientes del Hemisferio

Norte, además en los lugares donde la capa freática es muy próxima, las plantas desarrollan maderas blandas o de poco uso maderable y más todo artesanal, debido a que el tejido parenquimático es blando y esponjoso, esto permite que a las maderas las ataquen los hongos de manera casi natural. La baja durabilidad natural de la madera se debe a que estas maderas no contienen sustancias fenólicas, ni alcoholes naturales que permitan la preservación de la misma.

La importancia de estos bosques radica en que muchas de las especies vegetales presentes no se le conoce y se encuentran exclusivamente en esta región. En Panamá no se han hecho estudios de los polinizadores de cada especie vegetal, pero sin lugar a duda la relación planta-insecto es necesaria e indispensable para que en el bosque fluyan los eslabones biofisiológicos de nuestra vida: el ciclo del carbono, ciclo del agua, fotosíntesis, producción y liberación de oxígeno, esto en función de dinero representa millones de dólares y es un beneficio gratuito que nos ofrece el bosque. Otro aspecto que hay que valorar es que en estas regiones habitan pumas y lo que nos indica que son áreas de bosques pocos perturbados.

Es preciso señalar, que antes de que un bosque pretenda ser talado o intervenido de alguna manera; es necesario realizar una evaluación oportuna para determinar si es necesario talar o intervenir dicho bosque teniendo en cuenta los valores técnicos científicos y ambientales correspondientes y de tomarse la decisión de hacerlo; realizarse una planificación adecuada y efectiva para ello, ya que una vez los trasvases se realicen en nuestro caso, las especies vegetales y algunos fragmentos de bosque, jamás se podrán recuperar, si no se toman previsiones adecuadas en las especies antes señaladas.

A la naturaleza le ha tomado miles de años lograr el estado evolutivo de la flora actual; si valoramos en función del dinero también equivale a millones de dólares. Son millones de años en el que el bosque nos está proveyendo de agua, oxígeno, alimentos, (animal y vegetal), papel, etc. La bioprospección cada día descubre nuevos compuestos sosteniendo una vez más que las plantas alimentan, protegen y curan.



- | | |
|--|--|
| 1. Bc, <i>Billia columbianum</i> | 13. N, <i>Nectandra sp</i> |
| 2. C, <i>Clusia sp</i> | 14. O, <i>Ocotea sp</i> |
| 3. Cc, <i>Calatola costarricense</i> | 15. Oc, <i>Oreopanax capitatus</i> |
| 4. Cca, <i>Citharexylum caudatum</i> | 16. Om, <i>Oreomunnea mexicana</i> |
| 5. Cf, <i>Cedrela fissilis</i> | 17. Ov, <i>Oreopanax vestitus</i> |
| 6. Ct, <i>Cedrela tonduzii</i> | 18. P, <i>Persea sp</i> |
| 7. E, <i>Erythroxylum sp</i> | 19. Pm, <i>Psychotria macrophylla-</i> |
| 8. Ga, <i>Guatteria allenii</i> | 20. Qc, <i>Quercus sp,</i> |
| 9. Gc, <i>Guettarda crispiflora</i> | 21. Sc, <i>Sapium caudatum</i> |
| 10. Hb, <i>Hedyosmun bonplandianum</i> | 22. Sp, <i>Sideraxylum perssimile</i> |
| 11. L, <i>Licania sp</i> | 23. Sv, <i>Saurauia veraguasensi</i> |
| 12. Mg, <i>Metiosma glabrata</i> | 24. Vc, <i>Viburnum costaricanum</i> |

Fig. 1. Bosque Ombrófilo Latifoliado Sub Montano. Composición florística del área.

REFERENCIAS

- Adames, A. J. 1977. Evaluación ambiental y efectos del proyecto hidroeléctrico Fortuna: Informe final. *Revista Lotería* 254-256: 1-538.
- D'Arcy, W.G. 1987a. Flora of Panama: Checklist and Index. Part I: The introduction and checklist. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* Vol. 17: 1-325.
- D'Arcy, W.G. 1987b. Flora of Panama: Checklist and Index. Part II: index. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* Vol. 18: 1-670.
- Dwyer, J.D. 1980. Rubiaceae. *Ann. Missouri Bot. Gard* 67(2): 257-522.
- Foster, R.B. 1990. The floristic composition of the rio Manu floodplain forest. Pág. 99-111. In: Gentry, A.H. (ed.). *Four neotropical rainforests.* Yale University Press. New Haven. 627p.
- Gentry, A.H. 1985. Contrasting phytogeographic patterns of upland and lowland Panamanian plants. Pág. 147-160. In: D'Arcy, W. & M.D. Correa, (eds.). *The botany and natural history of Panama.* *Monogr. Syst.Bot.Missouri Bot. Gard.* Vol. 10 xxi + 445 p.
- Kappelle, M. 1996. Los bosques de roble (*Quercus*) de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Universidad de Ámsterdam-Instituto Nacional de Biodiversidad, San José, Costa Rica. Xvi + 319 p.
- Lellinger, D.B. 1989. The ferns and fernsallies of Costa Rica, Panamá, and Chocó. Part 1: Psilotaceae through Dicksoniaceae. *Pteridologia* 2A: 1-364.
- Whitmore, T.C. 1990. *An introduction to tropical rainforests.* Clarendon Press, Oxford, England. 226 p.

Recibido enero de 2004, aceptado enero de 2004.



¿TIENEN LAS PLANTAS MÁS COMPUESTOS BIOACTIVOS QUE LOS ANIMALES?

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

¹Julio E. Pérez, ²Juliana Mayz, ¹Carmen Alfonsi, ³Juan A. Gómez H.,
⁴Mauro Nirchio y ⁵Lorna Manzi

¹Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
e-mail: jeperezr@yahoo.com.

²Laboratorio de Rizobiología, Universidad de Oriente, Marurín, Venezuela.
e-mail: julianamayz@cantv.net.

³Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Panamá, Panamá.
e-mail: juanay@hotmail.com.

⁴Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela. e-mail: nirchio@cantv.net.

⁵Universidad Central de Venezuela, Escuela de Medicina, Facultad de Bioanálisis, Cátedra de Microbiología, Ciudad Universitaria, Caracas DF, Venezuela.
e-mail: lmanzi@medicina.ivic.ve.

RESUMEN

Se discute la presencia de compuestos bioactivos en plantas y animales, y su uso en el manejo de plagas y enfermedades, y en investigación. Se concluye que estos compuestos naturales, son más habituales en las plantas y en animales sésiles, especialmente invertebrados marinos, consecuencia de la inmovilidad y de la intensa competencia. Por otra parte, los productos naturales bioactivos, son más frecuentes en plantas e invertebrados marinos tropicales que en sus contrapartes de climas templados. Se discuten las causas de esta riqueza de metabolitos secundarios.

PALABRAS CLAVES

Biodiversidad, productos naturales, compuestos bioactivos.

ABSTRACT

The presence of bioactive compounds in plants and animals, and their use in the management of plagues and diseases, and in basic research are discussed. We concluded that this natural compounds, are more frequent in plants and in sessile animals, mainly marine invertebrates, as result of the immobility and the intensive competence. On the other hand, plants and marine invertebrates found in the tropics of the world have more biological compounds than their temperate counterparts. We discuss the causes of this richness of secondary metabolites in plants and marine invertebrates.

KEYWORDS

Biodiversity, natural products, bioactive compounds.

INTRODUCCIÓN

Es un hecho bien conocido que las plantas terrestres son proveedoras de una gran cantidad de compuestos naturales con potencial alelopático y son usadas en el manejo de plagas y enfermedades. La mayoría de las plantas han evolucionado defensas para minimizar el impacto negativo de otras especies de plantas, de herbívoros y patógenos, ya sea produciendo químicos, o estructuras que detengan el ataque enemigo.

