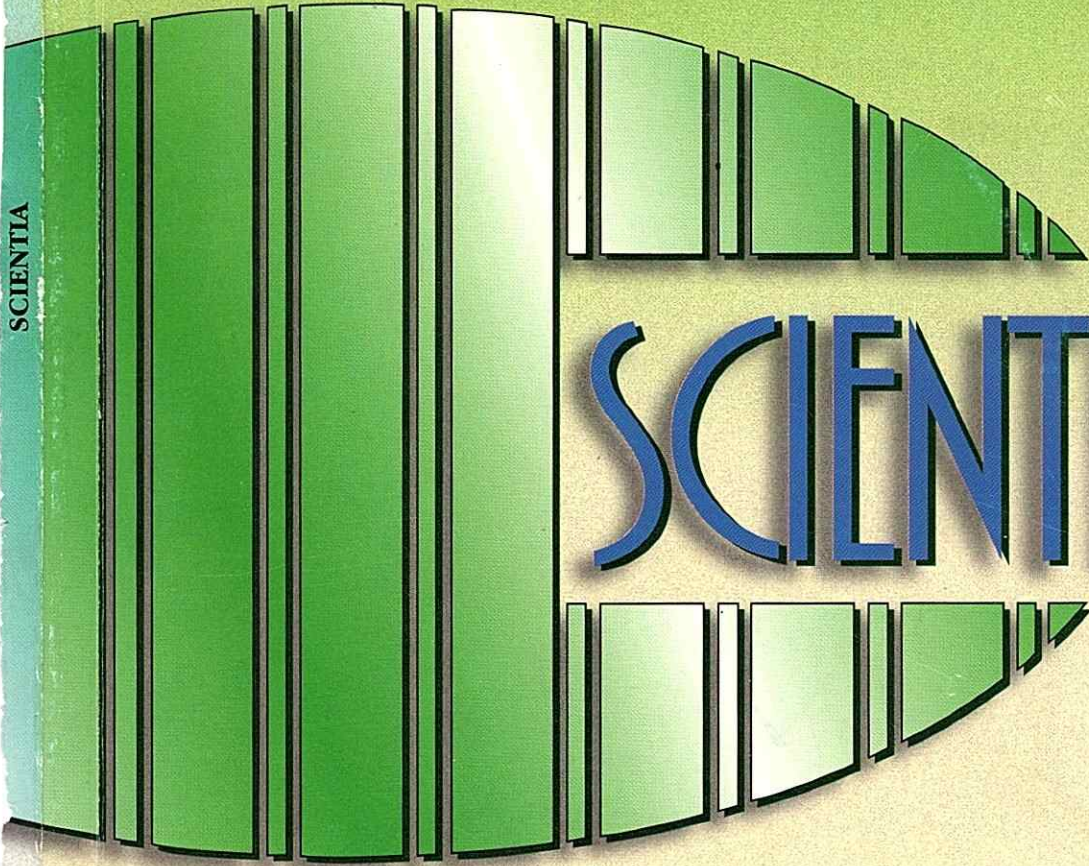


Junio de 2001

ISSN 0258-9702

**REVISTA DE
INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

SCIENTIA



SCIENTIA

3 • No. 1

Vol. 16 • No. 1 • Junio de 2001

CONSEJO EDITORIAL

DIRECTOR

Margarita Comejo

EDITOR

Dr. Alfredo Figueroa Navarro

Prof. Jorge Castillo
Facultad de Economía

Dr. Plinio Valdés
Facultad de Medicina

Dr. Raúl De Los Ríos
Facultad de Odontología

Prof. Haydée Watson
Facultad de Ciencias Naturales,
Exactas y Tecnología

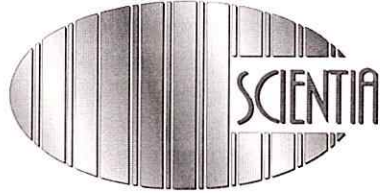
Ing. Luis Carlos Salazar
Facultad de Ciencias Agropecuarias

Dra. Vilma Turner
Facultad de Farmacia

Dra. Marina de Laguna
Facultad de Enfermería

Portada, diseño y diagramación:
Novo Art, S.A.

Impreso en Panamá
200 ejemplares



Revista de Investigación de la
Universidad de Panamá



UNIVERSIDAD DE PANAMA

INVENTARIADO
13/3/07

RECIBIDO

Auto Autorizado: *Bald* #100

610



Publicación de la Vicerrectoría
de Investigación y Postgrado



AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Julio Vallarino
RECTOR

Argentina Ying de Turner
SECRETARIA GENERAL

Jorge Cisneros
VICERRECTOR ACADÉMICO

Eduardo Durán
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

Franklin Ward
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Elvia de De Los Ríos
VICERRECTORA DE EXTENSIÓN

Edwin Díaz
VICERRECTOR DE ASUNTOS ESTUDIANTILES

Osman Robles
DIRECTOR GENERAL DE SEDES Y EXTENSIONES DOCENTES

NOTA EDITORIAL

En este número contamos nuevamente con la contribución del Doctor Juan Jaén y colaboradores, relativa a productos de la corrosión formados sobre aceros al carbono en la atmósfera tropical de Panamá, que sin duda resulta un tema de interés, si pensamos que son escasos los trabajos donde se analiza el aspecto climatológico y su impacto en los materiales utilizados en el trópico. La caracterización de los productos de corrosión de acero al carbono en Panamá y Colón pone de manifiesto la presencia de minerales asociados a la corrosión y cómo en ese orden unos están asociados a la corrosión penetrativa.

Habida cuenta de la diversidad de insectos presentes en el Istmo panameño reproducimos con satisfacción el trabajo de Medianero y Barrios quienes estudian el número de insectos cecidógenos encontrados en el dosel y sotobosque de dos sitios asociados con zonas tropicales como son el Parque Natural Metropolitano y Sherman. Las evidencias señalan de manera relevante que, aun dentro de los bosques tropicales, la vegetación brinda diversos gradientes que permiten la diversificación y estratificación de los organismos.

En el marco de los temas biológicos registramos con agrado el artículo del Museo de Vertebrados, con su director el Doctor Tejera, Jiménez y Pérez, sobre los polluelos de *Columbina talpacoti*, que suele ser abundante en tierras deforestadas; sin embargo, el trabajo que nos ocupa corresponde a su presencia en el Campus universitario. Es interesante señalar que el estudio se basa en el grado de sobrevivencia de estas aves, en un área urbana, con aire contaminado y sobre todo dotada de un paisaje limitado por las actividades antropogénicas.

El Istmo de Panamá, rodeado por dos mares, enriquece el desarrollo de investigaciones asociadas a la rica diversidad de organismos marinos y en este caso la revista incluye el tema de metales trazas, presentes en *Anadora tuberculosa*, conocida como *concha prieta*. Este trabajo fue desarrollado por la Lic. Durán y el Doctor Juan Antonio Gómez. Estos oligoelementos se estiman esenciales para la vida, por lo que resulta importante su identificación y concentración que se pueda detectar en tejidos de los bivalvos como también son constituyentes naturales del agua de mar. No obstante hay que resaltar que, como consecuencia de la industrialización y otras ac-

tividades, los niveles de algunos de estos oligoelementos aumentan provocando efectos nocivos sobre los organismos.

Los hongos constituyen un grupo de organismos que, con sus variedades y riquezas, ejercen un papel clave en el reciclamiento de los minerales y otros son parásitos de animales y plantas. En esta ocasión, la Lic. Chong y los profesores Carrasco y Puga, asedian un tema que toma relevancia, por la actividad biológica que desempeñan los microhongos aislados de macrohongos y la búsqueda que se tiene de microorganismos de interés industrial. Los hongos aportan innumerables beneficios al hombre, aun cuando se tenga la percepción de que estos organismos son destructivos y causan grandes pérdidas al género humano.

La Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, de la Universidad de Panamá, aprovecha la oportunidad para invitar a los investigadores de sus facultades, institutos, centros de investigación, sedes universitarias y extensiones, a que remitan sus trabajos a la revista **Scientia** para su publicación. Esta invitación es extensiva a los investigadores de las restantes universidades e instituciones nacionales y extranjeras que se dediquen al cultivo de actividades análogas relativas a las Ciencias Naturales, Exactas, Biomédicas, Agronómicas, de la Tierra y la Tecnología.

STUDY OF THE CORROSION PRODUCTS FORMED ON CARBON STEELS IN THE TROPICAL ATMOSPHERE OF PANAMA¹

JUAN A. JAÉN¹, MARIELA SÁNCHEZ DE VILLALAZ², LILIBETH DE ARAQUE², CECILIO HERNANDEZ² and AGNES DE BÓSQUEZ¹

¹ Departamento de Química Física,
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Universidad de Panamá.

² Centro Experimental de Ingeniería,
Universidad Tecnológica de Panamá

SUMMARY

Mössbauer spectroscopy and X-ray powder diffraction (in selected samples) have been used to characterize corrosion products on carbon steels after atmospheric exposure to the tropical Panamanian locations of Panama and Colon, classified according to ISO 9223 as C3 and C5, respectively.

Goethite (α -FeOOH) of intermediate particle size (20-100 nm), lepidocrocite (γ -FeOOH), a spinel phase consisting of non-stoichiometric magnetite ($\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$) and/or maghemite (γ -Fe₂O₃) and nano-sized particles were identified in the corrosion products. The spinel phase is related to short term atmospheric exposure transforming afterwards in other corrosion products. The corrosion resistance increased with fraction of goethite following a saturation type of behavior.

KEYWORDS

Atmospheric corrosion, carbon steels, tropical atmosphere, corrosion products, Mössbauer spectroscopy.

INTRODUCTION

It is of interest the phase analysis of corrosion products to understand the effect of the environment on the corrosion rate and corrosion mechanisms of steels. In recent years, some studies have been performed on the analysis of rusts from carbon steel exposed to the tropical atmosphere using Mössbauer spectroscopy and several other techniques (Haces *et al.*, 1981; Jaén and Fernández, 1989; Jaén *et al.*, 1992; Jaén *et al.*, 1997; Rincón *et al.*, 1997; Cook *et al.*, 1998; Balasubramanian, *et al.*, 1999).

The usual reported atmospheric corrosion products on iron include α -FeOOH (goethite) in various degrees of cristallinity, β -FeOOH (akaganeite) in marine environments, γ -FeOOH (lepidocrocite) main component of the initial rust layer, and the spinel phase magnetite (Fe_3O_4), maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) and non-stoichiometric magnetite ($\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$).

In the present work, the corrosion products formed on carbon steels exposed to tropical locations of Panama are systematically investigated.

EXPERIMENTAL PART

The experimental procedure for the preparation of test specimens and exposure to the atmosphere was described in a previous paper (Jaén, *et al.*, 1997). Two types of carbon steels were used, 1020 and A-36 types. Corrosion products were collected after exposures to the atmosphere following the programs given in Tables 1 and 2. The site Panama was located at the University Campus, whereas Colon is in a moderate industrial area near the seashore.

Table 1.
Program of exposure to atmospheric corrosion for steel 1020.

Sample code	Exposure period (November-November)
1,2	1993-1994
1,3	1994-1995
2,1	1992-1994
3,1	1992-1995

Table 2.
Program of exposure to atmospheric corrosion for steel A-36.

Panama			Colon		
Sample code	Starting date	Time of exposure (days)	Sample code	Starting date	Time of exposure (days)
P-3-1	Dec 27-96	99	C-3-1	Jul 3-97	102
P-3-2	Apr 2-97	97	C-3-2	Oct 13-97	101
P-3-3	Jul 7-97	95	C-3-3	Jan 22-98	96
P-3-4	Oct 10-97	96	C-3-4	Apr 28-98	92
P-3-5	Jan 14-98	92	C-3-5	Jul 28-98	94
P-6	Dec 27-96	196	C-6	Jul 3-97	203
P-9	Dec 27-96	291	C-9	Jul 3-97	299
P-12	Dec 27-96	387	C-12	Jul 3-97	391
P-15	Dec 27-96	479	C-15	Jul 3-97	485

The classification of test sites according to environmental levels (SO_2 = sulphation rate, Cl^- = chloride ion level and τ_w = time of wetness) using ISO 9223 (Morcillo *et al.*, 1998) is presented in Table 3. Corrosion products were separated mechanically before determining corrosion rates (corrosion penetration p) from weight losses (ISO 9226, 1991; ASTM G1, 1991). They were characterized by conventional constant-acceleration ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy at room temperature and some samples at 80 K. The Mössbauer spectra were fitted using the program NOR-MOS. X-ray powder diffraction (Rigaku diffractometer, Model RTP 300 RC) was used as a complementary technique in the analysis of selected samples.

Table 3.
Environmental characterization of the two exposure locations.

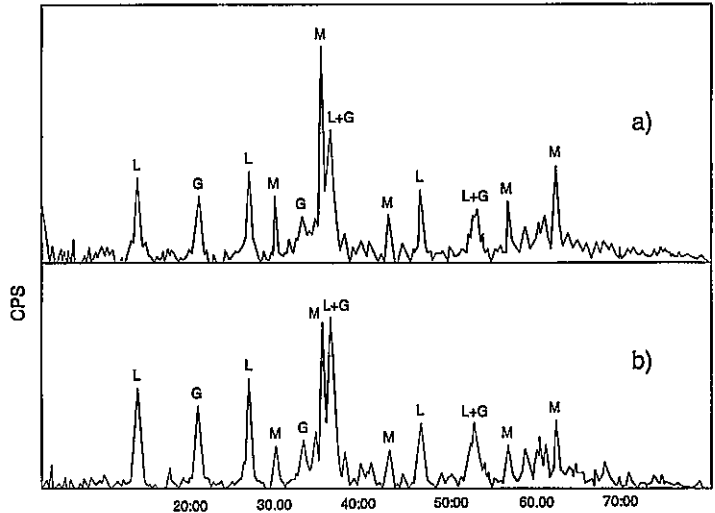
Test Site	ISO category			
	Cl^-	SO_2	τ_w	Corrosivity
Panama	S1	P1	τ_4	C3
Colon	S1	P2	τ_5	C5

RESULTS AND DISCUSSION

The results of corrosion rates and losses for both types of steel are summarized in Table 4 using bilogarithmic relationships. The difference between corrosion rates, especially at early stages, is due to the higher levels of sulphation rate ($[\text{SO}_2]$), chloride ion ($[\text{Cl}^-]$) and time of wetness (τ_w) in Colon site as compared to Panama (Jaén *et al.*, 1997; Morcillo *et al.*, 1998).

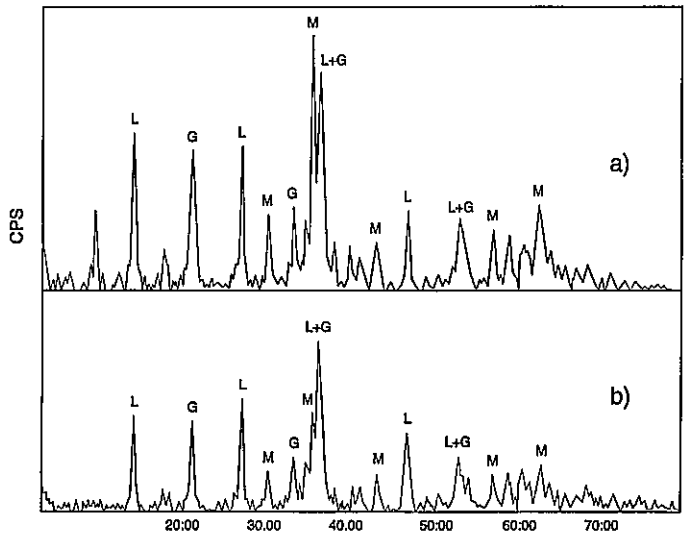
Representative XRD patterns of corrosion products from A-36 steel are shown in Figures 1-2. The identified constituents were lepidocrocite (γ -FeOOH), goethite (α -FeOOH) and magnetite (Fe_3O_4).

Figure 1.
XRD patterns of A-36 steel corroded samples (a) P-3-2 and (b) P-6 exposed at Panama site (monochromatic radiation $\text{Cu-K}\alpha$). Descriptions: L = lepidocrocite, G = goethite and M = magnetite.



The peak intensity of the diffraction lines attributed to magnetite gradually decreases with exposure time, thus indicating that magnetite is a dominant crystalline constituent at the early stages of atmospheric corrosion in the tropical locations of Panama and Colon. It is important to note that under unfavorable conditions of peak width and intensity, it is difficult to ascertain the presence of magnetite, maghemite or both.

Figure 2.
XRD patterns of A-36 steel corroded samples (a) C-3-2 and (b) C-6 exposed at Colon site (monochromatic radiation $\text{Cu-K}\alpha$). Descriptions: L = lepidocrocite, G = goethite and M = magnetite.

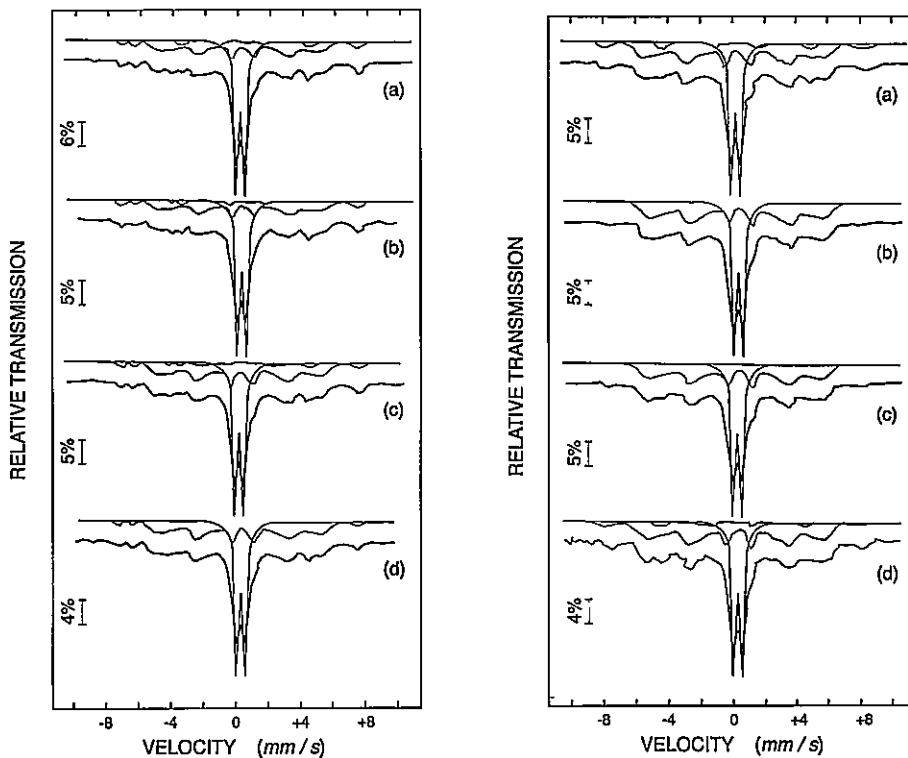


Thus, even though we have identified the presence of magnetite, XRD does not exclude the possibility of maghemite. The same constituents were identified in the corrosion products from steel 1020, but the intensity of the magnetite peaks was very much reduced, indicating lower magnetite content in the rust.

Corrosion products were also characterized using Mössbauer spectroscopy (Figures 3-4). Figure 3 shows the Mössbauer spectra of the adherent rust formed in the 1020 steel in test site Panama. It is worth nothing that adherent and non-adherent rust showed similar Mössbauer spectra. They were fitted to a quadrupole doublet ($\delta_{Fe} = 0,34 - 0,41 \text{ mm s}^{-1}$, $\Delta = 0,53 - 0,56 \text{ mm s}^{-1}$ and $\Gamma = 0,54 - 0,56 \text{ mm s}^{-1}$) and three sextets with hyperfine magnetic fields, $H_1 = 49,2-50,0 \text{ T}$, $H_2 = 45,9 - 46,6 \text{ T}$ and $H_3 = 34 - 36 \text{ T}$. The fit parameters suggested that the corrosion products could contain lepidocrocite and nano-sized particles.

Figure 3.

Room temperature Mössbauer spectra of corrosion products of steel 1020 exposed at sites (left) Panama and (right) Colon from samples (a) 1,2, (b) 1,3, (c) 2,1 and (d) 3,1.



Akaganeite was excluded since it could not be observed in the X-ray analysis and in the 80 K Mössbauer spectra. Hyperfine magnetic fields H_1 and H_2 can be ascribed to the spinel non stoichiometric-magnetite ($Fe_{3-x}O_4$). In some cases, for samples of two or three years exposure, only the outer sextet was observed due to the total oxidation to the spinel better characterized as maghemite ($\gamma-Fe_2O_3$). The remaining sextet of broad asymmetrical lines has hyperfine parameters corresponding to goethite of intermediate particle size (20 - 100 nm) (Barrero, *et al.*, 1995).

Figure 4.

Room temperature Mössbauer spectra of corrosion products of steel A-36 exposed at sites (left) Panama and (right) Colon related to the presence of the spinel phase Oh *et al.* (1998).

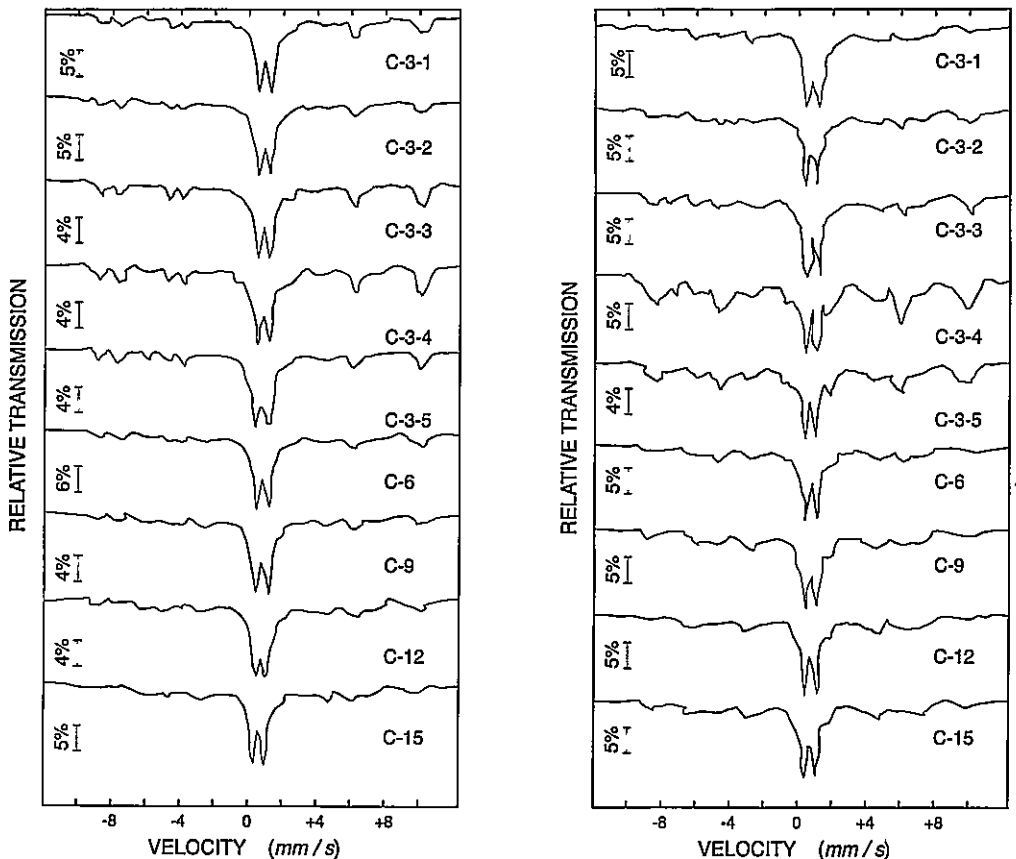


Figure 4 shows the Mössbauer spectra of the rust formed in the case of steel A-36 in test site Panama, which were deconvoluted practically using the same fitting model; i.e.a quadrupole doublet ($\delta_{Fe} = 0,33 - 0,36$ mm

s^{-1} , $\Delta = 0,57 - 0,62 \text{ mm s}^{-1}$ and $\Gamma = 0,40-0,47 \text{ mm s}^{-1}$) and the three sextets assigned to non-stoichiometric magnetite/maghemite and to goethite of intermediate particle size. The slight increase of quadrupole splitting hints to a decrease of the fraction of γ -FeOOH phases in the rust. It should be pointed out that the relative amount of the spinel phase is larger at the initial stages of corrosion, but decreases during period of the test.

Table 4.

Bilogarithmic relationships between penetration values p (μm) and exposure time t (years), and their correlation coefficients (C.C.).

Test site	Substrate	Equation	C.C.
Panama	A-36	$\ln p = 3,908 + 0,438 \ln t$	0,991
	1020	$\ln p = 3,423 + 0,576 \ln t^*$	0,882
Colon	A-36	$\ln p = 4,770 + 0,644 \ln t$	0,986
	1020	$\ln p = 4,671 + 0,590 \ln t^*$	0,971

*Includes previous results (Jaén *et al.*, 1997) using the same type of steel, in order to have more significance in the experimental equation.

