

OCTUBRE DE 2002

TECNOCIENCIA

Vol. 4 N° 2

ISSN 1609-8102

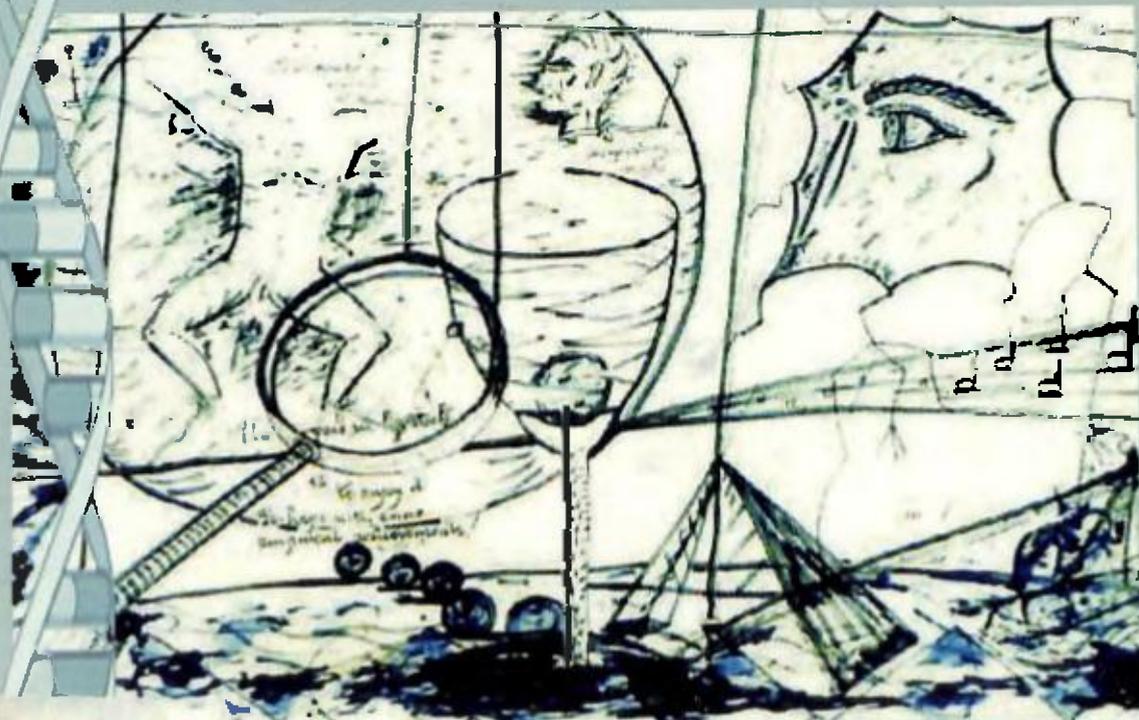
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
Sede de Panamá



Biología-Química-Física
Matemática-Estadística

TECNOCIENCIA

Volumen 4, N° 2



Vol 4
#2
2002
e.3

de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.
Universidad de Panamá, Octubre del Año 2002.



X- RAY POWDER DIFFRACTION DATA FOR SODIUM MORPHOLYLDITHIOCARBAMATE TRIHYDRATE $C_5H_8NOS_2Na \cdot 3H_2O$

^{a)} Joelis Rodríguez, ^{b)} Cristina Díaz, ^{c)} Ramón Pomés and ^{b)} Roberto Cao

a) Research Center for Mining and Metallurgy (CIPIMM), Carretera Varona Km 1 ½ Capdevila, Boyeros, Havana Cuba. E-mail: cipimm@chab.minbas.cu

b) Faculty of Chemistry, Havana University, Cuba

c) Albert Schweitzer International University, Geneva, Switzerland

ABSTRACT

Sodium Morpholyldithiocarbamate Trihydrate $C_5H_8NOS_2Na \cdot 3H_2O$ has been investigated by means of X-ray powder diffraction. The title compound is triclinic with unit-cell parameters $a = 6.261(2)$ $b = 8.897(3)$ $c = 16.557(4)$ Å, $\alpha = 118.34(2)^\circ$ $\beta = 99.66(2)^\circ$ $\gamma = 93.32(3)^\circ$, $V = 790.2(3)$ Å³, $Z = 2$, space group $P\bar{1}$ and $D_x = 1.007(12)$ g cm⁻³.

KEYWORDS

Crystal characterization, morpholyldithiocarbamate and X- Ray Powder Diffraction.

INTRODUCTION

Sodium morpholyldithiocarbamate Trihydrate $C_5H_8NOS_2Na \cdot 3H_2O$ (fig. 1) is a compound with several biological properties, such as: antitumoral (1) and antioxidant (2).

This dithiocarbamate anion acts as a S,S type chelating agent and forms stable complexes with representative and transition metals (3, 4) that are generally only slightly soluble or insoluble in water and other polar solvents. The complexes are specially stable with "soft" metals (5).

EXPERIMENTAL

A. Origin of specimen

An ethanol solution of morpholine was added dropwise to an ethanol solution of CS_2 at $0-5\text{ }^\circ\text{C}$ (morpholine: CS_2 molar ratio of 1:1). The resulting mixture was treated with Et_2O and an aqueous solution of NaOH for a CS_2 : NaOH molar ratio of 1:1. The product was filtered, washed and recrystallized from ethanol; m.p. $>300\text{ }^\circ\text{C}$. IR $\nu(\text{cm}^{-1})$: 1460 ($\nu_{\text{C=N}}$), 981 ($\nu_{\text{C-S}}$), 542 ($\nu_{\text{C-S}} + \delta_{\text{SCS}}$). UV: $\lambda_{\text{max}}(\text{nm})$ 263 $\log \epsilon = 4.18$ ($\text{CSS } \pi-\pi^*$); 284 $\log \epsilon = 4.18$ ($\text{NCS } \pi-\pi^*$). $^1\text{H-NMR}$ (D_2O): δ (ppm) 4.38 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$, $J_{\text{H-H}}=5.1$ Hz); 3.77 (t, 4H, $-\text{NCH}_2-$, $J_{\text{H-H}}=4.9$ Hz).

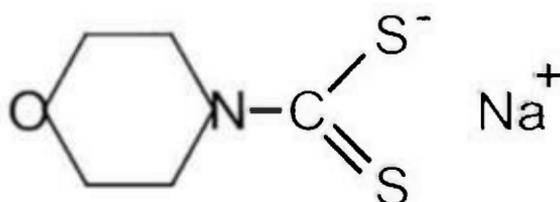


Fig.1. Scheme of the Sodium Morpholyldithiocarbamate Trihydrate $\text{C}_4\text{H}_8\text{NOS}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

B. Crystal Data

Crystalline powder: color: white; space group: $P\bar{1}$; $a = 6.261(2)$ $b = 8.897(3)$ $c = 16.557(4)$ \AA ; $\alpha = 118.34(2)$ $\beta = 99.66(2)$ $\gamma = 93.32(3)$ $^\circ$; $Z = 2$; $D_x = 1.007(12)$ g cm^{-3} and $V = 790.2(3)$ \AA^3 .

C. X-ray powder data

The sample was ground in an agate mortar and the loose powder was pressed into a diffractometer sample holder. The X-ray diffraction pattern was collected using Ni filtered $\text{CuK}\alpha_1$ radiation 1.5406 \AA , ($\text{K}\alpha_2$ was eliminated with computer software) on a Philips PW 1710 diffractometer operated at 40 Kv and 30 mA. The alignment of the diffractometer was checked by using a silicon external standard from National Institute of Standards and Technology NIST- SRM- 640b with cell parameter $a = 5.430940(35)$ \AA (6) at $25\text{ }^\circ\text{C}$. The powder pattern was recorder at $25(1)\text{ }^\circ\text{C}$ from 4 to $70^\circ 2\theta$ using an angular step 0.02° and a counting time of 5 s.

The reported peak heights and positions were extracted by fitting Pearson VII type functions to the diffraction maxima. The positions of all peaks were input in the program for least-square unit cell refinement LSUCRI (7). The starting set of cell parameters for the refinement was taken from the output of the indexing program TREOR90 (8), gave the following cell parameter $a = 6.26$ (1), $b = 8.89$ (2), $c = 16.52$ (2)Å; $\alpha = 118.3$ (2), $\beta = 99.7$ (3), $\gamma = 93.3$ (2)° and figures of merit $M_{20} = 11$ and $F_{20} = 23$ (0.016643, 53) ($\Delta 2\theta, N_{pos}$).

The closed values of the FWHM of 111 peak of the Si standard (FWHM = 0.12° at 28.446°) and that of the 111 peak of the sample (FWHM = 0.14° at 18.976°) indicate a high degree of crystallinity of the specimen. In table I reported the powder diffraction data and in Fig. 2 reported the X-Ray powder pattern of the Sodium Morpholydithiocarbamate Trihydrate $C_5H_8NOS_2Na \cdot 3H_2O$.

Table 1. Powder diffraction data for Sodium morpholyldithiocarbamate Trihydrate $C_5H_8NOS_2Na \cdot 3H_2O$.

Rad CuK α ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$)			Ni filter	Sys. Triclinic;
a = 6.261 (2) b = 8.897 (3) c = 16.557 (4) \AA				Space Group: P 1
$\alpha = 118.34 (2) \quad \beta = 99.66 (2) \quad \gamma = 93.32 (3)^\circ$				V = 790.2 (3) \AA^3
Z = 2; $D_s = 1.007 (12) \text{ g cm}^{-3}$				Color White
hkl	$2\theta_{obs} (^\circ)$	$d_{obs} (\text{\AA})$	I/I_0	
0 0 1	6.215	14.208	100	
0 0 2	12.449	7.104	9	
1 0 0, 1 0 -1	14.515	6.098	11	
0 1 1	15.495	5.714	5	
1 -1 0, 1 0 1	17.038	5.200	76	
1 -1 1	17.300	5.128	9	
1 1 -2	18.156	4.882	8	
0 0 3	18.720	4.736	23	
1 -1 -1	18.976	4.679	25	
1 1 0	19.925	4.452	15	
1 0 -3	21.042	4.218	50	
1 0 2	21.242	4.179	11	
0 2 0	23.010	3.862	5	
1 -1 3	23.554	3.774	37	
0 2 -4, 1 -2 2	24.319	3.657	26	
1 0 3	26.199	3.399	30	
0 2 1	26.706	3.335	10	
1 -1 -3	27.214	3.274	7	
1 -1 4, 0 2 -5	28.320	3.148	17	
1 1 -5	28.804	3.097	5	
1 -2 4, 2 0 0	29.387	3.037	5	
0 3 -3, 2 -1 -1	30.209	2.956	5	
2 -1 1, 0 3 -2	30.551	2.924	6	
2 1 -2	30.893	2.892	6	
0 0 5, 2 1 -1	31.455	2.842	28	
1 0 4	31.806	2.811	6	
1 2 1	32.939	2.717	43	
1 3 -4	34.581	2.592	15	
2 -2 2	36.438	2.463	4	
0 3 -6, 2 2 -4	36.681	2.448	5	
1 0 5	37.706	2.384	7	
0 0 6	37.965	2.368	29	
1 -2 6, 0 3 1	38.431	2.340	13	
1 -1 6	39.488	2.280	8	
1 1 -7	39.716	2.268	11	
2 1 -6, 2 2 0	40.400	2.231	13	
1 -4 2	42.983	2.103	9	
1 -2 7, 2 -2 5	43.720	2.069	19	
0 0 7	44.602	2.030	9	

1-2-5	47.036	1.9304	9
3-21,2-3-2	47.400	1.9164	8
205,3-22	48.415	1.8786	5
3-2-2,22-8,214,32	49.328	1.8460	4
048,2-36,2-16,	49.756	1.8310	10
2-3-3,116,31-6	50.996	1.7894	3
008,2-45	51.408	1.7760	4
23-8,05-5	51.519	1.7724	4
3-31,11-9	52.138	1.7529	3
3-1-6,33-6,3-25	56.582	1.6253	5
10-9	56.882	1.6174	4
1-3-5,33-2,117,2-4	57.505	1.6014	3
009,2-38	58.395	1.5788	3
40-1,4-1-1,24-9	59.475	1.5530	5
344,40-4	60.394	1.5315	3
233	62.579	1.4832	4
1-1-9,25-3,04-11	63.923	1.4552	3
3-1-8	66.287	1.4089	3

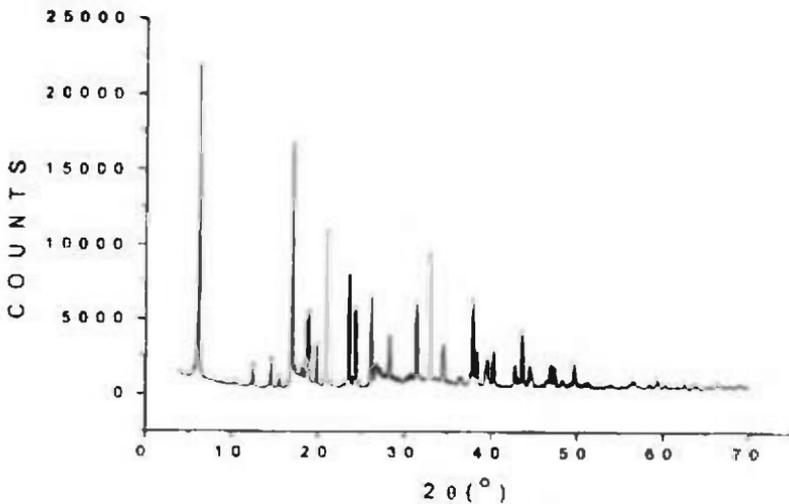


Fig.2. X-ray diffraction pattern of the Sodium Morpholydithiocarbamate Trihydrate $C_5H_9NOS_2Na \cdot 3H_2O$.

RESUMEN

El compuesto Morfolil Ditiocarbamato trihidratado $C_5H_8NOS_2Na \cdot 3H_2O$ fue estudiado a través de difracción de rayos-X, por el método de polvo. El mismo cristaliza en el sistema triclinico, en el grupo espacial $P\bar{1}$, con parámetros de celda: $a = 6.261(2)$ $b = 8.897(3)$ $c = 16.557(4)$ Å; $\alpha = 118.34(2)$ $\beta = 99.66(2)$ $\gamma = 93.32(3)^\circ$, $V = 790.2(3)$ Å³, $Z = 2$ y $D_x = 1.007(12)$ g cm⁻³.

PALABRAS CLAVES

Caracterización cristalográfica, Morfolil ditiocarbamate, Difracción de Rayos-X por el método de polvo.

BIBLIOGRAPHY

- Mainardi, V., J. L. Bello, J. M. Sanfiz & F. Torrez. Rev. Cubana Oncol. 1990, 6, 107-111.
- Cao, R., A. Fragoso & R. Villalonga. Monatsh. Chem. 1996, 127, 775-782.
- Beyer, W. & R. D. Ott. Mikrochim. Acta 1965, 1130-1135.
- Aravamudan, G., D. H. Brown & D. Venkappayya. Journal Chem. Soc. 1971, (A) 2744-2747.
- Sastri, V. S., K. I. Aspila & C. L. Chakrabarti. Canadian Journal of Chemistry. 1969, 47 2320-2323.
- Pomés, R.: "Análisis de fases cuantitativo usando difracción de Rayos - X". Editorial Quetzatcoal, Mex. 1997, 140.
- Garvey, R.: "LSUCRI PCUnit Cell Refinement with Indexing for the Personal Computer", Powder Diffraction (1), 1986, 114-116.
- Werner, P. E., L. Eriksson & M. Westdahl: "TREOR, a semi exhaustive trial-and-error powder indexing program for all symmetries", Journal of Applied Crystallography, (18), 1985, 367-370.

Recibido marzo del 2002, aceptado abril del 2002.



MEDIR COMO TAREA BÁSICA

Bernardo Fernández García y Omayra Pérez Castro

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Departamento de Física, CITEN
e-mail: bfermand@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

De una manera didáctica se presentan las ideas clásicas del concepto de medición. Medir es comparar con un patrón y fue desde los inicios de la humanidad que se planteó como una tarea básica para el ordenamiento de las relaciones sociales y para el desarrollo de la tecnología. El concepto clásico se complica cuando los contornos de los objetos que se desean medir no están bien definidos, como es el caso de las fronteras de un país. B. Mandelbrot, mediante el análisis de la dimensión topológica de los patrones y la búsqueda de una regularidad (asociada a la simetría de escala), extiende la noción al concepto de dimensión fractal (en el sentido de Hausdorff-Besicovitch). Esta regularidad la consideramos una simetría del sistema desacoplada de las simetrías de traslación y rotación a las cuales siempre aparece asociada. Por analogías con el cambio de escala acoplado con las translaciones y rotaciones proponemos un generador para la simetría de cambio de escala desacoplada (generador infinitesimal anclado en un punto). Al buscar las funciones y valores propios de ese operador, encontramos las funciones homogéneas y la dimensión fractal, respectivamente. Se sugiere la simetría global de forma al cambiar de escala como el invariante perceptual de la simetría.

PALABRAS CLAVES

medir, fractal, exponente crítico, simetría, cambio de escala.

INTRODUCCIÓN

El Homo Sapiens emergió en la naturaleza estimando magnitudes. Lo hacía con sus manos o sus brazos para calibrar el tamaño de los objetos o de las distancias y también para comunicar, a otro compañero, la magnitud de un animal que había divisado en sus recorridos de cacería o la lejanía a la que se encontraba la tribu vecina. Al tratar de precisar la información que comunicaba a los demás, sintió la necesidad de comparar con objetos familiares. Esta comparación se puede clasificar de dos maneras, una cualitativa y otra cuantitativa.

En la comparación cualitativa, previamente, se debe identificar alguna cualidad o característica común entre los objetos que se van a comparar. Por ejemplo, si queremos estimar la belleza de una flor, la debemos comparar con otra flor de referencia (por ejemplo la orquídea), pero debemos identificar antes, sin ambigüedades, la cualidad objeto de comparación.

Al realizar una comparación cualitativa, se busca, como el nombre lo indica, cualidades. Éstas pueden ser belleza, forma, color, etc. Sin embargo, debemos tener una relación de orden en la cualidad, es decir una clasificación ordenada de las distintas expresiones de la cualidad. En el caso de la belleza de una flor, la relación de orden se puede construir de la siguiente manera: es más bella la que puede tener más variedades de colores en la naturaleza.

EL CONCEPTO DE MEDIR

Pero las comparaciones cualitativas que llamamos estimaciones producen mucha inexactitud y dispersión en los resultados. Para lograr confiabilidad y reproductibilidad, se pasó de estimación a medición. Esta es una actividad que el hombre realiza diariamente. El sastre, el arquitecto, el ingeniero, el dibujante, el vendedor de pescado, miden magnitudes físicas. Convendría, antes que nada, conocer ¿qué es medir?. Lo más natural es recurrir al diccionario de la Real Academia Española de la lengua, el cual define el vocablo medir de la siguiente forma: "Estimar o evaluar una magnitud comparándola con otra de su misma especie tomada por unidad", "Igualar y comparar dos cosas

no materiales". Notamos en ambas definiciones, que el concepto común es "comparar". Este tipo de actividad, en que se determina cuántas veces cabe un patrón (la magnitud tomada como unidad) en la magnitud que se desea evaluar, se le llama medición directa.

Medir es comparar con un patrón. Lo sabían los egipcios de la otrora civilización de las pirámides. Era una necesidad de ese grupo social para delimitar nuevamente sus tierras, al bajar el nivel de las aguas, luego de las inundaciones del río Nilo que borraban los límites y evitar así las controversias por la propiedad. La humanidad ha fabricado múltiples patrones de longitud, de superficie, de volumen, de tiempo o de masa. La vara, unidad de longitud aunque parezca asombroso, fue usada para la venta de carne en las provincias centrales durante la época de Victoriano Lorenzo. La pulgada, que hace referencia al pulga, se usa todavía en los países anglosajones. El área o la hectárea (cien áreas) sirve para vender tierras en la campiña panameña. La lata (donde venía envasada la manteca de puerco) es una unidad patrón de volumen para la venta de miel, chicha fuerte o de guarapo. El vaso de guandú compite en los mercados públicos con la libra. Muchas otras unidades empíricas han servido a la sociedad panameña para la intercomparación y comercialización de sus productos (1). La Revolución Francesa, en un intento loable de racionalización, introdujo desde el siglo XVIII el Sistema Métrico Decimal de pesas y medidas, en base diez, con las unidades patrones básicas de metro para las distancias y kilogramo para las masas. La definición original del metro fue la diez millonésima parte del cuadrante de la tierra. El desarrollo acelerado de la tecnología permite definirlo como la distancia recorrida en el vacío por una onda luminosa en $1/(299\ 792\ 458)$ fracción de segundo. Esto garantizaba una alta reproductibilidad en los resultados y una comunicación más objetiva entre los hombres. Con las normas de la Revolución Francesa se dieron las bases de un comercio organizado para manejar una era de producción a gran escala.