Pero no solamente las plantas tienen estas propiedades. Así una revisión en la base de datos del "Institute for Scientific Information (ISI)" de 19 meses (marzo 2002 – septiembre 2003), señala 253 publicaciones con las palabras claves "Natural Products", de las cuales 102 corresponden a trabajos generales, metodológicos y síntesis de compuestos en plantas y animales terrestres y acuáticos. Descartando estas últimas, las 151 publicaciones restantes aluden a plantas terrestres en un 31.8% y a invertebrados marinos en un 31.1%. Las remanentes están referidas a bacterias, hongos y algas marinas (en un orden decreciente en el número de publicaciones), a peces (una) y a insectos (una). Es de resaltar que entre los invertebrados marinos, se destacan las esponjas; al respecto, Burns et al. (2003) señala que las esponjas producen el mayor número y la mayor diversidad de metabolitos secundarios novedosos, algunos de los cuales son empleados como defensa contra la predación.

Los productos naturales o metabolitos secundarios, ya sea de microbios, plantas u organismos marinos, son el resultado de presiones evolutivas para preservar y mejorar la vida de los organismos que las producen. Ellos han evolucionado productos complejos con bioactividades específicas (Kingston et al., 2002).

El objetivo del presente trabajo es analizar el porqué las plantas y algunos organismos marinos presentan un elevado número de compuestos bioactivos.

VALORANDO LA FLORA Y LA FAUNA

La flora y fauna contienen sustancias interesantes que constituyen sus defensas contra diferentes agentes del medio. Estas defensas químicas en las plantas incluyen:

- a. Metabolitos secundarios de bajo peso molecular producidos por las vías del acetato y del ácido siquímico, metabólicamente activos y liberados al ambiente a través de volatilización, lavado, exudación o descomposición; los cuales pueden actuar como aleloquímicos, inhibiendo la germinación y el crecimiento de otras plantas, como atrayentes de insectos para la polinización y dispersión de las semillas y como defensa contra microbios, insectos y herbívoros (Mattner, 2001; Stepp & Moerman, 2001).
- b. Compuestos de elevado peso molecular metabólicamente no activos, como los taninos y ligninas, cuya función es disminuir la digestibilidad, pero no actúan como toxinas biológicas (Stepp & Moermann, 2001). Se calcula que en las plantas, el número de compuestos químicos podría sobrepasar el millón, de los cuales se han identificado unos 10.000. Entre los compuestos pueden citarse: terpenos, cianidas, ésteres de isocianato, derivados de purina, esteroides, alcaloides, soralenos, fenoles y taninos (Coley & Barone, 1996).

Se estima que un tercio de la producción agrícola mundial es destruida en el campo o durante el almacenamiento por unas 20.000 especies de plagas. Los pesticidas sintéticos son ampliamente usados debido a su efectividad, larga vida media y facilidad de transporte, almacenamiento y aplicación. Sin embargo, ellos causan serios problemas; entre los que se pueden mencionar: toxicidad (se consideran unos tres millones de casos anuales por envenenamiento,

20.000 de los cuales son fatales); contaminación del suelo, agua y aire; daños a la salud de seres humanos y ganado; y desarrollo de resistencia y resurgimiento de las plagas, que han ocasionado la aplicación de mayores y repetidas dosis (Thioxazo Biotech Lab., 2003). Estos problemas han incrementado el interés por los pesticidas naturales o botánicos.

Los pesticidas obtenidos de las plantas tienen un amplio espectro de actividad, son seguros, relativamente específicos en su modo de acción, sencillos de procesar y usar, y son fácilmente producidos por los agricultores y pequeños industriales. Al menos 2.000 especies de plantas tienen compuestos con actividad pesticida, cuya acción se manifiesta a través de diferentes mecanismos: repelente, antialimentario, inhibidor de las hormonas del crecimiento, de la función reproductora y de la ovoposición (Panella, 1996; Thioxazo Biotech Lab., 2003). Algunas de importancia se aluden a continuación:

- **Neem (*Azadirachta indica*).** El compuesto más activo es la azadiractina (AZA), un triterpeno que se presenta en las semillas, sus cáscaras o el aceite obtenido de éstas, el cual ha sido tradicionalmente extraído en agua o alcohol. La azadiractina ha mostrado efectos tóxicos significativos sobre plagas agrícolas y artrópodos médicamente importantes, es deletérea para insectos holometábolos y hemimetábolos entre las que se encuentran las especies de zancudos *Aedes aegypti*, *A. togoi*, *Anopheles stephensi*, *Culex pipiens*, *C. quinquefasciatus*, productoras de las plagas humanas: dengue, malaria y fiebre amarilla. Entre los efectos de la azadiractina sobre los insectos se citan: antialimentario, inhibidor de las hormonas del crecimiento, de la función reproductora y de la ovoposición. Además se ha mostrado su efectividad como nematocida y fungicida. No se conocen efectos tóxicos de la azadiractina sobre mamíferos o pájaros, ni los estudios de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos ha podido establecer la LD_{50} *, aún con dosis elevadas (Shumutterer, 1990; Panella, 1996; Rahman, 2002).

* LD_{50} : cantidad de material sólido o líquido en una dosis, para matar 50% de los animales de ensayo.

- Mata ratón (*Gliricidia sepium*). En América Latina, este árbol es muy usado por los ganaderos como cercas vivas. Tradicionalmente es empleado como repelente de insectos en ganado; para tal fin, las hojas son maceradas y combinadas con agua, cuya pasta resultante es utilizada para bañar los animales. También ha sido usado como fungicida en plantas, animales y humanos. Sus propiedades son atribuidas a los compuestos químicos: taninos, medicarpina, afrormosina y algunas isoflavinas. La LD₅₀ en ratas para los extractos de mata ratón es de 454µg.ml⁻¹ (Cornell University, 2001).
- Derris, Rotenona (*Derris* spp.), Ahipa (*Pachyrhizus ahipa*). En estas especies el compuesto activo como pesticida es rotenona; en derris, está presente en las raíces de la planta y en ahipa, en las semillas. Tradicionalmente, se ha usado el extracto crudo en agua o el polvo de las raíces de derris, y en el caso de ahipa, se ha utilizado el extracto crudo de las semillas. Actualmente, existen varios productos comerciales que contienen rotenona. Esta es tóxica para un gran rango de pestes humanas, de animales domesticados y de cultivos agrícolas. La rotenona es biodegradable, descomponiéndose en pocos días e indicada como no tóxica para los humanos; sin embargo, se reporta para ella un LD₅₀ (en ratas) de 39 mgKg⁻¹ de peso, lo cual significa que es un compuesto venenoso; como tal ha sido usado para la pesca por algunas etnias indígenas (Grau, 1997; Sorensen et al., 1997; Burlace, 2002; De Jesús, 2002).
- Piretrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium*, *C. coccineum*). Los compuestos activos presentes en las flores secas de estas plantas son piretrinas. Tradicionalmente las flores son maceradas hasta polvo, el cual puede ser usado directamente o disuelto en agua. Las piretrinas producen la paralización instantánea de la mayoría de las especies de insectos, no es tóxica para humanos, ni para los animales de sangre caliente; además, se descompone fácilmente en presencia de luz solar, como también en medios ácidos o alcalinos. Es considerada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) como el insecticida más seguro de usar sobre plantas alimenticias. Sin embargo, puede producir reacciones alérgicas, dolor de cabeza, descoordinación, náuseas y diarrea en adultos, y envenenamiento severo en infantes, por su incapacidad de metabolizar eficientemente las piretrinas. La dosis oral letal mínima para niños es de 750 mgkg⁻¹ y para adultos de 1000 mgkg⁻¹. La LD₅₀

oral para ratas oscila de 200 mgKg^{-1} a 2.600 mgKg^{-1} , cuya variabilidad es debida a los constituyentes de la fórmula probada. Comercialmente, se encuentran disponibles en varios insecticidas sintéticos: piretroides. (Long, 1999; Eyhorn et al., 2002; Galiano, 2003; Zhongzhi Biotech, 2003).