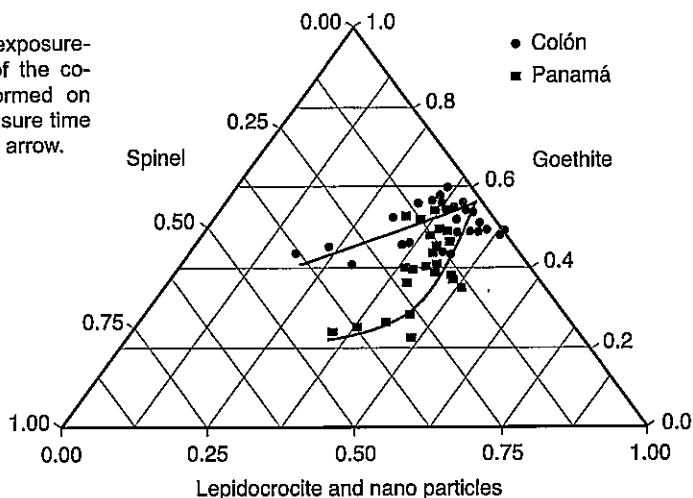
The Mössbauer spectra of the rust from Colon test site showed a quadrupole doublet with two collapsing sextets fitted as distributions of hyperfine fields, corresponding to lepidocrocite and/or nano-sized particles, goethite and a spinel phase. Again, more spinel phase is observed at the beginning of corrosion, diminishing after prolonged exposure to the atmosphere. The shape of the spectra strongly suggests a highly distorted, defective and oxidized spinel structure in the rust from Colon.

In order to know the change of rust composition with exposure period, and the increase of corrosion penetration, a ternary diagram with the fractions (Mössbauer areas) of the three types of corrosion products was used, as seen in Figure 5. It is clear that for short exposure periods rust contains large amount of the spinel phase, thus, the initially high corrosion rates could be related to the presence of the spinel phase. Oh *et al.* (1998) related the formation of bulk γ -Fe₂O₃ to the high corrosion rate of carbon steel. The spinel phase has smaller contributions in the samples of Colon as compared to those of Panama. This was explained elsewhere (Jaén *et al.*, 1997) as due to the high precipitation and humidity (lack of wet-dry cycles) prevailing in Colon, but it might be that this phase initially formed as a result of the reduction of rust layer (Stratmann and Hoffmann, 1989), transforming again to γ -FeOOH via a solid state reaction. With the decrease of the amount of the spinel phase with exposure

period, there is an increment of the other corrosion products, goethite for Panama test site and lepidocrocite (plus nano-sized particles) for Colon. In the latter case, there is also a slight increment of the goethite component.

Figure 5.

Representation of exposure-time dependence of the corrosion products formed on carbon steels. Exposure time increases along the arrow.



According to the conclusions of a previous study (Jaén *et al.*, 1997), goethite of intermediate particle size is related to corrosion penetration (p) by a saturation t behavior, following a Langmuir type of relationship. Using this approach, it could be obtained the relationships $p/A_G = 0,258 + 0,0171 p$ for rust from steel 1020, and $p/A_G = 0,492 + 0,0141 p$ for steel A-36; here A_G is the room temperature Mössbauer area of goethite of intermediate particle size. This goethite confers carbon steel certain degree of protection up to a limit given by the saturation surface coverage by goethite particles.

CONCLUSION

The main constituents of rust formed on carbon steels 1020 and A-36 after exposure at two sites in the tropical atmosphere of Panama are lepidocrocite, nano-sized particles, goethite of intermediate particle size and a spinel phase.

The spinel phase, consisting of $Fe_{3-x}O_4 / \gamma-Fe_2O_3$ is related to short term atmospheric exposure. This phase transforms in time to other corrosion products. It is proposed that goethite of intermediate particle size gives some corrosion resistance up to a limit given by a saturation of this component on the surface.

RESUMEN

ESTUDIOS DE LOS PRODUCTOS DE CORROSIÓN FORMADOS SOBRE ACEROS AL CARBONO EN LA ATMÓSFERA TROPICAL DE PANAMÁ

Se caracterizaron los productos de corrosión de aceros al carbono expuestos a las atmósferas tropicales panameñas localizadas en Panama y Colón, mediante el uso de la espectroscopia Mössbauer y difracción de rayos -X (en muestras seleccionadas). Las atmósferas se clasifican como C3 y C5, respectivamente, de acuerdo a la norma ISO 9223.

Se logró identificar los compuestos goethita (α - FeOOH) de tamaño de partícula intermedio (20-100 nm), lepidocrocita (γ - FeOOH), una fase de espinela consistente en magnetita no estequiometría ($\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$) y/o maghemita (γ - Fe_2O_3), y nanopartículas. La fase de espinela se puede correlacionar con exposiciones cortas a la atmósfera, transformándose en el tiempo en otros productos de corrosión. La resistencia a la corrosión se incrementa con la cantidad de goethita siguiendo una conducta de saturación.

PALABRAS CLAVES

Corrosión atmosférica, aceros al carbón, atmósfera tropical, productos de corrosión, espectroscopia Mössbauer.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING OF MATERIALS (ASTM) G1, Preparing, cleaning and evaluating corrosion test specimens Philadelphia. 1991.

BALASUBRAMANIAN, R., COOK, D.C., PÉREZ, T. and REYES, J. 1999. Study of the initial corrosion products formed on carbon steel exposed along Gulf of México. **Hyp. Int.** (C), 4, 37-41.

BARRERO, C., VANDENBERGHE, R., DE GRAVE, E. and PÉREZ, G. 1995. Un estudio Mössbauer sobre goetitas sintéticas: primeros resultados. **Rev. Col. Fis.**, 27(2), 387-390.

COOK, D.C., VAN ORDEN, A.C., CARPIO, J.J. and OH, S.J. 1998. Atmospheric corrosion in the Gulf of México. **Hyp. Int.**, 113(1-4), 319-329.

HACES, C., CORVO, F. and PÉREZ REYES, A. 1981. Estudio de los productos de corrosión formados sobre aceros al carbono, en clima tropical húmedo (Parte I). **Revista CENIC Ciencias Químicas**, 12(1), 55-65.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO) 9226, Corrosion of metals and alloys, **Method for determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity** Geneve. 1991.

JAÉN, J.A. and FERNÁNDEZ, B. 1989. Mössbauer Spectroscopy study of steel corrosion in a tropical marine atmosphere. **Electrochem. Acta**, 34(6), 885-886.

JAÉN, J.A., FLÓREZ, E. VALENCIA, A., PÉREZ, R and ARROYAVE, C. Caracterización de herrumbres de Acero al Carbono, expuestos en el Caribe colombiano, mediante técnicas Mössbauer. Anales 4º Congreso Ibero-Americano de Corrosión y Protección, Mar del Plata, Argentina 1992. 95-101.

JAÉN, J.A., SÁNCHEZ DE VILLALAZ, M. ARAQUE, L. DE and BÓSQUEZ, A. DE 1997. Kinetics and structural studies of the atmospheric corrosion of carbon steels in Panama. **Hyp. Int.**, 110(1,2), 93-99.

MORCILLO, M., ALMEIDA, E., ROSALES, B., URUCHURTU, J. and MARROCOS, M. eds. 1998, **Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica. Parte I- Mapas de Iberoamérica de Corrosividad Atmosférica** (Proyecto MICAT, XV.1/CYTED), 1st Edition, Programa CYTED, Spain, 760 pp.

OH, S.J., COOK, D.C. and TOWNSEND, H.E. 1998. Study of the protective layer formed on steels. **Hyp. Int. (C)**, 3, 84-87.

RINCÓN, A., RINCÓN, O.T. DE, HACES, C., FURET, N.R. and CORVO, F. 1997. Evaluation of steel corrosion products in tropical climates. **Corrosion**, 53 (11), 835-841.

STRATMANN, M. and HOFFMANN, K. 1989. In situ Mössbauer spectroscopy study of reactions within rust layers. **Corr. Sci.**, 29(11/12), 1329-1352.

RIQUEZA DE INSECTOS CECIDÓGENOS EN EL DOSEL Y SOTOBOSQUE DE DOS ZONAS ECOLÓGICAS EN PANAMÁ

ENRIQUE MEDIANERO y HÉCTOR BARRIOS

Programa Centroamericano de Maestría en Entomología,
Vicerrectoría de Investigación y Postgrado,
Universidad de Panamá.

RESUMEN

Con el propósito de comparar la riqueza de insectos cecidógenos en diferentes estratos del bosque tropical, identificar preferencias fenológicas y grados de especificidad, se marcaron 258 especies de plantas, incluidas en 121 familias y se muestreó un total de 546 individuos. Cada quince días se llevaron a cabo los muestreos en el dosel y en el sotobosque de dos zonas tropicales (Parque Natural Metropolitano y Sherman), donde se registró la presencia o ausencia de las agallas y el estado fenológico de la planta. Nuestros resultados indican que existen diferencias en la riqueza de morfoespecies de insectos cecidógenos en el dosel y el sotobosque de los bosques: $\chi^2 = 5,6667$, $p < 0,05$ para el Parque Natural Metropolitano y $\chi^2 = 5,5862$, $p < 0,05$ para Sherman. Los insectos cecidógenos presentan una especificidad del 96,3% en la elección de su planta hospedera y presentan una preferencia, para la infestación, durante la producción de hojas nuevas en la planta: $\chi^2 = 8,32$ $p < 0,05$.

PALABRAS CLAVES

Insectos, cecidógenos, riqueza, especificidad, estrés ambiental.

INTRODUCCIÓN

La existencia de lugares con mayor número de especies que otros es uno de los hechos más notables de la historia natural (Colinvaux, 1995). Con pocas excepciones, algunos Hymenoptera parasitoides y abejas, las regiones tropicales albergan una mayor diversidad de especies que cualquier otra región sobre la tierra (Wolda, 1983; Krebs, 1985; Magurran, 1988; Price, 1991a y Colinvaux, 1995). Aún, dentro de un bosque tropical, la vegetación brinda diversos gradientes que permiten la diversificación y estratificación de los organismos, generando este hecho interrogantes como: ¿en qué estrato de un bosque tropical habrá mayor número de especies?

El dosel es un biotopo particular dentro del bosque tropical considerado una reserva en la que se albergan un número incalculable de especies por conocer (Stork, 1988). Si bien es un hecho que la mayor diversidad de especies ocurre en los trópicos, muchas interacciones herbívoro-hoja en el bosque húmedo tropical se localizan en su dosel; esto es debido al gran número de herbívoros y a la mayor cantidad de biomasa que se genera en este estrato del bosque (Erwin y Scott, 1980 y Stork, 1988).

Estudios de diversidad, herbivoría y estructura de las comunidades en el dosel no son comunes (Sterck *et al.*, 1992). La principal razón fue, hasta hace poco, la completa imposibilidad de llegar y trabajar en este estrato. Debido a ello la información hasta ahora acumulada proviene del estrato bajo del bosque. Sin embargo, en los últimos 15 años, técnicas de ascenso han sido modernizadas de manera que es relativamente seguro ascender a este estrato y estudiar la copa de los árboles (Sterck *et al.*, 1992), generándose estudios de distribución, especificidad y herbivoría como los desarrollados por Lowman (1992); Basset (1992, 1996, 2001); Springate y Basset (1996); Ødegaard (1999); Valderrama (1998); García (1999) y Barrios (2001). Los estudios en el dosel del bosque tropical son importantes debido a que este estrato es más complejo que cualquier otro dentro del bosque (Lowman, 1993; Erwin y Scott, 1980). Sin embargo, el desarrollo de las investigaciones en el dosel ha estado afectado por varias fuerzas, entre ellas espaciales y temporales de este hábitat, que incluyen heterogeneidad del sustrato, variabilidad de periodos dentro del dosel, variabilidad en el microclima de la atmósfera, desarrollo de protocolos para cuantificar los procesos que ocurren en el dosel y la gran diversidad de organismos que en él se encuentran (Lowman, 1993).

De los diferentes grupos de organismos dentro de un bosque, los insectos están entre los principales sujetos de estudio para estimación de diversidad. De 1,4 millones de especies descritas, aproximadamente el 5% corresponde a animales vertebrados y el resto son invertebrados (Ruppert y Barnes, 1996). Estos invertebrados son artrópodos y fundamentalmente insectos fitófagos los que representan el 62% de todas las especies descritas, incluyendo las plantas (Stork, 1988 y Wilson, 1988).

Dentro de los insectos fitófagos, los formadores de agallas (denominados cecidógenos) son excelentes para estudios ecológicos, ya que presentan una serie de características como: *Diversidad*: existen cerca de 13 000 especies de insectos cecidógenos bien identificados lo que representa el 2% del total de insectos descritos (Dreger-Jauffret y Shorthouse, 1992). *Hábito Sésil*: una agalla es la estructura que protege al estado inmaduro de una especie de insecto de los peligros del ambiente (Uler, 1951). Durante este período en su ciclo de vida, el insecto es inmóvil, y se encuentra dentro de los tejidos de la planta, permitiendo su fácil detección. *Particularidad*: las agallas son la expresión específica de la biología del insecto (Rohfritsch 1992; Price *et al.*, 1987; Shorthouse, 1986). Esto permite hacer cálculos de riqueza de especies de acuerdo a la variedad de formas de agallas encontradas. *Alta Especificidad*: los insectos cecidógenos controlan el desarrollo de los tejidos de las plantas (Bronner, 1992 y Shorthouse, 1986). Debido a esta interacción los insectos cecidógenos sólo pueden colonizar una especie de planta (o cuando mucho especies de un mismo género) como hospederos.

Los insectos cecidógenos han sido sujetos de estudios ecológicos para determinar factores que influyen en la mayor riqueza de especies (Price *et al.*, 1998). Fernández y Price (1988 y 1991) determinaron que, en los ambientes con mayor estrés higrótermal, resultaba una mayor riqueza de especies de insectos cecidógenos. Dentro de un bosque tropical la cantidad de radiación solar que penetra a sus estratos no es uniforme. ¿Ocurrirá una mayor riqueza de especies de estos insectos en los estratos con mayor estrés higrótermal?

Tomando en consideración las características que presenta el dosel del bosque tropical y el grupo de insectos cecidógenos, nos hemos propuesto someter a prueba las siguientes hipótesis: Hipótesis de mayor riqueza de especies en el dosel del bosque, que predice un mayor número de especies en este hábitat del bosque. Hipótesis del estrés higrótermal que predice una mayor riqueza de especies en el estrato con un hábitat más estresado. Hipótesis de preferencias fenológicas que predice una mayor acumulación de especies en lugares de mayor producción de hojas nuevas.

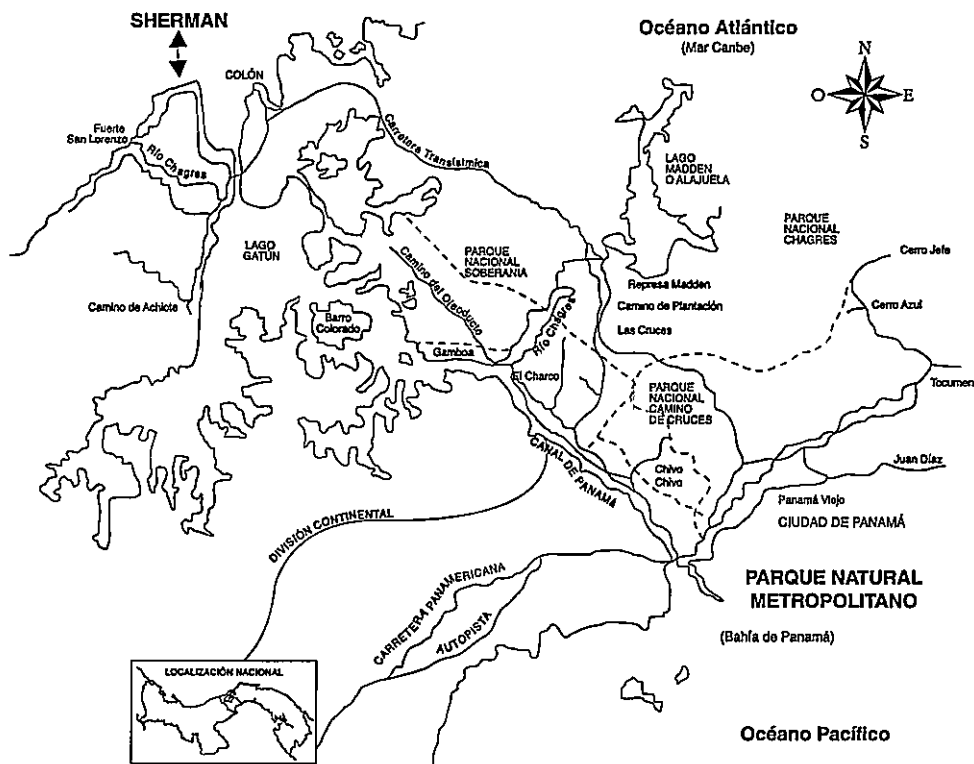
Con el objetivo de establecer patrones de diversidad dentro del bosque tropical, los muestreos se realizaron en sitios con diferentes características. Por consiguiente, este estudio tuvo como objetivos: determinar la riqueza de insectos cecidógenos en el dosel y el sotobosque de dos zonas tropicales, identificar las plantas hospederas para cada insecto cecidógeno y determinar si existe una relación entre el estado fenológico de la planta y el momento de la infestación por el insecto.

PARTE EXPERIMENTAL

Duración y área de estudio:

Las poblaciones muestreadas fueron las localizadas en el bosque del Parque Natural Metropolitano (PNM) y Sherman (FTS), las cuales se encuentran separadas por 92 km, (Figura 1). En el Parque Natural Metropolitano se inició en enero de 1997 y finalizó en marzo de 1998. En Sherman se inició en mayo de 1997 y finalizó en mayo de 1998.

Figura 1.
Área de estudio.



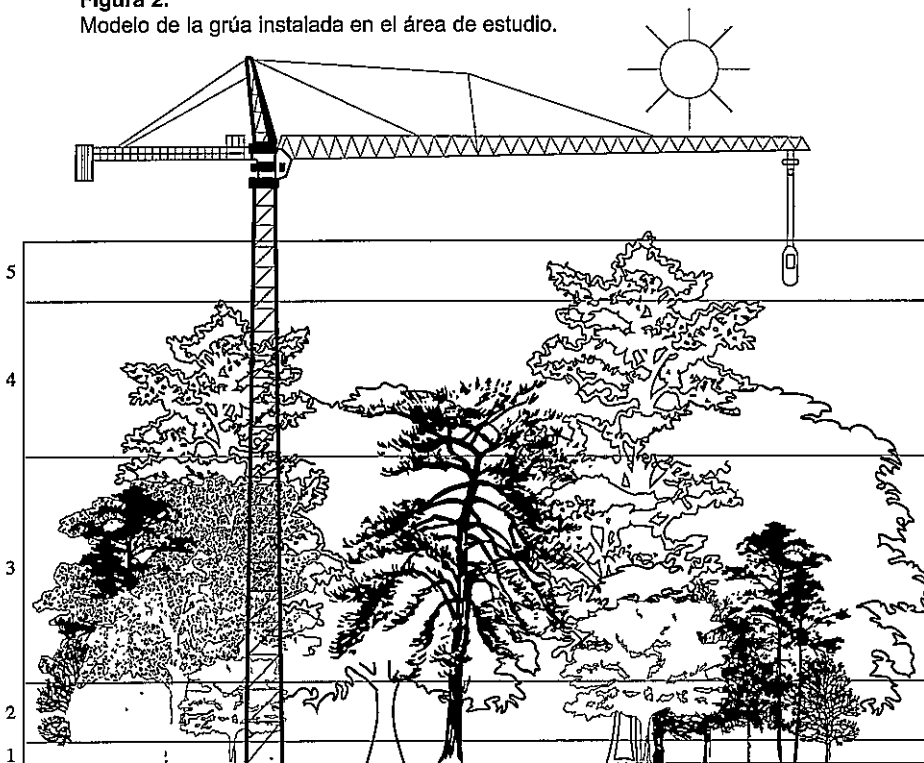
El Parque Natural Metropolitano está ubicado en la Provincia de Panamá a $8^{\circ} 58'$ de latitud Norte y $79^{\circ} 35'$ de longitud Oeste, a una altura promedio de 50 m sobre el nivel del mar, en una zona de vida de Bosque Seco Tropical, donde la temperatura promedio es de 28°C con una precipitación promedio anual de 1740 mm (Tosi, 1971).

Sherman está ubicado en la Provincia de Colón a $10^{\circ} 26'$ de latitud Norte y $79^{\circ} 55'$ de longitud Oeste a una altura de 125 m sobre el nivel del mar, en una zona de vida de Bosque Húmedo Tropical, donde la temperatura promedio es de 27°C y la precipitación anual promedio es de 3200mm (Tosi, 1971).

Colectas en el campo:

Las colectas se llevaron a cabo quincenalmente, tanto en el dosel como en el sotobosque de las áreas mencionadas. Para ascender al dosel se utilizó una grúa, instalada por el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (Figura 2).

Figura 2.
Modelo de la grúa instalada en el área de estudio.



En el Parque Natural Metropolitano el sistema tiene una altura máxima de 42 m y un radio de 51 m, lo que facilita el estudio de aproximadamente 8000 m² de bosque. En Sherman, el sistema tiene 60 m de altura y 54 m de radio, lo que facilita el estudio de aproximadamente 9000 m² de bosque (Wright y Colley, 1994). Las colectas en el sotobosque se realizaban en el área aledaña de la grúa, en senderos previamente establecidos.

Método de muestreo:

Para obtener las muestras se marcó un número de plantas en el dosel y otro en el sotobosque de ambos lugares. De cada especie de planta se marcaron, generalmente, más de un individuo. Para realizar la comparación de la riqueza de especies de insectos cecidógenos en ambos bosques se homogenizó la muestra total, calculando el área foliar para la mayoría de las especies de plantas y se calculó el número de hojas a revisar de cada especie de planta para igualar el área foliar muestreada.

Los individuos de las diferentes especies de plantas presentaban un código numérico único en la cinta de marcado y cada uno se tomó como una estación, que se revisaba cada quince días. Una vez que se llegaba a una planta, se procedía a registrar la presencia o ausencia de agallas, principalmente en hojas y tallos. De encontrarse agallas se anotaba cuántas diferentes había y se procedía a contar el número de éstas; las mismas eran colectadas y colocadas en bolsas plásticas, cerradas y etiquetadas para su traslado al laboratorio.

En todas las colectas se tomaron los datos de fenología de las plantas. Los datos incluidos eran: presencia o ausencia de brotes; si estos eran reproductivos o vegetativos; se anotó el estado de las hojas; si eran nuevas, viejas o si la planta estaba caduca, se registraba la presencia o ausencia de flores y frutos. La escala de anotación se definió de 0 a 2, cero para ausencia, uno para presencia no abundante y dos para presencia abundante o dominante. Toda esta información sirvió para relacionar el estado de la planta con el momento en que ocurriese el ataque de los insectos cecidógenos.

Identificación del material entomológico:

Una vez en el laboratorio las agallas eran generalmente fotografiadas para llevar un registro de las diversas formas encontradas. Posteriormente, un número de agallas se abrían (dependiendo de la cantidad que

se tenía) y se extraían las larvas del insecto las cuales eran preservadas en alcohol glicerado.

El material restante era retornado a las bolsas y colocado en cajas de cartón para obtener el estado adulto de los insectos cecidógenos. Las bolsas eran revisadas diariamente y el material que había emergido era retirado de las bolsas y colocado en alcohol al 70%.

La identificación hasta el nivel de familia de las larvas se realizó con la clave de Stehr (1987), para insectos inmaduros y los adultos con la clave de Borrór *et al.*, (1989). Con base en la forma de la agalla, la larva y el adulto, los individuos fueron separados en morfoespecies. La identificación del material botánico la realizó un especialista en cada área de colecta y en el laboratorio de Entomología de la Universidad de Panamá.