El fundamento de la comparación cuantitativa se encuentra en los números. De allí que ante una propiedad que deseamos estimar cuantitativamente, debemos primero observarla e identificarla y después

establecer una relación isomorfa (uno a uno) entre la magnitud y los números, ya sean éstos enteros o fraccionarios. Las magnitudes quedan automáticamente ordenadas, pues los números están ordenados.

Por ejemplo, en una medición cuantitativa de longitud queremos saber que tan largo, ancho o alto es un libro. Y es precisamente allí que introducimos una relación entre la magnitud considerada y los números. Medir consiste entonces en establecer una razón numérica (comparar) entre la magnitud estudiada y una magnitud patrón de la misma especie.

Antes de realizar una medición se debe escoger una unidad de medida (o patrón) de acuerdo con la magnitud a medir. En el Sistema Internacional la unidad de medida de longitud es el metro (m), que a su vez tiene múltiplos como el kilómetro (km) y submúltiplos como el centímetro (cm).

Medir es, pues, servirse de un patrón p y comparar la magnitud M que se desea medir con el patrón. El resultado es que la magnitud es x veces el patrón y se escribe: $M = x p$. Aquí x es un número, resultado de la relación entre la magnitud y el patrón.

Un concepto importante en la medición es el de cifras significativas. Se entiende por cifras significativas aquellas cifras, producto de mediciones, que tienen significado físico.

Las cifras significativas se clasifican en dos tipos: la cifra segura y la cifra dudosa, ésta última es sobre la cual recae el error o dispersión, y se le llama también cifra estimada.

La diferencia entre el valor observado y el valor que se considera "verdadero" de una magnitud física se llama error de observación.

Este error no obedece a leyes simples y, en general, tiene muchas causas. Corrientemente, los errores se clasifican en sistemáticos (causal) y aleatorios (dispersiones casuales). A veces es difícil diferenciar entre ellos y algunos errores son una combinación de ambos.

Los errores de observación producto de imperfecciones de los instrumentos de medición o por deficiencias del método experimental se llaman errores sistemáticos.

Las variaciones producto de la observación por descuidos involuntarios del observador y por las condiciones experimentales, se llaman dispersiones aleatorias. Son "caóticas" en su incidencia, variables en magnitud y oscilan alrededor de un valor promedio. A menudo muestran su presencia frente a la repetición de las mediciones.

Cuando se realizan varias mediciones de una magnitud, en general, no se encuentra exactamente el mismo valor. Esto nos sugiere obtener un valor promedio del conjunto de medidas. Para calcular el valor promedio, se suman todos los resultados numéricos (tomando en consideración el concepto de cifras significativas) y se divide entre la cantidad de medidas realizadas.

Ante una serie de medidas, se puede evaluar el grado de dispersión con respecto al valor promedio. Cada desviación se determina restando a cada medición el valor promedio. Estas diferencias pueden ser cantidades positivas o negativas, y se les llaman desviaciones. Para evitar los problemas de signo se induce una norma a partir de un producto escalar y se le llama dispersión absoluta o estandarizada al promedio de las dispersiones absolutas de las desviaciones, inducidas por el producto escalar.

Una de las formas más apropiadas para comunicar el resultado de mediciones de una magnitud (valor más probable) es escribir el valor promedio más o menos su dispersión absoluta.

Si dividimos la desviación absoluta entre el valor promedio, obtenemos la dispersión relativa de las medidas. La dispersión porcentual se determina multiplicando la dispersión relativa por cien.

El proceso de medir es una forma de conocer la naturaleza. Desde un principio el hombre se sirvió de la medición para construir un sistema explicativo de la naturaleza.

Sin embargo, no todas las mediciones se pueden realizar de manera directa. El científico se encuentra con muchas mediciones indirectas que desafían a cada instante su ingenio. Por ejemplo, ¿cómo medir, con una regla corriente, el diámetro de un cabello humano? o ¿el espesor de una hoja de papel?

El método indirecto de medición se utiliza cuando no se puede medir directamente, con un instrumento, la magnitud que nos interesa conocer. Para ello nos servimos de la medición de otras cantidades que, a través de un algoritmo matemático, nos da como resultado la cantidad deseada. La mayoría de las veces, las magnitudes son calculadas por medio de una relación analítica, es decir por vía indirecta.

El nonio, pie de rey o calibre, es un instrumento de medición de longitudes que permite realizar mediciones directas más precisas que la regla. Los tres tipos fundamentales de mediciones que pueden ser obtenidas con este instrumento son:

1. Grosos pequeños.
2. Dimensiones interiores pequeñas.
3. Profundidades de cavidades.

Para operar el nonio se debe abrir el calibre, desplazando la parte móvil lo suficiente para que la pieza, cuya dimensión se desea conocer, pueda ser abarcada por éste. Una vez colocada la pieza se cierra el calibre hasta que quede suavemente presionada.

Se lee sobre la escala fija del calibre los centímetros que hay hasta el cero de la escala móvil (nonio). Se mira luego qué división del nonio coincide o se aproxima más a una división de la escala fija del calibre y el número de orden de aquella (en el nonio) son los milímetros que hay que sumar a los centímetros ya leídos para tener, con apreciación del milímetro, la dimensión buscada.

El transportador es el instrumento que se utiliza para medir el ángulo formado por la intersección de dos rectas. Para la medición se escoge arbitrariamente una de las dos rectas como base del transportador, cuyo punto central se hace coincidir con el punto de intersección, y la otra recta sirve de indicador de la escala para efectuar la lectura del ángulo. Las unidades generalmente usadas para las medidas angulares son el grado ($^{\circ}$) y el radian (rad). Un ángulo correspondiente a una vuelta completa mide 360° , o lo que es lo mismo 2π radianes.

Hay otra magnitud que siempre ha cautivado al hombre. No se le puede comparar directamente con ningún objeto material. El único hecho real del transcurrir del tiempo es el cambio que se suscita en la naturaleza. Los cambios regulares más evidentes son los ciclos del Sol y de la Luna. A través de ellos el hombre ha medido el tiempo desde hace miles de años.

Sería imposible, aún para el hombre más primitivo, no percatarse que la luz y la oscuridad se suceden una a otra en forma periódica. Esta regularidad fue la que se utilizó, desde los tiempos remotos, para definir el día solar.

El hombre se basó en otros cambios de la naturaleza para medir tiempos mayores que el día, como los meses y los años.

Existen intervalos cortos de tiempo, como por ejemplo el tiempo de revolución del aspa de un ventilador eléctrico, ¿cómo se pueden medir estos intervalos cortos de tiempo?

Uno de los instrumentos que se utiliza para medir intervalos de tiempos cortos es el estroboscopio. Consiste en un disco con ranuras igualmente espaciadas. Su centro es atravesado por un eje sobre el cual puede girar casi sin fricción. Para medir intervalos cortos de tiempo se recubre con una cinta algunas de las ranuras del disco, de tal manera que las no cubiertas queden igualmente espaciadas. Se hace girar el disco a una rapidez tal que el movimiento del cuerpo oscilante se observe aparentemente detenido. Por ejemplo, si el disco estroboscópico tiene

cuatro ranuras descubiertas, el periodo de rotación del disco cuando se observe inmóvil el cuerpo, será cuatro veces mayor que el periodo del cuerpo oscilante.

Como decíamos, desde tiempos muy remotos el hombre sintió la necesidad de cuantificar o medir el terreno comprendido entre ciertos límites; aquí surge el concepto de superficie o área.

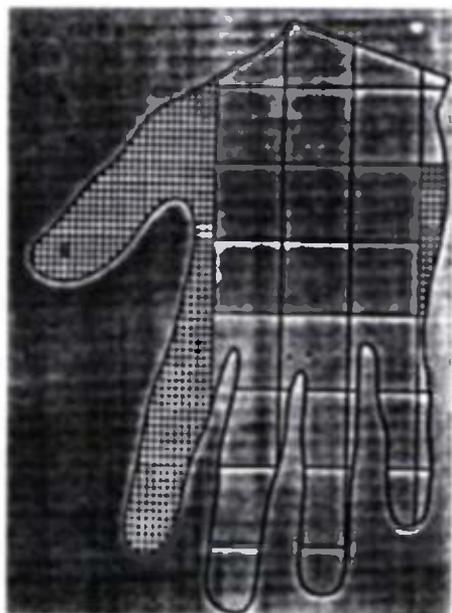
Se entiende por superficie el límite de un cuerpo que lo separa y distingue de lo que no es él. Si se trata de una figura, su límite es una línea cerrada (perímetro) y el interior es una superficie. Generalmente se asocia al término superficie, la forma o contorno que posee un objeto al proyectarse en dos dimensiones. Es decir, que una superficie puede ser triangular, cuadrada, circular, etc.

El área de una figura es la medida de su superficie. En el Sistema Internacional, la unidad de medida del área es una unidad derivada y se expresa en m^2 , o algún múltiplo o submúltiplo del metro, elevado al cuadrado.

¿Cómo medir superficies de manera directa? Tenemos que tener acceso a una superficie patrón. Una alternativa es usar cuadritos de una hoja milimetrada.

Para determinar la superficie de una mano dibujada sobre una hoja de papel cuadriculado se cuentan los cuadritos dentro del perímetro del dibujo de la mano. Si queremos mejorar el resultado de la medición debemos hacer cada vez más chicos los cuadritos. En lenguaje matemático se dice que, a medida que los cuadritos se hacen más pequeños, la suma de sus áreas tiende hacia el valor de la superficie como límite. De allí se deduce que para tener poca dispersión en los resultados y buena reproductibilidad del proceso de medición, el tamaño de los cuadritos y la forma de los contornos no deben influir en el resultado de la medición.

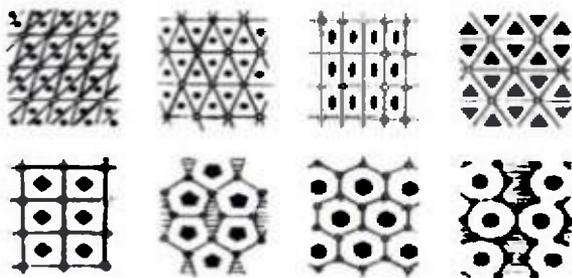
También constatamos que el procedimiento consiste en una suma y que el resultado de la suma debe existir, es decir, debe ser un número finito.



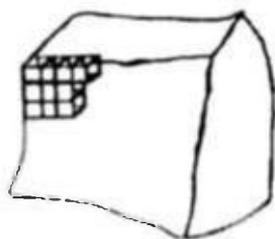
Cuando medimos volúmenes de manera directa, procedemos de la misma forma, se trabaja con volúmenes cada vez más pequeños, que llamamos elementales o infinitesimales, situados dentro de la superficie que encierra el volumen que se desea medir y los sumamos (cuando son infinitamente pequeños, en vez de decir que los sumamos, decimos que los integramos, y con eso asociamos los conceptos de integral a los de medición, los matemáticos dicen que aplican la teoría de la medida).

Cuando generalizamos los procedimientos antes descritos procedemos de la siguiente forma: llamamos a los patrones pequeños, adoquines, y hay adoquines de longitud (cuya dimensión es uno), adoquines de superficie (cuya dimensión es dos) y adoquines de volumen (cuya dimensión es tres). Estos adoquines patrones pueden tener diversas formas.

Sin embargo, según la forma tanto de los patrones como de la superficie que se desea medir, algunas veces los adoquines no permiten cubrir toda la magnitud considerada.



Si queremos cubrir una superficie que tiene forma cuadrada no podemos hacerlo con adoquines que son pentágonos o heptágonos pues no cubrirían toda la superficie por muy pequeños que éstos sean.



$d=3$

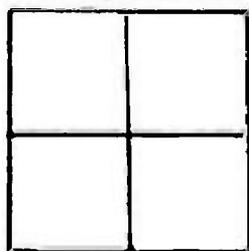
La forma de los adoquines patrones se debe adaptar a la forma general de la magnitud que se va a medir. Si el adoquín es un patrón de longitud se anotará ε_0 , si es de superficie ε_0^2 y si es de volumen ε_0^3 .

En general se anota ε_0^n . Llamaremos N a la cantidad total de adoquines necesarios para cubrir o llenar toda la magnitud que se desea medir. Si hacemos cada vez más pequeños los adoquines patrones observaremos, en general, que disminuye la dispersión en los resultados de la medición.

Por ejemplo, tenemos un adoquín en forma de cuadrado y lo partimos en cuatro pedazos iguales, es decir, cortamos en dos partes iguales cada lado del adoquín y verificamos la relación:

Adoquín inicial = 4 adoquines nuevos = $2 \times 2 \varepsilon_0^2 = (2 \times \varepsilon_0)^2$.

Adoquín inicial = 4 adoquines nuevos = $2 \times 2 \varepsilon^2 = (2 \times \varepsilon)^2$

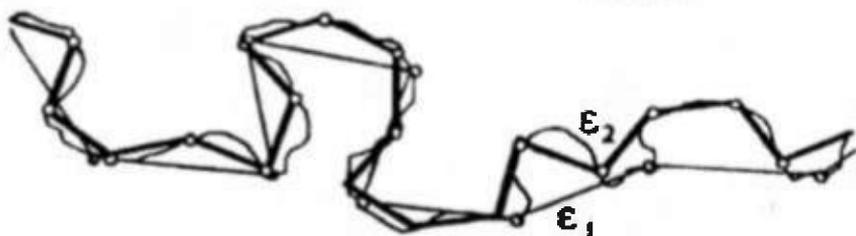


En primera instancia constatamos que la disminución del tamaño del adoquín no altera el valor de la magnitud que se desea medir, sólo mejora la precisión del resultado y, en el límite, nos dará un valor fijo (llamado valor límite).

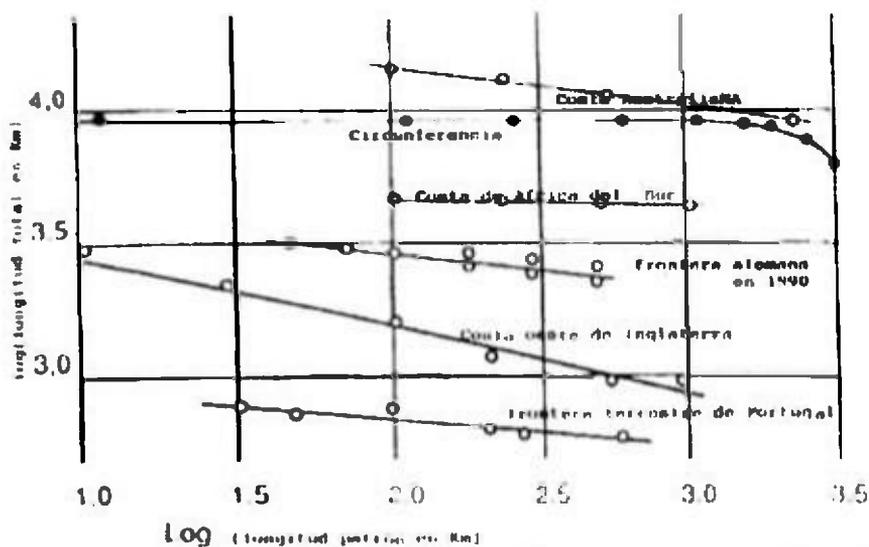
NUEVO CONCEPTO DE MEDIR

Sin embargo, para ciertas situaciones la experiencia nos revela algo asombroso. Presentamos a continuación un ejemplo de las ideas que queremos transmitirles. Al evaluar la superficie de la República de Panamá, que es un concepto geopolítico importante estamos obligados a definir de manera precisa la frontera del país. Consideremos una parte de ese contorno como la costa del Océano Pacífico. Si escogemos por unidad patrón el kilómetro, obtendremos una longitud L de la costa. Si por unidad patrón se escoge el metro, que es mil veces más pequeño que el kilómetro, no obtendremos la misma longitud L como resultado de una medición. El contorno no está bien definido.

Medición de una costa con unidades diferentes



Analicemos lo que ocurre. Podemos suponer una experiencia en la que tomamos sucesivamente diferentes patrones para medir distancias según el algoritmo siguiente: el patrón más pequeño, es la mitad del más grande, por ejemplo, una longitud mide 18 unidades de regla pequeña, mientras que la misma longitud mide 8 unidades de regla grande (ver la figura). Al hacer la transformación unas unidades a las otras (por ejemplo, a las unidades de regla grande) tenemos que, el resultado de la medición con la regla pequeña, equivale a 9 reglas grandes. A medida que disminuye el patrón el resultado de la medición crece y cuando el patrón corresponde a una longitud infinitesimal, el resultado de la medición se hace infinito o diverge, es decir, no existe la magnitud expresada como producto de la medición. En ese sentido no existe una longitud de la costa del Océano Pacífico de la República de Panamá y de ninguna costa o frontera.



Si graficamos los resultados de la medición de las costas utilizando patrones de diferentes tamaños, en papel denominado logarítmico-logarítmico (las dos escalas son logarítmicas), nos asombramos de lo que nos revela el gráfico del resultado de la medición en función del tamaño del patrón, para distintas situaciones o costas de diversos países.

Al hacer el patrón inicial (kilómetro) más pequeño (metro, centímetro, milímetro, etc.), se encuentra una regularidad en el gráfico: la constancia de la pendiente. No existe una magnitud invariable para todos los observadores (personas que son susceptibles de realizar mediciones con distintos patrones) que se llame *longitud de las fronteras o de las costas*, pero si existe una cantidad constante para cada caso que es la pendiente de la recta. Hacemos notar que para la circunferencia si existe una longitud invariable, pues la pendiente es cero y, como toda cantidad a la potencia cero es la unidad, la magnitud o longitud de la circunferencia no depende del tamaño del patrón o adoquin utilizado para realizar la medición y, por lo tanto, el resultado de la medición no diverge.

De todo lo anterior se deduce que para medir fronteras o costas de manera invariante no basta con comparar la frontera con un patrón de longitud fija; es necesario obtener la pendiente de la recta que resulta de graficar la longitud versus los distintos tamaños del patrón escogido, en papel logarítmico-logarítmico. Esto garantiza una propiedad invariante

de la costa para todo observador (persona que mide) y para todo aparato o patrón de medición, ésta es la pendiente de la recta o, dicho de otro modo, el exponente de la relación: $M = \alpha \varepsilon^{\rho}$, llamada dimensionalidad de recubrimiento del objeto, por analogía con el exponente del adoquín patrón. En la Física de transiciones de fase se denominan exponentes críticos.

LA DIMENSIÓN FRACTAL

La dimensión del objeto conduce al concepto denominado dimensión fractal (este concepto fue introducido por B. Mandelbrot y viene del latín *fractus*, forma verbal de *frangere*: ruptura). De igual manera que las fronteras o costas tienen dimensión fractal, podemos decir que la superficie del territorio nacional de cualquier país es una figura fractal y lo que debemos **medir** de ellos (medición indirecta mediante la comparación con una secuencia de patrones), es su dimensión fractal. Se nos viene a la idea que la dimensión fractal depende de la evolución de la costa o de la superficie territorial por factores geomorfológicos, geológicos o meteorológicos y algunas veces socio-históricos. Es importante recalcar que en cualquier situación no siempre se obtendrá, en papel doblemente logarítmico, un gráfico en línea recta. En los casos en que eso ocurre decimos que tenemos una función homogénea o una relación homogénea, entre la magnitud clásica (o su percepción objetivizada) y un adoquín del espacio topológico, es decir de dimensión entera, al cambiar de escala. Esas funciones son aquellas que verifican la condición $f(\lambda_0 x) = \lambda_0^n f(x)$. En lenguaje del físico se dice que al cambiar de escala, en el espacio donde está inmerso el objeto, percibimos una simetría denominada la autosimilaridad, o invariancia global de escala. El formalismo de la dimensión fractal, después de su introducción por Benoit Mandelbrot, fue tratado entre otros por J. E. Gouyet.

Estos resultados conducen a una reflexión sobre algunos supuestos que tenemos en Física. En el cuadro del formalismo lagrangiano las traslaciones temporales y espaciales generadas por los operadores de derivación con respecto al tiempo y al desplazamiento respectivamente, generan simetrías y sus consecuentes leyes de conservación, a saber la conservación de la energía y de la cantidad de movimiento. La búsqueda

de un formalismo que contemple el caso de la independencia explícita de la función lagrangiana con respecto al tiempo, lleva a definir la función de Hamilton y el principio de mínima acción asociado. El análisis de todas las transformaciones de variables que traduzcan estos objetivos generales llevan a las transformaciones canónicas. Pero estas transformaciones que dejan invariables los corchetes de Poisson son incompatibles con las simetrías por cambio de escala, con excepción del caso en que los potenciales son de la forma newtoniana con exponente dos negativo. Todos los demás casos imponen una escala fija. El caso similar es el de la Física Cuántica no relativista, en la que la relación de conmutación entre la variable espacial y la variable cantidad de movimiento es análoga a la de los corchetes de Poisson para las variables equivalentes. Esto indica una aparente contradicción entre un hecho real que nos dice que hay invariancia de escala (en el espacio y en el tiempo) y el resultado enunciado de que hay una escala fija debido a que las traslaciones espaciales y temporales imponen una relación canónica que conduce a la escala única. En relatividad especial, la simetría por cambio de escala, simultáneamente con las traslaciones espacio-temporales, impone que los fenómenos tengan masa nula, es decir, que sean fenómenos que están sobre el cono de luz. Es conocida la invariancia de las ecuaciones de Maxwell por transformaciones conformes.