- Melocotón (*Prunus persica*). Este es un caso digno de mencionarse por su implicación mundial. De las semillas de esta planta se extrae un compuesto: benzaldehído, líquido aromático incoloro y no tóxico, usado tradicionalmente en perfumes, para dar sabor y en colorantes, el cual ha mostrado propiedades similares al bromuro de metilo (BM), del que podría ser el sustituto. Al nivel mundial, el BM, es crítico para la agricultura, es usado como desinfectante agrícola con propiedades de biocida total, protector durante el almacenamiento postcosecha y para el control de plagas en más de cien cultivos. El desinfectante que escapa del suelo hacia la atmósfera causa agotamiento y destrucción de la capa de ozono; por ello se constituyó en el seno de las Naciones Unidas el Protocolo de Montreal, que prevé su próxima eliminación; además, se formó el Comité de Alternativas Técnicas al BM para orientar a los agricultores sobre soluciones viables que sustituyan el uso del mismo. De hecho el Reglamento CE N°. 2037/2000 del 29 de junio del 2000 fija la prohibición de producción y uso del bromuro de metilo en todo el territorio de la Unión Europea al 31 de diciembre del 2004. En Estados Unidos, bajo el Acta de Aire Limpio (U.S Clean Air Act, por sus siglas en inglés), la producción e importación de BM estará prohibida para el 2005. Charles Wilson, fitopatólogo de una Estación de Investigación Agrícola en Estados Unidos (ARS Appalachian Fruit Research Station in Kearneysville, West Virginia) señala “Puesto que es barato, fácilmente biodegradable y se descompone en productos que no son dañinos a los humanos, animales o al ambiente, el benzaldehído podría ser una alternativa deseable al bromuro de metilo como desinfectante del suelo” (Wilson, 1998; López et al., 2001, Melgarejo et al., 2001).

Los compuestos bioactivos derivados de las plantas, además de su empleo en la agricultura, también, son utilizados en medicina humana y animal. El interés por las plantas medicinales, sus extractos crudos o ingredientes activos ha resurgido en años recientes en todo el mundo debido al limitado horizonte de los productos farmacéuticos sintéticos

para controlar las principales enfermedades, y a la necesidad de descubrir nuevas moléculas base para la síntesis de compuestos bioactivos. El redescubrimiento de las virtudes de las plantas medicinales es particularmente evidente a nivel mundial por el incremento de las publicaciones en esta materia y a la gran venta de medicamentos vegetales.

También en las plantas acuáticas se ha encontrado una serie de compuestos con actividad biológica, al parecer influenciados entre otros factores por la presencia de predadores, e infección por parásitos.

A continuación se citan algunas algas marinas, de las cuales se han aislado compuestos con actividad biológica (Jerez, 1998):

- *Plocamium*. Alga roja recolectada en las costas de Chile, de la cual se ha aislado una serie de sustancias polihalogenadas (alto grado de incorporación de cloro y bromo en la molécula), con propiedades antimicrobianas, comparables a las del antibiótico eritromicina, utilizado como referencia en los análisis de actividad biológica.
- *Laurencia*. Alga roja colectada en la Isla de Pascua, de la cual se han obtenido productos halogenados con propiedad insecticida.
- *Delisea*. Alga roja antártica, de la cual se han aislado productos con actividad antimicrobiana, con los cuales evita el asentamiento en sus filidios de organismos patógenos invasores.
- *Sargassum*, *Cystoseira*, *Taonia* y *Desmarestia*. Algas pardas, de las cuales se han obtenido compuestos con una relación estructural próxima a la vitamina E, con actividad fitotóxica en cultivos de células (linfocitos P-388) de leucemias.

Se reportan más de cien compuestos bioactivos provenientes de algas microscópicas, principalmente del grupo de las cianobacterias. Entre estos, terpenoides, compuestos de biogénesis mixta y compuestos variados, cuyas actividades incluyen propiedades farmacológicas (citotóxicos contra células tumorales, antimicrobianos, antivirales, etc.), y propiedades de significación ecológica o agronómica (actividad

antialimentaria contra predadores marinos, fungicida o insecticida). Entre otros se pueden mencionar: metilicaconitina, insecticida aislado de *Delphinium*; beta-caroteno, sustancia ampliamente demostrada como protectora contra cáncer cuando es consumida a través de la fuente natural, aislada principalmente de *Dunaliella*, *Chlorella* y *Spirulina*; laxaficina, antimicótico aislado de *Anabaena laxa*; cianovirina-n, antiviral aislado de *Nostoc ellipsosporum*, con propiedades contra el virus de inmunodeficiencia de humanos (HIV), simios (SIV) y felinos (FIV); calcio-espírulano, aislado de *spirulina platensis* ha mostrado actividad antiviral contra herpes simplex virus tipo I, citomegalovirus humano, virus del sarampión, virus de la parotiditis y virus de la influenza A (Tringali, 1997, Gandhi et al., 2000; Brimble, 2001).

Algunos compuestos producidos por microalgas han servido en estudios médicos y han permitido la comprensión de ciertos mecanismos de acción. Como ejemplo cabe mencionar, la saxitoxina, y la tetradotoxina, elaboradas por dinoflagelados y que provocan el envenenamiento paralítico, son utilizadas en los estudios neurofisiológicos y neurofarmacológicos y han permitido entender el papel de los canales de sodio y la fisiología del potencial de acción en los nervios (Carte, 1996; Prangishvili, 2000).

Además de las algas, actualmente existe un enorme interés en la obtención de productos naturales de organismos acuáticos, especialmente marinos, que tengan alguna propiedad farmacológica, biológica o industrial. Estos organismos por vivir en un ambiente diferente, han desarrollado compuestos, algunos para su defensa, que actúan por mecanismos distintos de los conocidos en organismos terrestres. Un gran número de estos compuestos han sido obtenidos de tunicados, esponjas, moluscos, octocorales y poliquetos, entre otros. La naturaleza sésil de muchos organismos marinos ha evolucionado un repertorio único de químicos, usados para la defensa, como también para la comunicación y la reproducción. Es una verdadera jungla la que existe en el mar, y una fuerte competencia entre fila y entre especies, ha producido algunos compuestos muy interesantes, compuestos únicos con estructuras moleculares únicas, lo que se necesita para el descubrimiento de nuevas drogas y nuevas estructuras químicas biológicamente activas (Rayl, 1999).

DISCUSIÓN

Agreguemos que los organismos que presentan estos compuestos son más frecuentes en la zona tropical del planeta.

Un análisis de los organismos que contienen sustancias bioactivas, estudiados hasta ahora, revela que, en su mayoría corresponden a organismos sin capacidad de movimiento o con movimiento muy limitado. Estos organismos, ante la imposibilidad de escapar han desarrollado compuestos químicos de protección que les permiten establecer estrategias de defensa y poder competir con otras especies. (Pérez, 1993; Anke & Sterner, 1997; Tringali, 1997; Stepp & Moermann, 2001). En contraste, los animales con mayor facultad de movimiento son capaces de buscar nuevos ambientes, que les permitan huir del enemigo y hasta de ubicar plantas para ellos medicinales, para la cura de ciertas enfermedades. Como ejemplos se citan los casos de gorilas y chimpancés, reportados por Engel et al. (2002): Los gorilas en cautiverio sufren shigelosis severa, la cual puede conducir a una artritis reactiva o a la enfermedad de Chrons; en libertad la afección es prevenida por el consumo de frutos de *Aframorum* (planta relativa del jengibre), la cual es un potente antimicrobiano. Los chimpancés, al comienzo de la estación lluviosa en Tanzania sufren de infestación por nematodos, cuando ésta se agrava, los animales enfermos chupan sólo la médula, no las restantes partes, de una de las plantas más tóxicas del ambiente: *Vernonia amygdalina*; conducta que no es seguida por los animales sanos. Esta planta es usada por la gente de la localidad para tratar malaria, shistosomiasis, disenteria amibiana y otros parásitos intestinales.

En la vida inmóvil y la competitividad natural que se produce en el ambiente, que requieren la producción de compuestos defensivos, he allí las causas de la gran producción de compuestos químicos bioactivos tanto en plantas como en animales sésiles. Incluso estos últimos son capaces hasta de defender el hospedero que les da protección, tal es el caso de algunas esponjas, cuyos metabolitos biológicamente activos, son producidos por los microorganismos simbiotes.