Análisis estadístico:

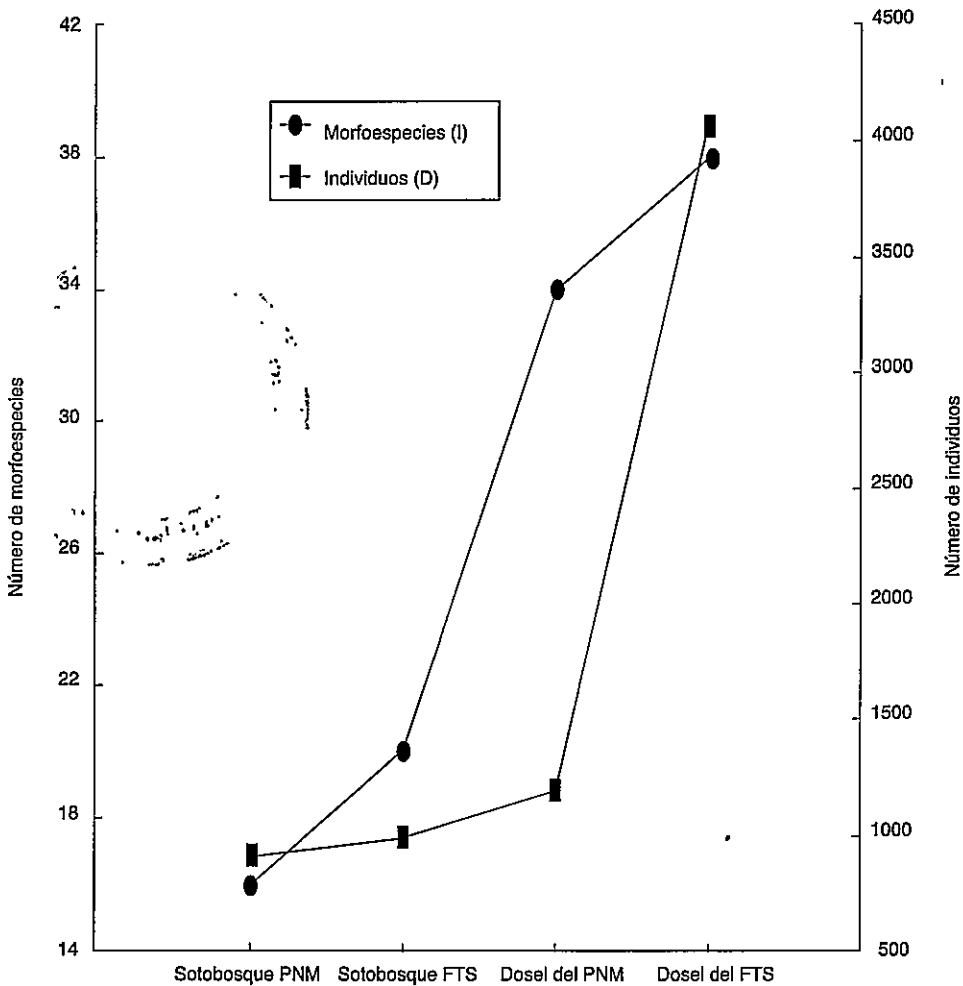
A los datos se les aplicó la prueba de χ^2 para determinar diferencias entre la riqueza de las especies de los insectos cecidógenos en cada estrato de un mismo bosque y para determinar si existían diferencias en la preferencia de hojas nuevas o viejas. Se aplicó análisis de varianza de pruebas repetitivas para determinar diferencias entre los cuatro estratos muestreados.

RESULTADOS

Riqueza de especies:

Nuestros datos indican un total de 104 morfoespecies de insectos cecidógenos para el bosque de Sherman (FTS) y el Parque Natural Metropolitano (PNM), con 7155 agallas contadas en el campo. En el Parque Natural Metropolitano se registraron 47 morfoespecies de insectos cecidógenos y un total de 2096 agallas fueron contabilizadas durante 13 meses de muestreo. De las 47 morfoespecies de insectos cecidógenos 31 se encontraron en el dosel y 16 en el sotobosque. En el dosel se contaron 1182 agallas y 914 en el sotobosque (Figura 3). En el FTS se registraron 57 morfoespecies de insectos cecidógenos y 5059 agallas fueron contadas en el campo durante 12 meses de muestreo. De estas 57 morfoespecies se encontraron en el dosel y se contaron 4069 agallas. En el sotobosque, 20 fueron las morfoespecies de insectos cecidógenos con un total de 990 agallas contadas (Figura 3).

Figura 3.
Número de morfoespecies e individuos por estrato.

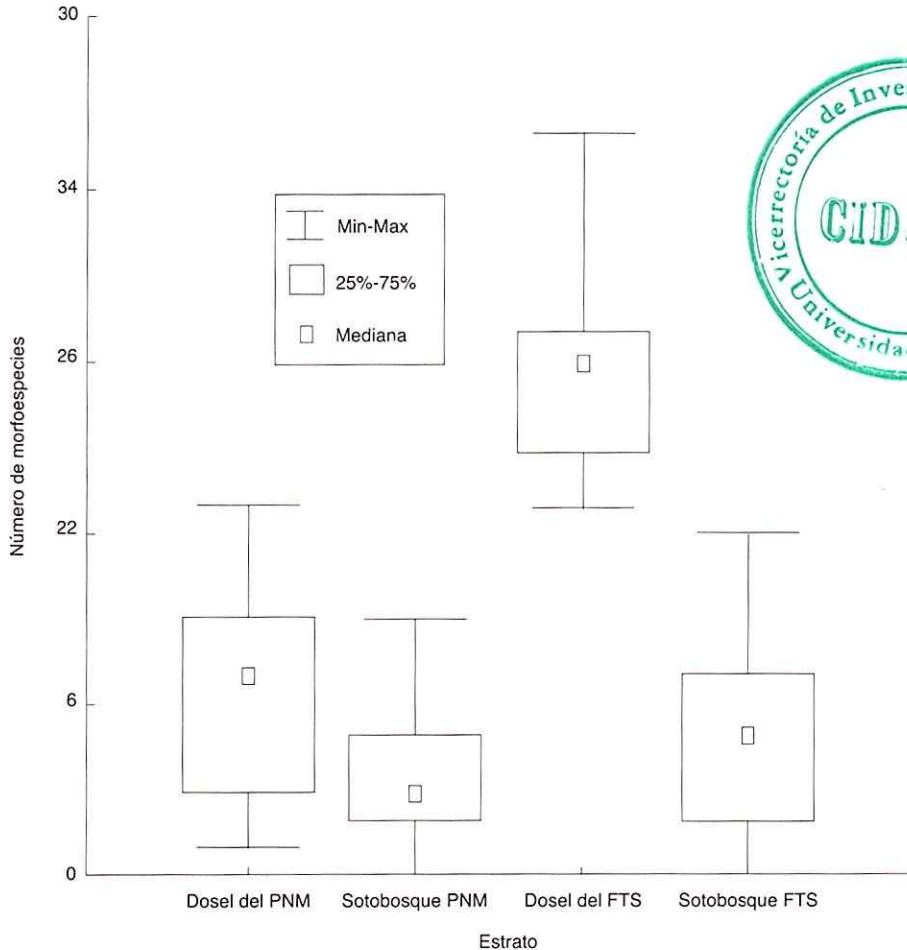


El promedio estimado de morfoespecies de agallas por muestreo para cada estrato es de $6,67 \pm 1,32$ para el dosel y $3,48 \pm 1$ para el sotobosque del PNM, $17,35N \pm 1,39$ para el dosel de FTS y $4,38 \pm 1,27$ para el sotobosque de este lugar. Los valores promedio más altos son para ambos doseles, principalmente el del FTS donde se obtuvo el valor promedio más alto y el menor promedio es para el sotobosque del PNM. El análisis de varianza indica que existen diferencias entre los cuatro estratos muestreados $F = 106,4474$; $p < 0,05$.

El dosel del FTS es el estrato donde se encontró el mayor número de morfoespecies de insectos cecidógenos en un muestreo, siendo de 26 morfoespecies, en julio de 1997. El valor máximo de morfoespecies encontradas en un muestreo en el dosel del PNM fue de 13 morfoespecies, que es el valor mínimo de morfoespecies encontradas en un muestreo en el dosel del FTS (Figura 4).

Figura 4.

Valores encontrados en los diferentes estratos durante el período de muestreo.

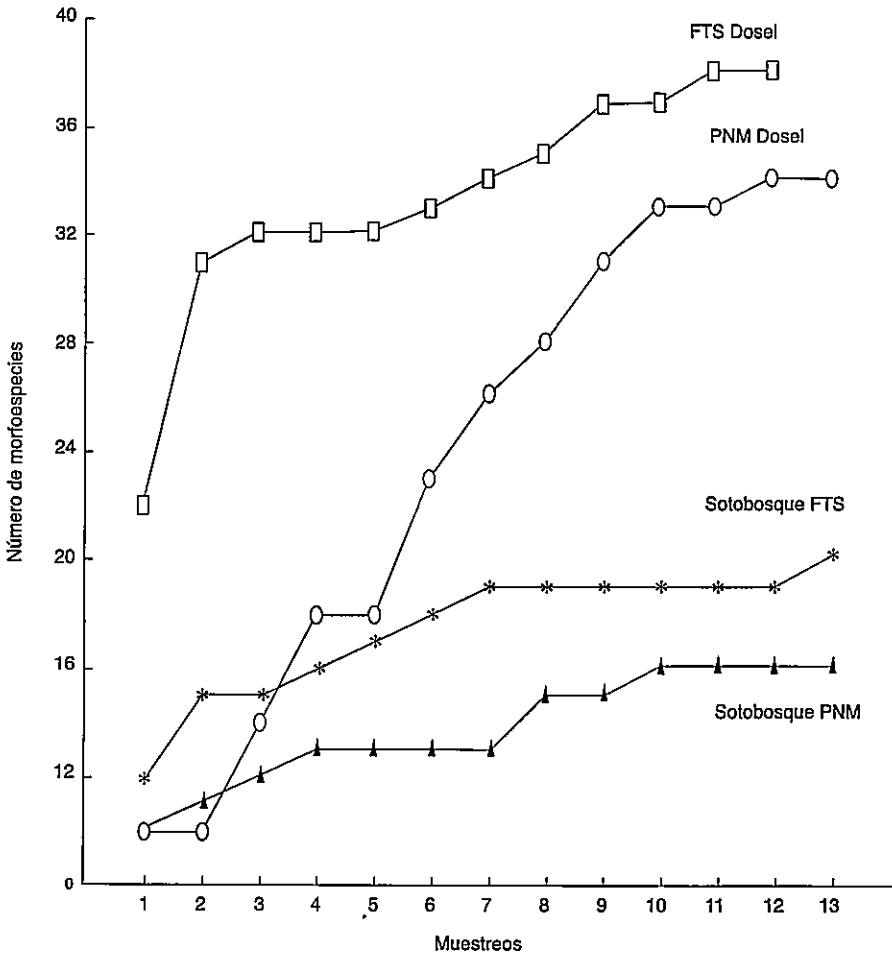


El valor máximo de morfoespecies encontrado en un muestreo para un sotobosque se registra en el FTS siendo de 12 morfoespecies; el valor máximo encontrado para el sotobosque del PNM fue de nueve y en ambos

sotobosques no se registraron agallas en los muestreos de abril de 1998 y en el segundo muestreo de febrero de 1998 en el PNM (Figura 4).

La manera en que aparecieron las nuevas morfoespecies para cada estrato durante los meses de muestreo se muestra en la Figura 5. Luego del primer muestreo, donde todos los estratos presentaron el mayor número de morfoespecies, ambos doseles presentan una aparición más constante de nuevas especies.

Figura 5.
Valores encontrados en los diferentes estratos durante el período de muestreo.



En el dosel del FTS aparecen nueve morfoespecies nuevas en el segundo mes de muestreo (julio) y prosigue de manera lenta pero constante la acumulación de nuevas morfoespecies hasta alcanzar el valor máximo. Igual fenómeno ocurre en el dosel de PNM donde la aparición de nuevas morfoespecies es constante y más intenso durante los diferentes meses, iniciando con las diez encontradas en el primer muestreo hasta alcanzar las 31 registradas.

En ambos sotobosques, el patrón de aparición de las nuevas morfoespecies es similar entre ellos y muy diferente con respecto al dosel. Se observan meses específicos de aparición de las morfoespecies de insectos cecidógenos seguidos de períodos prolongados de ausencia de nuevas morfoespecies. De marzo a junio, en el sotobosque del PNM, aparecen nuevas morfoespecies; de junio a septiembre no se da ningún nuevo registro. Apareciendo nuevas morfoespecies de octubre a diciembre e iniciando nuevamente un período de ausentismo en diciembre que se extiende a marzo de 1998. En el sotobosque del FTS el proceso de acumulación es continuo de mayo a noviembre; de noviembre a abril no hay presencia de nuevas morfoespecies hasta mayo de 1998 cuando se registra la aparición de una nueva morfoespecie en este estrato.

El índice de diversidad α de la serie logarítmica para cada estrato del bosque se muestra en el Cuadro 1. Se observa allí una mayor diversidad en los doseles con respecto a los sotobosques y es el dosel del PNM el que registra el mayor valor con 6534.

Cuadro 1.
Índice de diversidad α para los cuatro estratos muestreados.

ESTRATO	PNM	FTS
Dosel	6,534	5,797
Sotobosque	2,755	3,550

El análisis estadístico indica que existen diferencias en el número de morfoespecies de insectos cecidógenos encontrados en el dosel y en el sotobosque de un mismo lugar. En el PNM, el análisis indica un $\chi^2 = 5,667$ $p < 0,05$ y en el FTS es de $\chi^2 = 5,586$ $p < 0,05$.

Con base en los resultados obtenidos podemos indicar que en ambos bosques existe una proporción de 1,9 especies de insectos cecidógenos en el dosel con respecto al sotobosque. Es decir, el número de insectos cecidógenos en el dosel duplica a los encontrados en el sotobosque.

Insectos cecidógenos:

Las morfoespecies de la familia Cecidomyiidae representan, en este estudio, el 90%, (94 especies), de los insectos cecidógenos colectados (104 en total). Las morfoespecies de la familia Curculionidae, Psyllidae, y Pteromalidae representaron el 1,9% cada uno, (dos especies de insectos de cada una de estas familias); los Eurytomidae representan el 2,8%, (3 especies) y los Buprestidae el 0,9% (una sola especie, *Hylaeogena thoracica*) (Cuadro 2).

Cuadro 2.
Familias de insectos cecidógenos y su porcentaje en el estudio.

Familias de insectos	Número de morfoespecies	Porcentaje
Cecidomyiidae	94	90.00%
Curculionidae	2	1,90%
Psyllidae	2	1,90%
Pteromalidae	2	1,90%
Eurytomidae	3	2,80%
Buprestidae	1	0,91%

El número de agallas diferentes para cada planta, la familia del insecto cecidógeno que la forma, el número de la morfoespecie asignado al insecto y el número de individuos encontrados en el dosel del PNM se muestra en el Cuadro 3. En este estrato, de las 31 morfoespecies de agallas, el 80% (25) fueron inducidas por morfoespecies de la familia Cecidomyiidae, la familia Eurytomidae y Curculionidae, lo cual representan el 6% cada una, con dos morfoespecies; la familia Pteromalidae, el 3%, con una morfoespecie, al igual que la familia Buprestidae con la especie *Hylaeogena thoracica*. En el dosel del PNM las morfoespecies presentaron un rango de 1 a 235 individuos.

La misma información se muestra en el Cuadro 4 para el sotobosque de PNM; en este estrato el 100% de las morfoespecies pertenecen a la familia Cecidomyiidae. En el sotobosque de este lugar los valores variaron entre 2 y 324 individuos.

El número de morfoespecies de agallas por planta, la familia del insecto, el número designado a las morfoespecies del sotobosque y del dosel del FTS respectivamente se indican en los Cuadros 5 y 6. En el dosel, de las 37 morfoespecies, el 84% (32) son de la familia Cecidomyiidae. La familia Eurytomidae y Psyllidae representan el 5,4% (dos morfoespecies cada una) y la familia Pteromalidae el 2,7% con una morfoespecie. En el sotobosque del FTS y en el del PNM, el 100% de las morfoespecies pertene-

cen a la familia Cecidomyiidae. En el dosel del FTS, los valores de individuos varían entre 2 y 627 y para el sotobosque presentaron un rango de 5 a 180 individuos.

Cuadro 3.

Plantas hospederas y sus insectos cecidógenos en el dosel del PNM.

Familia de planta	Especie de planta	Agallas por planta	Familia de insecto	Morfoespecie de insecto	Número de individuos
Asteraceae	<i>Mikania leiostachya</i>	2	Cecidomyiidae	11	45
			Cecidomyiidae	12	5
Bignoniaceae	<i>Amphilophium paniculatum</i>	4	Cecidomyiidae	9	2
			Cecidomyiidae	10	6
			Buprestidae	7	65
			Curculionidae	8	3
			Cecidomyiidae	26	3
Boraginaceae	<i>Phryganocydia corymbosa</i>	1	Cecidomyiidae	4	100
	<i>Cordia alliodora</i>	2	Cecidomyiidae	5	17
Combretaceae	<i>Combretum fruticosum</i>	2	Cecidomyiidae	20	33
			Cecidomyiidae	34	4
	<i>Combretum decandrum</i>	1	Cecidomyiidae	20	3
Dilleniaceae	<i>Doliocarpus major</i>	1	Pteromalidae	14	14
Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i>	2	Cecidomyiidae	21	27
			Cecidomyiidae	22	29
Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i>	1	Cecidomyiidae	6	1
	<i>Phoebe cinnamomifolia</i>	1	Curculionidae	16	1
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	3	Cecidomyiidae	1	133
			Cecidomyiidae	2	90
			Cecidomyiidae	3	7
Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i>	1	Cecidomyiidae	33	22
Moraceae	<i>Castilla elastica</i>	1	Cecidomyiidae	13	45
	<i>Ficus insipida</i>	1	Eurytomidae	24	16
	<i>Cecropia longipes</i>	1	Cecidomyiidae	25	19
	<i>Cecropia obtusifolia</i>	2	Cecidomyiidae	25	43
			Cecidomyiidae	28	14
	<i>Cecropia peltata</i>	1	Cecidomyiidae	25	37
Rhamnaceae	<i>Gouania lupuloides</i>	1	Cecidomyiidae	31	5
Sapindaceae	<i>Serjania mexicana</i>	1	Cecidomyiidae	15	20
	<i>Cupania latifolia</i>	1	Cecidomyiidae	23	31
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	1	Cecidomyiidae	19	18
Tiliaceae	<i>Luehea speciosa</i>	1	Eurytomidae	30	37
Vitaceae	<i>Vitis tiliifolia</i>	2	Cecidomyiidae	17	235
			Cecidomyiidae	18	62

Especificidad:

De las 104 morfoespecies de insectos cecidógenos encontrados, cuatro morfoespecies infestan más de una especie de planta. Podemos señalar con base en la forma de la agalla, la larva y en el parasitoide que la ataca, que la morfoespecie de Cecidomyiidae que infesta la especie de planta *Combretum fruticosum* es la misma que infesta *Combretum de-*

candrum. La morfoespecie de Cecidomyiidae que infesta todas las especies de *Cecropia* muestreadas en el dosel del PNM, con excepción de la morfoespecie 28 (otro Cecidomyiidae), es la misma. La morfoespecie de Cecidomyiidae que infesta *Pourouma bicolor* en el dosel del FTS es igual a la que infesta la especie de *Cecropia* de este estrato. Por lo tanto, de las 108 morfoespecies de insectos cecidógenos, 104 son específicas para su planta hospedera, lo que equivale a un 96,3% de especificidad.

Cuadro 4.

Plantas hospederas y sus insectos cecidógenos en el sotobosque del PNM.

Familia de planta	Especie de planta	Agallas por planta	Familia de insecto	Morfoespecie de insecto	Número de individuos
Fabaceae	<i>Inga sp.</i>	1	Cecidomyiidae	41	24
Myrsinaceae	<i>Stylogyne standleyi</i>	1	Cecidomyiidae	42	11
Bignoniaceae	<i>Phryganocydia corymbosa</i>	1	Cecidomyiidae	48	43
	<i>Cydista sp.</i>	1	Cecidomyiidae	46	12
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella racemosa</i>	1	Cecidomyiidae	39	21
Sapindaceae	<i>Serjania mexicana</i>	1	Cecidomyiidae	4	193
Piperaceae	<i>Piper aequale</i>	1	Cecidomyiidae	40	2
Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i>	2	Cecidomyiidae	37	66
			Cecidomyiidae	38	13
Asteraceae	<i>Mikania leiostachya</i>	1	Cecidomyiidae	44	46
Rubiaceae	<i>Alseis blackiana</i>	1	Cecidomyiidae	45	3
	<i>Psychotria pubescens</i>	1	Cecidomyiidae	36	45
Araliaceae	<i>Dendropanax sp.</i>	1	Cecidomyiidae	50	5
	<i>Paquistera sp.</i>	1	Cecidomyiidae	49	17
Chrysobalanaceae	<i>Licania sp.</i>	1	Cecidomyiidae	47	89

Plantas hospederas:

Un total de 258 especies de plantas y 546 individuos fueron muestreados. De las 258 especies de plantas, 138 se encontraron en el PNM y 120 en el FTS. En el PNM, de las 138 especies de plantas, 53 estaban en el dosel y 85 en el sotobosque. En el dosel se muestrearon 101 individuos y 160 en el sotobosque. En el FTS, de las 120 especies de plantas muestreadas, 57 estaban en el dosel y 63 en el sotobosque. En el dosel se muestrearon 80 individuos y 205 en el sotobosque (n = 546 individuos muestreados) y un área foliar de muestreo aproximado de 8000 cm² en cada estrato.

De las 138 especies de plantas muestreadas en el PNM, 38 especies fueron infestadas por insectos cecidógenos, lo que corresponde a un 27% de infestación con respecto al total de especies de plantas para este bosque, 23 de estas 38 especies se registraron en el dosel y 15 en el sotobosque.

En el dosel del PNM, el porcentaje de infestación de plantas es de 43%, producto de 23 especies de plantas infestadas, de 53 muestreadas, mientras que en el sotobosque el porcentaje de infestación es de 18%, producto de 15 especies de plantas infestadas de 85 muestreadas. El nombre de las especies infestadas para el dosel y el sotobosque del PNM se muestran los Cuadros 3 y 4.

En el FTS, de las 120 especies de plantas muestreadas, 54 especies fueron infestadas, lo que corresponde a un 45% de infestación para las especies de plantas de este bosque; de estas 54 especies, 35 estuvieron en el dosel del bosque y 19 en el sotobosque. En el dosel del FTS, el porcentaje de infestación de plantas es de 61%, producto de 35 especies de plantas infestadas de 57 muestreadas; mientras que en el sotobosque el porcentaje de infestación es del 30%, producto de 19 especies de plantas infestadas de 63 muestreadas. El nombre de las especies infestadas para el sotobosque y el dosel del FTS se muestran en los Cuadros 5 y 6.

Cuadro 5.
Plantas hospederas y sus insectos cecidógenos en el sotobosque del FTS.

Familia de planta	Especie de planta	Agallas por planta	Familia de Insecto	Morfoespecie de Insecto	Número de individuos
Apocynaceae	<i>Odontadenia puncticulosa</i>	1	Cecidomyiidae	99	41
Araceae	<i>Philodendron sp.</i>	1	Cecidomyiidae	105	21
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	1	Cecidomyiidae	100	53
Fabaceae	<i>Inga pezizifera</i>	1	Cecidomyiidae	94	48
Clusiaceae	<i>Tovomitia stylosa</i>	1	Cecidomyiidae	91	14
	<i>Tovomitia longifolia</i>	1	Cecidomyiidae	98	5
Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i>	2	Cecidomyiidae	103	6
			Cecidomyiidae	104	10
Smilacaceae	<i>Smilax panamensis</i>	1	Cecidomyiidae	89	25
Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	1	Cecidomyiidae	95	180
	<i>Clidemia strigillosa</i>	1	Cecidomyiidae	106	15
Moraceae	<i>Brosimum utile</i>	1	Cecidomyiidae	93	33
Olacaceae	<i>Heisteria scandens</i>	1	Cecidomyiidae	97	158
Polygonaceae	<i>Coccoloba parlmensis</i>	1	Cecidomyiidae	92	150
Rhizophoraceae	<i>Casipourea elliptica</i>	1	Cecidomyiidae	90	20
Rubiaceae	<i>Psychotria chagensis</i>	1	Cecidomyiidae	101	39
Sterculiaceae	<i>Theobroma bemooullii</i>	1	Cecidomyiidae	96	138
Vochysiaceae	<i>Vochisia ferruginea</i>	1	Cecidomyiidae	102	9
Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i>	1	Cecidomyiidae	107	10
Nyctaginaceae	<i>Neea amplifolia</i>	1	Cecidomyiidae	108	5

En ambos bosques, 91 especies de plantas fueron infestadas, por insectos cecidógenos, de las 258 muestreadas, lo que equivale a un 35% de infestación para todas las plantas del muestreo.

Cuadro 6.

Plantas hospederas y sus insectos cecidógenos en el dosel del FTS.