CONCLUSIÓN

Esta aparente contradicción fue resuelta cuando se aceptó que existen fenómenos naturales en los que propiedades físicas importantes no son invariantes por simetría de translación o rotación, pero si lo son por cambio de escala. El concepto de derivada es concebido como un cambio de escala, pero al nivel del intervalo (de espacio o de tiempo), es decir implica una simetría de translación y de rotación (para el caso espacial); por ello se fija una escala que se traduce en las relaciones básicas entre el operador que genera la translación y los corchetes de Poisson. La invariancia de escala del tipo fractal fija un punto y realiza el cambio de escala. Esto puede presuponer que no necesariamente hay invariancia simultánea de translación o rotación. Las funciones que verifican estas simetrías son las funciones homogéneas, pues el generador infinitesimal de la simetría debe ser de la forma $x \frac{\partial}{\partial x}$ (para

una dimensión). Las funciones propias son de la forma $f(x) = Ax^n$ y los valores propios serían n , dimensión de la función. El exponente crítico es n y a la vez es la cantidad que tiene permanencia durante el proceso de la medición. Por ello, los fractales como las costas de la República de Panamá, que no tiene simetría de traslación, es decir que poseen una tortuosidad en sus propiedades por traslación (y rotación) presentan una propiedad que se conserva y es su imagen a diferentes escalas. Esta imagen se cuantifica físicamente a través del valor propio de la simetría, es decir a través del exponente crítico que es su dimensión fractal.

Como hemos visto en las líneas anteriores, el concepto de medición ha evolucionado hasta niveles muy altos de sofisticación. Los objetos fractales son una ilustración de cómo un proceso ya legendario, como la medición, no deja de necesitar actualización constante.

ABSTRACT

In a very simple approach we introduce the classical ideas of measurement. It is accepted that to measure is to compare the physical magnitude with a standard. Since the beginning of humanity it is presented like a basic task to put in order social relations, as well as its importance for the development of technology. The classical concept became complicated when the contour of an object that has to be measure is not well defined, as it is the case of the borders of a country. The analysis of the topological dimension of patterns give to Benoit Mandelbrot, by means of search of regularity (associate to symmetry), the possibility to extend the notion of dimension (in the sense of Hausdorff-Besicovitch) to a new geometrical figures named fractals. This regularity is taken as the symmetry of the system (symmetry of scale), uncoupled to the symmetries of translation and rotation. By analogies with the associated changes of scale of translations and rotations, it is proposed an infinitesimal generator of scale change symmetry (generator anchored in a point). Upon seeking the eigen-functions and eigen-values of symmetry, it is found the call homogeneous functions and the fractal dimension, respectively. It is suggested that the global symmetry, (invariante perception of the symmetry) after a scale change, is the form, like of the Republic of Panama.

REFERENCIAS

Flores, E. 1993. El sistema internacional y las medidas en Panamá. Centro de Investigaciones con Técnicas Nucleares. Universidad de Panamá. Panamá.

Fernández, B. 1994. Un pellizco en el espacio o la fuerza explicativa del lenguaje. *Revista Universidad*, IV Época, No. 51, pág. 117-124.

Fernández, B. & P. Weigandt. 1995. El proceso de medición como parte de la teoría física. I Encuentro Nacional ALICEN, 9-15. Panamá.

Pérez, O. 1995. Elaboración, aplicación y ensayos de un paquete de enseñanza experimental dirigido al desarrollo de las estructuras lógico-formales. Trabajo de Graduación. Universidad de Panamá.

Le Bellac, M. 1990. *Des phénomènes critiques aux champs de jauge*. Editions du CNRS. Paris.

Gouyet, J.F. 1992. *Physique et structures fractales*. Masson. Paris.

Recibido junio del 2001, aceptado mayo del 2002.



NUEVOS AVANCES EN EL DESARROLLO Y LA APLICACIÓN DE LOS SEMICONDUCTORES LÁSER-VCSELS.

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Eduardo A. Castro

CEQUINOR, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, C. C. 962, 1900 La Plata, Argentina.

e-mail: castro@dalton.quimica.unlp.edu.ar

RESUMEN

En este artículo de divulgación se ofrece una visión actualizada de dos nuevos aportes de la tecnología láser: el láser de cascada cuántica y los láseres emisores verticales desde superficies de cavidades. Estas dos técnicas son muy prometedoras y, además, pueden llegar a producir equipos de bajo costo. Se ofrecen los principios físicos de sus respectivos funcionamientos, también se analizan ciertas dificultades inherentes a la posibilidad de llegar a producir equipos a escala masiva.

Los semiconductores láser son usados ampliamente en diversas aplicaciones que van desde las telecomunicaciones a los reproductores de discos compactados (CD) y a la química atmosférica. Un nuevo concepto relativamente reciente en la tecnología de los semiconductores láser, el láser de cascada cuántica (QC), promete revolucionar la tecnología láser en la espectroscopía infrarroja media y lejana. Los láseres emisores verticales desde superficies de cavidades (VCSELS) también son muy prometedores porque el haz vertical que emiten permite que los arreglos de láser puedan ser empaquetados densamente en la superficie de una oblea, con lo que se logra que grandes conjuntos de láseres se puedan manufacturar a un bajo costo. Tres artículos recientes (Müller, A., M. Beck, J. Faist & M. Illegens, 1999; Krestnikov *et al.* 1999; Someya, T. *et al.* 1999) explican cómo

llegar a superar algunos de los obstáculos técnicos remanentes, para alcanzar una aplicabilidad amplia de las QC y VCSEL láser.

Los semiconductores láser tradicionales son diodos y pueden operar a temperatura ambiente o aún mayores. Ellos también son capaces de operar en forma continua, opuesta a la operación por pulsos. El poder de "bombeo" lo suministra una corriente eléctrica inyectada en la región de juntura del diodo. Pero los QC y VCSEL láser han estado restringidos a condiciones de operación a bajas temperaturas hasta hace muy poco. Los tres trabajos citados previamente describen a QC y VCSEL láser que operan a temperatura ambiente, aunque ninguno de ellos haya demostrado ser capaz de trabajar en forma continua y sólo uno (Müller, A., M. Beck, J. Faist, U. Oesterle & M. Illegens, 1999) describe los dispositivos de bombeo por inyección de corriente eléctrica.

Las demostraciones iniciales de un nuevo tipo de semiconductor láser típicamente implica un bombeo óptico en vez de eléctrico. El bombeo óptico por pulsos cortos de excitación evita un calentamiento marcado y los desafíos ingenieriles inherentes a la aplicación de corrientes eléctricas de densidad elevada en la región activa. Tal dispositivo ingenieril es un asunto mayor en los VCSELS, en láseres azules basados en nitruros y en QC láser donde la caída de potencial a lo largo del dispositivo implica la generación de mucho calor. Krestnikov y col. (Krestnikov, I. L. *et al.*, 1999) y Someya y col. (Someya *et al.*, 1999) usaron una geometría para el dispositivo del tipo cavidad vertical para sus láseres azules de base nitruro, combinando así dos formas de dificultades de la ingeniería de los dispositivos cuando se realizan los intentos para extenderlos al bombeo eléctrico. La mayor parte de los nuevos semiconductores láser no comienzan como dispositivos que operan a temperatura ambiente, que es su régimen obvio de operación. La aproximación estándar ha sido comenzar con el bombeo óptico a temperaturas criogénicas y con un bajo rendimiento del ciclo de excitación por pulsos cortos. El enfriamiento criogénico también ha sido usado con láseres bombeados eléctricamente, porque la corriente umbral para la operación del láser aumenta exponencialmente con la temperatura. El bombeo óptico generalmente es mucho menos eficiente que el bombeo eléctrico, pero ello no es necesariamente un problema, porque los pulsos instantáneos intensos de poder se obtienen rápidamente, por ejemplo, a partir de

láseres de titanio-zafiro de modo cerrado o, a longitudes de onda más cortas, a partir de láseres del gas nitrógeno. En los trabajos de Krestnikov y col. y Someya y col. (Krestnikov, I. L. *et al.*, 1999; Someya *et al.*, 1999), el nivel de bombeo instantáneo es alrededor de 1 MW/cm², y en contraposición a esto los mejores semiconductores láser poseen densidades umbrales de poder bien por debajo de los 100 W/cm².

La mayoría de los semiconductores láser están basados en compuestos con separación de banda III-V. Las estructuras activas se desarrollan epitaxialmente sobre los sustratos de monocristales de arseniuro de galio (GaAs) o fosfuro de indio (InP). Una excepción notable la constituye el semiconductor láser azul (Nakamura, S. & S. Fasol, 1997; Gil, B., 1998), que usualmente se desarrolla en sustratos aislantes de monocristales de zafiro. Los QC láseres (Faist, J. *et al.*, 1994) retienen el uso de sustratos de GaAs o InP, pero implican el crecimiento de estructuras epitaxiales marcadamente complejas y precisas. Los QC láser son inusuales en su uso de un solo tipo de transportadores de corriente (electrones), en vez del diodo p-n tradicional, en el cual la luz es generada a través de la recombinación electrón-agujero. La tecnología láser tradicional no permite fácilmente la emisión láser coherente en el infrarrojo, pero con el advenimiento de la QC láser es posible que llegue a cambiar esta situación de una manera radical.

El trabajo de Müller y col. sobre QC láser (Müller, A., M. Beck, J. Faist, U. Oesterle & M. Illegens, 1999) describe la operación a, o por debajo de, la temperatura ambiente (300 K) y su estructura epitaxial fue diseñada para lograr una buena performance a temperatura ambiente. Pero los resultados fueron obtenidos con operación por pulsos a un bajo ciclaje operativo, ya que la corriente total instantánea y el poder inyectado en el láser son típicamente de 2A y 16W, respectivamente. Aunque estos valores pueden parecer no muy grandes, la densidad de potencia, con un área activa de alrededor de 0,04 mm², es casi la mitad de un gigawatt por metro cuadrado.

El nivel de densidad de potencia eléctrica referido en la publicación de Müller y col. (Müller, A., M. Beck, J. Faist, U. Oesterle & M. Illegens, 1999) es mucho menor que los niveles de bombeo óptico involucrados en los trabajos de Krestnikov y col. y T. Someya y col. (Krestnikov, I. L.

et al., 1999; Someya T. *et al.*, 1999). La provisión de un esquema adecuado de administración térmica, aun para 16W, no es un asunto trivial y no se puede justificar fácilmente en los aspectos de costo, peso y complejidad. De manera que es bastante plausible que los QC láseres prácticos usaran un ciclo de operación de bajo rendimiento a un nivel promedio de poder impulsor de unos pocos miliwatts, elevándose a 0,6W en el ciclo de rendimiento máximo del 4%, u operarán en forma continua en estructuras más compactas de los dispositivos con la misma densidad de corriente umbral. Müller y col., estaban concentrados en la obtención de la sintonización (ajuste) eléctrico, y por ello emplearon una combinación de tres pozos cuánticos que genera un substancial efecto cuántico Stark confinado (Müller, A., M. Beck, J. Faist, U. Oesterle & M. Illegens, 1999). Mediante el uso de una configuración de dos contactos, ellos pudieron controlar la longitud de onda emisiva y el nivel del poder de salida del láser de forma independiente, a la vez que evitaron los cambios de temperatura causados por la operación continuada.

Las cuestiones ingenieriles del diseño, la construcción y la operación de los nuevos semiconductores láser discutidos hasta aquí no son el centro mismo de la revolución apuntada, pero es posible que los dispositivos descritos sean importantes para una gran variedad de aplicaciones. Ambos tipos de láseres permiten desarrollar una alta densidad de potencia. Así, por ejemplo, las QC permitirán una espectrometría de masas de alta resolución, superior a la de la espectroscopia IR, y el VCSELS azul se aplicará en el almacenamiento óptica de alta densidad. Un trabajo reciente referido a puntos cuánticos emisores embebidos en cavidades altamente resonantes (Ell, C. *et al.*, 1999) ofrece resultados que pueden conducir a combinaciones aún más sofisticadas de la generación de luz y de estructuras cavitales. Este dispositivo, en el cual una nanocavidad selectivamente oxidada contiene un punto cuántico, puede permitir que los eventos de emisión fotónica se puedan controlar a nivel individual, aún en regímenes útiles de alta potencia. Tal control no sólo es de interés físico, sino que tiene la capacidad potencial de transformar radicalmente la naturaleza de las comunicaciones por fibra óptica.

REFERENCIAS

Ell, C. *et al.*, *IEEE-LEOS Newsl.* 13, August 1999, 8. Faist, J. *et al.*, *Science* 264 (1994) 553.

Gil, B., "Group III Nitride Semiconductor Compounds", Clarendon, Oxford, 1998.

Krestnikov, I. L. *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* 75 (1999) 1192.

Müller, A., M. Beck, J. Faist, U. Oesterle & M. Illegens. *Appl. Phys. Lett.* 75 (1999) 1509.

Nakamura, S. & G. Fassoil, "The Blue Laser Diode", Springer-Verlag, Berlin, 1997.

Someya, T. *et al.*, *Science* 285 (1999) 1905.

Recibido abril del 2002, aceptado mayo del 2002.



LOS MURCIÉLAGOS DEL SENDERO PANAMÁ, PARQUE NACIONAL ALTOS DE CAMPANA, PANAMÁ

Jacobo Araúz G.

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología
Departamento de Zoología, Escuela de Biología.
email: jarauzg@hotmail.com

RESUMEN

Entre abril y septiembre de 1997 se hicieron capturas de murciélagos en el Sendero Panamá, en el Parque Nacional Altos de Campana. El objetivo principal de este trabajo fue caracterizar la composición de especies en esa localidad ubicada a 850 m de altura, ya que se carecía de ese tipo de información para esa área protegida. Luego de 15 noches de muestreo, se obtuvieron registros de 22 especies de murciélagos pertenecientes a las familias Mormoopidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae. Las especies más comunes fueron *Artibeus jamaicensis* (34 % de las capturas), *Carollia perspicillata* (22 % de las capturas), *Artibeus lituratus* (18 % de las capturas), *Artibeus watsoni* (9 % de las capturas) y *Artibeus phaeous* (3 % de las capturas), que en conjunto representaron el 86 % de todos los murciélagos atrapados. En tanto, especies como *Phyllostomus hastatus*, *Glossophaga soricina*, *Platyrrhinus helleri*, *Desmodus rotundus* y *Myotis riparius* fueron las especies menos abundantes, cuyas capturas sólo representaron el 1% de los murciélagos atrapados.

PALABRAS CLAVES

Murciélagos, Phyllostomidae, Mormoopidae, Vespertilionidae, Parque Nacional Altos de Campana, Panamá.

INTRODUCCIÓN

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Panamá incluye unos 43 sitios bajo diferentes categorías de manejo, áreas que en conjunto abarcan aproximadamente 1 905 099 ha, cifra que representa cerca del 26 % del territorio nacional (McCarthy & Dimas 1998). Las áreas

protegidas tienen entre sus objetivos principales la conservación, protección y manejo de los recursos naturales, entre los cuales está el mantenimiento de la diversidad biológica. Sin embargo, aun cuando la fauna y la flora de ciertos parques y reservas son ampliamente conocidas (e.g. Isla Barro Colorado, Parque Nacional Soberanía), otras áreas protegidas carecen de la información básica sobre sus aspectos biológicos. Un mejor conocimiento de estos aspectos puede contribuir en la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de las zonas protegidas del país.

La falta de información sobre la fauna de algunas áreas protegidas es más evidente cuando se trata de grupos de animales de hábitos nocturnos y crípticos, como es el caso de murciélagos y roedores pequeños. Dentro de los parques nacionales panameños, el Parque Nacional Altos de Campana (PNAC) es un ejemplo de esta situación, donde la mayoría de los estudios realizados han abarcado principalmente temas sobre la flora (Pérez 1992; Galdames 1994; Salazar *et al.* 1994; Gough 1997). En lo que respecta a la fauna del PNAC sobresalen un estudio ornitológico (Eisenmann & Loftin 1967) y uno herpetológico (Ibáñez *et al.* 1996). Sobre los mamíferos de este parque es poco lo que se conoce, con la excepción de las observaciones generales sobre las especies más conspicuas, pero no se conocen referencias sobre estudios a cerca de alguna especie o grupo de mamíferos en particular.

Con el fin de llenar parte de este vacío, en este trabajo se presenta la información sobre las especies de murciélagos registrados en el Sendero Panamá del PNAC, lo que también contribuye al conocimiento sobre los murciélagos de Panamá en general. El trabajo se realizó desde el mes de abril hasta septiembre de 1997 y abarcó como tópicos centrales, la riqueza de especies y la abundancia de las mismas.

ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Altos de Campana está localizado en el distrito de Capira (8° 39'44" N y 79° 49' 57" W), provincia de Panamá y posee una extensión de 4,816 ha. Esta zona está protegida legalmente desde 1966 cuando fue designada como Reserva Biológica Altos de Campana y posteriormente reconocida como Parque Nacional en 1977, según el decreto de Ley # 35 (Fig. 1).

El PNAC comprende áreas de la división continental, con ríos y quebradas que drenan tanto para la vertiente del Pacífico, como para el mar Caribe. Entre las principales corrientes que vierten sus aguas hacia el Océano Pacífico están los ríos Sajalices, Capira y Camarón. Por otra parte, los ríos Trinidad y Cacao drenan hacia el Caribe, pero en la actualidad sus aguas tienen como destino final el lago Gatún, por lo que forman parte de la Cuenca del Canal de Panamá.

De acuerdo con el sistema de Holdrige, el Parque Nacional Altos de Campana comprende parte de las zonas de vida del Bosque Húmedo Tropical, Bosque muy Húmedo Tropical y Bosque muy Húmedo Premontano (Tosi 1971). La estación lluviosa en el PNAC tiene una duración promedio de nueve meses, mientras que la estación seca se prolonga por tres meses. La precipitación anual promedio es de 2 700 mm, mientras que la temperatura promedio oscila entre los 21 y 22° C (IGNTG 1988).

El PNAC se caracteriza por terrenos con pendientes escarpadas que van desde el 46 al 75 %, con suelos bien drenados y profundos, derivados de residuos volcánicos de carácter intrusivo (IGNTG 1988). El Sendero Interpretativo Panamá está ubicado a unos 850 metros sobre el nivel del mar (msnm) y está rodeado en su mayor parte por vegetación de tipo secundario (Pérez 1992). Dentro de sus límites están instaladas unas 314 familias, distribuidas en tres comunidades que desarrollan diversos tipos de actividades en esta zona protegida (McCarthy & Dimas 1998). Entre las principales actividades que se realizan los moradores fuera de los linderos del parque están la agricultura y la ganadería. Actualmente la cobertura vegetal está constituida por bosques de diferentes edades, áreas perturbadas y zonas extensas donde sólo hay pastos.

METODOLOGÍA

Se hicieron capturas de murciélagos cada 15 días durante dos noches consecutivas. Los murciélagos fueron atrapados con la ayuda de tres redes de niebla de 12,0 m de largo por 2,5 m de alto y colocadas a 0,5 m sobre el suelo, según lo proponen Kunz, Kurta (1988) & Jones et al. (1996). Las redes se colocaron a una distancia de 25 m entre una y otra, y se mantuvieron abiertas desde las 18:00 hasta las 22:00, periodo que según Brown (1968) es el de mayor actividad de los murciélagos. Se revisaron las redes cada 35 o 45 minutos de acuerdo a la actividad

de los murciélagos en cada noche de trabajo. Durante la duración del trabajo, se ubicaron las redes en los mismos sitios en cada visita.

A cada ejemplar capturado se le anotó su información en una hoja de campo que incluyó la fecha de captura, nombre de la especie, peso (gr), largo del antebrazo (mm), sexo y estimación de edad. Se identificaron a los murciélagos con la clave para quirópteros de Panamá (Handley, 1981) y se actualizaron los nombres científicos según el arreglo de Koopman (1993). Se estimó la edad con base al grado de osificación de las epífisis de las falanges alares (Silva-Taboada 1979; Anthony 1988). Una vez tomada la información señalada, se liberó a los murciélagos en el sitio de captura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se laboró 15 noches, y en cada una de ellas por un periodo aproximado de cuatro horas, lo que equivale a un esfuerzo total de muestreo de unas 180 horas/red. Producto de ello, se obtuvo registros de 486 murciélagos pertenecientes a 22 especies, 12 géneros y tres familias (Cuadro 1). De esos murciélagos, 322 fueron machos y 164 hembras. La mayoría de las especies (15) se detectaron durante las 10 primeras noches de muestreo, mientras que el resto se registraron en los últimos cinco días de trabajo (Fig. 2).