Otro factor que ha motorizado la creación de compuesto bioactivos, ha sido la competencia interespecifica. Así en las selvas tropicales, en las

cuales se estima que viven dos tercios de las especies vegetales, existe una fuerte competencia, lo cual está acompañada por una gran producción de compuestos bioactivos. La diversidad de formas que subsiste en estos ambientes es mucho mayor que en los ambientes templados. Las mejores condiciones de temperatura y humedad han favorecido la existencia y el sustento de un significativo número de especies, cada una de las cuales ocupa un espacio definido, por lo que la competencia biológica es intensa (Rodríguez & West, 1995). Estas plantas son extremadamente más ricas que las plantas de climas templados en compuestos químicos con valor potencial como fármacos activos; es decir, la biodiversidad de especies vegetales en los bosques tropicales, acoplada a la diversidad química encontrada en cada especie sustentarían las bases de la profunda competencia en estos bosques, inhibiendo así a cualquier competidor, parásito, o herbívoro. Estos mismos compuestos bioactivos suministrarían la comprensión química que se necesita para proyectar tratamientos para las plagas modernas (Rodríguez & West, 1995; Coley & Barone, 1996). Por otra parte, en la actualidad, la mayor parte de la investigación de productos naturales de origen marino se centran sobre invertebrados y algas de aguas cálidas.

Se cree que la competencia por alimento y espacio en estas regiones ha conducido a una extensa especiación y al desarrollo de mecanismos de defensa; lo cual a su vez, constituye un rico material para las compañías biotecnológicas (Burns et al., 2003).

Como lo señala Cordell (2000), la producción de metabolitos secundarios no es al azar y está correlacionada con el nicho ecológico. De tal manera que los investigadores de productos naturales intentan aislar organismos de hábitats que no han sido investigados en profundidad, lo que sugiere una alternativa para la búsqueda de metabolitos activos, basándose en una aproximación ecológica. A nivel mundial se encuentran en curso investigaciones tendientes a estudiar organismos marinos de hábitats peculiares, ya sea de temperatura extrema, ausencia de luz o elevadas presiones. Así, lugares como la Antártica, fuentes termales y los grandes bancos del Atlántico Norte son actualmente explorados por grandes compañías biotecnológicas. RAFI (1996) señala que en los Estados Unidos para apoyar la investigación biotecnológica marina, el Departamento de Comercio creó el "Sea Grant Program", y un esfuerzo aún más

ambicioso fue instaurado en Japón, donde el Instituto de Biotecnología Marina ha reunido a 24 compañías grandes con presupuesto y embarcación propios que buscan nuevas drogas y compuestos químicos útiles al hombre.

Los organismos marinos, especialmente aquellos de las zonas tropicales, viven, crecen y se desarrollan en un ambiente altamente competitivo, agresivo y por lo tanto exigente. Para crecer en este ambiente, necesitan fabricar proteínas aptas para reconocer y captar micronutrientes, que existen en cantidades extremadamente bajas en el ambiente. Para sobrevivir, deben fabricar proteínas que, comparadas con proteínas similares de organismos terrestres altamente evolucionados, pueden ser más potentes en reconocer y eliminar invasores extraños (Sharma & Sahni, 1993).

No podemos dejar a un lado el aporte de los microorganismos en la producción de compuestos bioactivos útiles y como base de la biotecnología. En este contexto se han evaluado microorganismos, se han aislado y caracterizado química y biológicamente metabolitos secundarios y se ha estudiado el papel que éstos juegan en el control de enfermedades y en las respuestas de defensa. Se han aislado numerosos compuestos con actividad biológica, entre los que se incluyen: antibióticos, inhibidores enzimáticos, agentes farmacológicos e inmunológicamente activos, toxinas, pesticidas, herbicidas, antiparasitarios, sinérgicos, hormonas, factores de crecimiento, ionóforos, antioxidantes, biosurfactantes y radioprotectores, que han servido de sustento a la industria agrícola, farmacológica y biotecnológica. Son de gran interés los microorganismos de ambientes extremos (extremófilos), pues podrían dar respuesta a problemas ambientales. Pray (2003) señala “conocer los dispositivos genéticos usados por la bacteria *Deinococcus radiodurans* para resistir la radiación extrema, podría generar medios para limpiar el suelo y las fuentes de agua de los desechos radioactivos generados por la Guerra Fría. La limpieza convencional cuesta cientos de billones de dólares”.

El reporte de la Sociedad Americana de Microbiología de 1997 (Yung, 1997), señala que menos del 1% de las especies bacterianas y menos del 5% de las especies de hongos son conocidas y que millones de especies microbianas permanecen desconocidas, por lo que es grande el potencial de los microorganismos como proveedores de compuestos

bioactivos útiles. Se espera que los microbiólogos con las nuevas técnicas de caracterización y secuenciación genómica, lleguen a saber más de la variabilidad microbiana, lo cual proporcionaría mayor conocimiento tanto de la diversidad biológica como de la diversidad metabólica, a los fines de proporcionar compuestos nuevos con potencial terapéutico o agropecuario.

Es de importancia para el futuro tener en cuenta que es tal la riqueza de compuestos biológicos en los organismos que muchas compañías farmacéuticas internacionales hacen intentos de apoderarse de estos valiosos recursos genéticos; es muchos casos han tenido éxito. Numerosos hurtos de recursos genéticos han sido analizados en detalle por Mayz & Pérez (2001) en el caso de las plantas, por Pérez et al. (2001) en humanos y por Pérez et al. (2002) en organismos marinos. A continuación se hace referencia a algunos casos de biopiratería de microorganismos:

- La compañía farmacéutica Merck ha patentado de muestras de suelo de nueve países, suministradas por la Colección Americana de Cultivos Tipo (ATCC, por sus siglas en inglés) una bacteria del Monte Kilimanjaro en Africa; un hongo mexicano útil en la preparación de hormonas masculinas; un hongo encontrado en Namibia, de uso potencial para el tratamiento de la depresión maniaca; una bacteria de la India que sirve como agente fungicida y una bacteria de suelos venezolanos, patentada para usarla en la producción de antibióticos (Kimbrell, 1999).
- La farmacéutica Pfizer, también ha usado muestras de la ATCC, y ha patentado hongos que producen esteroides (Mooney, 1996).
- La compañía Lilly, en muestras de suelos provenientes de Filipinas y cedidas por la ATCC, descubrió el poderoso y muy usado antibiótico Eritromicina, negándose a compartir los inmensos beneficios económicos con ese país (Mooney, 1996).
- La Bristol-Meyers, patentó de una muestra de suelo de Brasil depositada en la ATCC, una bacteria para la producción de hidamicina (RAFI, 1996).

- AgrEvo, la quinta compañía agroquímica del mundo patentó una cepa de *Streptomyces viridochromogens*, aislada de una muestra de suelo de Camerún, para usar sus genes a fin de impartir tolerancia a herbicidas (RAFI, 1996).
- La Universidad de Florida, patentó un hongo letal a un tipo de hormiga que puede causar enormes daños a las cosechas en Estados Unidos. Ni la aplicación de la patente, ni el registro de la ATCC mencionan que el hongo fue entregado a investigadores americanos por brasileños (RAFI, 1996).

Existen muchos más casos de biopiratería pero no es posible mencionarlos todos; sin embargo los nombrados sirven de alerta a la comunidad científica, en particular del país. En Venezuela se han adelantado acciones en contra de la biopiratería; así, se cuenta con la Ley de Diversidad Biológica y con la Comisión de Bioética y Bioseguridad del FONACIT y el Código de Ética y Bioseguridad respectivo.

Se considera que la gran diversidad de compuestos es el resultado de la co-evolución de cientos de miles de especies de plantas con otras y con un aún mayor número de microorganismos y animales (Duke, 1990).

Debido a que los animales marinos y las plantas que operan como hospederos están continuamente expuestos a una gran diversidad de organismos potencialmente dañinos, parece razonable suponer que estos produzcan compuestos bioactivos para detener el ataque. Sin embargo, poco se conoce acerca de cómo los metabolitos de los hospederos pueden defenderlos o cómo facilitan el crecimiento de los simbiontes colaboradores y la colonización. Mientras que hay numerosos trabajos que describen las actividades antimicrobianas de metabolitos secundarios marinos, apenas estamos comenzando a comprender como estos compuestos funcionan en un contexto ecológico (Engel et al., 2002).