Familia de planta	Especie de planta	Agallas por planta	Familia de insecto	Morfoespecie de insecto	Número de individuos
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	1	Cecidomyiidae	54	28
Annonaceae	<i>Guatteria dumetorum</i>	1	Cecidomyiidae	74	31
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cruentum</i>	1	Cecidomyiidae	60	192
	<i>Tabernaemontana arborea</i>	1	Cecidomyiidae	83	20
Bignoniaceae	<i>Jacaranda sp.</i>	1	Cecidomyiidae	65	5
Boraginaceae	<i>Cordia bicolor</i>	2	Cecidomyiidae	72	164
			Cecidomyiidae	73	21
Burseraceae	<i>Protium panamense</i>	1	Psyllidae	57	627
Clusiaceae	<i>Clusia sp.</i>	2	Cecidomyiidae	58	132
			Cecidomyiidae	88	18
	<i>Calophyllum longifolium</i>	1	Cecidomyiidae	59	47
	<i>Tomovita longifolia</i>	1	Cecidomyiidae	79	13
	<i>Tovomita sp.</i>	1	Cecidomyiidae	85	10
Apocynaceae	<i>Odontodenia puncticulosa</i>	1	Cecidomyiidae	82	300
Euphorbiaceae	<i>Pera arborea</i>	1	Cecidomyiidae	51	33
Fabaceae	<i>Dussia munda</i>	1	Cecidomyiidae	66	302
	<i>Lonchocarpus sp.</i>	2	Cecidomyiidae	68	45
			Psyllidae	67	337
	<i>Dussia sp</i>	1	Cecidomyiidae	75	53
	<i>Inga pezizifera</i>	1	Cecidomyiidae	70	9
	<i>Inga cocloeensis</i>	1	Eurytomidae	80	38
Malpighiaceae	<i>Hiraea quapara</i>	1	Cecidomyiidae	77	13
Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i>	1	Cecidomyiidae	71	291
Moraceae	<i>Pouroluma bicolor</i>	1	Cecidomyiidae	62	164
	<i>Cecropia sp.</i>	1	Cecidomyiidae	62	2
	<i>Poulsenia armata</i>	1	Pteromalidae	69	146
	<i>Perebea xanthochyrra</i>	1	Cecidomyiidae	78	10
	<i>Ficus nymphaeaifolia</i>	1	Eurytomidae	87	64
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i>	1	Cecidomyiidae	64	47
	<i>Virola serbifera</i>	1	Cecidomyiidae	86	18
Ochnaceae	<i>Cespedezia macrophylla</i>	1	Cecidomyiidae	84	47
Rhizophoraceae	<i>Cassipourea elliptica</i>	1	Cecidomyiidae	55	234
Chrysobalanaceae	<i>Licania hypoleuca</i>	1	Cecidomyiidae	76	20
	<i>Maranthes panamensis</i>	1	Cecidomyiidae	81	265
Hippocrataceae	<i>Tontelea ovalifolia</i>	1	Cecidomyiidae	56	61
Sapindaceae	<i>Matayba apetala</i>	1	Cecidomyiidae	61	24
Sapotaceae	<i>Maniakkara bidentata</i>	1	Cecidomyiidae	52	73
Simaruobaceae	<i>Simaruoba amara</i>	1	Cecidomyiidae	53	165

Familias y especies de plantas más afectadas por insectos:

Las familias de plantas más afectadas por los insectos cecidógenos fueron en su orden: la Moraceae con diez, la Leguminosae con ocho y la Clusiaceae con cinco especies de plantas infestadas.

Las especies de plantas más afectadas en PNM fueron *Amphilophium paniculatum* que presenta 4 agallas diferentes, *Enterolobium cyclocarpum* que exhibe 3, *Vittis tilifolia*, *Lacistema aggregatum*, *Cecropia obtusio-*

folia, *Cordia alliodora*, *Cumbretum fruticosum* y *Mikania leiostachia* presentaron 2 morfoespecies. En el FTS, *Cordia bicolor*, *Lonchocarpus longifolium*, *Lacistema aggregatum* y *Clussia minor* arrojan dos morfoespecies cada una.

Distribución vertical y horizontal de los insectos:

De las 138 especies de plantas muestreadas en el PNM, 17 fueron comunes para el dosel y el sotobosque. De éstas, 10 especies fueron infestadas en el dosel y 5 en el sotobosque, pero sólo 4 fueron comunes en ambos sitios, *Mikania leiostachya*, *Phryganocydia corymbosa*, *Cecropia longipes* y *Serjania mexicana*. Todas fueron infestadas por individuos de la familia Cecidomyiidae, sin embargo sólo la primera está infestada por la misma morfoespecie. De las 120 especies de plantas muestreadas en el Fuerte Sherman, 18 especies de plantas se encontraron en común entre el dosel y el sotobosque. De éstas, 12 fueron infestadas en el dosel y 5 en el sotobosque. Sólo 3 de las especies infestadas fueron comunes en ambos sitios, *Cassipourea elliptica*, *Tovomita longifolia*, y *Odontodenia puncticulosa*. Todas infestadas por morfoespecies de la familia Cecidomyiidae, pero sólo las dos últimas están infestadas por el mismo Cecidomyiidae en ambos estratos. Lo que indica una alta identidad en la comunidad de morfoespecies de insectos cecidógenos en los estratos de ambos bosques.

No hubo ninguna especie de planta común entre el dosel del PNM y el dosel del FTS. Se encontraron dos especies de plantas comunes a ambos sotobosques: *Lacistema aggregatum* e *Hirtella racemosa*. *Lacistema agregatum* estuvo infestada en ambos lugares con los mismos dos Cecidomyiidae formadores de agalla. *Hirtella racemosa* sólo estuvo infestada en el sotobosque del PNM.

Fenología y estacionalidad:

Utilizando la información fenológica de cada una de las 91 especies de plantas infestadas en la comunidad y el momento de aparición de cada una de las 104 morfoespecies, podemos indicar que el 69, de 104 de las morfoespecies, aparecieron mientras las especies de plantas hospederas estaban produciendo hojas nuevas y 39 de 104 aparecen independientes de la producción de hojas nuevas por parte de la planta hospedera. El Cuadro 7 muestra en cuál estado fenológico de las plantas hospederas aparecen los insectos cecidógenos para cada uno de los estratos. El análisis estadístico indica que existe preferencia por las hojas nuevas al mo-

Cuadro 7.

Estado fenológico de las plantas hospederas y la aparición de las morfoespecies por estrato.

Fenología	Número de morfoespecies				Total
	Dosel PNM	Sot. PNM	Dosel FTS	Sot. FTS	
Hoja nueva	29	3	27	10	69
Hoja vieja	5	13	11	10	39
Total	34	16	38	20	108

mento de la infestación, que por cualquier otra etapa fenológica de la planta $\chi^2= 8,32$ $p<0,05$. Las morfoespecies de los doseles presentan una mayor preferencia por períodos donde la planta hospedera se encuentra produciendo hojas nuevas, mientras que en los sotobosques la producción de hojas nuevas no es requisito fundamental para las morfoespecies de este estrato. En el dosel del PNM, 85% de las morfoespecies aparecen cuando hay producción de hojas nuevas y el 15% cuando había sólo hojas maduras. Mientras que, en el sotobosque, el 81% aparecieron cuando sólo había disponibilidad de hojas maduras en su planta hospedera y sólo el 18% cuando la planta estaba produciendo hojas nuevas. En el dosel del FTS, el 71% de las morfoespecies está relacionado con la producción de hojas nuevas y el 29% es independiente de este factor fenológico en la planta. En el sotobosque, el 50% de las morfoespecies está influenciado por la presencia de hojas nuevas, mientras que el 50% restante no lo está.

En cuanto a la aparición de las morfoespecies por estación climática, podemos señalar que (aplicando a nuestro período de muestreo las fechas establecidas por la Comisión del Canal de Panamá como inicio de las estaciones seca (verano) y lluviosa (invierno) para los años 1997 y 1998), de las 104 morfoespecies, 28 de éstas aparecieron exclusivamente en la temporada de lluvia (26%), 19 aparecieron en la estación seca (18%) y 61 de las morfoespecies ocurrieron durante períodos de muestreo que incluían ambas estaciones (56%), a la luz del Cuadro 8.

Cuadro 8.

Estación climática del año donde aparecen las morfoespecies por estrato.

Estación	Número de morfoespecies				Total
	Dosel PNM	Sot. PNM	Dosel FTS	Sot. FTS	
Verano	7	6	5	1	19
Invierno	14	1	4	9	28
Invierno-Verano	13	9	29	10	61
Total	34	16	38	20	108

DISCUSIÓN

Riqueza de especies:

De acuerdo a nuestros resultados podemos señalar que la mayor riqueza de insectos cecidógenos en el dosel del bosque tropical es el producto de la interacción de un conjunto de factores propios del hábito de formar agallas y de las condiciones particulares de este estrato del bosque, que acondiciona el medio para una mayor expresión de estos insectos. Consideramos que los insectos cecidógenos, al igual que la mayoría de los herbívoros, atacan con más frecuencia plantas jóvenes y vigorosas, que aquellas viejas y maduras (Price, 1991b), que los herbívoros causan más daños en hojas nuevas y en expansión (Barone y Coley, 1996; Larrea, 1999 y Sánchez *et al.*, 1999), que los ataques a las plantas ocurren durante períodos de alta producción de nitrógeno (Frenzel y Brandl, 1988; Basset, 1991 y Hartley, 1988) y que es en el dosel del bosque donde se dan estas condiciones debido a la alta producción de biomasa que se genera en este estrato (Erwin y Scott, 1980). Provocada por los altos niveles de luz que recibe este estrato promueven tasas más rápidas de fotosíntesis y una producción más constante de hojas nuevas, flores y frutos, que sostiene una mayor diversidad de comunidades (Wright, 1997). Entonces resulta razonable que exista una mayor acumulación y diversificación de estas especies en el dosel del bosque como lo reflejan nuestros resultados.

Preferencias fenológicas:

Según Dreger-Jauffret y Shorthouse (1992), al igual que nuestros resultados, las fluctuaciones de las especies de insectos cecidógenos durante el año van a estar relacionadas a la fenología de su especie de planta hospedera y principalmente cuando ésta esté produciendo el órgano que es utilizado por el insecto como sustrato para la agalla, independientemente que en el resto de las plantas de la comunidad exista una mayor producción de este órgano.

La condición fisiológica del hospedero va a jugar un papel determinante en la riqueza de un formador de agalla (Blanche y Westoby, 1995). Si las condiciones no son las adecuadas, el número de larvas que sobrevive puede ser menor que el número de agallas que se formen, ya que la formación del tumor puede proseguir aun cuando el estado inmaduro del insecto haya muerto (Wood *et al.*, 1990). Otro efecto que puede provocar una mala elección del período de oviposición es el que la larva

entre en diapausa o que el huevo entre en dormancia, cuando la cantidad de agua no es la adecuada en la planta, evitando de esta manera la deshidratación (Wood et al, 1990).

El estrés ambiental:

Dentro de un bosque tropical, el dosel recibe una mayor cantidad de luz solar (calor) durante todo el día (a diferentes intensidades pero constante). El dosel, por consiguiente, mantiene temperaturas mucho más elevadas (de 5 a 8 grados más altas) que las registradas en otros estratos del bosque y una humedad menor (30% menos que otros estratos), debido a los procesos de evaporación que ocurren con mayor rapidez (Wright, 1997). Lo que es análogo a un ambiente estresado, provocando como sugieren nuestros resultados y los de Fernández y Price (1988, 1991); Waring y Price (1990), una mayor riqueza de insectos cecidógenos en estos ambientes.

Según Price (1991b), cuando la planta está fisiológicamente estresada, ésta comienza a hacerse más susceptible a los herbívoros. Debido a que se da una reducción en la síntesis de proteínas y un incremento de los aminoácidos en los diferentes tejidos de la planta. Así habrá más generación de nutrientes por la cantidad de nitrógeno disponible (White, 1969). Las plantas en estrés sintetizan menos defensas químicas (Price, 1991b). La combinación de una nutrición mejorada y la reducción de defensa mantendrán a la planta particularmente vulnerable a los herbívoros, lo que provocará una mayor riqueza de éstos en ambientes estresados que en cualquier otro lugar (Price, 1991a).

Estratificación vertical y horizontal:

En cuanto a la estratificación vertical de las morfoespecies, nuestros resultados indican que, entre los dos bosques, tres morfoespecies de insecto cecidógeno lograron ocupar ambos estratos. Dentro de un bosque tropical, factores como el microclima, la iluminación, movilidad del insecto, competencia interespecífica, enemigos naturales, calidad del recurso alimenticio, la producción de hojas y la caída de éstas, pueden promover la estratificación de los insectos (Basset *et al.*, 1992 y Hespeneide, 1991), provocando una mayor o menor acumulación de insectos a través de los diferentes estratos verticales dentro del bosque. En los insectos herbívoros comedores libres de follaje, la distribución de cada estado en el ciclo de vida es diferente, ya que la movilidad de la larva permite su redistribución subsiguiente a la oviposición de la hembra, logrando así ocu-

par algunas especies diversos niveles dentro del bosque (Brown *et al.*, 1997). Sin embargo, comedores internos de tejido como los insectos cecidógenos son especies que están restringidas a desarrollarse con el ciclo de las hojas y su inicial distribución está determinada por la oviposición de la hembra; sin embargo, la subsecuente modificación en la distribución puede sólo ocurrir vía mortalidad diferencial (Brown *et al.*, 1997), provocando, como sugieren nuestros resultados, una alta identidad de la comunidad de insectos cecidógenos en cada estrato.

En cuanto a la estratificación horizontal, en nuestros resultados sólo dos de las 104 morfoespecies de insectos se encontraron en ambos bosques y éstas infestan la misma especie de planta. Un factor fundamental en la distribución a través de un gradiente horizontal de las especies fitófagas con hábito específico (como los son los insectos cecidógenos) es la distribución de su hospedero. Procesos coevolutivos han llevado a muchas especies de insectos a alimentarse de una especie de planta en particular ó un grupo de éstas con una estrecha relación taxonómica, lo que provoca una dependencia de las especies de insectos con respecto a la distribución de su hospedero (Futuyma, 1991).

Especificidad:

Nuestros resultados indican un alto grado de especificidad de los insectos cecidógenos con su planta hospedera. Los insectos cecidógenos son altamente específicos con respecto a su planta hospedera y aún con respecto al órgano que atacan, estos insectos sólo forman agallas en una especie o en un grupo de plantas taxonómicamente muy cercanas (Dreger-Jauffret y Shorthouse, 1992).

Todos los órganos están sujetos al ataque de cecidógenos, incluyendo raíces, tallos, hojas flores y frutos. Sin embargo, las hojas son el órgano más atacado, ya que cerca del 80% de las agallas se forman en ellas (Dreger-Jauffret y Shorthouse, 1992).

SUMMARY

RICHNESS OF GALL MAKER INSECTS IN CANOPY AND UNDESTOREY OF TWO ECOLOGICAL SITES OF PANAMA

This study aimed to compare species richness for gall maker insects living in different strata of a tropical forest and to identify phenological preferences as well as host specificity. We marked 258 plants species re-

presenting 121 families and in total collected 546 individual insects. Every two weeks beginning in January 1997 and ending in May 1998, we collected in both the canopy and the understorey of two different forests: Parque Natural Metropolitano and Fort Sherman. Each time we recorded presence or absence of galls as well as the phenological stage of the host plant. Our results indicate significant differences in the species richness in the canopy and understorey for both. $\chi^2 = 5,6667$, $p < 0,05$ for Parque Natural Metropolitano and $\chi^2 = 5,5862$, $p < 0,05$ for Fort Sherman. We estimated host specificity to be 96,3%. Generally infection at young phenological stages when plants presented a large number of young leaves, $\chi^2 = 8,32$ $p < 0,05$.

KEYWORDS

Insects, cecidogen, gall maker, richness, specificity, environmental stress

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARONE, J. y COLEY, P. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forest. *Annu. Rev. Ecol. Syts.*, 27, 305-335.

BARRIOS, H. 2001. Insect herbivores feeding on nonspecific seedlings and trees. En: **Arthropods of Tropical Forests**. Eds: Universidad de Cambridge. *En prensa*.

BASSET, Y. 1991. Influence of leaf traits on the spatial distribution of insect herbivores associated with an overstorey rainforest tree. *Oecologia*, 87, 388-393.

BASSET, Y. 1992. Host Specificity of arboreal and free-living insect herbivores in rain forest. *Biol. J. Linn. Soc.*, 47, 115-133.

BASSET, Y. 2001. Communities of insect herbivores foraging on saplings versus matures trees of *Pourouma bicolor* (Cecropiaceae) in Panama. *Sometido a Oecologia*.

BASSET, Y.G. 1996. Local communities of arboreal herbivores in Papua, New Guinea: Predictors of insect variables. *Ecology*, 77 (6), 1906-1919.

BASSET, Y., ALBERLENC, H.P., y DELVORE, G. 1992. Abundance and stratification of foliage arthropods in a lowland rain forest of Cameroon. *Ecol. Entomol.*, 17, 310-318.

BLANCHE, R. y WESTOBY, M. 1995. Gall-Forming insect diversity is like to soil fertility via host plant taxon. **Ecology**, 76 (7), 2334-2337.

BORROR, D., TRIPHEHORN, C. y JOHNSON, N. 1989. **An Introduction to the Study of Insects**. 6ª Edición. Ohio, Estados Unidos: Saunders College Publishing. 875 pp.

BRONNER, R. 1992. The role of nutritive cells in the nutrition of Cynipid and Cecidomyiids. En: **Biology of Insect-Induced Galls**. Eds: J. D. Shorthouse, y O. Rohfritsh. pp. 118-137. Oxford: Oxford University Press.

BROWN, J., VARGO, S., CONNOR, E. y NUCKOLS, M. 1997. Causes of vertical stratification in the density of *Camenaria hamadryadella*. **Ecol. Entomol.**, 22, 16-25.

COLINVAUX, P.A. 1995. **Introducción a la Ecología**. 1a. Edición. México, D.F.: Editorial Limusa. 679 pp.

DREGER-JAUFFRET, F. y SHORTHOUSE, J.D. 1992. Diversity of gall-inducing insects and their galls. En: **Biology of Insect-Induced Galls**. Eds: J. D. Shorthouse y O. Rohfritsch. Oxford: Oxford University Press. pp. 8-33.

ERWIN. T. y SCOTT, J.C. 1980. Seasonal and size patterns, trophic structure and richness of Coleoptera in the tropical arboreal ecosystem: the fauna of the tree *Luehea seemanii* Triana and Planch in the Canal Zone of Panama. **Coleopterists Bulletin**, 34(3), 305-322.

FERNÁNDEZ, W. y PRICE, P. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness. **Oecology**, 76, 161-167.

FERNÁNDEZ, W. y PRICE P. 1991. Comparison of tropical and temperate galling species richness: The roles of environmental harshness and plant nutrient status. En: **Plant-Animal Interactions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions**. Eds: W.P. Price, T.M. Lewinshohn, G. Fernandes y W. Benson. Nueva York: Wiley. pp. 51-69.

FRENZEL, R. y BRANDL, R. 1988. Diversity and composition of phytophagous insect guilds on Brassicaceae. **Oecologia**, 113, 391-399.

FUTUYMA D. 1991. Evolution of host specificity in herbivorous insect: Genetic, ecological and phylogenetic aspect. En: **Plant-Animal Interac-**

tions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions. Eds: W. P. Price, T. M. Lewinshohn, G. Fernandes y W. Benson. Nueva York: Wiley. pp. 431-454.

GARCÍA, M. 1999. **Estructura y Dinámica de los Insectos del Orden Coleoptera en la Copa del Árbol *Luehea semanni*, en el Dosel del Bosque del Parque Natural Metropolitano, Panamá.** Tesis de Maestría. Universidad Santa María la Antigua.

HARTLEY, S.E. 1988. The chemical composition of galls: are levels of nutrients and secondary compounds controlled by the gall-former? *Oecologia*, 113, 492-501.

HESPENHEIDE, H.A. 1991 Bionomics of leaf-mining insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 36, 535-560.

KREBS, C. 1985. **Ecología, Estudio de la Distribución y la Abundancia.** 1ª. Edición. México, D.F.: Harla. 753 pp.

LARREA, D. 1999. Efecto de la etapa de crecimiento y la concentración de nitrógeno y carbono en la folivoria por insectos en plántulas de *Swietenia macrophylla* (Meliaceae). *Ecología en Bolivia*, 32, 29-35.

LOWMAN, M. 1992. Herbivory in Australian rain forests, with particular reference to the canopies of *Doryphora sassafras* (Monimiaceae). *Biotropica*, 24 (2b), 263-272.

LOWMAN, M. 1993. The ecology of tropical rain forest canopies. *Tree*, 8 (3), 104-107.

MAGURRAN, A.E. 1988. **Ecological Diversity and Its Measurement.** 1ª. Edición., Nueva York: Princeton University Press. 179 pp.

ØDEGAARD, K. 1999. **Host Specificity as Parameter in Estimates of Arthropod Species Richness.** Tesis Doctoral. Noruega: Norwegian University. 35 pp.

PRICE, P. 1991a. Patterns in communities along latitudinal gradients. En: **Plant-Animal Interactions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions.** Eds: W. P. Price, T. M. Lewinshohn, G. Fernandes y W. Benson. Nueva York: Wiley. pp. 51-69.

PRICE, P. 1991b. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos*, 62, 244-251.

PRICE, P., FERNÁNDEZ, G., LARA, C., BRAWN, J., GERLING, D., BARRIOS, H., WRIGHT, M., RIBEIRO, S. y ROTHCLIFFE, N. 1998. Global patterns in local number of insect galling species. *J. Biogeography*, 25(3), 581.

PRICE, P., FERNÁNDEZ, W. y WARING, G. 1987. Adaptive natural of insect galls. *Environ. Entomol.*, 16(1), 15-24.

ROHFRTSCH, O. 1992. Patterns in Gall Development. En: **Biology of Insect-Induced Galls**. Eds: J. D. Shorthouse y O. Rohfritsch. Oxford: Oxford University Press. pp. 60-86.

RUPPERT, E. y BARNES, R. 1996. **Zoología de los Invertebrados**. 6a. Edición. México, D.F.: MacGraw-Hill Interamericana. 1114 pp.

SÁNCHEZ, G., DIRZO, R. y BALCÁZAR, M. 1999. Especificidad y herbivoría de Lepidoptera sobre especies pioneras y tolerantes del bosque mesófilo de la reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México. *Acta Zool. Mex.*, 78, 103-118.

SHORTHOUSE, J.D. 1986. Significance of nutritive cells in insect galls. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, 88(2), 368-375.

SPRINGATE, H. y BASSET, Y. 1996. Diel activity of arboreal arthropods associated with Papua New Guinean trees. *J. Nat. Hist.*, 30, 101-112.

STEHR, F.W. 1987. **Immature Insects**. Vol. 2. Kendall: Hunt Publishing Company. 975 pp.

STERCK, F., VAN DER MEER, P. y BONGERS, F. 1992. Herbivory in two rain forest canopies in French Guyana. *Biotropica*, 24(1), 97-99.

STORK, N.E. 1988. Insect diversity: Facts, fiction and speculation. *Biol. J. Linn. Soc.*, 35, 321-337.

TOSI, J. 1971. **Zonas de vida. Una Base Ecológica para la Investigación Silvícola e Inventario Forestal en la República de Panamá**. Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). Roma. 126 pp.

ULER, L. D. 1951. **Biology and Ecology of the Goldenrod Gall Fly, *Eurosta solidaginis***. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn.

VALDERRAMA, A. 1998. **Diversidad de Insectos Minadores en un Bosque Tropical**. Tesis de Maestría. Universidad de Panamá. 76 pp.

WARING, G. y PRICE, P. 1990. Plant water stress and gall formation. **Ecol. Entomol.**, 15, 87-95.

WHITE, T.C. 1969. An index to measure weather induced stress of trees associated with outbreaks of Psyllidae in Australia. **Ecology**, 50, 905-909.

WILSON, E.O. 1988. The current state of biological diversity. En **Biodiversity**. Ed. E.O.Wilson. Washington: National Academy Press. 3-18 pp.

WOLDA, H. 1983. Diversity, diversity index and tropical cockroaches. **Oecologia**, 58, 290-298.

WOOD, T., OLMSTEAD, K. y GUTTMAN, S. 1990. Insect phenology mediated by host-plant water relations. **Evolution**, 44(3), 629-636.

WRIGHT, S.J. 1997. **Accessing the Canopy**. Smithsonian Tropical Research Institute. 84 pp.

WRIGHT, S. y COLLEY, M. 1994. **Accessing the Canopy**. Assessment of biological diversity and microclimate of the tropical forest canopy: Phase 1. United Nations Environmental Program, Nairobi, Kenya.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Environmental United Programme (UNEP), al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, al gobierno de Dinamarca y a la Secretaria Nacional de Ciencias y Tecnología (SENACYT) por el financiamiento de esta investigación.

**CONCENTRACIÓN DE HIERRO, COBRE Y ZINC EN LOS
TEJIDOS DE *Anadara tuberculosa* (PELECYPODA:
ARCIDAE) DURANTE LA ESTACIÓN LLUVIOSA Y
LA ESTACIÓN SECA (OCTUBRE 1998-MARZO 1999),
EN PUNTA CHAME, PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

INDIRA L. DURÁN¹ y JUAN ANTONIO GÓMEZ²

¹ Instituto del DNA y del Genoma Humano,
Universidad de Panamá.