En lo que respecta a las familias, Phyllostomidae estuvo representada por un mayor número de especies (19), la cual también incluyó la mayor cantidad de individuos capturados con 467, cifra que representó el 96% de los murciélagos atrapados. Dentro de esta familia, 12 especies son frugívoras, cuatro nectarívoras, dos insectívoras y una hematófaga. Respecto al número de individuos por categoría trófica en esta familia, los frugívoros representaron el 96,4 % (450 individuos), los nectarívoros incluyeron el 2,6 % (12 individuos), los insectívoros el 0,8 % (cuatro individuos) y los hematófagos el 0,2 % (un individuo).

De la familia Mormoopidae se registraron dos especies con 18 individuos capturados, mientras que la familia Vespertilionidae sólo estuvo representada por una especie y un individuo. En conjunto, los ejemplares de Mormoopidae y Vespertilionidae incluyeron únicamente

el 4 % de las capturas y corresponden a la categoría trófica de los insectívoros.

Las especies más abundantes durante los seis meses del estudio fueron *Artibeus jamaicensis*, *Carollia perspicillata*, *Artibeus lituratus*, *A. watsoni* y *A. phaeotis* (Cuadro 2). De estas especies se capturaron 423 individuos, lo que en total comprende el 87 % de las capturas logradas durante este trabajo. De acuerdo a Reid (1997), en América Central estas especies son comunes y abundantes, y ocupan ámbitos altitudinales que van desde las tierras bajas hasta territorios ubicados a más de 1000 m de altura. A ese respecto, Handley (1966) indicó que en Panamá estos murciélagos son comunes a bajas elevaciones, aun cuando también se pueden encontrar en zonas superiores a los 900 m de altura.

Las especies capturadas durante los seis meses del estudio fueron *Carollia perspicillata*, *Artibeus jamaicensis*, *A. lituratus* y *A. watsoni*. Los meses con el mayor número de capturas fueron mayo, junio, agosto y septiembre, con capturas que superaron los 80 individuos. Los meses de abril y julio tuvieron menos de 45 capturas por visita (Cuadro 2).

De las 22 especies observadas, 16 estuvieron representadas por menos de 10 individuos, por lo que la comunidad de murciélagos del Sendero Panamá consiste de cuatro especies comunes (*A. jamaicensis*, *C. perspicillata*, *A. lituratus* y *A. watsoni*) y especies aparentemente poco comunes. Este patrón parece ser una regla general dentro de las comunidades de murciélagos Neotropicales (Fleming *et al.* 1972; Fleming 1986; Araúz & Rincón 1998; Medellín *et al.* 2000).

Entre las especies menos comunes estuvo *Carollia breviceauda*, un murciélago que predomina a medianas y grandes elevaciones en Mesoamérica, y esta especie es menos común a elevaciones bajas: donde predominan *C. perspicillata* y *C. castanea* (Reid, 1997). El Sendero Panamá está ubicado a 850 m sobre el nivel del mar, lo que puede explicar la presencia de esta especie. De acuerdo a Handley (1966), *C. breviceauda* (como *C. subrufa*), en Panamá es localmente común y propio de tierras altas, sin embargo, también ha sido registrado en tierras bajas, especialmente en la vertiente del Atlántico. El hecho de que *C. breviceauda* tiene poblaciones locales en Panamá

puede explicar la rareza de esta especie en el área de estudio donde predominó *C. perspicillata*.

Entre las especies poco comunes estuvo *Artibeus hartii*, que en Panamá había sido registrado previamente en Cerro Tacarcuna, Darién (595 m), las laderas del Cerro Ancón, Cerro Hoya en la Península de Azuero (792 m) e Isla Barro Colorado (Handley 1966). También obtuvimos un registro de *Lichonycteris obscura*, un Glossophaginae calificado como raro en toda su distribución (Reid 1997). Otras localidades en Panamá donde ha sido registrado *L. obscura* fue Tacarcuna (595 m), Armila en Kuna Yala y en Bocas del Toro, en Changena (730 m) y Almirante (Handley 1966).

La especie *Myotis riparius* es un murciélago que en Panamá ha sido observado principalmente en localidades al Este de Panamá, específicamente en Tacarcuna, Armila y Cerro Azul (Handley 1966), lo mismo que en la Loma del Semáforo (Área del Canal) y ahora en el Sendero Panamá. El registro en el Sendero Panamá es el más occidental para esta especie de Vespertilionidae.

Sin duda alguna, la comunidad de murciélagos del Sendero Panamá debe abarcar un número mayor de especies debido a que durante este trabajo, la captura de los mismos estuvo circunscrita a las especies que se movilizaron a poca altura (< 3 m), por lo que quedan excluidas de este análisis aquellas especies que se desplazan a mayor altitud. Por otro lado, los murciélagos insectívoros (e.g. familias Emballonuridae, Natalidae, Furipteridae, Thyropteridae, Vespertilionidae y Molossidae) son difíciles de capturar, ya que por lo general se desplazan a alturas mayores y poseen un sistema de ecolocalización más sensible que puede detectar la presencia de las redes.

En términos generales, en lo que respecta a cantidad de especies e individuos, los murciélagos del Sendero Panamá están representados por especies propias de áreas perturbadas o en recuperación. Eso lo refleja la abundancia de especies e individuos frugívoros, especialmente de la subfamilia Stenodermatinae. En cuanto al tipo de hábitat, estas especies son comunes en áreas con diferentes grados de perturbación (Wilson et al. 1996).

CONCLUSIONES

De este trabajo se concluye que de las 22 especies registradas en el Sendero Panamá, cinco fueron comunes (*Artibeus jamaicensis*, *Carollia perspicillata*, *Artibeus lituratus*, *Artibeus watsoni* y *Artibeus phaeotis*), mientras que el resto se pueden catalogar de menos comunes y raras. Se sugiere trabajar en otras áreas del Parque Nacional Altos de Campana para tener una mejor representación de la fauna de murciélagos de esa área protegida.

La mayor parte de las especies observadas corresponden a aquellas que son más comunes y numerosas en áreas perturbadas, lo que refleja en cierta forma la condición de la vegetación que rodea al Sendero Panamá, pero no es un reflejo de la totalidad del PNAC. Las especies propias de bosques estuvieron poco representadas en el número de especies y en la cantidad de individuos registrados.

ABSTRACT

I made bats captures in the Sendero Panamá, from april to september 1997. The main objective of this study was to characterize species composition in this protected area located at 850 m.a.s.l. where there is not data available. After 15 sampling nights, I recorded 22 bat species included in the families Mormoopidae, Phyllostomidae, and Vespertilionidae. The most common species were *Artibeus jamaicensis*, *Carollia perspicillata*, *Artibeus lituratus*, *Artibeus watsoni* and *Artibeus phaeotis*, representing 87 % of all bats captured. Instead, *Phyllostomus hastatus*, *Glossophaga soricina*, *Platyrrhinus helleri*, *Desmodus rotundus*, and *Myotis riparius* were the less abundant species, representing 1 % of the captures.

KEY WORDS

Bats, Phyllostomidae, Mormoopidae, Vespertilionidae Campana National Park, Panama.

REFERENCIAS

- Anthony, E.L.P. 1988. Age determination in bats. Pp. 47-58. En: Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats. T.H. Kunz (ed.). Smith. Inst. Press, Washington D.C., USA. 533 p.
- Araúz G., J. & J. Rincón J. 1998. Anotaciones sobre la distribución y ecología para algunos murciélagos en la Provincia de Bocas del Toro, Panamá. *Scientia (Panamá)* 13(2):31-43.

- Brown, J.H. 1968. Activity Patterns of some Neotropical bats. *J. Mamm.*, 49(4):754-757.
- Eisenmann, E. & H. Loftin. 1967. A list of birds known from the Cerro Campana Area, Panama. Florida State University, Center of Tropical Studies. Special Report No. 3:1.7.
- Fleming, T.H. 1986. The structure of Neotropical bat communities: a preliminary analysis. *Revista Chilena de Historia Natural* 59:135-150.
- Fleming, T.H., E.T. Hooper & D.E. Wilson. 1972. Three Central American Bat Communities: structure, reproductive cycles, and movement patterns. *Ecology* 53(4):555-569.
- Galdames, C. 1994. Estudio de las plantas herbáceas terrestres y hemiepífitas en el sendero de interpretación del Parque Nacional Altos de Campana. Trabajo de graduación, Universidad de Panamá.
- Gough, A.F. 1997. Estado Florístico de Árboles y Arbustos en una Sección del Parque Nacional Altos de Campana. Trabajo de graduación, Universidad de Panamá. 134 p.
- Handley, C.O. 1966. Checklist of the mammals of Panama. pp. 753-793. En: *Ectoparasites of Panama*. R.L. Wenzel & V.J. Tipton (eds.). Field Mus. Nat. Hist. Chicago. 861 p.
- Handley, C.O. 1981. Key to the bats of the lowlands of Panama. U.S. Natl. Mus. Washington, D.C. 17 p.
- Ibañez, R., C.A. Jaramillo, F.A. Solís & F.E. Jaramillo. 1996. Inventario de anfibios y reptiles: fase inicial para la conservación de éstas especies en el Parque Nacional Altos de Campana. Círculo Herpetológico de Panamá, Fundación Natura. 22 pp. + apéndice.
- IGNTG (Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia). 1988. Atlas Nacional de la República de Panamá. Tercera edición. 222 p.
- Jones, C., W.J. McShea, M.J. Conroy & T.H. Kunz. 1996. Capturing mammals. Pp. 115-155. En: *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard methods for mammals*. D.E. Wilson, F.R. Cole,

J.D. Nichols, R. Rudran & M.S. Foster. (eds.). *Smiths. Instit. Press.* Washington D.C., USA.

Koopman, K.F. 1993. Orden Chiroptera. Pp. 137-242. En D.E Wilson y D.M. Reeder (eds.). *Mammals Species of the World: a taxonomic and geographic reference.* Second edition. Smithsonian Institution Press. Washington, USA. 1206 p.

Kunz, T.H. & A. Kurta. 1988. Capture methods and holding devices. Pp. 1-29, En: *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats.* T.H. Kunz (ed.). Smith. Instit. Press, Washington D.C., USA. 533 p.

McCarthy, R. & M. Dimas. 1998. Sinopsis del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Panamá. Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN). Panamá. 27 p.

Medellín, R.A., M. Equihua & M. A. Amin. 2000. Bat diversity and abundance as indicator of disturbance in Neotropical rainforest. *Conservation Biology* 14(6):1666-1675.

Pérez, R.A. 1992. Estudio Florístico Preliminar de algunos arboles y otras plantas en el Sendero de Interpretación del Parque Nacional Altos de Campana. Trabajo de graduación, Universidad de Panamá. 154 p.

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

Salazar, N., M.D. Correa & C.G. De Peralta. 1994. Guía Florística del Sendero de Interpretación Panamá, Parque Nacional Altos de Campana. Smithsonian Institution, Smithsonian Tropical Research Institute, Universidad de Panamá e INRENARE.

Silva-Taboada, G. 1979. *Los Murciélagos de Cuba.* Editorial Academia. La Habana, Cuba. 433 p.

Tosi, J. 1971. Zonas de vida: Una base ecológica para las investigaciones silvícolas e inventariación forestal en la República de Panamá. PNUD-FAO. Informe Técnico. 89 p.

Wilson, D.E., C.F. Ascorra & E. Solari. 1996. Bats as indicators of habitat disturbance. P.p. 613-624. En: D.E. Wilson & A. Sandoval (eds.) *Manu: The Biodiversity of Southeastern Perú*. Smith. Instit. Nat. Hist. Nat. Mus. & Editorial Horizonte, Lima Perú. 679 p.

AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), especialmente a los que laboran en la sede del Parque Nacional Altos de Campana, que en todo momento cooperaron para que este trabajo llegara a su fin de una manera satisfactoria. A Orlando Díaz, Erasmo Rodríguez y Katya Gorrichátegui, por su gran apoyo en las labores de campo. Mis reconocimientos a la Dra. Wibke Thies por sus comentarios y sugerencias a los primeros borradores de este escrito. A tres revisores anónimos, cuyas sugerencias y comentarios contribuyeron a una mejor presentación de este trabajo.

Recibido mayo del 2002, aceptado junio del 2002.

Cuadro 1.

Taxonomía de las especies registradas en el Sendero Panamá

FAMILIAS	SUBFAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES	
Mormoopidae		<i>Pteronotus</i>	<i>Pteronotus parnellii</i> <i>Pteronotus gymnotus</i>	
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Micronycteris</i>	<i>Micronycteris microtis</i> <i>Micronycteris brachyotis</i>	
		<i>Phyllostomus</i>	<i>Phyllostomus hastatus</i> <i>Phyllostomus discolor</i>	
	Glossophaginae	<i>Glossophaga</i>	<i>Glossophaga soricina</i> <i>Glossophaga commissarisi</i>	
		<i>Lichonycteris</i>	<i>Lichonycteris obscura</i>	
	Carollinae	<i>Carollia</i>	<i>Carollia castanea</i> <i>Carollia brevicauda</i> <i>Carollia perspicillata</i>	
		Stenodermatinae	<i>Sturnira</i>	<i>Sturnira lilium</i>
			<i>Artibeus</i>	<i>Artibeus lituratus</i> <i>Artibeus jamaicensis</i> <i>Artibeus phaeotis</i> <i>Artibeus watsoni</i> <i>Artibeus hartii</i>
	<i>Plathyrrhinus</i>			<i>Plathyrrhinus helleri</i>
	<i>Vampyressa</i>			<i>Vampyressa pusilla</i>
	Desmodontinae	<i>Desmodus</i>	<i>Desmodus rotundus</i>	
Vespertilionidae		<i>Myotis</i>	<i>Myotis riparius</i>	

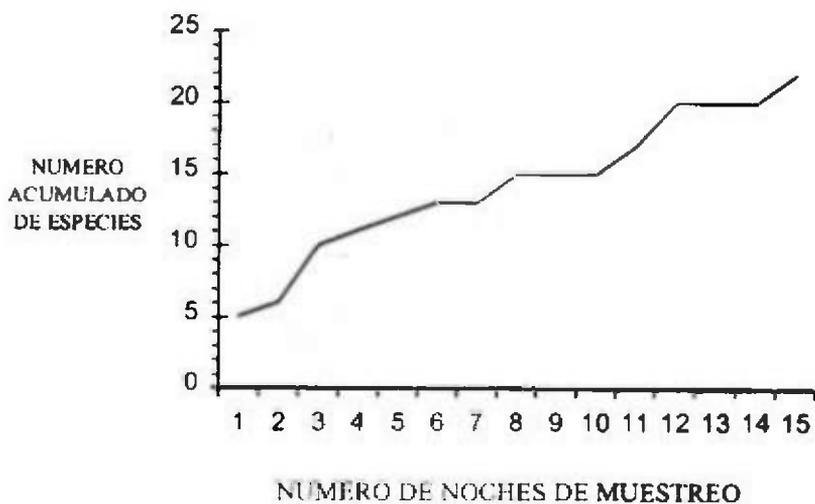


Fig. 2. Número acumulativo de especies capturadas

Cuadro 2.

Especies y cantidad de murciélagos capturados por mes en el Sendero Panamá

ESPECIES	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO.	SEPT.	TOTAL
<i>Pteronotus parnellii</i>	5	1	3		4		13
<i>Pteronotus</i>	1	2	1			1	5
<i>Miconycteris</i>			2				2
<i>Miconycteris</i>			2				2
<i>Phyllostomus</i>				1			1
<i>Phyllostomus</i>	1				2	2	5
<i>Glossophaga</i>						1	1
<i>Glossophaga</i>					1	2	3
<i>Lichonycteris</i>	3						3
<i>Carollia castanea</i>			1		2	2	5
<i>Carollia brevicauda</i>					4	1	5
<i>Carollia</i>	9	17	39	6	18	19	108
<i>Sturnira lilium</i>					4		4
<i>Artibeus lituratus</i>	5	15	34	4	14	15	87
<i>Artibeus</i>	9	51	50	5	20	32	167
<i>Artibeus phaeotis</i>		3	5	2	1	5	16
<i>Artibeus waikanae</i>	7	6	16	6	5	5	45
<i>Artibeus harti</i>				1	3		4
<i>Platyrrhinus helleri</i>	1						1
<i>Vampyressa pusilla</i>	3				2	2	7
<i>Desmodus rotundus</i>						1	1
<i>Myotis riparius</i>	1						1
TOTAL	45	95	153	25	80	88	486



EVALUACIÓN DEL EXTRACTO BOTÁNICO DEL TALLO DE *Lonchocarpus pentaphyllus* (Poiret) COMO REPELENTE PARA EL CONTROL DE *Lutzomyia* spp. (Diptera: Psychodidae) EN EL PARQUE NACIONAL ALTOS DE CAMPANA

Percis A. Garcés

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.
Departamento de Zoología.
e-mail: perchysg@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Parque Nacional Altos de Campana con la finalidad de evaluar el extracto botánico de la planta *Lonchocarpus pentaphyllus* (Poiret) como repelente de *Lutzomyia* spp. Con este propósito se construyeron nueve sistemas con formas de casa, con tubos de "pvc", los cuales fueron colocados en un área boscosa de dicho Parque. Del extracto etanólico se prepararon diferentes concentraciones, que iban de 2.14 ppm, 6.42 ppm y 10.7 ppm. Cada concentración contaba con su respectiva replica y con un control que consistió de alcohol etílico al 95 %. En total se registraron 751 ejemplares en los sistemas, los cuales aparecen incluidos en 11 especies de *Lutzomyia*. Las especies más frecuentemente atrapadas en los sistemas fueron: *Lu. ylephiletor* (Fairchild & Hertig, 1952) (623), *Lu. sanguinaria* (Fairchild & Hertig, 1957) (30), *Lu. triramula* (Fairchild & Hertig, 1952) (26) y *Lu. panamensis* (Shanno, 1926) (17). De las tres concentraciones evaluadas, la que presentó la menor presencia de *Lutzomyia* en el interior de los sistemas fue la mayor, 10.7 ppm con 58 ejemplares, seguida de la intermedia 6.42, con 121 ejemplares y, por último, de la más baja 2.14 ppm con 138 ejemplares; mientras que los tres controles juntos presentaron 434 ejemplares. El análisis estadístico no registró ninguna diferencia significativa entre los tratamientos. El análisis entre los tratamientos y sus respectivos controles evidenció diferencia significativa sólo para la concentración de 2.14 ppm (Prueba Mann-Whitney; $F= 1.17831$; $U=.313406$).

PALABRAS CLAVES

Leishmaniasis, *Lutzomyia*, *Lonchocarpus pentaphyllus*, especies, chitras, concentraciones y repelente.

INTRODUCCIÓN

La leishmaniasis es la enfermedad que ocupa el sexto lugar entre las enfermedades transmitidas por vectores a nivel mundial, por lo que se estima que anualmente el número de casos sobrepasa los 400,000 (Marinkelle, 1980), aunque, es muy probable que esta cifra sea mucho más grande de lo que en verdad se registra.

En nuestro país, la leishmaniasis es una de las enfermedades con mayor incidencia en las áreas rurales. En la actualidad, su incidencia se está convirtiendo en un serio problema de salud pública, debido al incremento progresivo que se ha registrado en el número de casos en los últimos 10 años, con cifras que sobrepasan los 1000 casos anuales (Boletín Epidemiológico, 1997).

Por todo lo anterior se hace necesario poner en marcha un programa o módulos para el control de los vectores de esta enfermedad en el área rural y así lograr proteger a las comunidades de escasos recursos que están siendo las más afectadas. La alternativa que exploramos es la utilización de plantas con propiedades bioactivas, que contribuyan a disminuir a estos vectores en el ambiente domiciliario, que es donde se afecta el mayor número de niños y niñas en nuestro país. En ciertas plantas son frecuentes los metabolitos secundarios con funciones defensivas contra insectos, como los alcaloides, aminoácidos no proteicos, esteroides, fenoles, flavonoides, glucosidos, quinonas, taninos y terpenoides (Harborne, 1977; Panda & Khush, 1995).

En nuestro estudio empleamos el género *Lonchocarpus*, el cual pertenece a la familia Leguminosae (Fabaceae), la que se caracteriza por poseer una sustancia conocida como rotenona, que se localiza principalmente en sus raíces (Schery, 1956; Bernal & Correa, 1992). En algunas regiones tropicales la misma ha sido empleada en la etnobotánica y por su capacidad de producir sustancias ictiotóxicas (García, 1974; Moretti & Grenand, 1982; Neuwinger, 1996).