Finalmente, respondiendo al objetivo que sirve de título al presente artículo, podemos afirmar que las plantas y los animales de nula o escasa movilidad presentan más compuestos bioactivos, que aquellos cuya movilidad les permite escapar de los predadores y/o de las plagas.

REFERENCIAS

- Anke, H. & O. Sterner. 1997. Nematicidal metabolites from higherfungi. *Current Organic Chemistry*. 1:395-414.
- Brimble, M. A. 2001. The synthesis of potential chemotherapeutic agents based on leads from nature. *FACS Newsletter* 2. www.facs-as.org.
- Burlace, M. 2002. Derris. www.organicexchange.com.au/home.
- Burns, E., I. Ifrach, S. Carmeli, J.R. Pawlik, & M. Illan. 2003. Comparison of anti-predatory defenses of Red Sea and Caribbean sponges. I. Chemical defense. *Marine Ecology Progress Series* 252: 105-114.
- Carte, B. K. 1996. The biomedical potential of marine products. *BioScience* 46:271-286.
- Coley, P. D. & J. A. Barone. 1996. Herbivory and plant defenses. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 27:305-355.
- Cordell, G. A. 2000. Biodiversity and drug discovery-a symbiotic relationship. *Phytochem.* 55: 463-480.
- Cornell University. 2001. Treating livestock with medicinal plants: Beneficial or toxic?. *Gliricidia sepium*. www.ansci.cornell.edu/plants/medicinal/gliricid.html.
- De Jesús, N. 2002. Reviving the derris production industry. *Home Life* at 48. www.stpauls.ph/homelife/january%20practical%20lifestyle.htm.
- Duke, S.O. 1990. Natural pesticides from plants. *In* *Advances in New Crop*. Janick, J and Simon, J.E. (eds.). Timber Press, Portland, OR. Pp. 511-517.
- Engel, S., Jensen, P.R. and Fenical, W. 2002. Chemical ecology of marine microbial defense. *Journal of Chemical Ecology* 28: 1971-1985.
- Eyhorn, F., M. Heeb & G. Weidmann. 2002. Natural Pesticides. *In* *IFOAM Training Manual for Organic Agriculture in the Tropics*. FiBL, Switzerland. pp. 152-156.

- Galiano, A. 2003. Natural chemistry. www.pets.zezenetwork.com.
- Gandhi, M. J., M. R. Boyd, G. G. Yang & G. N. Vyas. 2000. Properties of cyanovirin-N (CV-N): Inactivation of HIV-1 by sessile cyanovirin-N (SCV-N). *Dev. Biol.* 102:141-148.
- Grau, A. 1997. Ahipa, la legumbre tuberosa de los Andes. *Ciencia Hoy*. Vol. 7, Nº. 42, Set/Oct 1997. 3p.
- Jerez, J. D. 1998. La biodiversidad de las algas marinas como fuente de interés farmacológico. *Medio Ambiente Canarias*. 9:24.
- Kimbrell, A. 1999. Seeds of conflict. *The Ecologist* 29:249-250.
- Kingston, D.G.I. & D.J. Newman. 2002. Mother nature's combination libraries, their influence on the synthesis of drugs. *Current Opinion in Drug Discovery & Development* 5: 304-316.
- Long, W. 1999. Bioengineering of a safe organic/chemical insecticide. NIST Special Publication 950-1. pp. 81-85.
- López, J. M., F. Romero, F. Montes, J. J. Medina, L. Miranda, B. De Los Santos, J. M. Vega, J. I. Páez, & F. Dominguez. 2001. El problema de la prohibición del bromuro de metilo como desinfectante de suelos agrícolas. Resultados sobre algunas alternativas para el cultivo de la fresa. *Terralia*. 19:33.
- Mattner, S. W. 2001. The role of allelopathy in the control of soilborne diseases. *Proceedings 2nd Australasian Soilborne Disease Symposium*. 5-8 march. Lorne, Victoria, Australia. 3p.
- Mayz, J. & J.E. Pérez. 2001. Biopiratería en plantas. *Agron. Trop.* 5: 5-28.
- Melgarejo, P., A. De Cal, T. Saito, M. L. Martínez, A. Martínez, E. Bardón, J. Palacios, M. Becerril, J. J. Medina, L. Clavero, J. Gálvez & J. M. López. 2001. El problema de la prohibición del bromuro de metilo como fumigante de suelos agrícolas. Resultados sobre algunas alternativas para viveros de fresa en España. *Terralia*. 20:20.

- Mooney, P. R. 1996. Parts of life: Agricultural biodiversity, indigenous knowledge and the role of the third system. *Development Dialogue* 1-2:1-184.
- Panella, N. 1996. Recent developments in plant-derived compounds for pest management. <http://www.plbio.kvl/velacoj3/aos.html>.
- Pérez, J.E. 1993. La conservación de los recursos genéticos de organismos acuáticos. *Interciencia* 18: 190-194.
- Pérez, J. E., I. V. Manzi & J. Mayz. 2001. El hurto de recursos genéticos en humanos. *Archivos del Hospital Vargas* 43:7-18.
- Pérez, J. E., C. Alfonsi & M. Nirchio. 2002. Biopiratería en organismos marinos. *Saber* 14:10-14.
- Prangishvili, D., I. Holz & E. Stieger, et al. 2000. Sulfolobocins, specific proteinaceous toxins produced by strains of the extremophilic archaeal genus *Sulfolobus*. *J. Bacteriol.* 182:2985-2988.
- Pray, L. 2003. Microbes rules. With a few genomes completed, some foresee a better world with bacteria. *The Scientist* 17:25-26.
- Rural Advancement Foundation International (RAFI). 1996. Biopiracy update : U. S. patents claim exclusive monopoly control of food crop, medicinal plants, soil microbes and traditional knowledge from the south. www.rafi.org.
- Rahman, A. 2002. Nee: The wonder tree. www.neemwell.com.
- Rayl, A.J.S. 1999. Oceans: medicine chests of the future?. *The Scientist* 13: 1.
- Rodríguez, E. & J. E. West. 1995. International research on biomedicines from the tropical rain forest. *Interciencia* 20: 140-143.
- Sharma, G.M. & M.K. Sahni. 1993. Marine proteins in clinical chemistry. *Marine Biotechnology*, Vol. 1: Pharmaceutical and Bioactive Natural Products. (Ed. D.H. Attaway & O.R. Zaborsky) Plenum Press, New York, USA.

Shumutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem seed kernel extracts in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. Proc. 3rd Int. Neem Conf., Nairobi. p. 351.

Sorensen, M., W. J. Grüneberg & Bo. Ørting, 1997. Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodo). In Andean Roots and Tubers. Ahipa, Arracacha, Maca y Yacon. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected crops. Hermann, M. & J. Heller, (eds.). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 256 p.

Stepp, J. R. & D. E. Moerman, 2001. The importance of weeds in ethnopharmacology. J. Ethnobotany 75:19-21.

Thioxazo Biotech Laboratories (Pvt) Ltd. 2003. Biopesticides - Neem and other botanicals. News Letters on Natural Products of Current Interest. www.Thioxazobiotechlab.com.

Tringali, C. 1997. Bioactive metabolites from marine algae. Recent results. Current Organic Chemistry. 1:375-394.

Wilson, C. 1998. Natural plant extracts might sub for methyl bromide. Agri. Res. Magazine. 47:14-15.

Yung, P. 1997. The microbial world: Foundation of the world. ASM News 63:417-421.

Zhongzhi Biotech Development Co. 2003. Pyrethrins and pyrethroids. www.zhongzhibiotech.com.

Recibido octubre de 2003, aceptado enero de 2004.



AVES MIGRATORIAS, SUS ACTIVIDADES Y DISTRIBUCIÓN EN UN ÁRBOL DE COROTÚ, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., EN LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Victor H. Tejera N (1). y Sandra L. Campines A (2).