² Departamento de Biología Marina y Limnología,
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Universidad de Panamá.

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el propósito de determinar los niveles de hierro, cobre y zinc (Fe, Cu y Zn) en los tejidos de *Anadara tuberculosa*, durante las dos estaciones climáticas en Panamá (octubre de 1998 a marzo de 1999). Los organismos fueron colectados en el manglar de la Isla Taborcillo en Punta Chame, y trasladados al Laboratorio Marino de la Universidad de Panamá. Se usó el método de digestión seca para obtener las concentraciones de los diferentes metales. Para el análisis de los datos se utilizó el análisis de varianza del programa estadístico SYSTAT, con el cual se determinó que el Fe presentó una diferencia significativa ($p < 0,05$) a través de los meses y una diferencia muy significativa ($p < 0,01$) en los tejidos. Mientras que el Cu mostró una diferencia muy significativa ($p < 0,01$) durante los meses de estudio y el Zn sólo una diferencia significativa ($p < 0,05$) en la interacción meses-tejidos. *Anadara tuberculosa* presentó sus máximas concentraciones en el mes de diciembre (358,23 $\mu\text{g/g}$ de Fe; 0,99 $\mu\text{g/g}$ de Cu; 24,87 $\mu\text{g/g}$ de Zn).

PALABRAS CLAVES

Anadara tuberculosa, metal, hierro, cobre, zinc, concentración.

INTRODUCCIÓN

Los metales en estudio son llamados por algunos autores *metales pesados* y por otros *metales trazas*. Pertenecen a un grupo de elementos metálicos con características químicas semejantes, son constituyentes naturales del agua de mar y se encuentran en bajas concentraciones por lo que son conocidos como oligoelementos o elementos traza. Algunos de estos elementos son considerados esenciales para la vida, tienen como función, a nivel bioquímico, catalizar reacciones. Mientras que aquellos que no tienen funciones fisiológicas reconocidas, por sus características químicas y en concentraciones levemente superiores a las naturales, pueden reemplazar a los esenciales, con disfunciones que los convierten en elementos tóxicos (Ahumada, 1994).

Los elementos Fe, Cu y Zn, junto con otros metales traza son *esenciales* para el correcto funcionamiento de los procesos bioquímicos (Viarengo, 1985). Así, por ejemplo, el hierro es un componente de la hemoglobina, mioglobina y citocromos, entre otras funciones. El cobre posee un papel catalítico en muchos sistemas enzimáticos como en las metaloenzimas, participa en el transporte de electrones de la plastocianina y en la síntesis de melanina y hemoglobina (Sadig, 1992; Villé *et al.*, 1992). Por otro lado, el zinc es considerado uno de los elementos traza más esencial, porque juega un papel crucial en el crecimiento y diferenciación celular, en la apoptosis, en el aumento de las respuestas inmunes y forma parte de más de 70 enzimas (Villé *et al.*, 1992).

El hierro puede encontrarse en forma soluble y particulada (Bryan y Uysal, 1978; El-Nady, 1996) y a pesar de las altas concentraciones no es usualmente un contaminante significativo del mar. Sin embargo, el cobre que, en ambientes acuáticos, puede existir en forma particulada, coloidal y soluble (Baatrup, 1991), cuando está presente en altas concentraciones, exhibe efectos nocivos en los organismos acuáticos. Por su parte, el zinc es considerado uno de los metales pesados tóxicos más abundantes.

Como consecuencia de la industrialización y la demanda de nuevas tecnologías, el hierro, cobre y zinc han sido y son utilizados ampliamente en todo tipo de industrias, por lo cual se han convertido en un grave problema de contaminación para los océanos del mundo.

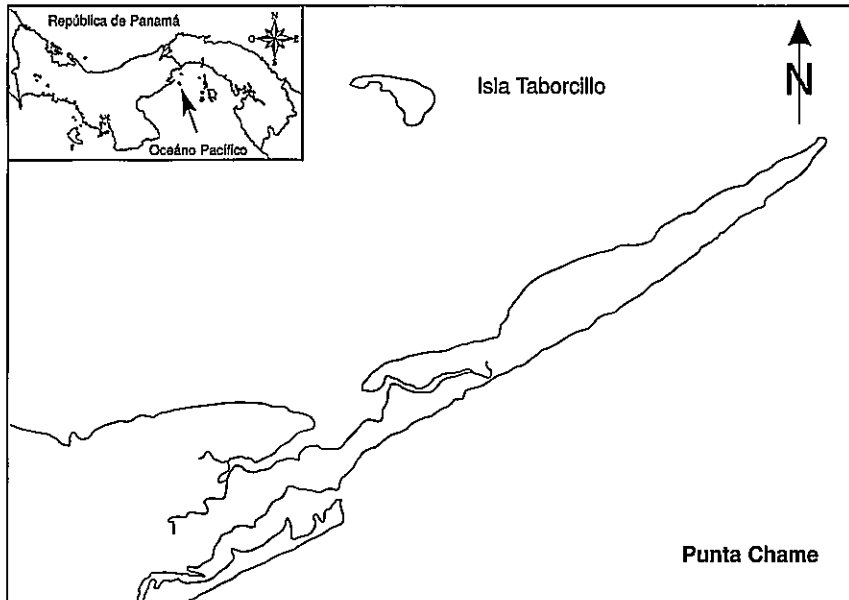
Organismos como *Anadara tuberculosa* acumulan contaminantes en sus tejidos porque están expuestos a aguas, alimentos y sedimentos contaminados. La capacidad de bioconcentración de estos bivalvos la influyen las

propiedades físico-químicas tanto del agua como de los sedimentos, además de los cambios estacionales. De allí que el objetivo de nuestro estudio es determinar los niveles de concentración de hierro, cobre y zinc en *Anadara tuberculosa* durante las dos estaciones climáticas de Panamá, específicamente en Punta Chame.

PARTE EXPERIMENTAL

Para la determinación de hierro (Fe), cobre (Cu) y Zinc (Zn) se utilizaron 20 especímenes de *A. tuberculosa*, colectados en el manglar de la isla Taborcillo, Punta Chame (Figura 1). Los tejidos de las gónadas-glándulas digestivas y el resto de tejido fueron secados en un horno a 60° C durante 72 horas hasta peso constante y luego calcinados en una mufla a 350° C por 1 hora. Las cenizas fueron disueltas en ácido nítrico (HNO₃ 50%) y filtradas con papel filtro sin cenizas. El volumen fue lavado y aforado con agua desionizada en balones volumétricos de 25 mL. Posteriormente se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 248 nm para el hierro, 324,8 nm para el cobre y 213,9 nm para el zinc, en un espectrofotómetro de absorción atómica de llama acetileno, siguiendo la metodología de Dalziel y Baker (1983).

Figura 1.
Localización del área de estudio.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mínima concentración de Fe en *Anadara tuberculosa* se registró en marzo (47,47 $\mu\text{g/g}$) y la máxima (207,49 $\mu\text{g/g}$) en diciembre (Figura 2). La concentración en el organismo completo ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) permaneció alta durante la estación lluviosa (296,15 - 358,23 $\mu\text{g/g}$), y en marzo alcanzó la mínima concentración (150,75 $\mu\text{g/g}$) (Figura 3). Los niveles de Fe en *Anadara tuberculosa* son similares a los encontrados por Lakshmanan y Nambisan (1983) en *Villorita cyprinoides* var. *cochinensis*, *Meretrix casta* y *Perna viridis*, en donde las concentraciones oscilaron entre $181,22 \pm 5,20$ y $940,16 \pm 10,95$ $\mu\text{g/g}$ peso seco.

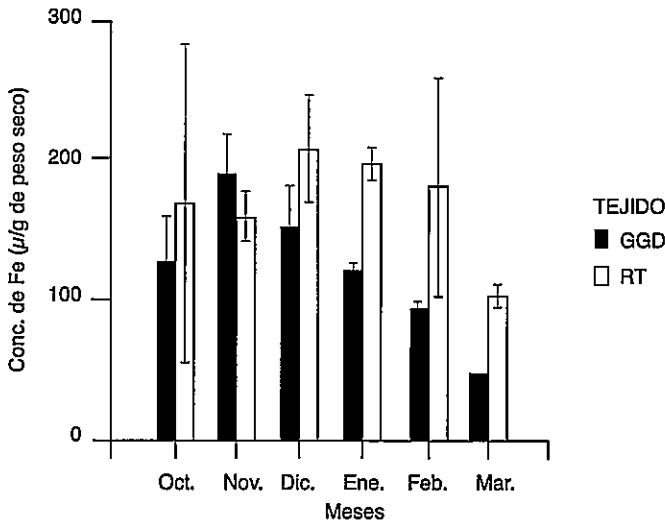


Figura 2. Concentración de Fe ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) en gónada-glándula digestiva (GGD) y resto de tejido (RT) de *A. tuberculosa* durante la estación lluviosa (Oct.-Dic., 1998) y la estación seca (Ene.-Mar., 1999).

Las relativamente altas concentraciones de Fe pueden ser explicadas por presencia *per se* del Fe en forma de magnetita e ilmenita en las playas de arenas negras comunes en Punta Chame. Además que esta especie y otras poseen pigmentos respiratorios. Los pigmentos como la hemoglobina no han sido aún identificados en el sistema sanguíneo o en los corpúsculos de algunas especies de ostras, pero sí un sistema de citocromo responsable del 80 % de la respiración en *Crassostrea gigas*. La almeja *Tivela stultorum* contiene hemoglobina en varios órganos y la almeja *Arca* en corpúsculos.

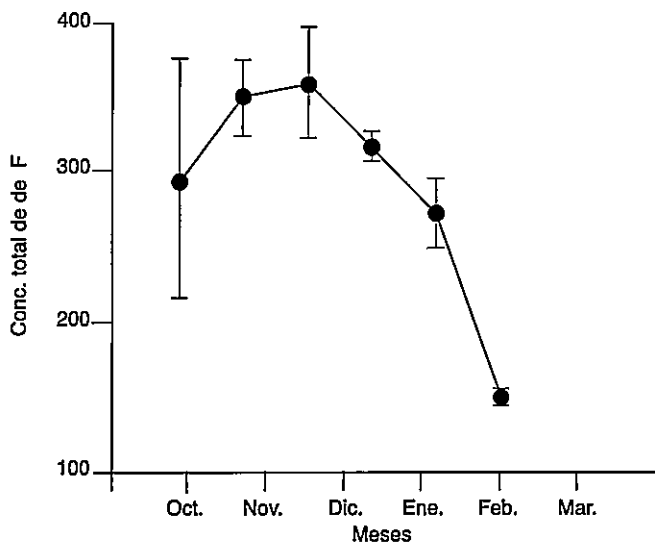


Figura 3. Concentración de Fe ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) en el organismo completo de *A. tuberculosa* durante la estación lluviosa (Oct.-Dic., 1998) y la estación seca (Ene.-Mar., 1999).

La concentración de cobre ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) en *A. tuberculosa* se observa que los niveles más altos tuvieron lugar durante los meses de la estación lluviosa y los niveles más bajos se registraron en los meses de estación seca. El máximo valor ($0,58 \mu\text{g/g}$) se encontró en el resto de tejido durante diciembre y el mínimo ($0,08 \mu\text{g/g}$) en marzo (Figura 4). La concentración en el organismo completo alcanzó su valor máximo ($0,99 \mu\text{g/g}$) en diciembre y el mínimo en marzo (Figura 5).

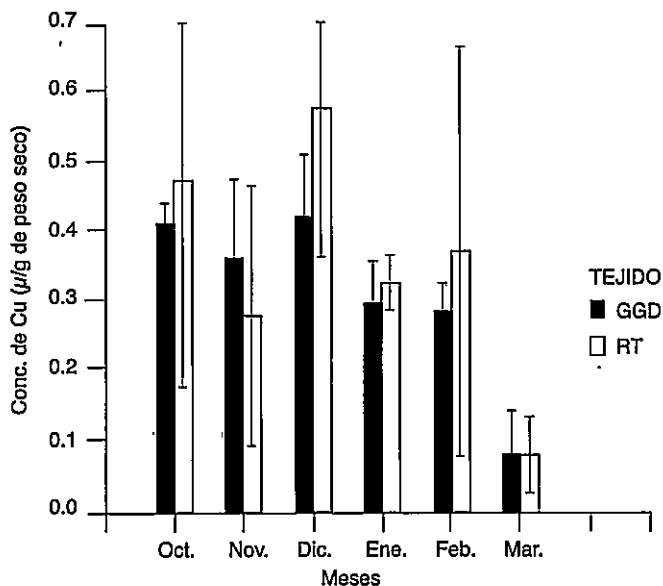
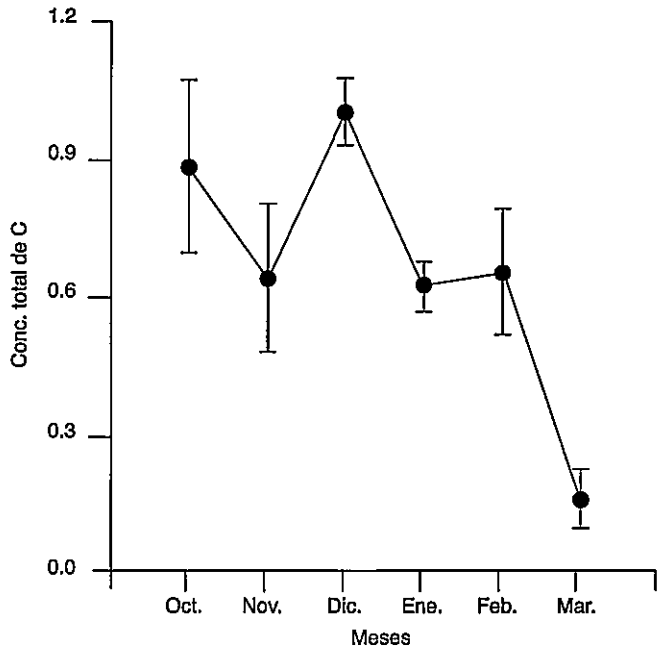


Figura 4. Concentración de Cu ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) en gónada-glándula digestiva (GGD) y resto de tejido (RT) de *A. tuberculosa* durante la estación lluviosa (Oct.-Dic., 1998) y la estación seca (Ene.-Mar., 1999).

Figura 5. Concentración de Cu ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) en el organismo completo de *A. tuberculosa* durante la estación lluviosa (Oct.-Dic., 1998) y la estación seca (Ene.-Mar., 1999).



Las concentraciones de Cu en *Anadara tuberculosa* estuvieron muy por debajo de los valores encontrados en tejidos del mejillón *Perna viridis*, la ostra *Crassostrea cucullata* y la almeja *Meretrix casta* de 128 - 201 ($\mu\text{g/g}$) (Krishnakumar y Bhat, 1998). El contenido de Cu determinado por Ahumada (1994), en *Tagelus dombeii*, fue de 7,6 - 8,8 $\mu\text{g/g}$, en *Choromytilus chorus* de 13,0 $\mu\text{g/g}$, en *Glycimeris ovatus* de 13,0 $\mu\text{g/g}$ y en *Cancer coronatus* de 10,0 $\mu\text{g/g}$ en la Bahía San Vicente, Chile. En la ostra perliífera *Pinctada radiata*, en Kuwait, las concentraciones medias de Cu en 1990 variaron entre 0,38 y 2,29 $\mu\text{g/g}$ (Bou-Olayan *et al.*, 1995).

Factores abióticos como la temperatura y la salinidad afectan la acumulación de cobre. Así, en la ostra *Crassostrea virginica* y en la almeja *Mya arenaria*, la concentración fue inversamente relacionada a la salinidad (Wright y Zamuda, 1987), lo cual es consistente con lo encontrado en nuestro estudio.

Los mayores niveles de zinc (15,93 $\mu\text{g/g}$) se presentaron en la gónadaglándula digestiva de *A. tuberculosa* durante el mes de noviembre y los niveles menores (8,34 $\mu\text{g/g}$) en el mismo tejido hacia marzo (Figura 6). La

concentración en el organismo completo ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) mostró un ligero incremento de octubre a diciembre (24,08 - 24,87 $\mu\text{g/g}$), decae hacia la temporada seca, con su mínimo en marzo (17,07 $\mu\text{g/g}$) (Figura 7).

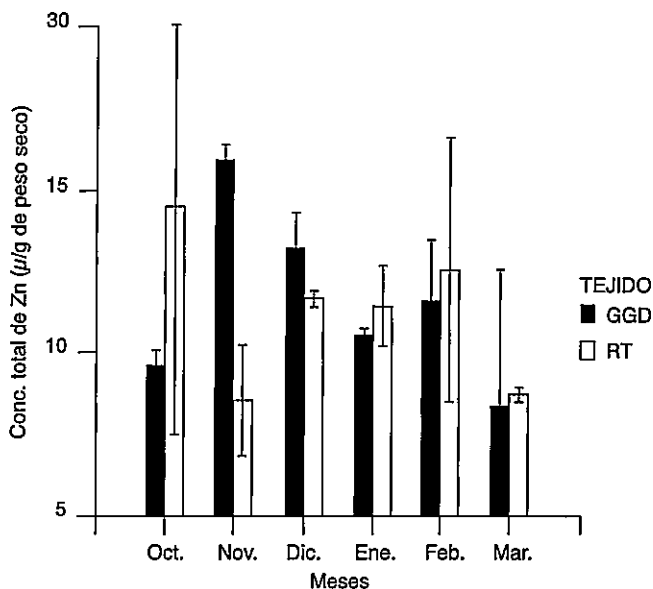
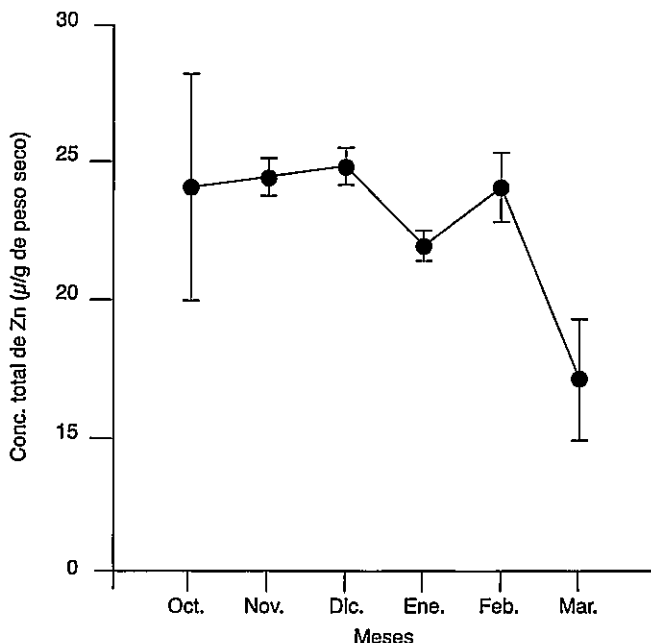


Figura 6. Concentración de Zn ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) en gónada-glándula digestiva y resto de tejido de *A. tuberculosa* durante la estación lluviosa (Oct.-Dic., 1998) y la estación seca (Ene.-Mar., 1999).

Los niveles de Zn, en *Anadara tuberculosa*, tampoco sobrepasan los obtenidos en otras especies de bivalvos. En *Perna viridis*, *Crassostrea cucullata* y *Meretrix casta*, por ejemplo, se encontraron concentraciones entre 70,5 y 703 $\mu\text{g/g}$ (Krishnakumar y Bhat, 1998). En *Ostrea sinuata*, la mayor concentración se presentó en el manto con 4760 $\mu\text{g/g}$; en *Pecten novae-zelandiae* en el riñón con 2630 $\mu\text{g/g}$ y en *Mytilus edulis* en la masa visceral con 525 $\mu\text{g/g}$. En la Bahía San Vicente, Chile, los niveles en *Tagelus dombeii* fueron de 180-210 $\mu\text{g/g}$; en *Choromytilus chorus* de 75 $\mu\text{g/g}$; en *Glycymeris ovatus* de 70 $\mu\text{g/g}$ y en *Cancer coronatus* de 205 $\mu\text{g/g}$ (Ahumada, 1994). Es bien conocido que las ostras contienen altas concentraciones de este metal, como ocurre en la ostra del Atlántico *Crassostrea virginica* que acumula hasta 1428 $\mu\text{g/g}$, pero probablemente el alto contenido en esta especie sea sólo resultado de la acumulación proveniente del agua y no producto de una actividad biológica de bioconcentración (Sun y Jeng, 1998). Algunos organismos tienen la capacidad de regular las concentraciones de Zn en sus cuerpos. En crustáceos decápodos es regulado y no cambia apreciable-

mente cuando la concentración en el agua aumenta (Bryan, 1969). En el lenguado tanto el Cu como el Zn son esenciales y regulados biológicamente en el músculo (Jensen y Cheng, 1987).

Figura 7.
Concentración de Zn ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) en el organismo completo de *A. tuberculosa* durante la estación lluviosa (Oct.-Dic., 1998) y la estación seca (Ene.-Mar., 1999).



Los resultados del análisis de ANOVA demostraron que el Fe no presentó diferencias significativas para la interacción entre meses y tejidos, no obstante hay diferencia muy significativa ($p < 0,01$) con los tejidos y significativa ($p < 0,05$) a través de los meses. El Cu mostró una diferencia muy significativa ($p < 0,01$) durante los meses de estudio y el Zn sólo diferencia significativa ($p < 0,05$) en la interacción meses-tejidos (Cuadro 1). Esto puede ser explicado por la capacidad que tiene el organismo de acumular durante cierta época algunos metales que se encuentran disponibles en el medio. En ese sentido Bouquegneau y Joiris (1988) señalan que un aumento en la temperatura y una disminución de la salinidad en la columna de agua, incrementan la acumulación de los metales pesados, coincidiendo estos resultados con la temporada lluviosa en la Bahía de Chame. De Gregori *et al.* (1994) señalan que algunos bivalvos acumulan metales en el tejido visceral por mecanismos de alimentación, lo cual indica que *Anadara tuberculosa* probablemente esté bioconcentrando metales diferencialmente.

Cuadro 1.

Valores de F de los análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre tejidos, tiempo y la interacción de tiempo y tejidos para el hierro, cobre y zinc en digestión seca.

Metal	Tratamientos		
	Meses	Tejidos	Meses*Tejidos
Hierro	4,82 *	11,56 **	1,43 ns
Cobre	5,80 **	0,70 ns	0,46 ns
Zinc	1,92 ns	0,13 ns	3,58 *

* = P<0,05,

** = P<0,01,

*** = P<0,001,

ns = no significativo.

CONCLUSIONES

De acuerdo al contenido total de metales pesados en los tejidos de *Anadara tuberculosa* en el manglar de la Isla Taborcillo, Punta Chame, se observó un patrón de concentración decreciente: Fe>Zn>Cu.

Se encontró una mayor concentración de hierro, cobre y zinc durante la época lluviosa, cuando hay baja salinidad, altas temperaturas y considerables aportes fluviales.

SUMMARY

CONCENTRATION OF IRON, COPPER AND ZINC IN THE TISSUES OF *Anadara tuberculosa* (PELECYPODA: ARCIDEA) DURING THE RAINY AND DRY SEASONS IN PUNTA CHAME (OCTOBER 1998 - MARCH 1999), PANAMA, REPUBLIC OF PANAMA

This research study has been performed to determine the concentration of iron, copper and zinc (Fe, Cu & Zn) in the tissues of *Anadara tuberculosa*, during two climatic seasons in Panama. The organisms were collected in the mangrove of Taborcillo Island, in Punta Chame, and taken to the University of Panama Marine Laboratory. The method used was dry digestion to obtain the concentrations of heavy metals. For data analysis, we used ANOVA from the statistical program SYSTAT. Using this program we determined that the iron presented a significant difference in concentration during the six months and we found a more significant difference in the type of tissues studied. While copper showed a more significant difference also during the months and zinc showed a significant difference in the relationship months-tissues. *Anadara tuberculosa* presented maximum concentrations of metals in this study in December (358,23 µg/g of Fe; 0,99 µg/g of Cu and 24,87 µg/g of Zn).

KEYWORDS

Anadara tuberculosa, metal, iron, copper, zinc, concentration.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUMADA, R. 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb, y Zn) en tejidos de invertebrados béticos de Bahía San Vicente, Chile. **Rev. Bio. Mar.**, 29 (1), 77-87.

BAATRUP, E. 1991. Structural and functional effects of heavy metals on the nervous system, including sense organs of fish. **Comp. Biochem. Physiol.** 100 C (1/2) 253-257.

BOU-OLAYAN, A., AL-MATTAR, S., AL-YAKOOB, S., y AL-HAZEEM, S., 1995. Accumulation of lead, cadmium, copper and nickel in the oyster *Pinctada radiata* from Kuwait. **Mar. Pollut. Bull.** 30(3), 225-231.

BOUQUEGNEAU, J.M. y JOIRIS, C. 1988. The fate of stable pollutants-heavy metals and organochlorines-in marine organisms. **Adv. Comp. Environ. Physiol.**, 2, 219-247.