Actualmente, son pocas las investigaciones realizadas en nuestro medio con plantas para el control de insectos y específicamente con el género *Lonchocarpus*. No obstante, los pocos resultados que se han obtenidos con la especie *Lonchocarpus pentaphyllus*, parecen evidenciar algún efecto como repelente, particularmente, sobre las *Lutzomyia* spp, (Lewis & Quintero, 1997; por lo que es probable que

dicho efecto se deba a la presencia de los rotenoides: Milletona, Deguelina, Teprosina y Milletosina extraídos de sus raíces (Gutiérrez, 1998). En este sentido, esta investigación tiene, dentro de sus objetivos, evaluar el extracto crudo del tallo de *Lonchocarpus pentaphyllus*, como repelente para el control de los vectores de leishmaniasis a concentraciones de 2.14, 6.42 y 10.7 ppm.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Nacional Altos de Campana se encuentra localizado en el corregimiento de Campana, Distrito de Capira, Provincia de Panamá, a 60 Km de la ciudad capital, entre las coordenadas 8° 30' 44" N y 79° 49' 57" O. El mismo posee una extensión de 4 816 Ha. La mayoría de los terrenos de este Parque están enmarcados en la cadena montañosa de la división continental, la cual incluye tres zonas de vida: Bosque Húmedo tropical, Bosque Húmedo Premontano y Bosque Tropical Montañoso (RENARE/MIDA, 1975). Alrededor del 50% del área está cubierta de bosque primario y el resto de bosque secundario, exceptuando unas 50 Ha. que son utilizadas para la agricultura y la ganadería (UICN, 1982).

En cuanto a las características climáticas, esta área presenta una temperatura promedio anual que oscila entre 21 y 22°C y una precipitación media de 270 mm. Los suelos que comprenden el área poseen una fisiografía muy quebrada y accidentada, con pendientes que varían entre 45 a 75 %, lo cual limita su uso. Estos suelos son moderadamente profundos, bien drenados y permeables. Se seleccionaron tres áreas de muestreos, en las que se colocaron los sistemas que intentaban reproducir la vivienda del hombre en el ambiente boscoso. En cada área de muestreo se colocaron tres sistemas que fueron construidos con tubos de "pvc", con una dimensión de 75 cm X 75 cm X 75 cm, y colocados a una distancia de aproximadamente 30 m uno del otro.

En el interior de cada sistema se colocó una bandeja de aluminio con aceite vegetal, que tenía como función atrapar a las chitras que entraban a picar a las ratas. Sobre las bandejas con aceites, se colocaron jaulas de alambres que contenían una rata blanca (*Sprewel dawhve*). En el interior de los sistemas se introdujo una lámpara de

kerosene, la cual junto con la rata actuaría como atrayente de las chitras. Los sistemas fueron cubiertos con una malla de "tul" y se protegieron contra la lluvia con la ayuda de plástico con una caída, a fin de evitar las inundaciones de las bandejas con aceite.

Los seis sistemas fueron rociados con el extracto crudo del tallo de *Lonchocarpus pentaphyllus* durante dos días consecutivos con diversas concentraciones (2.14 ppm; 6.42 ppm y 10.7 ppm), con dos réplicas por concentraciones, impregnando tanto la superficie interna como la externa de las mallas con la finalidad de evaluar la presencia de *Lutzomyia* spp en el interior de las bandejas, mientras que sus controles fueron rociados con alcohol etílico al 95%.

Las chitras atrapadas se colocaron sobre una superficie de papel filtro. Posteriormente, fueron introducidas en pequeños viales para su transporte hasta el laboratorio, ubicado en el Programa Centroamericano de Maestría en Entomología de la Universidad de Panamá. Las chitras fueron identificadas utilizando la guía taxonómica de Chaniotis (1974) & Young (1979). Los resultados obtenidos fueron analizados con la prueba estadística Mann-Whitney. Este estudio tuvo una duración de un año de julio a octubre de 1998.

RESULTADOS

En el presente estudio se registró un total de 11 especies de *Lutzomyia*, siendo las más abundantes: *Lu. ylephiletor* con un total de 623 chitras, constituyendo el 83%, *Lu. sanguinaria* con 30 chitras representando el 4% y *Lu. triramula* con 26 chitras correspondientes al 3.5%.

El Cuadro 1 presenta el total de ejemplares atrapados en los diferentes tratamientos y controles durante todo el estudio. Se obtuvo que a concentración más alta (10.7 ppm) atrajo la menor cantidad de chitras, con 58 ejemplares; mientras que el control atrajo 23, seguido de la concentración intermedia (6.42 ppm) con 121 chitras y su control con 164. Por último, la concentración más baja (2.14 ppm) exhibió la mayor cantidad de chitras con 138 y su control con 247.

En el mes de julio se atraparon 15 chitras en la concentración de 2.14 ppm. Las especies más frecuentes fueron: *Lu. ylephiletor* (4), *Lu. cruciata* (Coquillett, 1907) (3) y *Lu. triramula* (2). En los dos sistemas

con concentraciones de 6.42 ppm se colectaron ocho chitras, siendo las especies más comunes: *Waralia rotundipennis* (Fairchild & Hertig, 1951) (6) y *Lu. ylephiletor* (2). Los sistemas con concentraciones 10.7 ppm no evidenciaron captura. Los controles de los tres tratamientos presentaron un total de 20 chitras, predominando las especies *W. rotundipennis* (10) y *Lu. ylephiletor* (7) (Cuadro 2).

En el mes de agosto, los dos sistemas con concentraciones de 2.14 ppm registraron 69 chitras, siendo las especies más predominantes: *Lu. ylephiletor* (58), *Lu. triramula* (5) y *Lu. cruciata* (3). Los dos sistemas con concentraciones de 6.42 ppm registraron 78 chitras, en la cual *Lu. ylephiletor* fue la especie más capturada con 72 ejemplares. En tanto que los dos sistemas con concentración de 10.7 ppm presentaron 20 ejemplares, siendo las especies más comunes *Lu. ylephiletor* (14) y *Lu. panamensis* (4). En total, los controles presentaron 320 chitras siendo las especies más frecuentes *Lu. ylephiletor* (277) y *Lu. sanguinaria* (15) (Cuadro 2).

En el mes de septiembre, en los sistemas con concentraciones de 2.14 ppm se registraron 48 chitras, siendo las especies más predominantes *Lu. ylephiletor* (34) y *Lu. triramula* (13). Las concentraciones de 6.42 ppm presentaron 25 chitras, siendo la especie más abundante *Lu. ylephiletor* (20). En las concentraciones de 10.7 se atraparon un total de 34 chitras, de las cuales *Lu. ylephiletor* fue la más abundante con 30 ejemplares. En los controles se registraron 79 chitras, resultando las especies más abundante *Lu. ylephiletor* (61) y *Lu. sanguinaria* (5) (Cuadro 1 y 2).

En el mes de octubre, las concentraciones de 2.14 ppm registraron seis chitras, siendo *Lu. ylephiletor* (4) la más predominante. En las concentraciones de 6.42 ppm se colectaron 19 chitras, de las cuales seis estuvieron representadas por *Lu. ylephiletor*. En tanto que en las concentraciones de 10.7 ppm se encontraron cuatro chitras, tres de las cuales eran *Lu. ylephiletor*. Mientras que en los controles se reportaron 15 chitras, siendo la especie más abundante *Lu. ylephiletor* (13).

Los meses de agosto y septiembre evidenciaron las mayores capturas, tanto en los tratamientos como en los controles, observándose que los rangos de temperaturas oscilaron entre 21°C y 24°C en días sin lluvia

(Cuadro 3). El análisis estadístico indica que sólo hubo diferencias significativas entre los tratamientos y sus controles para la concentración de 2.14 ppm (Prueba de Mann-Whitney: $F= 1.178391$; $U=.313406$).

DISCUSIÓN

Las plantas del género *Lonchocarpus* han sido ampliamente usadas por sus propiedades ictiotóxicas e insecticidas (Little *et al.*, 1974; Neuwinger, 1996). Estas propiedades se deben a la presencia de los rotenoides en estas plantas. Rotenoides como la Deguelina, la Rotenona y la Elliptona han sido reportados como responsables de la bioactividad de *Lonchocarpus* (Gutiérrez, 1998).

Durante la presente evaluación del extracto del tallo de *Lonchocarpus penthaphyllus* se obtuvo menor cantidad de chitras en los tratamientos que en los controles. Los efectos de los compuestos de esta planta son bastantes evidentes si comparamos estos resultados con los obtenidos por (Garcés *et al.*, 1999) en el mismo sitio de estudio. En este trabajo se atraparon un total de 4820 chitras, incluidas en 26 especies de Psychodidae usando trampas Disney y New Jersey. Así por ejemplo, en la actual investigación se atraparon 623 ejemplares de *Lu. ylephiletor* y 30 de *Lu. sanguinaria*. En tanto que Garcés *et al.*, (1999) registraron 3210 ejemplares de *Lu. ylephiletor* y 424 de *Lu. sanguinaria*, lo cual refleja que estas especies mantienen altas poblaciones en el parque. Es obvio, que existió una marcada disminución entre las poblaciones capturadas, lo que se puede deber al empleo de la trampa New Jersey o al efecto ejercido por el extracto crudo del tallo de *Lonchocarpus*.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por Lewis & Quintero (1997) en el Parque Nacional Altos de Campana, mediante el empleo del extracto de la raíz de esta misma planta y con concentraciones de 0.25 ppm; 0.50 ppm y 1.0 ppm, se obtuvo un total de 319 chitras agrupadas en siete especies, entre las cuales también sobresalieron: *Lu. ylephiletor* (210), *Lu. sanguinaria* (35) y *Lu. cruciata* (39). En atención a estos resultados, pareciera que el extracto de las raíces posee mejor respuesta como repelente a pesar de que la concentración utilizada en ese bioensayo fue menor. Es muy probable que estos resultados se deban a que en las raíces de las plantas, los compuestos

bioactivos se encuentran más concentrados que en las otras partes de la planta, tal como lo señalan (Bernal & Correa, 1992).

El cuadro 1 presenta el total de ejemplares capturados por concentraciones, observándose que a medida que aumenta la concentración del extracto, disminuye el número de chitras; así por ejemplo, la concentración más elevada (10.7 ppm) presentó el menor número de chitras (58), seguida de la intermedia (6.42 ppm) con 121 y la más baja (2.14 ppm) con 138 ejemplares. Esto nos sugiere que de alguna forma el extracto de *Lonchocarpus* limitó la presencia de chitras en los diferentes sistemas. Esta aseveración es confirmada por el total de chitras capturadas en los diferentes controles, con excepción del control de la concentración más alta (10.7 ppm), que registró mayor número de chitras que la concentración. Esta mayor captura ocurrida en el mismo se puede deber a varios factores entre los que destacan, la condición climática que prevaleció durante este muestreo, es decir, en el segundo día de muestreo fue que se dio la mayor captura de ejemplares, lo cual se debe a que durante los días lluviosos las chitras no salen de sus refugios para no ser golpeadas por las gotas de lluvia. En consecuencia, durante los días sin lluvias sus poblaciones tienden a incrementar sus actividades. También es probable que la lluvia periódica ejerza alguna influencia sobre el tiempo de emergencia de las chitras y contribuya a incrementar las poblaciones de las mismas después que ocurren intensas lluvias.

Cuadro N° 1. Total de especies capturadas en los diferentes tratamientos y controles

Especies	(2.14)	Control	(6.42)	Control	(10.7)	Control	Total	%
<i>I. ylephiletor</i>	100	213	103	142	47	18	623	82.96
<i>L. sanguinaria</i>	4	9	3	13	0	1	30	3.99
<i>W. rotundipennis</i>	4	11	7	2	1	0	25	3.33
<i>I. trirumula</i>	22	0	2	1	0	1	26	3.46
<i>L. cruciata</i>	6	7	2	0	1	0	16	2.13
<i>L. panamensis</i>	0	4	1	4	6	2	17	2.26
<i>L. aclydifera</i>	1	1	1	0	1	0	4	0.53
<i>I. trapidoi</i>	1	1	0	1	1	0	4	0.53
<i>L. trinidadensis</i>	0	1	0	1	1	0	3	0.40
<i>L. vescifera</i>	0	0	1	0	0	1	2	0.27
<i>L. hartmani</i>	0	0	1	0	0	0	1	0.13
Total	138	247	121	164	58	23	751	100.0

En el sistema control correspondiente a la concentración de 2.14 ppm se atraparon 247 chitras, mientras que el sistema control correspondiente a la concentración de 6.42 ppm colectó 164 chitras. Tal cual se ha mencionado, el sistema control correspondiente a la concentración de 10.7 ppm registró la menor concentración de chitras (23).

La actividad de las chitras fue muy variable durante el tiempo que duró el estudio. Siendo así que, en el mes de agosto se alcanzaron las mayores capturas de chitras (487) (Cuadro 2). En este mes las mejores capturas ocurrieron cuando el rango de temperatura osciló entre 21.2 y 24.0 °C, principalmente, cuando no hubo lluvia. Para el mes de septiembre se capturaron 186 chitras (Cuadro 2) y las mejores capturas se dieron cuando la temperatura estuvo entre 23.0 y 23.8 °C y con días sin lluvia.

Cuadro N° 2. Total de ejemplares capturados en los Diferentes Tratamientos y controles

Mes	(2.14)	Control	(6.42)	Control	(10.7)	Control	Total
Julio	15	15	8	3	0	2	43
Agosto	69	210	78	97	20	13	487
Septiembre	48	12	25	62	34	5	186
Octubre	6	10	10	2	4	3	35
Total	138	247	121	164	58	23	751

Los factores ambientales que ejercieron mayor influencia ejercieron las poblaciones de chitras tanto en los tratamientos como en los controles fueron la lluvia y la temperatura. Durante los días lluviosos las poblaciones de chitras fueron casi nulas en los tratamientos y los controles. Posterior a estos días, es decir, sin lluvia fue donde se apreciaron las mayores capturas en los sistemas. Al parecer, en espacio de tiempo más prolongado, las fluctuaciones anuales de precipitación y temperatura afectan a las poblaciones de flebotomos y los vertebrados reservorios (Chanotis *et al.*, 1971).

Cuadro N° 3. Especies de chitras capturadas en los Diferentes Tratamientos y Controles

Mes	Especies	(2.14ppm)	Control	(6.42ppm)	Control	(10.7ppm)	Control
Julio	<i>L. ylephiletor</i>	4	4	2	2	0	1
	<i>L. cruciata</i>	3	1	0	0	0	0
	<i>L. viramula</i>	3	0	0	0	0	0
Agosto	<i>L. ylephiletor</i>	58	191	72	75	14	11
	<i>L. cruciata</i>	3	4	0	0	0	0
	<i>L. viramula</i>	5	0	2	0	0	0
Sept.	<i>L. ylephiletor</i>	34	7	20	51	30	3
	<i>L. cruciata</i>	13	0	0	0	0	0
	<i>L. viramula</i>	0	0	0	0	0	0
Oct.	<i>L. ylephiletor</i>	4	11	9	4	3	3
	<i>L. cruciata</i>	1	2	2	0	0	0
	<i>L. viramula</i>	3	0	0	1	1	0

En nuestro estudio observamos que la precipitación fue el factor abiótico que más influyó en el mismo, ya que en los días donde la precipitación registrada fue de 2 a 56 mm no se detectaron capturas de chitras. En este sentido, la variación estacional de las chitras está más asociada con la precipitación que con la temperatura (Chanotis *et al.*, 1971), por lo que, los patrones de lluvia modifican las condiciones de los criaderos. La lluvia es benéfica cuando ocurre en forma moderada, pero es perjudicial cuando inunda el suelo (Fajardo, 1991).

Los resultados aquí obtenidos parecen sugerir que el extracto crudo de *Lonchocarpus*, en cierta forma, limitó la presencia de chitras en las diferentes concentraciones, a pesar de que el control de los sistemas que tenía la concentración más elevada registró la menor captura de chitras. Esto, en cierta forma, pudiera deberse a ciertos factores externos, difíciles de controlar. En consecuencia, es posible que estos factores externos intervinieron afectando así los resultados en este sistema control. Dentro de los factores que pudieran haber intervenido para disminuir la presencia de chitras están: los sitios donde se colocaron los sistemas, la duración del efecto del extracto, la cercanía a los sistemas de trabajo donde las concentraciones más altas registraron la menor presencia de chitras (Lewis & Quintero, 1997). A pesar de observar diferencias cuantitativas notables entre los tratamientos, el análisis estadístico no registró ninguna diferencia entre los tratamientos, lo que hace suponer que superadas ciertas

limitaciones algunas de estas concentraciones pudieran ser empleadas para proteger a las personas en sus viviendas. Por otro lado, al analizar estadísticamente los tratamientos con sus respectivos controles, se encontró diferencia significativa para la concentración de 2.14 ppm (Prueba Mann-Whitney; $F= 1.17831$; $U=313406$), lo cual hace suponer que experimentalmente las concentraciones de 6.42 ppm y 10.7 ppm pudieron haber ejercido efectos similares.

Experimentalmente encontramos que la efectiva aplicación de algún control sobre las poblaciones de *Lutzomyia* debe hacerse en días sin lluvia o posterior a la ocurrencia de la misma, cuando las poblaciones de chitras tienden a estar altas. En este sentido, debe programarse este control durante el inicio del verano o durante el inicio del invierno, cuando las poblaciones de chitras tienden a aumentar. Como quiera que los trabajos en el campo son difíciles de controlar, no deja de ser un hecho real que las poblaciones de chitras pueden variar a lo largo de todo el año y en cada una de las regiones donde se desee poner en práctica un programa para el control de *Lutzomyia*. Es por ello que cada intento por controlar a las especies transmisoras requiere del conocimiento muy particular que se tenga de la especie dominante, dado que cada sitio en especial puede ser controlado por una o varias especies (Chaniotis *et al*, 1971; Christensen & Herrero, 1980; Fajardo, 1991; Garcés *et al*, 1999). Además, se deben conocer aspectos relacionados con la tasa de reproducción, los sitios de crías, la abundancia estacional, su incremento en la unidad de tiempos, su capacidad vectorial y su longevidad para definir adecuadamente las estrategias que deben ponerse en marcha para lograr su control.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se atraparon 751 chitras, distribuidas en 11 especies, siendo *Lu. ylephiletor* la más abundante.

En la concentración 10.7 ppm se registró la menor cantidad de chitras, seguido por la de 6.42 ppm, mientras que la concentración 2.14 ppm evidenció la mayor cantidad de chitras.

El comportamiento de las chitras observado en el interior de los sistemas controles fue diferente al de los sistemas de los tratamientos, encontrándose una mayor presencia en los controles.

Al analizar estadísticamente cada tratamiento no se registró ninguna diferencia significativa, por lo que podemos asumir que bajo ciertas limitaciones, algunas de estas concentraciones pudieran ser empleadas por tener algún efecto en la actividad de las chitras.

En los meses de agosto y septiembre se encontraron las mayores capturas de chitras en los tratamientos.

La precipitación fue el factor abiótico que más influyó negativamente en la actividades de las poblaciones de chitras, haciendo que las mismas fueran escasas o nulas.

ABSTRACT

This research was carried over at the Parque Nacional Altos de Campana in order to evaluate the extract of *Lonchocarpus pentaphyllus* (Poirlet) to reduce the attack of *Lutzomyia* spp. To achieve it nine house-like systems were built with PVC tubes which were set up in a forest area. Different concentrations of the extract 2.14, 6.42, and 10.7 ppm and alcoholic control were used. 751 individual were collected in this study, belong to 11 species of *Lutzomyia*. The species more frequently captured with our systems were *Lu. ylephiletor* (623), *Lu. sanguinaria* (30), *Lu. irramula* (26), and *Lu. panamensis* (17). The most effective concentration used was 10.7 ppm with 58 individuals captured, followed with 6.42 (121) and the worst was 2.14 ppm (138); while, the control captured 434 individuals; however, these differences were not statistically significant. Only differences statistically significant were obtained when treatments were compared with its respective control in 2.14 ppm.

KEYWORDS

Leishmaniasis, *Lutzomyia*, *Lonchocarpus pentaphyllus*, species, concentrations.

REFERENCIAS

Bernal, H. & J. E. Correa. 1992. Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. España, Ed. Guadalupe Ltda. SECAB. Tomo VIII. Pp 368-387.

BOLETÍN EPIDEMIOLÓGICO. 1997. Incidencia de la leishmaniasis en Panamá. Instituto Conmemorativo Gorgas, 21 (5).

- Christensen, H. A. & H. Herrer. 1980. Panamanian *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) host attraction profiles. *J. Med. Entomol.* 17: 522-528.
- Chaniotis, B. N. 1974. Use of external characters for rapid identification of phlebotominae sandflies in vector studies. *J. Med. Entomol.* 11: 501.
- Chaniotis, B. N.; M. A. Correa, R. B. Tesh & M. Johnson. 1971. Daily and Seasonal man-biting activity of Phlebotominae sandflies in Panama. *J. Med. Entomol.* 8:415-420.
- Escobar, N. 1972. *Flora Tóxica de Panamá*. Editorial Universitaria, Panamá. 144-145 pp.
- Fajardo, P. 1991. Especies de *Lutzomyia* presentes en el ambiente intradomiciliar y peridomiciliar en un foco endémico de la leishmaniasis cutánea en Panamá. Tesis de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá. 66 pp.
- Garcés P. A.; I. Z. Morales & E. A. Araúz. 1999. Determinación de Phlebotominae: *Lutzomyia* spp. (Diptera: Psychodidae) en el Parque Nacional Altos de Campana. *Scientia.* 14: 35-47.
- García, B. H. 1974. En: *Flora medicinal de Colombia*. Ira. Edic. Impronta Nacional. Santa Fé de Bogotá - Colombia. Tomo 1. 505-507 pp.
- Gutiérrez, M. 1998. Elucidación Estructural y Bioactividad de Metabolitos secundarios de *Lonchocarpus pentaphyllus*. Tesis de Licenciatura en Química, Universidad de Panamá. 58 pp.
- Harborne, J. B. 1977. *Introduction to Ecological Biochemistry*. London. Academic Press. 243 pp.
- Lewis, V. E. & Y. Quintero. 1998. Evaluación de la raíz de *Lonchocarpus pentaphyllus* en el control de *Lutzomyia* spp. (Diptera: Psychodidae) vector de la leishmaniasis. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad de Panamá. 64 pp.