Museo de Vertebrados, Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá. Apartado 6-2842, El Dorado, Panamá-Panamá.

e-mail: (1) museover@ancon.up.ac.pa, (2) slc297@hotmail.com

RESUMEN

Se realizaron observaciones en un árbol de corotú (*Enterolobium cyclocarpum*) desde abril hasta septiembre del 2000 en la Universidad de Panamá, para determinar las aves migratorias relacionadas con el árbol y cómo estuvieron distribuidas en sus diferentes secciones o estratos: suelo, raíces, tronco, ramas, hojas, flores y frutos. En toda la planta detectamos dieciséis especies, siete familias y dos órdenes. Ninguna especie utilizó todos los estratos y ningún estrato tuvo todas las especies. Los más explotados fueron las ramas y las hojas, mientras que las raíces, tronco y frutos fueron los menos utilizados. La alimentación fue la actividad más frecuente, y los insectos el principal alimento. Las aves migratorias que subsisten apoyadas por *E. cyclocarpum* pueden contribuir al control de sus poblaciones de insectos y a la polinización. La mayor cantidad de especies y visitas fue observada durante la floración.

PALABRAS CLAVES

Corotú, *Enterolobium cyclocarpum*, aves migratorias, estratos, etapa de floración, etapa sin flores.

ABSTRACT

A corotú tree (*Enterolobium cyclocarpum*) was observed from April to September, 2000, at the University of Panama in order to determine the migrant birds related with the tree and how they were distributed in its different sections or strata: ground level, roots, trunk, branches, leaves, flowers and fruits. We detected sixteen species,

seven families and two orders in the total plant. No species used all strata, and no stratus had all species. The most exploited strata were branches and leaves, while roots, trunk and fruits were the less used. Feeding was the most frequent activity, and insects were the main food. Migrant birds that subsist supported by *E. cyclocarpum* can contribute to the control of its insect populations and pollination. The biggest quantity in species and visits were observed when the tree was flourished.

KEYWORDS

Corotú, *Enterolobium cyclocarpum*, migrant birds, strata, stage with flowers, stage without flowers.

INTRODUCCIÓN

La flora neotropical constituye una fuente importante de recursos para las aves migratorias. Muchas de ellas se alimentan directamente de la vegetación, como *Vermivora peregrina* al consumir frutos de *Cecropia* (Skutch, 1950), mientras que otras obtienen insectos y otros invertebrados dependientes de especies vegetales (Post, 1978).

Panamá recibe anualmente una población de aves migratorias estimada en 122 especies (Ridgely & Gwynne, 1989), 39 de las cuales han sido reportadas en la Universidad de Panamá (Tejera et al., 1996), relacionándose con las aves locales y con la flora del lugar. Como parte de esta flora figura *Enterolobium cyclocarpum*, que ha sido una de las plantas más importantes en cuanto a cantidad de especies relacionadas (Tejera et al., 1998). Sólo en su etapa de floración este árbol ha recibido 50 especies, 15 de las cuales son migratorias (Tejera & Campines, 2000 a y b). Con la presente investigación esperamos determinar las especies migratorias relacionadas con el árbol en un periodo de seis meses, el uso dado a los estratos, la distribución de las aves en cada uno de ellos y su presencia o ausencia durante la floración y en la etapa sin flores.

ÁREA DE ESTUDIO

Los terrenos de la Universidad de Panamá comprenden un área de aproximadamente 22.5 ha; en éstos se encuentran zonas abiertas, arborizadas y urbanizadas. El corotú observado está localizado en los 8°59'03" LN y 79°31'59" LO, en la ladera de una colina con alta incidencia de vegetación herbácea (Fig. 1).

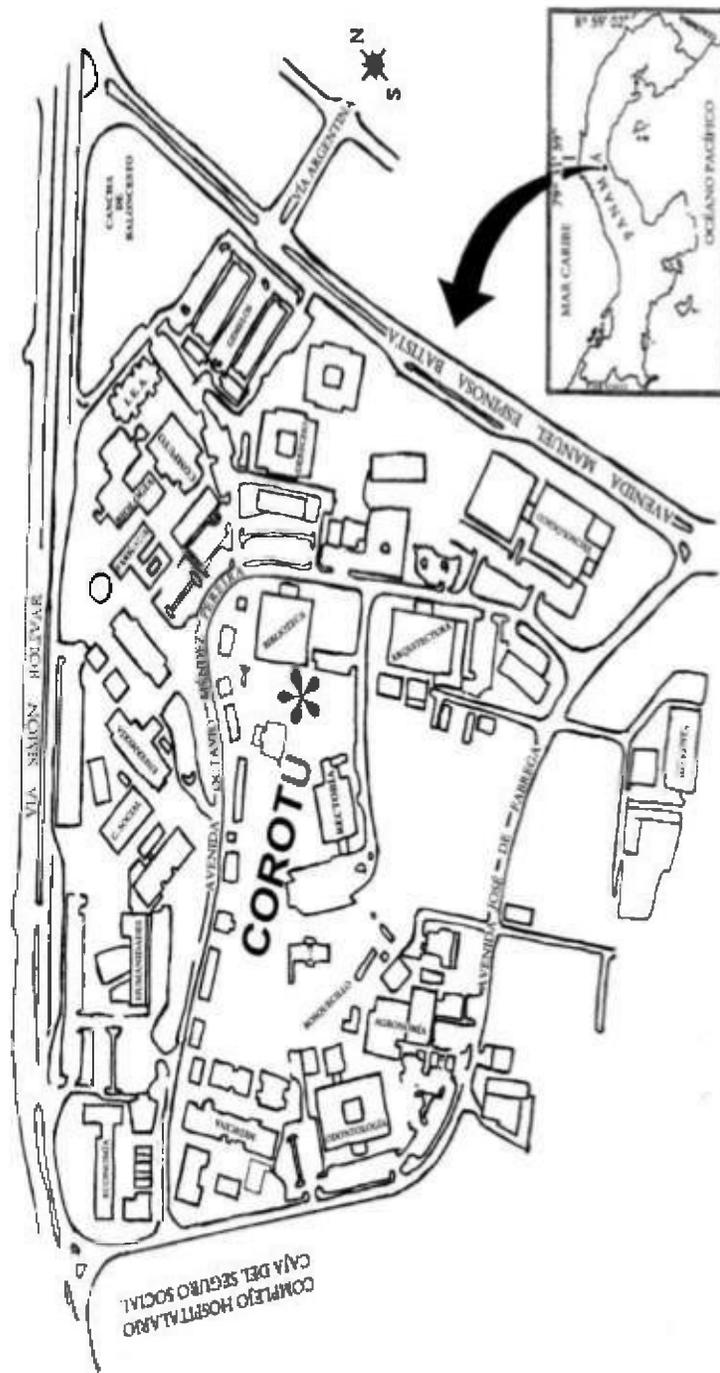


Fig. 1. Ubicación del corotú en la Universidad de Panamá.

Está rodeado por árboles de varias especies y por edificaciones, mide 25 m de altura y copa de 43 x 41 m de diámetro. En el árbol pudieron observarse seis partes o estratos: el suelo, que comprende toda el área que sirve de sustrato a la vegetación, con una capa de restos vegetales procedentes principalmente del corotú y que fue en descenso hacia el final del estudio. Seguidamente y muy relacionado con el suelo se encuentran las raíces. El tronco es el segundo estrato, luego del cual se observan las ramas, que conforman el tercer estrato. El cuarto está compuesto por las hojas. Las flores, presentes sólo en abril, constituyeron el quinto; en tanto que, los frutos formaron el sexto estrato, observándose frutos viejos en etapa de madurez hasta finales de junio y frutos nuevos desde julio, manteniéndose verdes y muy pequeños hasta el final del estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones se realizaron durante 30 días, desde las 06:00 hasta las 18:00 horas, abarcando 360 horas entre los meses de abril y septiembre del 2000. Éstas se efectuaron desde el suelo, mediante recorridos que seguían el borde de la copa, para luego continuar bajo la misma, junto al tronco. Durante el trayecto, que fue repetido a lo largo de cada día, se identificaron las aves, se anotó la cantidad de visitas de cada especie, el sexo, la posición dentro del área de estudio y la conducta. Se utilizaron prismáticos con aumento 10 x 25, así como el libro *Birds of Panama*, de Ridgely & Gwynne (1989) para la identificación. La nomenclatura y el orden filogenético siguen a *The American Ornithologist's Union*, (1998).