BRYAN, G.W. 1969. The absorption of zinc and other metals by the brown seaweed *Laminaria digitata*. **J. Mar. Biol. Ass. U. K.**, 49, 223-243.

BRYAN, G.W. y UYSAL, H. 1978. Heavy metals in the burrowing bivalve *Scrobicularia plana* from the Tamar Estuary in relation to environmental levels. **J. Mar. Biol. Ass. U. K.**, 58, 89-108.

DALZIEL, J. y BAKER, C. 1983. Analytical methods for measuring metals by atomic absorption spectrophotometric. **FAO Fish. Tech.**, 212, 14-20.

DE GREGORI, I., DELGADO, D., PINOCHET, H., GRAS, N., MUÑOZ, L., BRUHN, C., Y NAVARETE, G. 1994. Cadmium, lead, copper and mercury levels in fresh and canned bivalve mussels *Tagelus dombeii* (Navajieela) and *Semelle sólida* (almeja) from the Chilean coast. **The Science of the Total Environment**, 148:1-10.

EL-NADY, F.E. 1996. Heavy metals exchange among the aquatic environment in the Mediterranean coast of Egypt. **Ind. J. Mar. Sci.**, 25, 225-233.

JENSEN, A. y CHENG, Z. 1987. Statical analysis of trend monitoring data of heavy metals in flounder (*Platichthys flesus*). **Mar. Pollut. Bull.** 18(5): 230-238.

KRISHNAKUMAR, P.K. y BHAT, G.S. 1998. Heavy metal distribution in the biotic and abiotic matrices along Karnataka coast, west coast of India. **Ind. J. Mar. Sci.**, 27, 201-205.

LAKSHMANAN, P.T. y NAMBISAN, P.N.K. 1983. Seasonal variations in trace metal content in bivalve molluscs, *Villorita cyprinoides* var. *cochinensis* (Handley), *Meretrix casta* (Chemnitz) & *Perna viridis* (Linnaeus). **Ind. J. Mar. Sci.**, 12, 100-103.

SADIG, M. 1992. **Toxic Metals in Marine Environments**. Nueva York: Marcel Dekker Inc., 389 pp.

SUN, L. y JENG, S. 1998. Comparative zinc concentrations in tissues of common carp and other aquatic organisms. **Zoological Studies** 37(3), 184-190.

VIARENGO, A. 1985. Efectos bioquímicos de los metales trazas. **Mar. Poll. Bull.** 16(4), 153-158.

VILLÉ, C., SOLOMON, E., MARTIN, C., MARTIN, D., BERG, L., y WILLIAM, P. 1992. **Biología**. 2ª Edición en Español. México, D.F.: Editorial Interamericana-McGraw-Hill. 1404 pp.

WRIGHT, D.A. y ZAMUDA, C.D. 1987. Copper accumulation by two bivalve molluscs: salinity effect is independent of cupric ion activity. **Mar. Environ. Res.**, 23, 1-14.



OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LOS NACIMIENTOS Y LOS POLLUELOS EXITOSOS DE *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811) DURANTE UN AÑO, EN LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

VÍCTOR H. TEJERA N., ANA M. JIMÉNEZ M. y RICARDO J. PÉREZ A.

Museo de Vertebrados,
Departamento de Zoología,
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Universidad de Panamá.
E-mail: museover@ancon.up.ac.pa
rijperez@yahoo.com
cochranel@hotmai.com

RESUMEN

Del 4 de enero de 2000 al 3 de enero de 2001 estudiamos los polluelos de *Columbina talpacoti* (Temminck) con la finalidad de conocer acerca del éxito y fracaso de esta especie en un área citadina.

Realizamos las observaciones en el Campus Central de la Universidad de Panamá, ubicada a 8°59'02"N y 79°31'59"O, en un terreno de aproximadamente 0,225 km². Mediante binoculares y a simple vista localizamos los nidos, y una vez nacidos los polluelos, procedimos a realizar observaciones diarias directas o utilizando espejo.

De los 79 nidos encontrados sólo en 38 hubo polluelos; de estos, 32 tuvieron éxito, correspondiendo al 40,51% del total de nidos encontrados y al 84,21% del total de nidos con polluelos. La camada promedio fue dos en el 94,74% de 36 nidos y el resto tuvo uno (5,26%). La mayoría permaneció en el nido de 12 a 13 días. El rango de altura al cual se dieron todos los nacimientos y los pollos exitosos fue prácticamente el mismo; fluctuó de 2,00 a 15,20 metros y de 2,50 a 15,20 metros, respectivamente.

La especie de planta con más nacimientos y pollos exitosos fue *Ficus benjamina* (18 y 13, respectivamente); le siguió *Veitchia merrillii* con 12 y 11. Cabe destacar que el único nido construido en una estructura hecha por el hombre (viga de techo o *carriola* de edificio) fue 100% exitoso; sus dos polluelos volaron.

Tanto la cantidad de nacimientos, como la de polluelos exitosos varió de dos a 12 durante los meses de observación. Hubo 12 pollos fracasados, correspondieron al 16,22%. De éstos, el 66,67% fue depredado por *Cassidix mexicanus*, *Sciurus variegatoides* y hormigas. Los restantes se debieron a nuestra manipulación y a causas desconocidas.

PALABRAS CLAVES

Columbina talpacoti, nidos, huevos, eclosiones, polluelos exitosos, éxito reproductivo, fluctuación mensual y estacional, depredación, área urbana, Universidad de Panamá.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo presentamos aspectos sobre el éxito de los polluelos de *Columbina talpacoti* (Temminck), conocida en Panamá, según Eustorgio Méndez (1979) como tortolita colorada, coloradita, suirr, dun-guó, Ruddy Ground Dove, tierralita y tierrerita.

Esta especie tiene amplia distribución y es común en diversos biotopos tropicales y subtropicales (Méndez, 1979). Prefiere principalmente áreas despejadas, sabanas, campos cultivados, orillas de camino, parques, jardines (Dickey *et al.*, 1938; Haverschmidt, 1953; Skutch, 1956, 1983; Méndez, 1979; y Stiles *et al.*, 1989), además de bosque secundario, cerca de las viviendas del hombre (Haverschmidt, 1953; Skutch, 1983 y Stiles *et al.*, 1989), regiones húmedas y en bosque donde caen lluvias intensas (Skutch, 1956 y 1983). Su distribución geográfica incluye el Sur de Texas (Shifflet, 1975), Sur de México, atravesando el Istmo Centroamericano, hasta el Este de Perú (Haverschmidt, 1953; Skutch, 1956; Méndez, 1979 y Stiles *et al.*, 1989), Norte de Uruguay (Stiles *et al.*, 1989) y Norte de Argentina.

Skutch (1945, 1956, 1966 y 1983) realizó estudios referentes a polluelos exitosos y fracasados de *Columbina talpacoti* en un área boscosa de El General, en Costa Rica y Guatemala. Haverschmidt (1953) hizo anotaciones sobre un nido reutilizado tres veces por la *C. talpacoti* en el jardín

de la casa, los cuales tuvieron éxito. Anteriormente, hemos realizado observaciones referentes a la cantidad de nidos, huevos y polluelos exitosos en un área urbana (Tejera, *et al.*, 2000 a y b). Todos estos trabajos han aportado información valiosa sobre la historia natural de la especie.

Nuestro estudio ampliará el conocimiento sobre la reproducción de *Columbina talpacoti*, principalmente en lo referente al éxito de los polluelos en un área urbana, de aire contaminado y con el paisaje natural deteriorado debido a las actividades del hombre. Hasta la fecha no se tiene este tipo de información para un ecosistema citadino.

PARTE EXPERIMENTAL

Realizamos las observaciones en los predios del Campus Central de la Universidad de Panamá, ubicada en la República de Panamá a 8°59'02" N. y 79°31'59" O., próxima a la arboleda del Cerro la Cresta y al Parque Natural Metropolitano. Comprende un territorio de aproximadamente 0,225 km², está constituida por estructuras de concreto como carreteras, amplios estacionamientos y edificaciones, además de parques y jardines (Figura 1). Contiene plantas herbáceas, palmas, árboles y arbustos ornamentales y frutales.

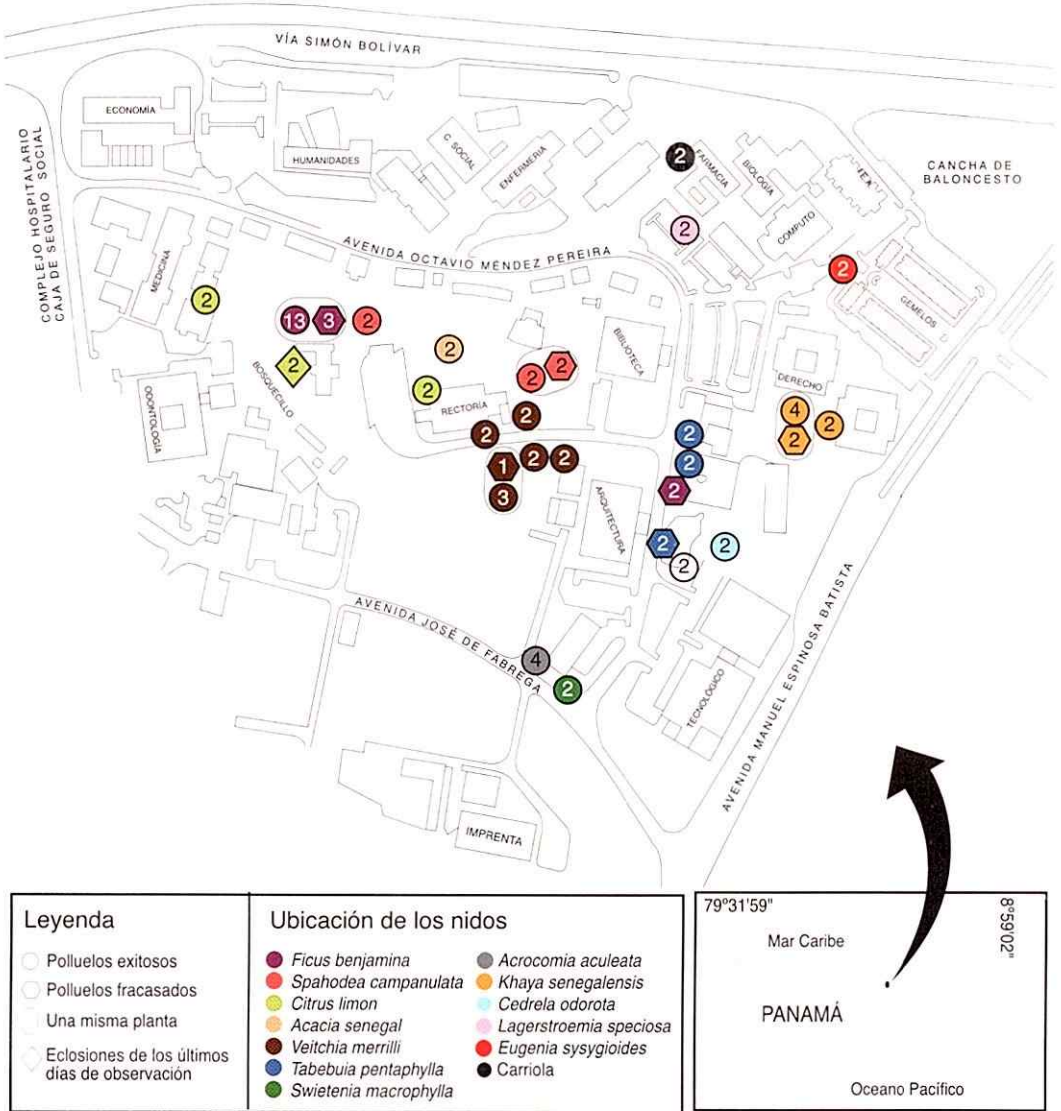
La búsqueda de los nidos la llevamos a cabo con binoculares y a simple vista. Para cada nido anotamos la fecha, el lugar, la condición climática, la época del año, la etapa de anidación en que estaba y los sucesos que se daban. Luego registramos la especie de planta, la ubicación del nido en ella y la altura de éste con respecto al suelo. Para los nidos altos utilizamos un espejo sujeto al extremo de uno o dos tubos de PVC de 3 metros de longitud cada uno y con los binoculares observábamos el contenido. Nacidos los polluelos, les visitamos diariamente hasta cuando alcanzaron el éxito, o sea cuando volaron de los nidos solos o junto a sus padres.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de polluelos exitosos en 79 nidos encontrados, en 69 contruidos, en 56 activos y en 38 con huevos eclosionados fue de 0,76, 0,87, 1,07 y 1,58 polluelos por nido, respectivamente. Del total de nidos encontrados, observamos que el proceso reproductivo se realizó exitosamente en 38, siendo equivalente al 48,10%. De éstos, 36 tuvieron dos polluelos lo cual representa el elevado porcentaje de 94,74%. Sólo una cantidad baja de nidos representada por el 5,26% tuvo un polluelo. De los 38 nidos, sólo 32 fueron exitosos, de los cuales 28 con dos polluelos (87,5%) y cua-

Figura 1.

Localización del área de estudio y distribución de los polluelos exitosos y fracasados de *Columbina talpacoti* (Temminck) en el Campus Central de la Universidad de Panamá.



tro con uno (12,5%). Los promedios de 0,94 polluelos /nido con respecto al total de nidos y 1,95 polluelos/nido de los que tuvieron pollos, son cantidades que por ahora parecen indicar que el Campus universitario brinda condiciones satisfactorias para la reproducción de esta especie. La camada fluctuó de uno a dos polluelos por nido, con promedio de dos.

Del total de 113 huevos, eclosionaron 74 (65,49%); de éstos, 60 polluelos fueron exitosos, representando el 53,10% del total de huevos y el 81,08% de los eclosionados (Cuadro 1). De los 79 nidos encontrados sólo en 38 hubo polluelos; de éstos, 32 tuvieron éxito, correspondiendo al 40,51% del total de nidos encontrados y al 84,21% del total de nidos con polluelos.

Cuadro 1.

Medidas del éxito reproductivo para *Columbina talpacoti* (Temminck) en diferentes países.

No. nidos activos	Nidos exitosos		Puestos	Huevos		Polluelos exitosos		Huevos exitosos	Localidad	Referencia
	Cant.	%		Eclosio nados	%	Cant.	%			
56	32	57,14	113	74	65,49	60	81,08	53,10	Universidad de Panamá	Presente estudio
21	5	23,80	40	20	50,00	8	40,00	20,00	Costa Rica y Guatemala	Skutch, 1956 y 1983
9	3	33,33	17	7	41,17	5	71,42	29,41	El General, Costa Rica	Skutch, 1966
3	3	100,00	5	5	100,00	5	100,00	100,00	Surinam	Haverschmidt, 1953

El 51,90% de los nidos, que no tuvieron polluelos, se explica con base en que algunos nunca presentaron huevos (29,11%) y hubo otros que, a pesar de tener huevos, fracasaron por depredación, o desaparecieron debido a causas no detectadas (22,78%).

Las actividades de anidación de esta especie se dan durante todo el año y, como era de esperarse, la cantidad de nidos con polluelos fue variable, encontrándose que las cifras óptimas se presentaron en febrero, septiembre y noviembre con seis, seis y cinco respectivamente (Figura 2).

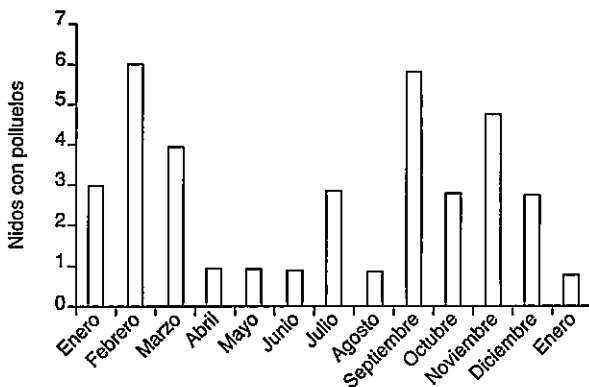


Figura 2.

Cantidad mensual de nidos con polluelos de *Columbina talpacoti* (Temminck) en la Universidad de Panamá.

Al igual que para la cantidad de nacimientos y para la de polluelos exitosos, el monto de nidos encontrados, de nidos activos y de huevos fluctuó durante el año mostrando tendencias al aumento en ciertos períodos, así como cifras óptimas en algunos meses. En estos casos los óptimos se dieron al inicio del año, en el mes de enero. Para septiembre la cantidad de pollos exitosos igualó a la de nacimientos; en mayo y junio también se dan estos sucesos pero en menor escala. Sin embargo, es notable que en abril y agosto los pollos exitosos superaran a los nacimientos. En parte esto se debe a que algunos pollos exitosos nacieron en el mes inmediatamente anterior. Esta razón es clara para septiembre puesto que no hubo activación de ningún nido, ni ovoposición (Figura 3). En cierta medida también pudo haber influencias de la escasez de depredadores en el área ahuyentados por el paso frecuente de personas. Sin embargo, se llegaron a observar algunos *Cassidix mexicanus*, *Sciurus variegatoides*, *Didelphis marsupialis* y *Felis domesticus* desde el suelo hasta las copas de los árboles. Uno de estos nidos fue encontrado en el extremo de una viga de techo (*carriola*), donde era poco visible y totalmente inaccesible para depredadores y personas (Figura 4).

Figura 3. Relación entre algunas etapas de anidación y el éxito reproductivo de *Columbina talpacoti* (Temminck) durante los meses de observaciones en la Universidad de Panamá.

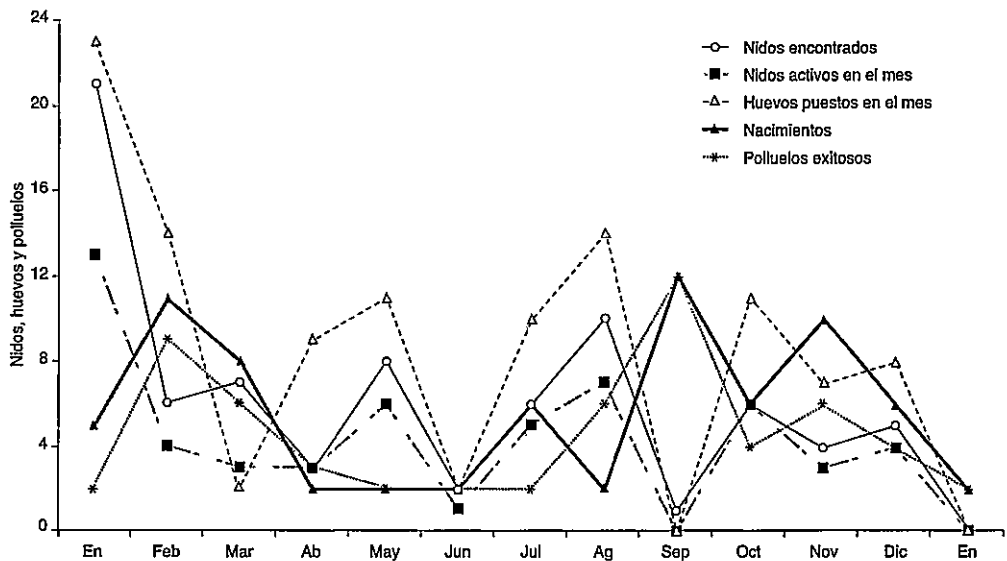
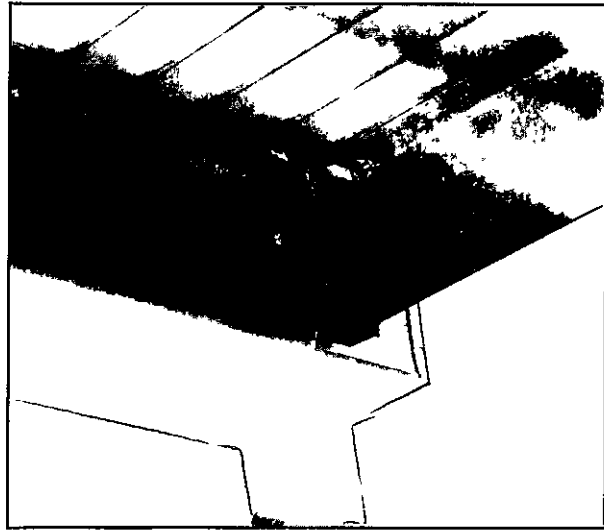


Figura 4.

Único nido de *Columbina talpacoti* construido en estructura artificial. Fue ubicado en el extremo de una "carriola" (viga de techo) de edificio, el cual fue exitoso.



Al relacionar la cantidad de nacimientos con las épocas del año, se pudo observar que durante la estación seca, comprendida entre finales de diciembre hasta mediados de abril, hubo 34 polluelos, lo cual correspondió a un promedio de 8,5/mes, mientras que en la temporada lluviosa, que va desde mediados de abril hasta mediados de diciembre, encontramos 40, correspondiendo a un promedio de 5/mes. De hecho, en la temporada lluviosa hubo mayor cantidad de polluelos, pero en la estación seca la cantidad por mes fue superior. También puede pensarse que la cantidad de nacimientos en la lluviosa es baja, puesto que se pierde un poco más de un tercio de los huevos. Sin embargo, en la temporada lluviosa el éxito de los polluelos fue del 95%, en tanto que en la seca fue de 64,70%. Ahora bien, del total de polluelos exitosos obtenidos en todo el año, a la estación lluviosa le correspondió el 63,33% y a la seca el 36,67% (Cuadro 2). La disminución del éxito en la estación seca, probablemente estuvo influido por las depredaciones causadas por *Cassidix mexicanus* y *Sciurus variegatoides*. Tal vez, esta acción fue favorecida o estimulada por la escasez de árboles frutales en el área, o por la ausencia de otras presas o por el fácil acceso y la fácil localización de algunos nidos.

Hubo 12 polluelos que no tuvieron éxito: correspondieron al 16,22%. Esto ocurrió en los meses de febrero, marzo, noviembre y diciembre. Estos fracasos se debieron a las depredaciones causadas por changamé (*Cassidix mexicanus*), ardillas (*Sciurus variegatoides*) y hormigas. También contribuyeron al fracaso: los podadores de plantas, nuestra manipu-

lación, muerte natural y algunos factores desconocidos, probablemente relacionados con depredadores como gatos (*Felis domesticus*) y zarigüeyas (*Didelphis marsupialis*) y a condiciones climáticas como vientos y lluvias (Cuadro 3). Skutch (1983), en Costa Rica, hizo anotaciones referentes a un nido que probablemente fue depredado por una culebra.

Cuadro 2.

Resultados de algunos eventos de la anidación de *Columbina talpacoti* (Temminck), durante la estación seca y la lluviosa en la Universidad de Panamá.

Etapas		Estación	\bar{X}	Estación	\bar{X}
		seca	mensual	lluviosa	mensual
Nidos activos		26	6,5	30	3,4
Huevos puestos		50	12,5	63	7,9
Huevos eclosionados		34 (?)(*)	8,5	40	5,0
Pollitos exitosos		22	5,5	38 (*)	4,8
Depredación		10	2,5	13	1,6
Nidos fracasados	Sin huevos	13	3,3	10	1,3
	Sin eclosiones	8	2,0	10	1,3
	Sin polluelos exitosos	3	0,8	2	0,3
Huevos fracasados	Sin eclosionar	18	4,5	21	2,6
	Sin polluelos exitosos	26	6,5	25	3,1
Polluelos fracasados		8	2,0	4	0,5
Nidos	Con polluelos	18	4,5	20	2,5
	Con polluelos exitosos	13	3,3	19	2,4
Total de Nidos encontrados		36	9,0	43	5,4

\bar{X} = Promedio

(?) Dos polluelos nacidos el último día de las observaciones, por lo que no son tomados en cuenta para estimar su éxito y fracaso.

(*) Dos polluelos nacidos a finales de la estación seca pero tienen éxito a principio de la estación lluviosa.

Cuadro 3.

Causas de fracasos en huevos y polluelos de *Columbina talpacoti* (Temminck), durante la estación seca y la lluviosa en la Universidad de Panamá.