Little, E. L.; F. H. Wadsworth & J. Marrero. 1974. Leguminosas. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Editorial UPR, Puerto Rico. 281- 282 pp.

Marinkelle, C. J. 1980. The control de leishmaniasis. Bulletin of the World Health Organization, 58: 807- 811.

Moretti, C. & P. Grenand. 1982. Journal of Ethnopharmacology, 139 pp.

Neuwinger, H. D. 1996. African ethnobotany poisons and drugs. Chemistry Pharmacology y Toxicology. Chapman & Hall. 682-684 pp.

Panda, N. & G. S. Khush. 1995. Host plant resistence to insects. CAB International - IRR. Wallingford. 431 pp.

RENARE/MIDA. Plan de Manejo y Desarrollo del Parque Nacional Altos de Campana. 1975. Dirección Nacional de Recursos Renovables. Ministerio de Desarrollo Agropccuario. República de Panamá.

Schery, R. W. 1956. Medicina, Insecticidas y herbicidas. Plantas útiles al hombre (Botánica Económica). Salvat Editores S. A. Barcelona Madrid. 405 pp.

UICN. 1982. Directoy of Neotropical Protected Areas. Edit. Toxicology international Publishing Ltd. Dublin. 275-276 pp.

Young, D. G. 1979. A new of the blood sucking Psychodidae of Colombia (Diptera: Psychodidae) Univ. Fla. Agric. Exp. Stn. Tch Bull. 806 pp.

AGRADECIMIENTO

Descamos extender nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Eligio Vega y al Lic. Marcelino Gutiérrez, por todas las facilidades brindadas en el Laboratorio de Productos Naturales con Actividad Biológica del Departamento de Química y por la preparación de los extractos crudos utilizados en ésta investigación. A la Lic. Pura Maria Zeballos y a la Lic. Evila Rodríguez, por excelente el trabajo de campo realizado. De igual forma, a la Dra. Gisela Betancourt, por facilitar los roedores del

Bioterio de la Universidad de Panamá, y al Sr. Roberto Rojas del Laboratorio Conmemorativo Gorgas, por la identificación de las *Lutzomyia* colectadas.

Recibido marzo del 2002, aceptado junio del 2002.



SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y CRISTALOGRÁFICA DEL N-FUROIL-O-ETIL-S-METILCARBONIMIDOTIOATO

J. Rodríguez^a, R. Pomés^b, H. Márquez^c, G. Aguero^c, A. M. Plutin^c

^a Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica (CIPIMM)

^b Albert Schweizer International University, Geneva, Switzerland

^c Facultad de Química, Universidad de la Habana, Cuba

RESUMEN

En este trabajo se reporta la síntesis del N-furoil-O-etil-S-metilcarbonimidotioato, así como su caracterización usando IR, RMN-¹H y RMN-¹³C; además se caracterizó cristalográficamente obteniendo los siguientes resultados: $a = 9.695$ (4) $b = 14.011$ (5) $c = 8.406$ (6) Å; $\alpha = 90.74$ (5) $\beta = 95.79$ (5) $\gamma = 77.20$ (3) ° y grupo espacial P-1.

PALABRAS CLAVES

N-furoil-O-etil-S-metilcarbonimidotioato, Difracción de Rayos-X, Caracterización Cristalográfica.

INTRODUCCIÓN

Los N-furoil-O-alkil-S-metilcarbonimidotioatos son compuestos que utilizados en pequeñas cantidades en baños galvánicos, pueden modificar sustancialmente la forma y estructura de los recubrimientos metálicos obtenidos, produciendo efectos favorables en la calidad del recubrimiento.¹

En la década del 90 se obtuvieron efectos muy favorables en los depósitos al utilizar mezclas de productos que al reaccionar en el seno del electrolito producen nuevos compuestos que comunican efecto abrillantador y nivelante.²

Estos compuestos cuando se combinan con algunos organofosforos o amidas aumentan su solubilidad en agua y su efectividad como herbicidas^{1, 4}. En el presente trabajo se describe la síntesis y caracterización química y cristalográfica del compuesto N-furoil-O-etil-S-metilcarbonimidato lo que contribuye a una mejor comprensión de sus propiedades y aplicaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La síntesis del compuesto se llevó a cabo en un balón de 50 mL de capacidad, equipado con embudo goteador, condensador de reflujo, tubo de cloruro de calcio y agitación magnética, se adicionan 8 mmol del tiocarbamato correspondiente (disuelto en la mínima cantidad de dimetilformamida) y 8 mmol de carbonato de potasio. Se agita durante 10 ó 15 minutos aproximadamente. A continuación se gotean, con agitación 0.01 mol de sulfato de dimetilo disueltos en dimetilformamida. La mezcla reaccionante se calienta en baño de agua durante 2 horas. Posteriormente se vierte el contenido del balón sobre hielo triturado. El sólido se filtra a presión reducida, separándose los cristales que corresponden al N-furoil-O-etil-S-metilcarbonimidato. El producto final se recrystaliza en acetona.

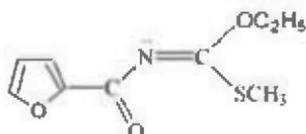


Fig.1. Estructura del N-furoil-O-ethyl-S-methylcarbonimidato

El valor de la temperatura de fusión del producto obtenido se determinó en un equipo de calentamiento por horno Electrothermal modelo 9100, en capilares abiertos y las temperaturas no fueron corregidas. Las mediciones se repitieron dos veces.

El espectro infrarrojo se registró en la región de 400 a 4000 cm^{-1} en un espectrofotómetro Brucker Vector 22 con resolución de 4 cm^{-1} . La muestra se preparó en pastillas de KBr a temperatura ambiente.

Los espectros de RMN- ^1H y RMN- ^{13}C se registraron mediante un espectrómetro de pulso y transformada de Fourier Brucker AC-250F, a las frecuencias de 250MHz (^1H) y 62.8 MHz (^{13}C). La naturaleza de los átomos de carbono-13 se determinó mediante la técnica de edición espectral DEPT (Distortionless Enhancement by Polarization Transfer) con pulsos protónicos de 135° y 90°. La muestra fue disuelta en CDCl_3 y se utilizó TMS como referencia interna, respecto al cual se dan los desplazamientos químicos en ppm. Para la interpretación de los espectros de RMN se utilizó el programa de modelación "Advanced Chemistry Development"(ACD/NMR)[®].

El patrón de difracción de Rayos X fue obtenido usando radiación $\text{K}\alpha\text{Co}$ ($\lambda = 1.79026 \text{ \AA}$) filtrada con Fe en un difractor Philips PW 1710, operado a 30 Kv y 20 mA. El alineamiento del difractor fue chequeado usando un standard externo de Silicio del Instituto Nacional de Standard y Tecnología NIST-SRM-640b con parámetro de celda $a = 5.430940 (35) \text{ \AA}$ a 25 °C. El patrón de polvo fue registrado a 25(1)°C de 6 a 60° (2 θ) usando un paso angular de 0.02° y un tiempo de conteo de 5s.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rend. (%):81, T. f(°C): 118-9

IR (KBr) ν , cm^{-1} : 3115.4 ($\nu=\text{CH}$); 2984.8, 2928.2, 2810.1 (νCH); 1630.5 ($\nu\text{C}=\text{O}$); 1522.0 ($\nu\text{C}=\text{C}$), ($\nu\text{C}=\text{N}$); 1464.3 ($\nu\text{C}=\text{C}$), 1390.9 (δCH_2); 1228.1. ($\nu\text{C}-\text{O}$); 1127.2 ($\nu\text{C}-\text{O}$); 1008.0 ($\nu\text{C}-\text{O}-\text{C}$), 844.0, 785.5 (γCH).

RMN- ^1H (CDCl_3) δ , ppm: 7.58 (1H, m, $^1J_{\text{H,H}}=1.7\text{H}_z$, H5); 7.11 (1H, m, $^1J_{\text{H,H}}=3.4\text{H}_z$, H3); 6.48 (1H, $^1J_{\text{H,H}}=3.4\text{H}_z$, $^1J_{\text{H,H}}=1.7\text{H}_z$, H4); 4.51 (2H, c, OCH_2); 2.36 (3H, s, SCH_3); 1.42 (3H, t, CH_2CH_3).

RMN- ^{13}C (CDCl_3) δ , ppm: 173.0 ($\text{N}=\text{C}$); 166.5 ($\text{C}=\text{O}$); 150.3 (C2); 146.6 (C5); 118.1 (C3); 111.9 (C4); 66.9 (OCH_2); {14.0 (CH_3), [CH_2CH_3]; 13.9 (CH_3), [SCH_3]}^o.

^o Asignación intercambiable.

La intensidad y posición de los máximos fueron extraídos por funciones del tipo Pearson VII para los máximos de difracción. Las posiciones de los máximos de difracción fueron entradas en el programa de refinamiento por mínimos cuadrados de la celda unidad LSUCRI⁹. Los parámetros de la celda iniciales para el refinamiento fueron obtenidos de la salida del programa de adjudicación de índices TREOR¹⁰, obteniendo las siguientes figuras de méritos $M_{30} = 11$ y $F_{20} = 12$.

En la tabla 1. Se reportan los datos de difracción de polvo y en la figura 2. El patrón de difracción de rayos X de polvos del compuesto N-furoil-O-etil-S-metilcarbonimidotiato.

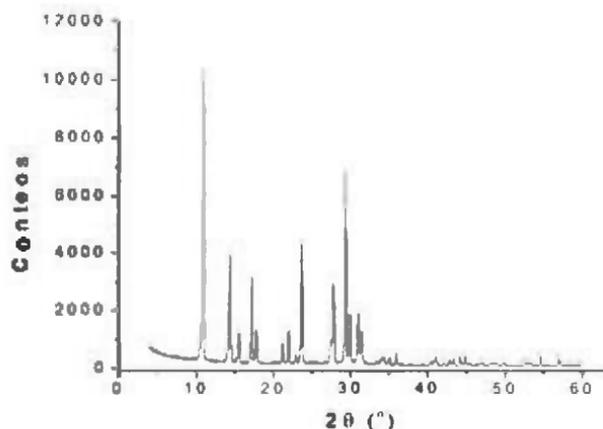


Fig. 2. Patrón de difracción de Rayos X del compuesto N-furoil-O-etil-S-metilcarbonimidotiato.

Tabla 1. Datos de difracción de polvo para el compuesto N-furoil-O-etil-S-metilcarbonimidatoato

Rad. K α Co ($\lambda = 1.79026 \text{ \AA}$)		Filtro Fe	
Sis. Triclinico		Grupo Espacial: P-1	
$a = 9.695 (4) \text{ b} = 14.011 (5) \text{ c} = 8.406 (6) \text{ \AA}$		$V = 1107.8 (8) \text{ \AA}^3$	
$\alpha = 90.74 (5) \beta = 95.79 (5) \gamma = 77.20 (3)$		$Z = 2$	
hkl	$2\theta_{obs} (^\circ)$	$d_{obs} (\text{ \AA})$	I/I_0
100	10.968	9.366	100
01-1; 011	14.405	7.139	39
1-10	14.565	7.061	8
10-1	15.581	6.604	13
101	17.255	5.967	31
111	17.821	5.779	13
121	21.222	4.861	9
200	22.001	4.691	13
130	22.920	4.505	5
21-1; 220	23.716	4.356	43
1-30	27.406	3.779	8
1-12	27.528	3.762	9
221	27.833	3.722	29
2-20	29.418	3.525	66
140	29.938	3.465	19
2-2-1	31.018	3.348	19
231	31.409	3.307	13
30-1	34.280	3.038	4
24-1	35.048	2.973	4
330	35.952	2.900	6
02-3	40.393	2.593	3
-2-42	40.829	2.566	3
25-1	41.087	2.551	4
123; 33-2	41.993	2.498	2
1-50	42.272	2.482	2
3-21	42.800	2.453	3
242; 13-3	43.323	2.425	3
41-1; 03-3	44.177	2.380	4
2-32	44.837	2.347	4
213	45.343	2.322	2
421	47.036	2.243	2
41-2; 06-1	48.043	2.199	2
2-50	48.819	2.166	2
2-5-1	49.872	2.123	2
36-1	51.998	2.042	2
024; 3-2-3	52.699	2.017	3
45-1; 204	53.156	2.001	3
2-1-4	54.508	1.955	5
1-3-4; 43-3	56.944	1.878	5

ABSTRACT

The title compound **N-furoyl-O-ethyl-S-methylcarbonimidatoate** has been investigated by means of X-Ray powder diffraction, IR, RMN-¹H y RMN-¹³C. This compound is triclinic with unit-cell parameters: a = 9.695 (4) b = 14.011 (5) c = 8.406 (6) Å, α = 90.74 (5) β = 95.79 (5) γ = 77.20 (3) °, space group P-1.

KEYWORDS

N-furoyl-O-ethyl-S-methylcarbonimidatoate, X-Ray Powder Diffraction and Crystallographic Characterization.

REFERENCIAS

Machado, T. Tesis de Maestría "Síntesis y Estudio Estructural de N-aciltiocarbamatos -O- alquilsustituídos y algunos de sus derivados S-metilados"; La Habana, 2000.

Halzlebeck, D. A. Modeling of electroplating of a through-hole considering additive effects and convection, *J. Electrochem. Soc.*; 138, 7, 1991.

Gray R. A. & D. L. Hyzak. Patente 4652296; USA; 1987.

Gray R. A. & D. L. Hyzak. Patente 4652302; USA; 1987.

Braun S. & H. O. Kslnowski. *S. Berge 100 and More Basic NMR experiment VCH publishers; New Your; USA; experiment 6.9, 150; 1996.*

Advanced Chemistry Development Inc., 133 Richmond ST. West Suite 605, Toronto; ON M5H 2L3 Canada; ¹³C: Versión 2.51, 1997.

Advanced Chemistry Development Inc., 133 Richmond ST. West Suite 605, Toronto; ON M5H 2L3 Canada; ¹H: Versión 3.50, 1998.

Pomés, R. "Análisis de fases cuantitativo usando difracción de Rayos - X", Editorial Quetzalcoal, Mex. 1997, 140.

Garvey, R. "LSUCRI PCUnit Cell Refinement with Indexing for the Personal Computer", *Powder Diffraction* (1), 1986, 114-116.

Werner, P. E., L. Eriksson & M. Westdahl. "TREOR, a semi exhaustive trial-and-error powder indexing program for all symmetries", *J. Appl. Crystallogr.*, (18), 1985, 367-370.

Recibido marzo del 2002, aceptado junio del 2002.

FAUNA ACUÁTICA ASOCIADA AL RÍO SAN FÉLIX, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

Humberto A. Garcés B.

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Centro de Ciencias del Mar y Limnología (CCML), Departamento de Biología Marina y Limnología
e-mail: hgarces@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar la composición y abundancia de algunos de los principales representantes de la fauna acuática (infauna bentónica, macroinvertebrados bentónicos e insectos acuáticos) asociados al tramo superior del río San Félix, Provincia de Chiriquí. Dicho estudio incluyó un total de 16 estaciones (12 fijas) y tuvo una duración de ocho meses de campo con cuatro colectas realizadas entre octubre de 1996 y junio de 1997. Se utilizaron diversos métodos y artes de colecta de acuerdo al hábitat de cada grupo estudiado, que incluyó el uso de chinchorro y redes de mano. Se encontraron un total de 1,190 individuos de fauna acuática, correspondientes a 966 insectos acuáticos (81 % del total), 192 infauna bentónica (16 % del total) y 32 macroinvertebrados bentónicos (3 % del total). El grupo de los insectos acuáticos consistió de chinches, coleópteros y caballitos; la infauna bentónica estuvo compuesta de huevos, larvas, ninfas, juveniles y adultos de insectos y de larvas y adultos de quironómidos, mientras que los macroinvertebrados bentónicos consistieron de camarones de río *Macrobrachium tenellum* y *M. americanum*, burrita *Atya margaritacea*, cangrejo de río *Pseudothelphusa tristani* y caracol de agua dulce *Pomacea zeteki*. Algunos de los organismos acuáticos pueden ser utilizados como indicadores de cambios en la calidad del ambiente de un área estudiada.

PALABRAS CLAVES

Fauna acuática, infauna bentónica, macroinvertebrados bentónicos, insectos acuáticos, Río San Félix.

INTRODUCCIÓN

La República de Panamá posee una variedad de ecosistemas acuáticos con un gran potencial turístico, comercial y pesquero (Anónimo, 1991). De éstos, los ecosistemas lénticos (embalses, lagunas, etc.) y lóticos (ríos, quebradas, etc.) nacionales tienen especial interés desde el punto de vista hidroeléctrico, pesquería de subsistencia o deportiva, industria del acuario o acuícola, entre otros. En adición, el estudio de algunos organismos de las comunidades acuáticas puede ser utilizado como indicadores de contaminación ambiental (Garcés, 1993).

En el área de estudio no se ha realizado un estudio integral que incluya un inventario de línea base de la comunidad de la fauna acuática (infauna bentónica, macroinvertebrados bentónicos e insectos acuáticos) considerados en este estudio. Una revisión de la literatura relevante indica que el componente de fauna acuática se incluye en algunos estudios realizados en la Universidad de Panamá (CCML, 1983), siendo en su mayoría aplicados a sistemas lénticos (Zaret, 1980 y 1984), siendo la información para Panamá muy reducida en los compendios internacionales conocidos (Hurlbert & colaboradores, 1981; Hurlbert & Villalobos-Figueroa, 1982). Los estudios realizados en ecosistemas lóticos nacionales incluyen en su mayoría a algunos de los principales componentes de la fauna acuática asociada a proyectos hidroeléctricos (Adames, 1977 y 1982; Hernández & D'Croz, 1986; CAURA, 1995). Por otro lado, se ha realizado un sinnúmero de inventarios biológicos que en su gran mayoría no son comparables unos con otros, debido a la disparidad en el esfuerzo de muestreo realizado, la recolección de datos mayormente cualitativos y/o de carecer de un adecuado tratamiento sistemático de los diversos grupos de organismos encontrados.

El propósito de este estudio es el realizar un inventario preliminar de línea base de algunos de los principales representantes de la comunidad de la fauna acuática (infauna bentónica, macroinvertebrados bentónicos e insectos acuáticos).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las colectas se efectuaron en un total de 16 estaciones (12 fijas), correspondientes a las siguientes: río Colorado (CCH-1), río Escopeta (CCH-2), río Mogla (CCH-5), río Balsa (CCH-7), río Flores (CFH-5).

rió Rincón 1 (H-2), río Tabasará (T-1) y río San Félix (arriba: CCH-3, centro de acopio: CCH-4, abajo 1: CCH-6, abajo 2: CCH-8 y Puente: CCH-14). Las cuatro colectas (I-IV) efectuadas se realizaron durante las siguientes fechas: I. 25-29 de octubre de 1996, II. 18-22 de diciembre de 1996, III. 6-9 de marzo de 1997 y IV. 29 de mayo-1 de junio de 1997. Adicionalmente se realizaron las siguientes colectas: Laguna Escopeta (LE) y Quebrada Sardinilla (QS) el 21 de diciembre de 1996, Quebradas Alicia y Gato (QA/G) el 11 de enero de 1997 y río Balsa (CCH-7) y río Rincón 2 (H-4) el 26 de mayo de 1997.