En cada período de observación se tomó nota de datos adicionales tales como el estado general del árbol y sus alrededores, actividad humana en el área o cerca de la misma, presencia y conducta de otras especies no pertenecientes a la clase en estudio, así como cualquier alteración de las condiciones iniciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todo el árbol se registraron 16 especies migratorias pertenecientes a siete familias y dos órdenes, observándose principalmente en los meses de abril y septiembre. *Vireo flavoviridis* estuvo presente con mayor

frecuencia, visitando el corotú en 546 ocasiones, el 44% de las visitas de todas las especies. Parulidae con seis especies y Tyrannidae con tres, fueron las familias más representativas, correspondiéndoles el 37.5% y el 18.8% de todas las especies, respectivamente. A pesar de que Vireonidae solo estuvo representada por dos especies, o sea el 12.5% del total, fue la que presentó la especie dominante. Como orden más representativo figuró Passeriformes con seis familias, el 85.7% del total de familias, y 15 especies, el 93.8% del total de especies. *Contopus virens* y *Vireo flavoviridis* estuvieron presentes en mayor número de estratos (cinco), en tanto que la mayor parte de las aves fue observada en un máximo de tres estratos y otras como *Chordeiles acutipennis* y *Vireo olivaceus* se limitaron a uno solo. Por otra parte, ningún estrato tuvo todas las especies, siendo las ramas el más visitado con 12, además de todas las familias y los dos órdenes (Cuadro 4).

Las actividades mostradas por las diferentes especies en los estratos respondieron básicamente a alimentación, reproducción y otras actividades como aseo y reposo, esta última correspondió al caso de las aves que no presentaron ninguna de las conductas anteriores.

DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES POR ESTRATOS

a) Suelo, raíces y tronco

El suelo recibió cuatro visitas, tres de éstas realizadas por *Contopus virens*. Esta especie capturó insectos, volando a muy baja altura; en tanto que *Vireo flavoviridis* se posó momentáneamente. En las raíces se registró una visita de *C. virens*, que se alimentó de insectos tomados del suelo mientras permanecía en las raíces. Se obtuvieron datos similares en el tronco, observándose a *V. flavoviridis* en una ocasión, desplazándose en busca de insectos en el área correspondiente al nacimiento de las ramas. El escaso número de especies y visitas en los estratos más bajos corresponde al comportamiento usual de las especies vistas, permaneciendo generalmente en el follaje. Todas las visitas se registraron durante el mes de abril.

b) Ramas

Éstas fueron visitadas 562 veces por 12 especies, siendo el mayor número registrado en un estrato. Figuraron como taxa dominantes *Contopus virens*, Tyrannidae, Parulidae y Passeriformes.

Seis especies se relacionaron con las ramas para la alimentación. Algunas como *C. virens* se alimentaron de insectos volando desde las ramas, comportamiento reportado para el género *Contopus* por Fitzpatrick (1985). Otras como *V. flavoviridis* regurgitaron semillas de *Roystonea regia*, mientras que *Icterus galbula* picoteó una planta trepadora presente en las ramas, en busca de insectos. En la reproducción sólo estuvo involucrado *C. virens*, quien aparentemente se apareó en una rama. Este es un dato muy importante, puesto que se trata de una especie migratoria a la que no se le han visto indicios de reproducción en Panamá. Habrá que seguirla observando cuidadosamente ya que puede llegar a ser otra de las pocas especies migratorias con poblaciones locales reproductivas. En cuanto a otras actividades, individuos machos de *Pheucticus ludovicianus* se posaron para acicalarse y las seis especies restantes permanecieron posadas sin presentar otro tipo de comportamiento. Una de éstas fue *Chordeiles acutipennis*, que siempre se mantuvo echado en el mismo sitio (Cuadro 1). La mayor cantidad de especies (11) y de visitas (414) se registró en el mes de abril.

c) Hojas

Diez especies estuvieron presentes en las hojas, siendo registradas en 572 ocasiones; éste fue el estrato más visitado. *Vireo flavoviridis*, Parulidae y Passeriformes fueron los taxa más representativos.

Las siete especies que se alimentaron en esta sección capturaron insectos, volando desde las hojas como *C. virens*, posados como *Piranga rubra* o colgándose como *V. flavoviridis*. Esta última utilizó las hojas como soporte para su nido, construido en su mayor parte con semillas de roble (*Tabebuia rosea*) transportadas desde un área cercana; este nido fue abandonado posteriormente sin producir crías. Se observaron juveniles de esta especie procedentes de otros lugares, los que al permanecer entre las hojas pasaban desapercibidos, obteniendo una posible protección contra depredadores. *Wilsonia canadensis* y *Piranga olivacea* se posaron, mientras que *Mniotilta varia* se desplazó por medio de saltos de una hoja a otra (Cuadro 2). Abril fue el mes con mayor cantidad de especies (9) y de visitas (267).

Cuadro 1. Aves migratorias relacionadas con el estrato ramas.

ALIMENTACIÓN			
FREC.*	AVE	ALIMENTO	CONDUCTA
234	<i>Contopus virens</i>	Insectos (aire)	Volando desde rama
106	<i>Piranga rubra</i>	"	" " "
10	<i>Mniotilta varia</i>	Insectos	Colgándose de rama
54	<i>Vireo flavoviridis</i>	Insectos, Frutos de <i>Roystonea regia</i>	Posado, regurgitando semillas
35	<i>Icterus galbula</i>	Insectos	Picoteando planta trepadora
1	<i>Vireo olivaceus</i>	Frutos de <i>Roystonea regia</i>	Colocando en una rama frutos regurgitados desde las hojas

REPRODUCCION		
FREC.*	AVE	FORMA DE USO
234	<i>Contopus virens</i>	¿Apareamiento?

OTRAS ACTIVIDADES		
FREC.*	AVE	ACTIVIDAD
19	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Reposo
1	<i>Empidonax virescens</i>	"
1	<i>Tyrannus tyrannus</i>	"
6	<i>Dendroica peregrina</i>	"
5	<i>Dendroica fusca</i>	"
89	<i>Piranga olivacea</i>	"
2	<i>Phenicticus ludovicianus</i>	Acicalamiento

* Cantidad de veces que fue observada en el estrato. FREC = frecuencias

d) Flores y frutos

En nuestro período de observación el corotú se mantuvo en etapa de floración sólo en el mes de abril. Se registraron nueve especies relacionadas con las flores, que estuvieron presentes en 103 ocasiones.

Cuadro 2. Aves migratorias relacionadas con el estrato hojas.

ALIMENTACIÓN			
FREC.*	AVE	ALIMENTO	CONDUCTA
26	<i>Contopus virens</i>	Insectos	Volando desde hojas
19	<i>Vireo olivaceus</i>	-	Posado, volando desde hojas, saltando.
418	<i>Vireo flavoviridis</i>	Frutos de <i>R. regia</i>	Regurgitando semillas
		Larvas de Lepidoptera	Colgado
49	<i>Dendroica petechia</i>	Insectos	Colgado, posado
		-	Posado, saltando
6	<i>Dendroica fusca</i>	-	Revisando hojas
28	<i>Piranga rubra</i>	Insectos (Hymenoptera)	Posado
12	<i>Icterus galbula</i>	Insectos	Revisando hojas
REPRODUCCIÓN			
FREC.*	AVE	FORMA DE USO	MATERIALES
418	<i>Vireo flavoviridis</i>	Soporte para nido. Protección para juveniles	Semillas de roble, restos de paja y hojas, probablemente del corotu
OTRAS ACTIVIDADES			
FREC.*	AVE	ACTIVIDAD	
2	<i>Mniotilta varia</i>	Desplazamiento	
1	<i>Wilsonia canadensis</i>	Reposo	
11	<i>Piranga olivacea</i>	Reposo	

* Cantidad de veces que fue observada en el estrato. FREC. = frecuencias

La mayor representatividad fue de *Vireo flavoviridis*, Parulidae y Passeriformes. Todas presentaron un comportamiento similar, en mover las flores con el pico (Cuadro 3). Esta conducta probablemente obedezca a la búsqueda de insectos, ya que no se observó que el polen u otra parte de la flor fuese consumida. El hecho de que los insectos forman parte de la dieta de estas especies ha sido señalado para *Protonotaria citrea* (Poulin et al., 1994), *Piranga rubra* (Olivares, 1957), *Contopus virens*, *V. flavoviridis*, *Dendroica fusca*, *Piranga olivacea* e *Icterus galbula* (Willis, 1977). Algunas de estas aves capturaron insectos en otros estratos de la planta. En cuanto a los frutos, *Icterus galbula* aparentemente intentó abrir uno maduro

Cuadro 3. Aves migratorias relacionadas con el estrato flores (vivas).