Causas de fracasos	Cantidad de huevos			Cantidad de polluelos		
	E. lluviosa	E. seca	Total	E. lluviosa	E. seca	Total
<i>Cassidix mexicanus</i>	2	5	7	2	2	4
<i>Sciurus variegatoides</i>	2	4	6	2	2	4
Hormigas	0	0	0	2	0	2
Vientos	9	5	14	0	0	0
Lluvias	0	2	2	0	0	0
Manipulación	2	0	2	1	0	1
Abandonados	1	3	4	0	0	0
Probablemente no fecundados	2	0	2	0	0	0
Podadores de plantas	2	0	2	0	0	0
Desconocida	0	0	0	1	0	1
TOTAL	20	19	39	8	4	12

Queda claro que hubo fracasos a nivel de huevos y de polluelos; las causas fueron variadas y la intensidad de sus efectos también fue diferente. Las pérdidas fueron mayores en la etapa de huevos que en la de pollos y en la estación seca superaron a las encontradas en la lluviosa. Los vientos del "verano" fueron responsables de la mayor pérdida de huevos, le siguieron *C. mexicanus* y *Sciurus variegatoides*. Las causas restantes, representadas por abandono, lluvias, manipulación, infecundación y podadores de plantas, produjeron efectos menores individualmente, pero en conjunto el daño fue casi igual al de los vientos. La depredación por *C. mexicanus* y *S. variegatoides* fue la causa principal de los fracasos en la etapa de pollo, les siguieron hormigas, manipulación y factores desconocidos (Cuadro 3). En este último caso, el polluelo se encontró muerto en su segundo día; al nacer pesó aproximadamente el 50% del peso de los demás y aparentemente tenía dificultad para comer. En 1956, Skutch encontró un polluelo muerto en el nido, concordando con nuestras observaciones. Cabe destacar que hubo un nido con dos polluelos que nacieron el último día de las observaciones, y no sabemos qué les ocurrió, pues los acontecimientos posteriores quedaron fuera del período de este estudio.

En la investigación encontramos correlación, $r = 0,804$, entre la cantidad de nacimientos y polluelos exitosos, indicando que a mayor número de eclosiones hay mayor posibilidad de polluelos exitosos (Figura 5). La cantidad de éxito antes o durante la época seca y la de lluvias depende mucho de la disponibilidad de alimento; éste correspondió a semillas de herbáceas que los padres obtenían en el suelo y han estado en el área durante todo el año. Por otra parte, es probable que la abundancia de gramíneas en el área, como fuente de alimento, permitiera que los padres alimentaran a sus polluelos recién nacidos con suficiente *leche del buche*. Skutch (1964) observó que los padres regurgitaban esta sustancia muchas veces al día para alimentar a los pichones en sus primeros días. Cabe resaltar que un aspecto interesante en beneficio de los polluelos de esta especie es que son silenciosos, probablemente pasan desapercibidos al oído de los depredadores, de otros animales y de investigadores, pudiendo requerir de una búsqueda intensiva para localizarlos.

Para anidar, los individuos de *Columbina talpacoti* utilizaron 20 especies de plantas, pero sólo en 12 hubo polluelos. Se encontró que la cantidad de eclosiones y polluelos exitosos en las especies de plantas fue variable. *Ficus benjamina* fue la de mayor cantidad con 18 y 13 respec-

tivamente. Le siguió *Veitchia merrillii* con 12 y 11 respectivamente, caoba africana (*Khaya senegalensis*) con 8 y 6; limón (*Citrus limon*), roble (*Tabebuia pentaphylla*), tulipán africano (*Spathodea campanulata*) con 6 y 4 cada una; sauce llorón (*Eugenia sysygioides*), palma de vino (*Acrocomia aculeata*) con 4 y 4 cada una; cedro amargo (*Cedrela odorata*), reina de las flores (*Lagerstroemia speciosa*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y goma arábica (*Acacia senegal*) con 2 y 2 cada una. Además hubo un nido construido en el extremo de una carriola del edificio de la Facultad de Farmacia a 15,20 metros (Figura 4).

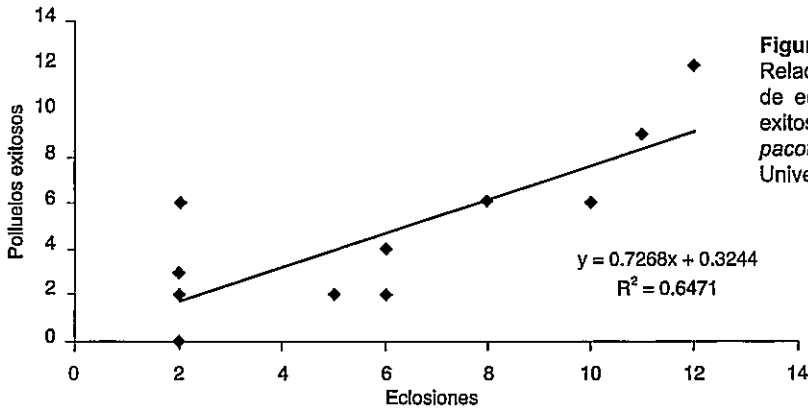


Figura 5. Relación entre la cantidad de eclosiones y polluelos exitosos de *Columbina talpacoti* (Temminck) en la Universidad de Panamá.

El éxito en *Ficus benjamina*, que incluye hasta 12 nidos y nueve exitosos en una misma planta, se debe en parte a que las hojas constituyen una capa periférica densa que oculta a los nidos con todo su contenido, y, al igual que *Veitchia merrillii*, está en las vías de mayor circulación vehicular y de personas, lo cual mantiene alejados a los depredadores.

La mayoría de los polluelos fue localizada en alturas que fluctuaron de 2,00 a 15,20 metros. La mayor cantidad (66 = 89,18%) estuvo de 2,00 a 5,50 metros y tendió a descender a medida que aumentaba la altura. Skutch (1983) registró nidos desde 0,30 a 9,00 metros, y la mayoría (2/3) también estuvo a bajas alturas, 1,2 a 2,4 m. Probablemente la situación o colocación de las plantas y la altura de las ramas influyeron en la ubicación de los nidos, ya que tendieron a ser construidos en las ramas más bajas de los árboles, en tanto que en los arbustos lo hacían en las superiores y permanecían ocultos por el follaje (Figura 6); este aspecto también fue observado por Dickey *et al.* (1938) en El Salvador. En palmas los encontramos en la primera penca, la más antigua.

Figura 6.

Nido con dos polluelos de *Columbina talpacoti* sobre una horqueta en rama de arbusto, *Eugenia sysyoides*.



Skutch (1956 y 1983), en Costa Rica, encontró que de 21 nidos de un área boscosa sólo 5 fueron exitosos, correspondieron al 23,80%. Mientras que, en la Universidad de Panamá, borde de área urbana con árboles y arbustos dispersos y césped, encontramos resultados superiores, pues, de 79 nidos, 32 fueron exitosos, correspondiendo al 40,51%. También fueron mayores los porcentajes de huevos, nacimientos (eclosiones) y pollos exitosos (Cuadro 1 y 2). El éxito reproductivo, en el área urbana, se relaciona con el tipo de hábitat descrito por Méndez (1979) para esta especie; corresponde a áreas abiertas, sabanas, pastizales, matorrales, jardines, parques y su cercanía a los sitios que habita el hombre. También Skutch (1945) considera que esta especie tiene su mayor éxito de anidación en áreas de matorrales y sitios despejados.

Con estos resultados, podemos afirmar que hasta ahora la Universidad es un área con condiciones favorables para la reproducción de esta especie, la cual ha presentado un mayor éxito reproductivo que los reportados por Haverschmidt (1953) y Skutch (1956, 1966 y 1983). Además, consideramos que el elevado éxito obtenido por Haverschmidt (1953) estuvo determinado por sus observaciones en un jardín apacible, y es muy probable que el pequeño tamaño de la muestra haya influido en que fuera el 100% (Cuadro 1). Es de suponer que en un área silvestre no se da este éxito reproductivo debido a la mayor influencia de depredadores. Hay más especies e individuos depredando; son mamíferos diurnos y nocturnos, reptiles, principalmente serpientes, además de aves y otros animales.

La mayoría de los polluelos logró alcanzar la capacidad de volar a los 12 y 13 días con promedio de 13, por lo que se les observó abandonar el nido junto a sus padres durante este período. Sin embargo, un polluelo logró desarrollar la capacidad del vuelo a los 18 días y otro a los 19. Skutch (1945, 1956 y 1983), en Costa Rica, encontró que 8 polluelos lograron volar de los nidos entre 12 y 14 días, pero Haverschmidt (1953), en Surinam, observó que 5 polluelos lo hicieron entre 11 y 12 días. Estos mismos autores afirman que los polluelos poseen la capacidad de volar a los 9 días pero, si hay poca perturbación, pueden permanecer más tiempo en el nido. El tiempo en que permanecieron en él fue de 12 a 13 días, mas, en un caso de un nido de *Ficus benjamina*, sus dos polluelos tomaron más tiempo, salieron a los 18 y 19 días respectivamente, obteniéndose el promedio de 13 días

La mayor cantidad de nidos, en todas sus etapas, la encontramos al borde de las carreteras localizadas hacia el centro de la Universidad, donde hay menos ruido y contaminación que en la periferia, aunque siempre hubo flujo de personas y autos. El éxito registrado también ha coincidido con el área donde está la mayor diversidad de plantas y la presencia de herbáceas que han servido para la sobrevivencia de las aves y la multiplicación de esta especie. Consideramos que la presencia humana, junto con todas sus actividades, han contribuido a disminuir la presencia de depredadores (Figura 1).

CONCLUSIONES

La camada de 2 polluelos por nido predominó en *Columbina talpacoti*; se observó en 94,74% de los nidos activos. El tiempo en que los polluelos permanecieron en el nido fue de 12 a 13 días. El éxito reproductivo tendió a descender a medida que aumentaba la altura a la que se construyeron los nidos.

Las especies de plantas provistas de la mayor cantidad de nidos con nacimientos (eclosiones) y polluelos exitosos fueron *Ficus benjamina* y *Veitchia merrillii*. Mientras que febrero y septiembre fueron los meses con mayor número de nacimientos y de polluelos exitosos. El éxito de los polluelos fue de 81,08%, que viene a representar el mayor porcentaje registrado para esta especie. La reproducción y sus mejores resultados se dieron principalmente en las áreas de la Universidad donde el transitar de personas y autos era frecuente. La sociabilidad de la especie le benefició.

La mayor cantidad de nacimientos y de pollos exitosos se verificó en la temporada lluviosa; correspondió al 54,05% y al 63,33%, respectivamente. Sin embargo, sus promedios, al igual que el de los demás eventos reproductivos, fueron mayores en la estación seca. Lo mismo ocurrió con la cantidad de nidos encontrados. El 66,67% de los fracasos se debió a depredaciones por *Cassidix mexicanus*, *Sciurus variegatoides* y hormigas.

SUMMARY

OBSERVATIONS RELATED TO SUCCESSFUL HATCHINGS OF FLEDGLINGS OF *Columbina talpacoti* (TEMMINCK, 1811) DURING ONE YEAR, AT THE UNIVERSITY OF PANAMA

Between January 4, 2000 and January 3, 2001 we studied the nestlings of *Columbina talpacoti* (Temminck) to know the reproductive success and failure of this species in an urban area. The observations were carried out on a surface of about 0,225 km² 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 searching, and, once hatchings were borned, we did daily direct observations or by mirror.

Thirty-eight of 79 nests found had hatchings. Thirty-two of them had fledglings, corresponding to 40,51% of total nests found and to 84,21% of total nests hatchings. The mean clutch size of 36 nests was two (94,74%) and the remaining was one (5,26%). Most hatching remained in the nest from 12 to 13 days. The height range at which hatchings and fledglings were found was nearly the same, spanning from 2,00 to 15,20 meters and 2,50 to 15,20 meters, respectively.

The plant species with most hatchings and fledglings (18 and 13, respectively) was *Ficus benjamina*. It was followed by *Veitchia merrillii* with 12 and 11. It is important to mention that the only nest built in a man-building structure ("eaves" of building) was 100% successful, and had two fledglings.

The hatchings and fledglings numbers varied during the month of observations. There were 12 failures (16,22%). Sixty six point sixty seven percent (66,67%) of them were predated by *Cassidix mexicanus*, *Sciurus variegatoides*, and ants. The remaining failures were due to manipulation or unknown causes.

ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE MICROHONGOS AISLADOS DE MACROHONGOS EN DESCOMPOSICIÓN

MABELLE J. CHONG¹, GONZALO CARRASCO O.² y CECILIO PUGA R¹

¹ Departamento de Microbiología y Parasitología,
Laboratorio de Biotecnología Microbiana,
Vicerrectoría de Investigación y Postgrado,
Universidad de Panamá.
E-mail: mbly241@ancon.up.ac.pa

² Departamento de Estadística,
Centro de Investigación y Consultoría Estadística,
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Universidad de Panamá.
E-mail: estadist@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

Se determinó la actividad biológica de microhongos aislados de carpóforos de dos especies de macrohongos (pertenecientes al orden Agaricales y Aphylophorales) en descomposición colectados en dos áreas de estudio: Parque Natural Metropolitano y Parque Altos de Campana. La actividad biológica se determinó mediante ensayos de difusión en agar, contra las cepas *Candida albicans* 2869 y *Mycobacterium sp.* PC28.

Se aislaron 97 especímenes, 63 en el Parque Natural Metropolitano, 34 en el Parque Altos de Campana; los mismos se caracterizaron en 81 morfotipos. Se detectó actividad *anti-Mycobacterium* PC38 y *anti-Candida albicans* 2869 en microhongos aislados tanto de carpóforos del hongo agarical como en los del Aphylophorales. En los especímenes aislados del Aphylophorales del Parque Altos de Campana, prevalece la actividad anti *Mycobacterium sp.* PC28. Se hipotetiza sobre las implicaciones de estos resultados en la búsqueda dirigida de microorganismos de interés industrial.

PALABRAS CLAVES

Microhongos, macrohongos, micoparásitos, agaricales, aphylophorales, bioactividad, biotecnología, industrial, *Candida albicans*, *Mycobacterium sp.*, Parque Natural Metropolitano, (PNM) Parque Altos de Campana (PAC).

INTRODUCCIÓN

Los hongos son un grupo muy diverso de organismos (unicelulares y miceliales) eucarióticos clasificados en su propio reino. Son heterótrofos que obtienen su energía de materia orgánica en descomposición o de plantas y animales vivos (Moore-Landecker, 1990). Muchos ejercen una función clave en el reciclamiento de los minerales como descomponedores y/o simbiontes micorrízicos de plantas. Otros son parásitos de plantas y animales. Algunos sirven de alimento tanto para animales como para el hombre. Los hongos son productores de compuestos de gran utilidad médica, agrícola, biotecnológica e industrial (Wainwright, 1992; Bennett, 1998; Jong y Donovick, 1989).

Hawksworth (1991) estima que existen aproximadamente 1,5 millones de hongos, de los cuales se han descrito hasta el momento aproximadamente 72000 especies (Hyde y Hawksworth, 1997). Es decir, se conoce aproximadamente el 4,6% de los mismos. El estudio de los hongos en los trópicos es de interés porque los mismos cubren una inmensa área, un gran rango de climas y hábitats en la tierra lo que puede contribuir a la diversidad de estos microorganismos. De hecho, los genomas individuales son más numerosos en los trópicos que en cualquier otro lugar de la tierra (Moncalvo, 1997; Raven, 1988).

En Panamá, se han realizado muy pocos trabajos de investigación en microhongos de interés industrial. Uno de los pocos trabajos en microhongos con posible interés industrial es el realizado por Ríos (1999) quien aisló y caracterizó hongos endófitos de la planta herbácea *Voyria tenella*. Sus resultados demostraron que gran cantidad de estos hongos presentaban bioactividad contra cepas patógenas como lo son *Aspergillus niger* y *Candida albicans*.

Los carpóforos de macrohongos también pueden servir como hospedero o sustrato de crecimiento para hongos micoparásitos. Interesa de este sustrato que uno de sus componentes más característicos es la quitina, uno de los polisacáridos naturales estructuralmente más complejos y que es utilizado como fuente de crecimiento por una proporción menor de mi-

crohongos (Dean, 1997). Es decir, es un substrato altamente selectivo. Hasta donde es de nuestro conocimiento, no existen trabajos previos de aislamientos de microhongos de carpóforos de macrohongos. Se propuso investigar si los hongos, que puedan crecer allí, tienen algún tipo de bioactividad específica.

PARTE EXPERIMENTAL

Sitios de colecta:

- Parque Nacional Altos de Campana

El Parque Nacional Altos de Campana (PAC) se encuentra situado a 50 km al suroeste de la Ciudad de Panamá, y a 9,8 km de Capira entre el Distrito de Chame y Capira, en la zona conocida como Altos de Campana (MIDA, 1976). La vegetación es considerada como una de las más variadas, tanto para especies arbóreas, como en distintos estados de arbustos y vegetación del Sotobosque. Comprende regiones con bosque húmedo tropical, bosque húmedo premontano y bosque tropical montañoso.

- Parque Natural Metropolitano

El Parque Natural Metropolitano (PNM) está localizado en el Distrito de Panamá, Corregimiento de Ancón, entre la Avenida Ascanio Villalaz, el Camino de la Amistad, el Boulevard Omar Torrijos Herrera y Río Curundú. Comprende 2,65 km² de extensión, de los cuales 1,92 están cubiertos de bosques tropicales. El bosque del PNM se considera semicaducifolio y secundario de aproximadamente 70 - 90 años.

Colecta de las muestras:

Se preseleccionaron dos especies de hongos de acuerdo con datos taxonómicos disponibles: una perteneciente al orden Agarical y la otra al orden Aphyllophorales. Se realizaron 6 colectas de cuerpos fructíferos en descomposición de estos hongos: en Parque Altos de Campana y Parque Natural Metropolitano durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 1998.

Los hongos fueron colectados en bolsas de papel encerado, previamente rotulado con el número de la muestra. En el PAC sólo se encontró y colectó carpóforos del hongo Aphyllophorales de interés. En el PNM se colectaron carpóforos de los dos tipos de hongos.

Aislamiento y caracterización de los microhongos:

Una vez realizada la colecta, las muestras fueron trasladadas al laboratorio, en donde fueron lavadas con agua del grifo para remover partículas de tierra y madera de sus superficies. Luego los hongos fueron cortados con una tijera estéril (alcohol al 70%), en trozos pequeños, y colocados dentro de un licuador Braun con agua destilada estéril hasta obtener una mezcla homogénea. Esta mezcla fue vertida dentro de un juego de tres cribas de diferentes diámetros y con una espátula estéril se tomó sedimentos de la tercera criba y se colocó en un tubo centrífuga plástico con aproximadamente 11 mL de agua estéril respectivamente. Los tubos fueron centrifugados a 13 RPM durante 5 minutos, decantándose el agua y agregándose nuevamente 11 mL de agua estéril; esto se realizó con cada tubo 5 veces. Todo esto con el propósito de remover esporas de hongos que cayeron accidentalmente sobre las muestras y para asegurar que los aislamientos provenían de hongos que crecieron dentro de los carpóforos.

Una vez centrifugados todos los tubos se procedió a decantar 8 mL del sobrenadante y a vertir sobre un papel filtro con cinta para medición de pH los 3 mL restantes del contenido de los tubos y se anotaron los resultados del pH. Con estos sedimentos se prepararon diluciones en serie 1:10 y con una micropipeta se distribuyó 0,1 mL de la dilución apropiada en platos de agar 143 (el cual consiste en extracto de malta, agar y un cóctel de antibióticos: Bacitracina, Neomicina, Penicillina G, Polymixina, Streptomina, y Cyclosporina). Con ayuda de un espacidor de vidrio estéril (alcohol 70% + calor), se esparció la dilución en la superficie del plato de agar de manera homogénea; se procedió a sellar los platos con parafilm, incubándose a temperatura ambiente.

La fase de aislamiento se inició dos días después y se realizó en su totalidad en una cámara de flujo laminar. Con la ayuda de un estereoscopio se revisaron todos los platos, y con un asa de punta estéril al calor, se procedió a cortar el ápice de todas aquellas hifas que salieran de una partícula de hongo, colocándose en un tubo inclinado de agar-extracto de malta (AEM), que poseía código de barras. Los datos del aislamiento fueron escritos en una hoja control, en donde se anotaba el número de muestras, cuántos microhongos diferentes se aislaron de la muestras, si el plato se encontraba contaminado por bacterias o levaduras. Se procedió a aislar la mayor cantidad de hongos diferentes de los platos. Los tubos fueron incubados a temperatura de laboratorio por un mes.

Después que los microhongos tenían 1 mes de maduración, se procedió a caracterizarlos por morfotipos donde las características más revelantes fueron color, forma del micelio, tamaño, producción de pigmentos difusibles, tasa de crecimiento, presencia o ausencia de cuerpos fructíferos.

Preservación viable:

Todos los especímenes fueron preservados, para conservar sus características a largo plazo. Con ayuda de un perforador metálico estéril se obtuvieron taquitos de agar con micelio de aproximadamente 5 mm de diámetro, los cuales se colocaron en sendos criotubos estériles de 1,5 mL que contenían 1 mL de agua destilada estéril. Este perforador se esterilizó cada vez que se procesó un espécimen distinto introduciéndolo en alcohol al 95%, y luego flameándolo .

Cepas pruebas:

Como cepas modelo de patógenos humanos se utilizaron *Candida albicans* 2869 provista por Novartis (A. G., Suiza) y *Mycobacterium sp.* PC38. La cepa de actinomicetes fue aislada y caracterizada molecularmente mediante secuencia del 16S rDNA (por Cecilio Puga, *datos no publicados*). Su análisis filogenético no mostró una asociación a nivel de especie con ninguna otra especie de *Mycobacterium* reportada en el Banco de Datos del Proyecto Ribosómico, lo cual indica que es muy posible que sea una especie nueva. Sin embargo, se obtuvo una afiliación a nivel de género con cepas no patógenas del género.

La utilización de estas cepas nos permitiría identificar hongos productores de compuestos bioactivos con uso terapéutico potencial contra los patógenos humanos *Candida albicans* y *M. tuberculosis*

Ensayos de bioactividad:

En primer lugar se procedió a inocular las cepas prueba, a partir de cultivos frescos, en platos Petri con medio AEM. La inoculación se realizó mediante estriado en cuatro direcciones diferentes dentro de 25 mm de largo. Los ensayos se realizaron por triplicado. Se dejaron crecer la cepa de *Candida albicans* a temperatura ambiente por 24 horas y *Mycobacterium sp.* PC38 a 28°C en una incubadora por dos días. Luego se inocularon los especímenes aislados a 10mm de los estriados. Se leyeron los resultados a las 24 horas, para *Candida albicans*, y de 48 a 72 horas, para PC38. Se midió el efecto antimicrobiano de cualquier

especímen, que era indicado por la inhibición o por el crecimiento lento de la cepa. Las lecturas se tomaron en comparación a un control negativo, que consistió en el cultivo de las cepas pruebas por separado sin ningún tipo de tratamiento.

Análisis estadístico:

Se tabuló el número de microhongos aislados por tipo de carpóforo, lugar de colecta y de su bioactividad en contra de las cepas pruebas. Luego se aplicó análisis estadístico, para determinar si existían diferencias significativas entre las proporciones de especímenes con actividad inhibitoria contra las cepas pruebas. Para esto, se efectuaron pruebas de hipótesis con relación a la diferencia entre las proporciones con bioactividad positiva de las poblaciones relevantes. La prueba estadística utilizada en el análisis de los datos fue la prueba no paramétrica del signo (Wayne, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento y caracterización:

Se aislaron un total de 97 especímenes de las 12 muestras colectadas; 63 del PNM y 34 del PAC. El total de especímenes aislados del PAC, 34 provinieron del hongo Aphylophorales. (Cuadro 1). En el PAC no se encontró el hongo agarical utilizado en el PNM.

Cuadro 1.
Número de morfotipos identificados según la clase de muestra y el sitio de colecta. Entre paréntesis se indica el total de especímenes aislados.

Tipo de hongo	PNM	PAC	TOTAL
Agarical	32 (37)	—	32 (37)
Aphylophorales	20 (26)	29 (34)	49 (60)
Total	52 (63)	29 (34)	81 (97)

Los especímenes aislados se agruparon en 81 morfotipos distintos; 32 provenientes del hongo agarical y 49 del hongo Aphylophorales. Taxonómicamente estos morfotipos pertenecen a la Division Deuteromycota y la mayoría a la clase Hyphomycetes; unos cuantos a la clase Mycelia Sterilia (Barnett y Hunter, 1998). La taxonomía específica de estos morfotipos así como también la de los dos macrohongos utilizados es algo que será presentado en otra publicación. Petrini *et al.* (1992) han repor-

tado después de muchos estudios bioquímicos y fisiológicos que los taxones de endófitos pueden estar omnipresentes o que los mismos pueden infectar hospederos específicos. Es decir se presentan tanto casos de asociaciones generales como de específicas; en este trabajo no se investigó este aspecto. Sin embargo, la prevalencia de especímenes puede relacionarse con el efecto selectivo de la química de los respectivos cuerpos fructíferos y de los requerimientos nutricionales de los microhongos. Es obvio que existen diferencias estructurales y químicas entre los cuerpos fructíferos de Agaricales y Aphylophorales que hacen que los mismos difieran en su período de persistencia en el ambiente. El pH de los carpóforos de muestras agaricales osciló entre 6-7 y el de aphylophorales fue de 5,0. El pH es uno de los factores abióticos que más limita el crecimiento de los microorganismos y que pudo haber ejercido un factor selectivo en la cantidad y tipo de microhongos en los carpóforos de macrohongos.