La colecta de la fauna acuática fue diversa, ya que para la comunidad de la infauna bentónica se utilizó una muestra de sedimento de 1 Kg.; los macroinvertebrados bentónicos se colectaron con chinchorros, redes de mano o a mano y los insectos acuáticos, asociados principalmente al neuston y necton, se colectaron con una red de mano de malla fina. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas gruesas, debidamente etiquetadas, colocándolas en cubos plásticos separados, preservadas en formalina al 5 %, para su transporte. En el laboratorio se procedió a separar, con la ayuda de un estereoscopio en bajo poder y contar todos los organismos de la infauna bentónica retenidos por una malla de 1.00 mm de una submuestra de 500 g. Con respecto a los macroinvertebrados bentónicos e insectos acuáticos se procedió a separar y contar todos los organismos encontrados. Todas las muestras se preservaron en alcohol al 75 % al cabo de una semana. Las identificaciones de los organismos se realizaron con la ayuda de las claves disponibles (Edmondson, 1963; Needham & Needham, 1978; Méndez, 1981; Hobbs & Hart, 1982; Pennak, 1989), entre otras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general todos los ríos presentaron tanto una baja diversidad como una baja densidad de organismos; sin embargo, en la segunda colecta tanto la diversidad como la abundancia fueron relativamente mayores que lo obtenido en las otras colectas. La comunidad de la infauna bentónica encontrada se caracterizó por diversos estadios de insectos (huevos, larvas, ninfas, juveniles y adultos) y de dípteros quironómidos (larvas y adultos). Los macro-invertebrados bentónicos encontrados se ubican dentro de cinco especies, a saber: cuatro crustáceos decápodos correspondientes a dos camarones de río *Macrobrachium* (*M. tenellum* y *M. americanum*), un Atyidae *Atya margaritacea* (= *A. rivalis*), un

cangrejo de río *Pseudothelphusa tristani* y un molusco gasterópodo *Pomacea zeteki*. Por último, se encontraron unos 20 grupos taxonómicos diversos de insectos acuáticos, en especial del orden Hemiptera (familias Gerridae, Veliidae, Notonectidae, Naucoridae y Belostomatidae), orden Coleoptera (familia Gyrinidae) y orden Odonata. Para otras localidades próximas al área de estudio se han realizado inventarios biológicos de la fauna acuática, que incluyen a algunos de los mismos grupos taxonómicos encontrados para la cuenca alta del río San Félix. Algunos de éstos últimos estudios son los siguientes: área de Montuoso con cuatro crustáceos y cinco insectos acuáticos (ICAB, 2000), área de Copé con seis crustáceos, un molusco y ocho insectos acuáticos (CEPSA, 2000), área de Petaquilla con 11 crustáceos, dos moluscos y 53 especies de insectos acuáticos (ICF Kaiser-ANCON, 1996) y área de Changuinola I (Adames, 1980) y el Oleoducto Transistmico Chiriquí-Bocas (Estudios Ambientales, 1983) con 20 crustáceos, siete moluscos y siete órdenes de insectos. Para el área de estudio se cuenta con alguna información de línea base realizada previamente encontrándose cuatro camarones de río y siete órdenes de insectos acuáticos en la parte de la cuenca alta del río San Félix (CSMRI, 1980).

El total de individuos de la infauna bentónica encontrada en el área de estudio fue de 192 individuos, distribuidos en una clase y una familia de insectos acuáticos, así como de 29 macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en tres familias de crustáceos decápodos y un molusco gasterópodo (ver Cuadro No.1). De éstos grupos, los insectos fueron el componente mayoritario comprendiendo cerca del 81 % del total de individuos colectados, seguidos del grupo de los crustáceos decápodos con cerca del 16 %. Se encontraron los siguientes registros de hembras ovígeras en las colectas de crustáceos bentónicos: Dos camarones de río *Macrobrachium tenellum* (Colecta I de CCH-14) y un cangrejo *Pseudothelphusa tristani* (Colecta II en Qda. Alicia y Gato). En adición, se encontró una población reproductora del caracol de agua dulce *Pomacea zeteki* en una quebrada tributaria al río San Félix (Colecta IV). Cabe destacar que, para el área de estudio, no se había realizado ningún informe acerca de la comunidad de la infauna bentónica, o sea de los macroinvertebrados que viven en los sedimentos del fondo.

El total de individuos de los insectos acuáticos encontrados en el área de estudio fue de 966 individuos, distribuidos en tres órdenes, seis familias

y siete géneros de insectos acuáticos (ver Cuadro No. 2). De éstos, el grupo de los chinches acuáticos fue el más diverso y abundante relativamente, comprendiendo 852 individuos (88 % del total), ubicados en cinco familias y ocho géneros. Con relación a las características generales de las principales familias de insectos acuáticos (Drake & Harris, 1934; Borror & colaboradores, 1976; Merrit & Cummins, 1978; McCafferty, 1981; Andersen, 1982; Hurlbert & Villalobos-Figueroa, 1982; Zaret, 1984; Pérez, 1988) encontrados, podemos destacar que las familias Belostomatidae, Gerridae, Notonectidae y Veliidae son considerados como indicadores de aguas oligomesotróficas y eutróficas, mientras que la familia Naucoridae lo son de aguas oligotróficas. Cabe destacar la presencia de la familia Chironomidae, en nueve de las 12 estaciones fijas del área estudiada, la cual es considerada como un indicador biológico de baja calidad de las aguas (Merrit & Cummins, 1978). Por último, destacamos el informe de la utilización de infusiones del coleóptero Gyrinidae, comúnmente encontrado en el área de estudio, como parte de algún ritual espiritual practicado por la etnia Gnöbe del área.

Al comparar la distribución de la fauna acuática (infauna y macroinvertebrados bentónicos e insectos acuáticos) por el total de individuos por estación (ver Cuadros N° 1 y N° 2) tenemos que la mayoría se ubica en cuatro de las 12 estaciones fijas, comprendiendo el 59 % del total de individuos (706 individuos). Cabe destacar que todas estas últimas estaciones fijas se encuentran bastantes alejadas de la cabecera del río San Félix e incluyen las siguientes estaciones: río San Félix Puente (CCH-14), río Rincón o Piedra (H-2), río Flores (CFH-5, ubicada en el Caribe) y río Tabasará (T-1, estación control). El resto de las ocho estaciones fijas, comprendieron un total de organismos acuáticos entre 15 y 88 individuos por estación, totalizando 374 individuos (un 31 % del total).

CONCLUSIONES

La diversidad y abundancia relativa encontrada de la fauna acuática estudiada (infauna bentónica, macroinvertebrados bentónicos e insectos acuáticos) fue baja en los 12 cuerpos de agua estudiados (ocho ríos, tres quebradas y una laguna) asociadas a la cuenca alta del río San Félix, Provincia de Chiriquí. La fauna acuática estudiada comprende representantes diversos de la infauna bentónica (huevos, ninfas, larvas

y juveniles de insectos) y de quironómidos, de los macroinvertebrados bentónicos (los camarones de río *Macrobrachium tenellum* y *M. americanum*, la burrita *Atya margaritacea*, el cangrejo de río *Pseudothelphusa tristani* y el caracol de agua dulce *Pomacea zeteki*) y de los insectos acuáticos (20 grupos taxonómicos, en especial de las familias Gerridae, Veliidae, Notonectidae, Naucoridae y Belostomatidae del orden Hemiptera, de las familia Gyrinidae del orden Coleoptera y del orden Odonata). El 59 % de la totalidad de individuos colectados se ubica en estaciones alejadas de los tramos superiores del río San Félix. Algunos de los organismos obtenidos en el estudio de las comunidades acuáticas puede resultar muy valiosos como indicadores de cambios ambientales en tan importante área de estudio.

ABSTRACT

This study was conducted in order to assess the abundance and composition of some key aquatic fauna representatives (benthic infauna, benthic macroinvertebrates and aquatic insects) associated at San Felix river upper reaches, Chiriqui Province. This study included a total of 16 stations (12 fixed) and lasted eight month of sampling with four collections done from October 1996 to June 1997. Diverse collecting methods and techniques were used depending upon each group habitat which included cast nest and hand nets. A total of 1,190 aquatic fauna individuals were found, 966 aquatic insects (81 % of the total), 192 benthic infauna (16 % of the total) and 32 benthic macroinvertebrates (3 % of the total). The aquatic insects group consisted of water bugs, water beetles and dragon flies, the benthic infauna consisted of insect's eggs, larvae, nymphs, juveniles and adults and chironomid larvae and adults, whereas the benthic macroinvertebrates consisted of river shrimp *Macrobrachium tenellum* and *M. americanum*, freshwater Atyidae *Atya margaritacea*, freshwater crab *Pseudothelphusa tristani* and fresh-water snail *Pomacea zeteki*. Some aquatic organisms can be used as key environmental change indicators of a studied area.

KEYWORDS

Aquatic fauna, benthic infauna, benthic macroinvertebrates, aquatic insects, San Felix river.

REFERENCIAS

Andersen, N.M. 1982. The semiaquatic bugs (Hemiptera, Gerromorpha), phylogeny, adaptations, biogeography and classification. Entomonograph Vol. 3, Scandinavian Science Press LTD., Klamphnorg.

Anónimo. 1991. ECO'92: Informe de la República de Panamá ante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Panamá, Panamá.

Adames, A.J. (Ed.). 1977. Evaluación Ambiental y Efectos del Proyecto Hidroeléctrico Fortuna. Informe Final. Revista Lotería (254-256):1-538.

Adames, A.J. (Ed.). 1980. Evaluación Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Changuinola-I. Informe Final. Laboratorio Conmemorativo Gorgas para IRHE.

Adames, A.J. (Ed.). 1982. Evaluación Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Tabasará. Informe Final. Laboratorio Conmemorativo Gorgas, Panamá.

Borror, D.J.; D.M. DeLong, & C.A. Triplehorn. 1976. An Introduction to the Study of Insects. Holt, Rinehart and Winston, New York.

CAURA. 1995. Evaluación del Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Esti. Informe Final. IRHE, Panamá.

CCML. 1983. Memorias del Centro de Ciencias del Mar y Limnología (1973-1983). Universidad de Panamá, Panamá.

CEPSA. 2000. Estudio de Evaluación Ecológica Rápida del Parque Nacional Omar Torrijos. CEPSA S.A. para INRENARE.

CSMRI. 1980. An Ecological Study of the San Felix River in Western Panama, Republic of Panama. CSMRI-UP para RTZ.

Drake, C.J. & H.M. Harris. 1934. The gerrinae of the western hemisphere (Hemiptera). Annals of the Carnegie Museum 23:179-241.

Edmondson, W.T. (Ed.). 1963. Fresh-Water Biology. 2a ed. (reimp.), John Wiley & Sons, New York.

Estudios Ambientales, S.A. 1983. Estudios de Impacto Ambiental en el área de influencia del Oleoducto Transistmico Chiriquí-Bocas del Toro. Informe Final: Limnología. Volumen I y II.

Garcés B., H.A. 1993. La contaminación acuática en nuestro país. *Diario Panorama Católico*, Sección Familiar, pág. F, domingo 28 de noviembre.

Hernández, D. & L. D'Croz (Eds.). 1986. Evaluación ecológica del río Chiriquí en relación a la construcción de la represa hidroeléctrica Edwin Fábrega. Informe Técnico. IRHE, Panamá.

Hobbs, H.H., Jr. & C.W. Hart, Jr. 1982. The shrimp genus *Atya* (Decapoda: Atyidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* (364): 1-143.

Hurlbert, S.H.; G. Rodríguez, & N.D. Dos Santos (Eds.). 1981. Aquatic Biota of Tropical South America. Part 1. Arthropoda. San Diego State University, San Diego.

Hurlbert, S.H. & A. Villalobos-Figueroa (Eds.). 1982. Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies. San Diego State University, San Diego.

ICAB. 2000. Diagnóstico Preliminar de la Gira Socioambiental y Científica a la Reserva Forestal El Montuoso, Provincia de Herrera: Evaluación Ecológica Rápida del Componente de Fauna Acuática. Informe Final. ICAB, Universidad de Panamá.

ICF Kaiser-ANCON. 1996. Evaluación Ecológica Terrestre y Acuática Rápida del Proyecto Minero Petaquilla. Informe Final. ICF Kaiser-ANCON para Teck Corporation.

McCafferty, W.P. 1981. Aquatic Entomology. Science Books International, Boston.

Merritt, R.W. & K.W. Cummins. 1978. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall Publishing Company, Iowa.

Méndez, G. M. 1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Bol. Instituto Mar del Perú* 5:1-170.

Needham, J.G. & P.R. Needham. 1978. Guía Para el Estudio de los Seres Vivos de las Aguas Dulces. Reverté, Barcelona.

Pennak, R.W. 1989. Fresh-Water Invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca. 3ra ed., John Wiley & Sons, New York.

Pérez, G.R. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. FEN Colombia, COLCIENCIAS. Universidad de Antioquia, Colombia.

Zaret, T.M. 1980. Predation and Freshwater Communities. Yale University Press, New Haven.

Zaret, T.M. 1984. Central American Limnology and Gatun Lake, Panamá. págs. 447-576. En: Taub, F.B. (Ed.). Ecosystems of the World 23, Lakes and Reservoirs. Elsevier, New York.

AGRADECIMIENTOS

A Ramón Alvarado y Aramis Averza, por todo el apoyo de campo y logística recibido. A Milton García (insectos acuáticos), Miguel Avilés (moluscos) y Jorge García (macroinvertebrados), por la determinación o verificación de especies de su dominio. A Víctor Martínez Cortés, por el suministro de los especímenes de la colecta de las Quebradas Alicia y Gato.

Recibido marzo del 2002, aceptado julio del 2002.

ANEXO

Cuadro No. 1. Número de individuos colectados de infauna y macroinvertebrados bentónicos asociados al río San Félix durante octubre 1996 a junio 1997. Col.-Colecta (I: 10/96, II: 12/96, III: 03/97 y IV: 05-06/97). Estaciones (CCH: 1: río Colorado, 2: r. Escopeta, 3: r. San Félix-arriba, 4: r. San Félix-centro de acopio, 5: r. Mogja, 6: r. San Félix-abajo 1, 7: r. Balsa, 8: r. San Félix-abajo 2 y 14: r. San Félix-puente; H-2: r. Rincón o Piedra; CFH-5: r. Flores, T-1: r. Tabasará, H-4: r. Rincón 2, LE: Laguna Escopeta, QS: Qda. Sardilla y QA/G: Qdas. Alicia y Gato).

TAXA	Col.	CCH-1	CCH-2	CCH-3	CCH-4	CCH-5	CCH-6	CCH-7	CCH-8	CCH-14	H-2	CFH-5	T-1	H-4	LE	QS	QA/G	TOT.
Insecta																		
Huevo	II	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	III	0	0	3	0	6	6	0	10	0	1	3	0	0	0	0	0	29
	IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Larva	I	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	16	0	0	17
	III	1	2	9	6	2	1	0	0	0	18	18	1	0	0	0	0	58
Niña	II	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	8
	III	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	7
Juvenil	II	0	0	1	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	6
Adulto	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
No identificado	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
Diptera																		
Chironomidae																		
Larva	II	0	0	16	0	2	1	5	0	2	1	0	0	0	0	0	0	27
	III	0	0	2	0	2	2	0	1	0	12	7	0	0	0	0	0	26
	IV	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	4
Adulto	II	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
TOTAL INSECTA		2	3	36	6	13	10	6	13	9	42	32	3	0	17	0	0	192

Cuadro No. 2. Número de individuos colectados de insectos acuáticos asociados al río San Félix durante octubre 1996 a junio 1997. Col.=Colecta (I: 10/96, II: 12/96, III: 03/97 y IV: 05-06/97). Estaciones (CCH-1: río Colorado, 2: r. Escopeta, 3: r. San Félix-arriba, 4: r. San Félix-centro de acopio, 5: r. Mogla, 6: r. San Félix-abajo 1, 7: r. Balsa, 8: r. San Félix-abajo 2 y 14: r. San Félix-puente, H-2: r. Rincón o Piedra, CFH-5: r. Flores, T-1: r. Tabasará; H-4: r. Rincón 2; LE: Laguna Escopeta y QS: Qda. Sardinilla).

TAXA	Col.	CCH-1	CCH-2	CCH-3	CCH-4	CCH-5	CCH-6	CCH-7	CCH-8	CCH-14	H-2	CFH-5	T-1	LE	QS	TOT.
Coeloptera																
Gyrinidae	II	0	0	3	0	0	6	6	8	0	1	0	0	3	0	27
	III	0	0	0	2	0	1	4	0	0	5	2	0	0	0	14
	IV	0	4	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	7
No determinado	II	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	3	1	0	9
Hemiptera																
Belostomatidae																
<i>Belostoma sp.</i>	I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	III	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	8
	IV	0	0	5	1	0	10	0	0	0	0	4	0	0	0	20
Gerridae																
<i>Gerris sp.</i>	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9
	II	0	0	2	0	0	0	0	4	0	7	3	0	0	0	16
<i>Limnaginus sp.</i>	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5
	III	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	11	0	0	0	17
	IV	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	4

	IV	0	0	0	0	0	11	0	0	0	1	0	0	0	0	12
<i>Trocepus sp.</i>	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	II	0	1	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	2	0	14
	III	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	10
	IV	5	0	7	0	8	5	1	19	1	13	0	0	0	0	59
No determinado	II	0	0	19	3	0	2	1	0	124	15	0	0	1	0	165
	III	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	IV	0	0	0	0	11	0	0	0	8	23	0	0	0	0	42
Notonectidae	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15
	II	1	11	0	0	0	0	0	0	0	2	41	48	8	0	111
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	24	13	0	0	56
	IV	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
No determinado	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
Odonata	II	0	0	0	0	0	0	3	0	3	2	0	0	6	2	16
	III	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
No determinado																
Larvas	IV	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5
Juveniles	II	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	30	0	32
Adultos	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
TOTALES		13	21	48	51	26	42	37	37	187	126	169	129	66	14	966



RESPUESTA DE UN DIPOLO MAGNÉTICO VERTICAL ANTE LA PRESENCIA DE CARACTERÍSTICAS PALEOAMBIENTALES DE SITIOS PREHISPANICOS

^{1,2}Louis Pastor, ¹Christian Camerlynck, ¹Nicolas Florach, ¹Eric Marmet, ¹Roger Guerin, ²Richard Vanhoeserlande, ³Alexis Mojica, ⁴Muriel Llubes, ⁵Ricardo Tascón, ⁶Rene Viel

¹Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, Francia, Département de Géophysique Appliquée, UMR 7619 Sisyphé.

²Université de Paris 7, Francia.

³Universidad de Panamá, Departamento de Física, CITEN e Instituto de Geociencias.

⁴Université de La Rochelle, Francia.

⁵Université de Reims, Francia.

⁶Asociación Copán, Honduras.

RESUMEN

La utilización de corrientes inducidas en el subsuelo ha constituido, hoy día, un punto muy importante en el desarrollo de instrumentos complejos, capaces de cuantificar el nivel de conducción de carga eléctrica a través de un determinado volumen de terreno. En este trabajo se analiza la respuesta, como señal física, de ciertos dispositivos electromagnéticos basados en el principio físico de inducción (dipolos magnéticos), ante la presencia de estructuras arqueológicas y ciertos elementos que formaron parte de los alrededores de uno de los centros político-religiosos más importantes de toda la civilización mesoamericana. Se presenta, como caso específico, la respuesta de un paleocanal obtenida en la zona oeste del Conjunto Principal de Copán - Ruinas, Honduras.

PALABRAS CLAVES

Análisis cartográfico, campo electromagnético, conductividad eléctrica, dipolo magnético, paleocanal, Slingram.

INTRODUCCIÓN

En el marco de un proyecto de investigación desarrollado por la Asociación Copán, en Honduras, en conjunto con las Universidades de Paris VI y 7 de Francia y la Universidad de Panamá, se han empleado nuevas herramientas geofísicas, aplicadas a la detección de características arqueológicas en los alrededores del complejo arqueológico de Copán, o también conocido como Conjunto Principal de Copán - Ruinas. Dichas herramientas han permitido el reconocimiento de la naturaleza del subsuelo, tanto a nivel superficial como también a profundidad.

Gracias a los avances tecnológicos de hoy día, en cuanto a la prospección geofísica se refiere, el registro de la data puede efectuarse de manera automática, en donde la misma es almacenada y trasladada a un ordenador bajo extensiones informáticas específicas. Estas características fueron analizadas para la detección de antiguos conductos naturales de agua o paleocanales, pero sin dejar de lado la importancia de algunos tópicos teóricos muy relevantes concernientes al método empleado en dicho análisis.

MARCO TEÓRICO

Los métodos electromagnéticos reagrupan una gran cantidad de instrumentos diferentes destinados a medir ciertos parámetros geofísicos, como lo son la conductividad eléctrica, la susceptibilidad magnética o la permitividad dieléctrica. En este trabajo nos hemos interesado en aplicar las características de los dipolos magnéticos verticales y su importancia en el estudio de la conductividad eléctrica del subsuelo.

Para entender la naturaleza de la respuesta de un dipolo magnético, es necesario considerar el esquema de la figura 1, el cual presenta dos bobinas localizadas sobre la superficie de un terreno uniforme y homogéneo. Una de ellas, la emisora \mathcal{J} , se encuentra alimentada por una corriente alterna, en el rango de las audio frecuencias, mientras que la segunda bobina \mathcal{R} , (receptora) se localiza a una distancia d de la emisora.

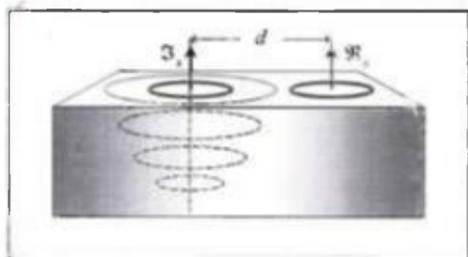


Fig. 1. Distribución de las bobinas emisora y receptora en un arreglo vertical sobre un terreno uniforme y homogéneo.