FREC.*	AVE	ALIMENTO	CONDUCTA
2	<i>Contopus virens</i>	¿Insectos?	Contactándolas con el pico
74	<i>Vireo flavoviridis</i>	*	"
1	<i>Vermivora peregrina</i>	*	"
18	<i>Dendroica petechia</i>	*	"
1	<i>Dendroica fusca</i>	*	"
1	<i>Protonotaria citrea</i>	*	"
1	<i>Piranga rubra</i>	*	"
4	<i>Piranga olivacea</i>	*	"
1	<i>Icterus galbula</i>	*	"

* Cantidad de veces que fue observada en el estrato. FREC. = frecuencias

presente en el follaje, golpeándolo con el pico. Esta visita se registró en abril.

DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EN LAS ÉPOCAS DE FLORACIÓN Y AUSENCIA DE FLORES

Se presentaron variantes en el número de especies y en la cantidad de visitas en ambas etapas. Durante la floración hubo 15 especies y 731 visitas; mientras que en la época sin flores la cantidad disminuyó a nueve especies y 510 visitas. Esto indica que la floración posiblemente provea condiciones más favorables para las especies migratorias, que pueden encontrar una fuente adicional de alimento en los insectos atraídos por las flores. Siete especies, entre ellas *Empidonax virescens* y *Tyrannus Tyrannus*, fueron exclusivas de la etapa con flores; en tanto que *Vireo olivaceus*.

Cuadro 4. Especies, familias y órdenes de aves migratorias registrados en el *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. según estratos y condición del árbol.

TAXÓN	ESTRATOS						CONDICIÓN DEL ÁRBOL		
	S	Rz	T	R	H	Fl	Fr	EF	SF
CAPRIMULGIFORMES									
Caprimulgidae									
<i>Chordeiles acutipennis</i> *				X				X	X
PASSERIFORMES									
Tyrannidae									
<i>Contopus virens</i>	X	X		X	X	X		X	X
<i>Empidonax virescens</i>				X				X	
<i>Tyrannus tyrannus</i>				X				X	
Vireonidae									
<i>Vireo olivaceus</i>					X				X
<i>Vireo flavoviridis</i> *	X		X	X	X	X		X	X
Parulidae									
<i>Vermivora peregrina</i>						X		X	
<i>Dendroica petechia</i> *				X	X	X		X	X
<i>Dendroica fusca</i>				X	X	X		X	
<i>Mniotilta varia</i>				X	X			X	X
<i>Protonotaria citrea</i>						X		X	
<i>Wilsonia canadensis</i>					X			X	
Thraupidae									
<i>Piranga rubra</i>				X	X	X		X	X
<i>Piranga olivacea</i>				X	X	X		X	X
Cardinalidae									
<i>Pheucticus ludovicianus</i>				X				X	
Icteridae									
<i>Icterus galbula</i>				X	X	X	X	X	X

S: suelo, Rz: raíces, T: tronco, R: ramas, H: hojas, Fl: flores, Fr: frutos, EF: etapa de floración, SF - etapa sin flores.

* Migratorias con poblaciones locales (Ridgely & Gwynne, 1989 y Rappole et al. 1993).

lo fue cuando no había flores. Hubo ocho especies que estuvieron durante las dos etapas (Cuadro 4).

CONCLUSIONES

Los diferentes estratos del corotú (suelo, raíces, tronco, ramas, hojas, flores y frutos) fueron utilizados por dieciséis especies migratorias de siete familias y dos órdenes. Los taxa más frecuentes fueron *Vireo flavoviridis*, Parulidae y Passeriformes. *Contopus virens* y *V. flavoviridis* fueron las especies más versátiles, utilizando cinco de los seis estratos; el resto de las especies mostró una distribución limitada, estando en un máximo de tres. El mayor número de especies y visitas para todos los estratos fue registrado en abril.

Las ramas contaron con la mayor cantidad de especies, y las hojas con la mayor frecuencia de visitas, en tanto que las raíces y el tronco sólo mostraron una especie, la cual estuvo presente en una ocasión. Las aves que visitaron el corotú desarrollaron principalmente la búsqueda de alimento, el cual consistió casi exclusivamente en insectos.

El árbol constituye una fuente importante de recursos para las aves migratorias, al mismo tiempo que éstas contribuyen al control de las poblaciones de insectos y probablemente favorezcan la polinización.

Aparte de *Vireo flavoviridis* que anidó en el corotú, *Contopus virens* fue observado en probables actividades copulatorias.

En la etapa de floración se registraron más especies y visitas que en la etapa sin flores. De las dos condiciones, la floración parece ser más favorable para las especies migratorias, al atraer insectos que les sirven de alimento.

REFERENCIAS

American Ornithologist's Union. 1998. *Check-list of North American birds*. Washington, D.C. 829 págs.

Fitzpatrick, J. 1985. Form, foraging behavior, and adaptative radiation in the Tyrannidae. *Ornithological Monographs* 36: 447-470.

Olivares, A. 1957. Algunas aves del valle del alto Magdalena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de C. Exactas, Físicoquímicas y Naturales*. 10(39): 115-121.

Post, W. 1978. Social and foraging behavior of warblers wintering in Puerto Rican coastal scrub. *Wilson Bulletin* 90(2): 197-214.

Poulin, B., G. Lefevre & R. McNeil. 1994. Diets of land birds from Northeastern Venezuela. *Condor* 96: 354-367.

Rappole, J., E. Morton, E. Lovejoy & J. Ruos. 1993. *Aves Migratorias Neárticas en los Neotrópicos*. Conservation and Research Center, Front Royal, Virginia. 341 págs.

Ridgely, R.S. & J.A. Gwynne. 1989. *Birds of Panama*. Princeton University Press, 534 págs.

Skutch, A.F. 1950. The nesting seasons of Central American birds in relation to climate and food supply. *Ibis* 92: 185-222.

Tejera N., V. H., M. González & M. López. 1996. Aves migratorias en la Universidad de Panamá. *XV Congreso Científico Nacional*. Universidad de Panamá. Pág. 74.

Tejera N., V. H., E. Domínguez & L. Vega. 1998. Estudio preliminar entre aves y algunas plantas en la Universidad de Panamá. *XVII Congreso Científico Nacional*. Universidad de Panamá. Pág. 88.

Tejera N., V. H. & S. L. Campines A. 2000 a. Aves del corotú, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb., durante su floración en la Universidad de Panamá. *IV Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación*. Pág. 86.

Tejera N., V. H. & S. L. Campines A. 2000 b. Aves encontradas en el corotú, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb., Universidad de Panamá, 2000. *Afiche. Expo – ciencia 2000*. Universidad de Panamá. 15 págs.

Willis, E.O. 1977. Ecological roles of migrant and residents birds in Barro Colorado Island, Panama. Págs. 205-225. *En* Keast, A. y E. Morton (eds.): Migrant birds in the Neotropics. *The Symposia of the Nat. Zool. Park*. Smithsonian Institution Press.

Recibido julio de 2003, aceptado julio de 2003.