Ensayos de actividad:

Las pruebas de actividad antimicrobiana son esenciales para la detección y aislamiento de microorganismos de interés industrial. En este caso y por el tipo de cepas pruebas que se utilizó, se enfocó en aquellos de posible interés en el campo de drogas anti-infectivas. Se evaluó el total de especímenes de microhongos y se determinó la proporción que presentaba actividad contra las cepas pruebas utilizadas teniendo en cuenta el tipo de macrohongos del que se realizaron los aislamientos y el lugar de colecta.

Cuadro 2.

Actividad antimicrobiana de acuerdo con el tipo de carpóforo y lugar de colecta. Se presenta la proporción con actividad positiva contra las cepas pruebas utilizadas.

Tipo de hongo	<i>C. albicans</i>	<i>Mycobacterium sp. PC38</i>
Agarical (PNM)	12/37	17/37
Aphylophorales (PNM)	14/26	9/26
Aphylophorales (PAC)	10/34	18/34

Según el diseño experimental se plantearon las siguientes preguntas:

1. ¿Existe un efecto selectivo del tipo de carpóforo con respecto a la actividad antimicrobiana de los microhongos asociados a dicha muestra?

Esta comparación sólo es válida par el PNM pues allí se encontraron ambos tipos de hongos.

Se probaron estadísticamente las siguientes hipótesis:

- Ho: No existe diferencia significativa entre las proporciones de bioactividad positiva contra *Candida albicans* 2869 y *Mycobacterium* PC 38 con especímenes aislados del Agaricales del PNM
- Hi: Existe diferencia significativa entre las proporciones de bioactividad positiva contra *Candida albicans* 2869 y *Mycobacterium* PC 38 con especímenes aislados del Agaricales del PNM

Estadístico de Prueba:

$$K = 7$$

Regla de Decisión

Sea nivel de significación ($\alpha = 0,05$; $n = 19$; $p = 0,5$)
Se rechaza Ho si $p(K \leq 7/19, 0,5) \leq 0,025$

Decisión estadística

Se tiene $p(K \leq 7/19; 0,5) = 0,1795$
Se acepta Ho puesto que $p(K \leq 7/19; 0,5) > 0,025$

Conclusión

No existe diferencia significativa.

- Ho: No existe diferencia significativa entre las proporciones de bioactividad positiva contra *Candida albicans* 2869 y *Mycobacterium* PC 38 con especímenes aislados del Aphyllophorales del PNM

- Hi: Existe diferencia significativa entre las proporciones de bioactividad positiva contra *Candida albicans* 2869 y *Mycobacterium* PC 38 con especímenes aislados del Aphyllophorales del PNM

Estadístico de Prueba:

$$K = 4$$

Regla de Decisión

Sea nivel de significación ($\alpha = 0,05$; $n = 13$; $p = 0,5$)
Se rechaza Ho si $p(K \leq 4/13; 0,5) \leq 0,025$

Decisión estadística

Se tiene $p(K \leq 4/13; 0,5) = 0,1334$
Se acepta Ho puesto que $p(K \leq 4/13; 0,5) > 0,025$

Conclusión

No existe diferencia significativa.

Encontramos que en los carpóforos del hongo agarical hubo una mayor proporción de especímenes con actividad *anti-Mycobacterium* PC38, mientras que en los del aphylllophorales prevaleció la actividad *anti-Candida albicans* 2869. Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas. La prevalencia de especímenes con uno u otro tipo de actividad en las muestras de Aphylllophorales y Agaricales puede relacionarse con el efecto selectivo de los respectivos cuerpos fructíferos. Encontramos diferencias notables en el pH de los carpóforos utilizados. El pH es uno de los factores abióticos que más limita el crecimiento de los microorganismos y que pudo haber afectado la colonización y selección de poblaciones de hongos con características contrastantes.

2. Otro tipo de comparación que se planteó fue la del tipo de actividad (*anti Mycobacterium* PC 38 vs *anti Candida albicans* 2869) en cada área.

Ho: La proporción de bioactividad positiva contra *Candida albicans* 2869 es igual a la proporción de bioactividad positiva contra *Mycobacterium* PC 38 con especímenes aislados del Aphylllophorales del PAC.

Hi: La proporción de bioactividad positiva contra *Candida albicans* 2869 es menor que la proporción de bioactividad positiva contra *Mycobacterium* PC 38 con especímenes aislados del Aphylllophorales del PAC.

Estadístico de Prueba:

$$K = 6$$

Regla de Decisión

Sea nivel de significación ($\alpha = 0,10$; $n = 20$; $p = 0,5$)

Se rechaza Ho si $p(K \leq 6/20; 0,5) \leq 0,10$

Decisión estadística

Se tiene $p(K \leq 6/20; 0,5) = 0,0577$

Se rechaza Ho puesto que $p(K \leq 6/20; 0,5) < 0,10$

Conclusión:

La proporción de bioactividad positiva de *Candida albicans* 2869 es menor que la proporción de bioactividad positiva de *Mycobacterium* PC 38 con especímenes aislados del Aphylllophorales del PAC a un nivel de significancia del 10%.

El mismo tipo de comparación para resultados del PNM no rindió diferencias significativas entre la actividad *anti Candida albicans* 2869 y la actividad *anti Mycobacterium* PC 38. En ambos ambientes se pudo aislar

microhongos con actividad anti *Mycobacterium* PC 38 -o- anti *Candida albicans* 2869. Sin embargo, sólo en el PAC las diferencias son significativamente distintas y favoreciendo la prevalencia de actividad anti *Mycobacterium* PC 38. Este tipo de resultado es de importancia por su aplicación en la búsqueda dirigida de microorganismos con un atributo en especial. En otras palabras, nos indica en dónde buscar cuando se desea aislar microorganismos con ciertas características biológicas. Anteriormente se han reportado casos en que la actividad no sólo depende del hospedero, sino de las condiciones climáticas. Según Petrini *et al.* (1992) la ocurrencia y distribución de las especies de endófitos no sólo depende del hospedero sino también del lugar. Wildman (1997) y Chapela y Dreyfuss (1994) argumentan que la producción de metabolitos secundarios en hongos está relacionada con requerimientos ecológicos de temperatura y de humedad. Lo que puede explicar el que la proporción de microorganismos con uno u otro tipo de actividad pueda variar de un sitio a otro.

Los resultados aquí presentados son relevantes desde dos puntos de vista. Por un lado, se contribuye a uno de los aspectos básicos de la biotecnología (Wainwright, 1992; Bennett, 1998): la selección de organismos que puedan rendir productos de interés para el hombre. Los especímenes de esta investigación fueron enviados a Novartis A.G. (Suiza) para su ingreso en el programa de Selección Microbiológica para el desarrollo de medicamentos. Estos especímenes han sido debidamente preservados en nuestro laboratorio y aumentan una colección creciente de microorganismos de interés biotecnológico-industrial. Otro aporte de nuestro trabajo radica en la utilización de herramientas científicas conocidas para señalar el valor agregado que tienen nuestras especies de macrohongos, lo que provee una razón adicional para justificar su conservación.

CONCLUSIONES

Se aislaron 97 especímenes, 63 en el Parque Natural Metropolitano, 34 en el Parque Altos de Campana; los mismos se caracterizaron en 81 morfotipos, 32 a partir del macrohongo Agarical, y 49 a partir del macrohongo Aphylophorales.

Las muestras de cuerpos fructíferos del hongo Aphylophorales resultaron más acídicas que las de agaricales.

Se detectó actividad anti-*Mycobacterium* PC38 y anti-*Candida albicans* 2869 en microhongos aislados tanto de carpóforos del hongo Agaricales como en los del Aphylophorales.

En los especímenes aislados del hongo Aphylophorales del Parque Altos de Campana, prevalece la actividad anti-*Mycobacterium*.

SUMMARY

We determined the biological activity of microfungi isolated from fruitbodies of two species of macrofungi in decomposition (belonging to the order Agaricales and Aphylophorales) collected in two areas of study: Parque Natural Metropolitano and Parque Altos de Campana. The biological activity was determined by means of agar diffusion assays, against the strains *Candida albicans* 2869 and *Mycobacterium sp.* PC28. A total of 97 specimens were isolated, 63 in Parque Natural Metropolitano, 34 in Parque Altos de Campana; they were grouped in 81 morphotypes. Anti-*Mycobacterium sp.* PC38 and anti-*Candida albicans* 2869 activity was detected in microfungi isolated from the agarical and the Aphylophorales fruitbodies. Anti-*Mycobacterium sp.* PC28 activity prevails in specimens isolated from the Aphylophorales of Parque Altos de Campana. We discuss the implications of these results for the directed search of microorganisms of industrial interest.

KEYWORDS

Microfungi, macrofungi, fruitbodies, mycoparasites, agaricales, aphylophorales, bioactivity, biotechnology, industrial, *Candida albicans*, *Mycobacterium sp.*, Parque Natural Metropolitano, Parque Altos de Campana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNETT, H.L. y HUNTER, B.B. 1998. **Illustrated Genera of Imperfect Fungi**. 4ª Edición. Minnesota: The American Phytopathological Society.

BENNETT, J.W. 1998. Mycotechnology: the role of fungi in biotechnology. **J. Biotech.**, 6, 101-107.

CHAPELA, I.H. y DREYFUSS, M.M. 1994. Potential of fungi in the discovery of novel, low-molecular weight pharmaceuticals, En: **The Discovery of Natural Products with Therapeutic Potential**. Ed. V. Gullo, Nueva Jersey: pp.49-80.

DEAN, J.W. 1997. **Modern Mycology**. 3ª Edición. Gran Bretaña: Cambridge University Press. 303 pp.

HAWKSWORTH, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance and conservation. **Mycol. Res.**, 95, 641-655.

HYDE, K. y HAWKSWORTH, D.L. 1997. Measuring and monitoring the biodiversity of microfungi, En: **Biodiversity of Tropical Microfungi**. Ed. K. Hyde. Cap. Hong Kong: pp. 11-28

JONG, G. y DONOVICK, R. 1989. Antitumor and antiviral substances from fungi. **Adv. Appl. Microbiol.**, 34, 183-262.

MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 1976. **Plan de Manejo y Desarrollo del Parque Nacional Altos de Campana**. Capítulos I y II.

MONCALVO, J.M. 1997. Evaluation of fungal biological diversity in the tropics: Systematics perspectives. En: **Tropical Mycology**. Eds. K.K. Jarnardhanan, C. Rajendran, K. Natajara y D.L. Hawksworth. Cap. I, pp. 1-27. Enfield: Science Publishers, Inc.

MOORE-LANDECKER, E. 1990. **Fundamentals of the Fungi**. Nueva Jersey: Prentice- Hall, 561 pp.

PETRINI, O., SIEBER, T., TOTI, L. y VIRET, O. 1992. Ecology, metabolite production and substrate utilization in endophytic fungi. **Nat. Tox.** 1, 185-196.

RAVEN, P.H. 1988. Tropical Floristics Tomorrow. **Taxon**, 37, 549-560.

RÍOS, N. 1999. **Determinación de Actividad Antimicrobiana en Hongos Endófitos Aislados de *Voyria tenella*, Hook (Gentianaceae)**, Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Universidad de Panamá. 81 pp.

WAINWRIGHT, M. 1992. **An Introduction to Fungal Biotechnology**. 1a Edición. Chichester, Inglaterra, John Wiley & Sons. 202 pp.

WAYNE, W.D. 1997. **Bioestadística**. México, D.F.: Editorial Limusa, Grupo Noriega, 878 pp.

WILDMAN, H. 1997. Potential of tropical microfungi within the pharmaceutical industry. En: **Biodiversity of Tropical Microfungi**.: Ed. K.D. Hyde. Hong Kong: pp. 29-46.



INSTRUCCIONES PARA LOS COLABORADORES

POLÍTICA

El propósito de la Revista **Scientia** es publicar resultados de investigación originales e inéditas, en ciencias básicas y tecnología. La Revista se reserva el derecho de aprobar o rechazar los trabajos presentados a su consideración. Los originales de los trabajos aprobados permanecerán en los archivos del Editor.

Los trabajos aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado, o parte del mismo, no ha sido publicado previamente, ni tampoco esté siendo considerado para su publicación en otra revista, siendo los autores los únicos responsables por la exactitud y la veracidad de los datos y afirmaciones presentadas, y también por obtener, cuando el caso lo requiera, los permisos necesarios para la publicación de los datos extraídos de trabajos que ya estén en la literatura.

Todos los manuscritos presentados a la consideración de esta Revista, serán evaluados por especialistas que asesoran al Director y Editor, quienes juzgarán el contenido de los mismos, de acuerdo a su excelencia técnica y a las instrucciones editoriales vigentes.

Los nombres de los evaluadores serán mantenidos en estricta reserva; sin embargo, sus comentarios y recomendaciones serán enviados por el Editor a los autores para su debida consideración. Una vez evaluado el trabajo, le será devuelto a los autores junto con

los informes del Editor y los Evaluadores. El Director se reserva el derecho de introducir modificaciones, cuando lo juzgue conveniente.

La Revista publicará cada dos años un suplemento que contendrá los Índices de Materias y de Autores.

Las galeras serán enviadas a los autores, antes de la impresión final, para que hagan las debidas correcciones.

Los artículos deben estar redactados en idioma español, portugués o inglés. Los artículos redactados en otros idiomas deberán ser consultados con el Consejo Editorial.

Para todas las unidades utilizadas en el trabajo se adoptará el Sistema Internacional de Unidades de acuerdo con el informe publicado por la Organización Mundial de la Salud: **Las Unidades SI para las Profesiones de la Salud**, 1980.

Se espera que los artículos presentados contengan información novedosa y que estos representen una contribución substancial al avance de esa área del conocimiento. La Revista también podrá publicar Notas y Comunicaciones Cortas como una vía rápida de divulgación de resultados recientes de marcada relevancia científica, producto de investigación en curso o terminadas; en estos casos, los autores deben escribir sus resultados en forma de párrafos, manteniendo al mínimo el uso

de figuras, cuadros y subtítulos, sin excederse de 1500 palabras o su equivalente. Su aceptación y publicación final quedan a criterio del Director. Se recomienda reducir al máximo las notas de pie de páginas. Estas deben ser designadas con sobrescritos arábigos en el orden en que aparecen en el texto.

PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

CORRESPONDENCIA

Los manuscritos y toda correspondencia deberán ser dirigidos al Director de la Revista *Scientia*, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá, Estafeta Universitaria, Panamá, República de Panamá. Tel. 223-9985 y 264-4242.

TEXTO

El texto de los trabajos (incluyendo el resumen, las referencias bibliográficas y las notas, así como los cuadros e inscripciones de las figuras) debe ser presentado en triplicado (originales y 2 copias), escritas mediante el procesador de palabras Microsoft Word e impreso a doble espacio, en tinta negra y en papel bond 22 x 28 cm (8-1/2" x 11"). El margen izquierdo debe ser de 4.0 cm (1.2") y el derecho de 2.5 cm (1") y el inferior de 2.5 cm (1"). Los autores deben indicar en el texto o mediante anotaciones al margen, la localización de las figuras, los cuadros, los esquemas, etc.

En la primera página del artículo debe aparecer: el título en mayúsculas centrado seguido del primer nombre, la inicial y el apellido del autor (o autores) debidamente espaciado del título también centrado. Seguidamente del (los) autor(es) debe aparecer la dirección postal completa de la Unidad Académica o institución donde fue realiza-

do el trabajo. De ser posible, suministre el teléfono del autor principal por separado. Si la dirección actual de alguno de los autores fuera diferente de la anterior, indíquese en esta página colocando un número sobrescrito sobre el nombre de ese autor y colocando la dirección en una nota de pie. Se entenderá que el primero de los autores mencionados será a quien se le enviará la correspondencia, a menos que se indique lo contrario. Inmediatamente después de la dirección postal debe aparecer el Resumen en español seguido de un mínimo de palabras o frases-claves para el Índice de Materias.

Los subtítulos principales en el texto (v.g. RESUMEN, INTRODUCCIÓN, etc.) se colocarán en el margen izquierdo en mayúscula.

Cualquier otro subtítulo debe colocarse también al margen izquierdo, pero con sólo la primera letra de cada palabra en mayúscula.

Cada página debe ser enumerada e identificada escribiendo el apellido del autor(es) y el año: (D'Croz, 1998); (v.g. Villarreal, 2 de 10).

Las referencias que se mencionan en el texto deben ir entre paréntesis con el apellido del autor(es) y el año (D'Croz, 1998); Torres, Paredes y Averza (1997); (Díaz *et al.*, colaboradores, 1996).

ESTRUCTURACIÓN DEL MANUSCRITO

El manuscrito debe estructurarse de la siguiente manera: RESUMEN, PALABRAS O FRASES CLAVES, INTRODUCCIÓN, PARTE EXPERIMENTAL, RESULTADOS y DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN, SUMMARY (resumen en inglés), REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS y AGRADECIMIENTO.

La selección del título conlleva una gran responsabilidad ya que debe reflejar en pocas palabras la esencia del trabajo y debe facilitar la recuperación de la información pertinente a través de sistemas computarizados.

RESUMEN

Todo artículo debe contener un resumen de no más de 200 palabras y debe describir, en forma concisa y precisa, el objetivo de la investigación, así como los principales logros y conclusiones. Debe poder leerse y entenderse en forma independiente del texto principal pero podrán citarse figuras, cuadros, etc., del texto. Se debe tener presente que el resumen será la parte más leída de su trabajo.

INTRODUCCIÓN

La introducción debe dejar claro el propósito de la investigación, los antecedentes y su relación con otros trabajos en el mismo campo, sin caer en una revisión exhaustiva de la literatura pertinente.

PARTE EXPERIMENTAL

Esta sección debe contener todos los procedimientos con el detalle suficiente de los pasos críticos que permita que el trabajo pueda ser reproducido por un personal idóneo. Los procedimientos que ya estén en la literatura sólo deben ser citados y descritos, a menos que se hayan modificado substancialmente. Se debe incluir también el detalle de las condiciones experimentales bajo las cuales fueron obtenidos los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados pueden presentarse en forma de figuras, esquemas o cuadros; sin embargo, los resultados simples se pueden presentar directamente en el

texto. La discusión debe ser concisa y debe orientarse hacia la interpretación de los resultados.

CONCLUSIÓN

Esta sección debe incluir solamente un resumen de las principales conclusiones del trabajo y no debe contener la misma información que ya ha sido presentada en el texto en el resumen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Se debe utilizar el sistema de Harvard para las referencias bibliográficas, con el(los) apellido(s) del(los) autor(es) y la fecha de publicación en el texto, y el listado de las referencias debe estar ordenado alfabéticamente, considerando solamente el apellido del primer autor citado para cada referencia.

El título de las revistas debe ser abreviado de acuerdo con algunas de las siguientes referencias: **World List of Scientific Periodical** (4^a. ed.), **World Medical Periodical** (UNESCO, 2^{da} ed.) o **Bibliographic Guide for Editors and Authors**. The American Chemical Society (disponible en el Centro de Información y Documentación Científica y Tecnológica de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado). Si la abreviatura de la revista no está listada en ninguna de estas publicaciones, se debe escribir el título completo.

La exactitud de las referencias bibliográficas citadas es de la entera responsabilidad del autor. Los trabajos no publicados pero formalmente aceptados para su publicación deben citarse "en prensa"; de otra forma, cítelos como "resultados nopublicados". Las "comunicaciones personales" deben indicarse en el texto e incluir fecha de comunicación y dirección de la persona.

Las referencias bibliográficas deberán aparecer ordenadas de la siguiente forma:

- **Artículos científicos:**

AGUIRRE, R.L., MARTINEZ, I.S. y CALVO, C. 1986. Mecanismos de la acción antiespasmódica intestinal de las flores de *Matricaria chamomilla* L. *Rev. Biol. Trop.*, 27(2), 189-201.

- **Libros:**

BUNGE, M. 1984. *La investigación científica: su estrategia y filosofía*. Colección "Convivium" No. 8. Barcelona: Editorial Ariel, S.A. 544 pp.

HOLMES, W.N. y DONALDSON, E.M. 1969. The body compartments and the distribution of electrolytes. En: *Fish Physiology*. Eds: W.S. Hoar y D. Randall. Vol. 1, p. 1-89. Nueva York: Academic Press.

FARMACOPEA INTERNATIONAL. 1980. 3^a edición. Vol. I. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 56 pp.

HARRIS, J. y DUNCAN, I.S. (Eds.) 1982. *Constantes de disociación de ácidos orgánicos en solución acuosa*. Londres: Butterworth; págs. 234 y 296.

- **Tesis:**

LEON, A.J. 1986. *Estructura Económica de Panamá*. Tesis de Doctorado, Universidad de Londres, Londres. 120 pp.

- **Simposium-Seminario-Conferencia:**

MARINO, I.C. 1984. La problemática de la economía panameña. II Congreso Científico Nacional, 2-4 diciembre. Universidad de Panamá. Resumen No. 28. (*en manuscrito*)

NAVARRO, S.G., VEGA, J. y SERRANO, I. *Resultados no publicados*.

AGRADECIMIENTO

Seguido de las referencias, puede incluir un párrafo breve de agradecimiento por apoyo económico, técnico o de cualquier otra índole.

ILUSTRACIONES

Las figuras (un original y dos copias) deben presentarse en su forma final para su reproducción; es decir en tinta china y en papel especial de dibujo de tamaño 22 x 28 cm (8-1/2" x 11"). Cada figura debe estar acompañada de un título una inscripción explicativa. No escriba ni el título ni la inscripción sobre la figura.

Los títulos y las respectivas inscripciones de cada figura deben ser escritos a máquina a doble espacio en hojas separadas en forma de listado. Detrás de cada figura debe aparecer el nombre de los autores, el título del manuscrito, el número y una seña que indique la parte superior de la figura, todo esto escrito tenuemente con lápiz. Las ilustraciones pueden también presentarse en papel brillante de fotografía en blanco y negro. Las fotografías no deben ser menores de 10 x 12 cm (6" x 4"). Cada ilustración (con su título e inscripción debe ser inteligible en forma independiente del texto principal.

CUADROS

Los cuadros (un original y dos copias) deben ser utilizados solamente para presentar información en forma más efectiva que en el texto. Deben poseer un título bien descriptivo, el cual, junto con los encabezados de las columnas, deben describir su contenido en forma inteligible sin necesidad de hacer referencias al texto principal. La misma información no debe ser reproducida en los cuadros y en las figuras. Se deben numerar en forma consecutiva (usando números arábigos) en el orden en que se citan en el texto. Las notas de pie en los cuadros se deben entrar en letra minúscula y se deben citar en el cuadro como sobrescrito.

Scientia

Revista de Investigación de la Universidad de Panamá

Para correspondencia, canje o suscripción dirigirse a:

Centro de Información y Documentación Científica y Tecnológica (CIDCYT)

Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Estafeta Universitaria,
Universidad de Panamá, Panamá, República de Panamá.

Teléfonos 264-4242; 232-9985; 263-6133 Ext 309 - 310.

Fax (507) 264-4450.

(507) 223-7282.

Correo electrónico: upvip@ancon.up.ac.pa

Tarifa (Suscripción anual):

Personal en Panamá	B/ 8,00
Personal Exterior	US\$ 12,00
Institucional América Latina y el Caribe	US\$ 16,00
Institucional Resto del Mundo	US\$ 20,00

Precio de ventaB/ 5,00

A las personas o instituciones interesadas en recibir permanentemente la Revista **Scientia**, sírvanse completar el formato presente y junto con el mismo remitan giro o cheque (a nombre de Fundación Universidad de Panamá - Vicerrectoría de Investigación y Postgrado). La tarifa incluye la suscripción anual correspondiente a dos números, incluyendo importe por correo.

Nombre o Institución _____

Dirección _____

Ciudad _____ Zona Postal _____

Provincia (o Estado) _____ País _____



ÍNDICE

QUÍMICA

- JAÉN, J.A., SÁNCHEZ M., DE ARAQUE, L., HERNÁNDEZ, C. and DE BÓSQUEZ, A.
Study of the corrosion products formed on carbon steels in the tropical atmosphere of Panama..... 7

ENTOMOLOGÍA

- MEDIANERO, E. y BARRIOS, H.
Riqueza de insectos cecidógenos en el dosel y sotobosque de dos zonas ecológicas en Panamá..... 17

CIENCIAS DEL MAR

- DURÁN, I. y GÓMEZ, J.A.
Concentración de hierro, cobre y zinc en los tejidos de *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) durante la estación lluviosa y la estación seca (octubre 1998 - marzo 1999), en Punta Chame, Panamá, República de Panamá..... 43

ZOOLOGÍA

- TEJERA, V.H., JIMÉNEZ, A.M. y PÉREZ, R.J.
Observaciones relacionadas con los nacimientos y los polluelos exitosos de *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811) durante un año, en la Universidad de Panamá..... 55

MICOLOGÍA

- CHONG, M.J., CARRASCO, G. y PUGA, C.
Actividad antimicrobiana de microhongos aislados de macrohongos en descomposición..... 71