La circulación de una corriente alterna sobre la bobina emisora genera un campo magnético primario B_p , cuya variación temporal inducirá en el subsuelo corrientes de pequeñas intensidades. Estas a su vez generarán un campo magnético secundario B_s , el cual es detectado por la bobina receptora.

Generalmente, este campo magnético secundario es una función complicada de la separación d entre las bobinas, de la frecuencia y de la conductividad eléctrica del subsuelo (McNeill, 1980). Sobre el terreno, lo que normalmente se obtiene es la razón entre el campo magnético secundario y primario, de manera tal que es posible expresar dicho resultado en términos de la conductividad σ , es decir que:

$$\frac{B_s}{B_p} = 2 \left\{ 9 - \left[+9 \left(i\omega\mu_0\sigma d + 4i\omega\mu_0\sigma d^2 + (i\omega\mu_0\sigma)^2 d^3 \right) \frac{1}{\omega\mu_0 d} \right] \right\} \frac{1}{i\omega\mu_0\sigma d^2} \quad (1)$$

en donde el valor de w está dado en términos de la frecuencia f ($w = 2\pi f$). La permeabilidad del espacio vacío está dada por μ_0 . La expresión (1) puede ser simplificada bajo ciertas condiciones, ya que es posible definir, además, un parámetro muy importante que caracteriza el semiespacio homogéneo que se estudia, al mismo se le conoce con

el nombre de profundidad de piel (λ). Esta profundidad es la distancia (en dicho espacio homogéneo) que una onda plana recorre cuando su amplitud ha sido atenuada e^{-1} veces con respecto a la de la superficie. De acuerdo a McNeill, la profundidad de piel está dada en términos de:

$$\lambda = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu_0 \sigma}} \quad (2)$$

Y ahora, es posible definir una razón entre la distancia d de separación entre las bobinas y la profundidad de piel λ , la cual se conoce con el nombre de *número de inducción* β . Es decir que $\beta = d/\lambda$. Para un número de inducción pequeño, la expresión (1) puede reducirse a la forma:

$$\frac{B_s}{B_p} = \omega \mu_0 \sigma \frac{d^2}{4} \quad (3)$$

En realidad, el instrumento de prospección electromagnética puede ser capaz de medir la conductividad eléctrica del suelo, si se escogen valores bajos de la frecuencia de operación. De esta forma, es posible derivar una expresión de la conductividad eléctrica registrada por el dispositivo a partir de la ecuación (3):

$$\sigma_e = \frac{4}{\omega \mu_0 d^2} \left| \frac{B_s}{B_p} \right|_{\text{comparativo}} \quad (4)$$

INSTRUMENTACIÓN

El sistema empleado en el análisis corresponde al dispositivo EM31, perteneciente a la familia Slingram (nombre sueco asignado a los dispositivos electromagnéticos que se basan en el principio físico de inducción). Este dispositivo posee una distancia d fija, de 3,66 m y funciona a una frecuencia de 9,8 kHz. La figura 2 muestra la disposición y uso del sistema en el terreno.



Fig. 2. Dispositivo EM31 de la familia Slingram.

Con el dispositivo EM31, es posible obtener información acerca de la naturaleza del subsuelo hasta una profundidad de exploración de 5 m (McNeill, 1980). Sin embargo, es necesario considerar que esta profundidad depende de las propiedades físicas del subsuelo. Las medidas pueden ser tomadas punto a punto, a lo largo de un perfil o varios perfiles, para efectos de mapeo, y gracias a la adaptación de un panel de almacenamiento automático sobre la estructura central, los datos de la conductividad eléctrica medidos en cada punto sobre la superficie de interés, pueden ser registrados y posteriormente trasladados de manera automática a un ordenador, en forma de archivo, con una extensión específica.

Los principales elementos que conforman este dispositivo (las espiras receptora y emisora) se encuentran localizados en los extremos del tubo blanco que se aprecia en la figura 2.

EL SITIO DE INTERES

En Honduras se encuentra uno de los vestigios arqueológicos más importante de toda la cultura mesoamericana, hacemos referencia al Conjunto Monumental de Copán, (localizado en el Valle de Copán), el cual ocupa un lugar trascendental en la historia de la civilización maya.

El origen de la civilización maya, que de acuerdo a los resultados de las investigaciones arqueológicas realizadas por (Murphy, 1999), fechada a partir de 2000 años a.C., se encuentra estrechamente relacionado con la llegada del hombre al Continente Americano por el estrecho de Bering. Existen hipótesis fuertemente apoyadas, según (De Blas et al, 2000), que establecen dos penetraciones de grupos humanos provenientes del continente asiático, la primera, realizada 40000 años a.C. y una posterior 12000 años a.C. Los resultados de las investigaciones arqueológicas obtenidas sobre la zona maya, comprendida por Guatemala, Belize, El Salvador, Honduras y la parte sureste de México (Yucatán), indican que la misma fue ocupada después de esta época arcaica comprendida entre 6000 y 4000 años a.C. (Laughton, 1999).

Copán se encuentra a 600 m de altitud, y ocupa la zona oriental de la civilización maya (ver figura 3).



Fig. 3. Posición geográfica de Copán en Honduras.

En cuanto a la arquitectura maya se refiere, sus viviendas eran construidas de un tipo de material orgánico perecedero (Berges, 1999). Sin embargo, las estructuras destinadas al desarrollo de actividades cívico - religiosos conservan su postura, no solamente en Copán, sino también en una gran cantidad de ciudades mayas. Dichas estructuras se caracterizan por el tipo de material con la cual fueron edificadas, hacemos referencia a la piedra caliza como material de construcción.

Estos elementos comunes presentan, sin embargo, variantes regionales y temporales que permiten reconocer estilos o provincias arquitectónicas. De acuerdo a los sondeos arqueológicos llevados a cabo en el sitio, la Acrópolis se estableció sobre una zona poco elevada, en tierras pantanosas adyacentes al río Copán (Sharer, 1996).

A pesar de toda la valiosa información arqueológica que ha sido recolectada hasta la fecha, sobre el origen de la Acrópolis de Copán, hoy día gran parte de los esfuerzos han sido encaminados a estudiar las características arqueológicas y paleoambientales de las zonas que rodean a este conjunto monumental. Este trabajo centra su atención en analizar la respuesta de la conductividad eléctrica del subsuelo, empleando dipolos magnéticos en la sección occidental del Bosque, situado también al suroeste de la Acrópolis de Copán (ver figura 4).



Fig. 4. Delimitación de la sección suroeste de la Acrópolis de Copán o zona de interés.

PARTE EXPERIMENTAL

El proceso de medición de la conductividad eléctrica del subsuelo se llevó a cabo cada 10 m a lo largo de un perfil, y éstos a su vez, separados una distancia de 10 m sobre la zona. Era necesario tomar en consideración la misma altura a la cual el sistema EM31 se disponía para cada usuario.

La data obtenida se procesó posteriormente sobre un ordenador. Con la ayuda del programa Mk2, los datos almacenados en el sistema electromagnético pudieron ser transferidos, posteriormente, dichos datos (en extensión dat) pudieron ser tratados numericamente en Wumap 2001 y, al final, representados en Surfer 7. Esta prospección electromagnética conllevó a la definición de una de malla de interpolación de $(5 \times 5) m^2$ mediante la aplicación del algoritmo de curvatura mínima. La figura 5 muestra la distribución de los datos sobre la zona prospectada, en coordenadas simples de terreno.

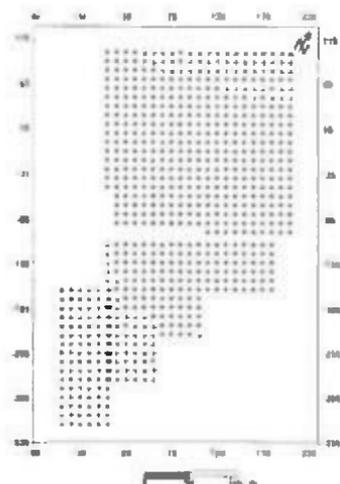


Fig. 5. Distribución de los puntos en los cuales, se midió el valor de la conductividad eléctrica.

En resumen, se prospectó en total una superficie de 6,30 hectáreas, con una cantidad de datos de 874 en total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los datos de campo generados a través de la campaña de prospección y una posterior definición de algunos parámetros necesarios a la hora de desarrollar el mapeo, como la distancia mínima

de interpolación y las dimensiones de las ventanas de filtraje, se obtuvo el resultado de la figura 6. El mismo presenta valores de la conductividad eléctrica que van desde los 40 a 148 mS/m. Una notable anomalía de este parámetro se hace evidente a lo largo de toda la zona prospectada, con valores que superan los 115 mS/m, la cual es representada por un polígono de líneas blancas punteadas (ver figura 6). Las investigaciones arqueológicas han arrojado a la luz la existencia de deposición de material de tipo aluvial, la cual se encuentra estrechamente relacionada con un paleocanal que se extendía desde la sección norte de las estructuras principales del Complejo Arqueológico, hasta lo que representa hoy día el cauce actual del Río Copán.

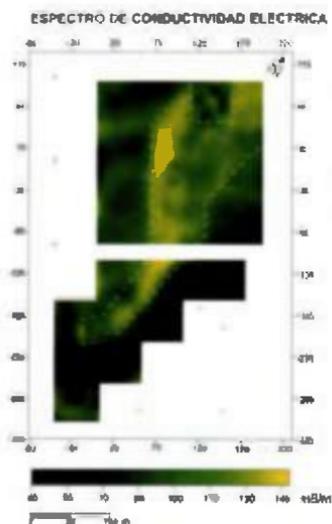


Fig. 6. Espectro de conductividad eléctrica obtenida en Surfer 7, en la zona occidental del Bosque.

El recuadro hecho a base de líneas punteadas que se observa en el extremo superior de este espectro, revela la presencia de cuatro anomalías puntuales con valores bajos de la conductividad eléctrica. Las anomalías encerradas en dicho recuadro se encuentran estrechamente relacionada con la presencia de las bases de una estructura arqueológica prehispánica de tipo piramidal, que ha sido reportada por las investigaciones arqueológicas desarrolladas en el área. Estas anomalías presentan valores de la conductividad eléctrica muy bajos, en el orden de los 45 mS/m.

CONCLUSIONES

El espectro de conductividad eléctrica obtenido en la zona occidental de la Acrópolis de Copán, con el dispositivo EM31, muestra de manera general, dos anomalías importantes, propias de características arqueológicas diferentes. Una de ellas constituye una clara zona de valores bajos, con un alineamiento NE - SW, revelando la dirección de un drenaje antiguo o paleocanal y, en la sección superior, una segunda anomalía de altos valores de dicho parámetro, cuya distribución se encuentra asociada a las bases de un posible antiguo montículo maya. Existen dos hipótesis concernientes a dicho montículo, uno de ellos que lo relaciona al producto del desmantelamiento de las estructuras arqueológicas, y la otra, que la relaciona al límite de la zona de hábitat del Bosque.

Las investigaciones arqueológicas de hoy día han logrado demostrar la existencia de una rívera antigua, propia del entorno paleoambiental del valle de Copán, y que posiblemente existió mucho antes de la ocupación maya.

ABSTRACT

The utilization of induced currents in the subsoil has currently constituted an outstanding point in the development of complex systems, capable to quantitatively assess the electrical charge conduction level by a determinated ground volume. This study analyzes the response, as a physical sign, by certain devices based in the physics principle of induction (magnetic dipoles) with regard to archaeological structures and certain elements that once were part of the surroundings of one of the most important political - religious sites of the mesoamerican civilization. As a specific case, the response of a paleochannel obtained in the western zone of the Conjunto Principal de Copán - Ruinas, Honduras, is presented.

KEYWORDS

Cartographic analysis, electromagnetic field, electrical conductivity, magnetic dipole, paleochannel, Sligram

REFERENCIAS

Agurcia, R. 1996. Rosalila, el corazón de la Acrópolis. El templo del Rey - Sol. Revista Yaxkin. Vol. 14, pp 5 - 18.

Berges, L. 1999. Arquitectura Maya. Revista Arqueohispania. Nº 15.

Dabas, M.; H. Deletang, A. Ferdière, C. Jung & W. Zimmermann 1998. La Prospection. Collection Archéologiques. Ediciones Errance, Francia.

De Blas, P.; J. De La Puente, M. Servia, E. Roca, & R. Rivas. 2000. Historia común de Iberoamérica. Ediciones Edaf y Albatros, S.A. España.

Edet, A. 1990. Application of photogeologic and electromagnetic techniques to groundwater exploration in northwestern Nigeria. Journal of African Earth Sciences. Vol. 11, Nº 3/4, pp 321-328.

Guérin, R.; Y. Meheni, G. Rakotondrasoa & A. Tabbagh. 1996. Interpretation of sligram conductivity mapping in near - surface geophysics: using a single parameter fitting with 1D model. Geophysical Prospecting. Nº 44, pp 233 - 249.

Hazell, J.; C. Cratchley & A. Preston. 1988. The location of aquifers in crystalline rocks and alluvium in Northern Nigeria using combined electromagnetic and resistivity techniques. Quarterly Journal of Engineering Geology. Vol. 21, pp 159-175.

Laughton, T. 1999. Les Mayas. Ediciones Gründ, Francia.

McNeill, J. 1980. Applications of transient electromagnetic techniques. Notas Técnicas editadas por la Geonics Instruments, Ontario, Canadá.

Mojica, A. & N. Florach. 1998. Aplicación de los espectros de conductividad y resistividad eléctrica a problemas hidrogeológicos en el suroccidente de Francia. *Scientia*. Vol. 13, Nº 2, pp 73 - 81.

Murphy, V. 1999. Copán: en el Valle de los Reyes. *Revista Arqueohispania*. Nº 15.

Parasnis, D. 1997. Principles of Applied Geophysics. Ediciones Chapman & Hall, Londres.

Sodat, D. 1996. Etapas tempranas en la evolución de la Acrópolis de Copán. *Revista Yaxkin*. Vol. 14, pp 19 - 27.

Sharer, R. 1996. Los patrones de desarrollo arquitectónico en la Acrópolis de Copán del Clásico Temprano. *Revista Yaxkin*. Vol. 14, pp 28 - 34.

Tabbagh, A. 1986. Applications and advantages of Stigram electromagnetic method for archaeological prospecting. *Geophysics*. Vol. 51, Nº 3, pp 576 - 584.

Tabbagh, A. 1992. Méthodes géophysiques appliquées à la prospection archéologique. *Mém. Soc. géol. France*. Nº 161, pp 9 - 15.

Telford, W.M.; L.P. Geldart & Sheriff, R.E. 1996. Applied Geophysics. Cambridge University Press, Londres.

AGRADECIMIENTO

Deseamos extender nuestro más profundo agradecimiento a la Asociación Copán en Honduras y al CCCAC con sede en Costa Rica, por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo. Al Dr. Pierre Mechler, como director del Laboratorio de Geofísica Aplicada de la Universidad de Paris 6, por facilitarnos el uso de gran parte de los dispositivos de prospección geofísica. De igual manera, a todos los participantes de la III Escuela de Geofísica Aplicada para América Central, celebrada en Copán a mediados de 2000, cuyos resultados de las prospecciones geofísicas sirvieron de base para la correlación y continuación de los trabajos de investigación que este escrito presenta.

Al Departamento de Física, Instituto de Geociencias y al Centro de Investigaciones con Técnicas Nucleares (CITEN) de la Universidad de Panamá, por la total ayuda brindada a lo largo de este trabajo.

Recibido mayo del 2002, aceptado julio del 2002.



PRIMERA CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS SALTAMONTES (ORTHOPTERA: ACRIDOIDEA) DEL PARQUE NACIONAL COIBA, PANAMÁ

Lesbia I. De Gracia P. y Roberto A. Cambra T.

Universidad de Panamá, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Estafeta Universitaria, Panamá, República de Panamá.

email: lesbia2073@yahoo.com; rcambra@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

Este trabajo representa la primera contribución al conocimiento de Acridoidea (Insecta: Orthoptera) "saltamontes" del Parque Nacional Coiba (PNC). Se registran para el PNC dos familias, ocho géneros y nueve especies de saltamontes, incluyendo una especie del género *Maculipara* Jago que no ha sido previamente descrita. Las tres especies con más especímenes colectados fueron: *Abracris flavolineata* (DeGeer), 1773 con el 60%, *Orphulella punctata* (DeGeer), 1773 con el 24% y *Ampelophilus olivaceus* (Giglio-Tos), 1897 con el 5%. Datos sobre la diversidad de Acridoidea en Panamá son presentados.

PALABRAS CLAVES

Saltamontes, Acridoidea, Parque Nacional Coiba, diversidad.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la superfamilia Acridoidea agrupa siete familias (Rowell & Flook 1998). Este taxón de insectos llamados comúnmente "saltamontes", se encuentra representada en Panamá por dos familias: Acrididae, con 12 subfamilias y 39 géneros y Romaleidae, con dos subfamilias y 24 géneros (De Gracia 2001, Rowell 2001). La familia Acrididae en Panamá es la más diversa con 71 especies (65.7%), en tanto que la Romaleidae sólo presenta 37 especies (De Gracia 2001, Rowell 2001). Esta última familia incluye el mayor número de

especies habitantes del dosel del bosque. Los saltamontes de Panamá están siendo estudiados desde 1997 por el Dr. Hugh Rowell, especialista del grupo que viene a Panamá cada dos años a realizar colectas durante un mes y a examinar los especímenes depositados en el Museo de Invertebrados G. B. Fitchchild, Universidad de Panamá (MIUP). Por lo tanto, consideramos que en los próximos años podremos conocer con mayor exactitud el número de especies presentes en nuestro país.

La isla Coiba, la más grande del Pacífico de las Américas con 535 km² de extensión, fue declarada Parque Nacional el 17 de diciembre de 1991. En 1993 surge el interés de parte de científicos españoles de realizar estudios biológicos y conocer la biodiversidad del PNC y su potencial turístico, proyecto apoyado económicamente por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI). En 1998 la AECI y la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) invitaron al personal del MIUP a participar en este estudio.

No existen publicaciones previas que documenten las especies de saltamontes presentes en el Parque Nacional Coiba (PNC). Por lo tanto, el presente trabajo intenta aportar la primera contribución al conocimiento de los saltamontes del PNC.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Parque Nacional Coiba (PNC) e incluyó las islas Coiba y Coibita (esta última también llamada Isla Ranchería). Cardiel *et al.* (1997) presentan excelente información sobre la situación geográfica, fisiografía, geomorfología, costas y clima del PNC.

Dos giras de campo al PNC se realizaron en el año 1998: 5-13 marzo (estación seca) y 29 julio a 6 de agosto (estación lluviosa). Los muestreos se hicieron en las siete localidades del PNC que aparecen en la figura 1. Como material de colecta se utilizaron redes entomológicas manuales de malla fina (378 horas, tres personas), de batido (18 horas, una persona) y trampas Malaise, Fownes modificada (3888 horas, nueve trampas). Las colectas manuales se realizaron desde las 8:00 a.m. hasta 3:00 p.m. y las trampas Malaise estuvieron colectando las 24 horas del día. Los especímenes capturados fueron

identificados por el Dr. H. Rowell y se encuentran depositados en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá (MIUP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ciento cuarenta y ocho especímenes de Acridoidea se colectaron en el PNC, representando dos familias, ocho géneros y nueve especies (Cuadro 1), incluyendo una especie del género *Moculiparia* Jago que no había sido previamente descrita. Esta especie ha sido reconocida como nueva para la ciencia por el Dr. Rowell, quien la describirá e ilustrará en una publicación posterior. Los 148 ejemplares colectados representan 75 machos, 41 hembras y 32 inmaduros. En la primera gira de campo (marzo) se colectaron 49 adultos y cinco inmaduros. En la segunda gira (julio-agosto) se colectaron 67 adultos y 27 inmaduros. La mayor cantidad de especímenes adultos y juveniles colectados durante la segunda gira, 67 de los 116 adultos y 27 de los 32 inmaduros, lo interpretamos propio de la estación del año en la que fueron colectados, ya que estos son meses de lluvia, en donde hay una mayor abundancia de alimentos para los saltamontes (hojas nuevas) (Cuadro 1).

Las siguientes tres especies obtuvieron los mayores porcentajes de especímenes colectados: *Abracris flavolineata* (DeGeer), 1773 (Fig. 2) con el 60%, *Orphulella punctata* (DeGeer), 1773 (Figs. 3, 4) con el 24% y *Ampelophilus olivaceus* (Giglio-Tos), 1897 (Fig. 5) con el 5%. *Abracris flavolineata* y *O. punctata*, las dos especies con más individuos colectados en el PNC, son de actividad diurna y ocupan habitats abiertos con Poaceae como vegetación predominante. No se colectaron especies ápteras en el área de estudio del PNC. Dos del total de nueve especies que hemos identificado en el PNC son braquiópteras: *A. olivaceus* (Acrididae) y *Moculiparia* sp. (Romaleidae). Estas dos especies braquiópteras se encontraron habitando el sotobosque. Un solo espécimen de *Tropidacris cristata* (Linnaeus), 1758 (Figs. 6, 7) fue colectado en el PNC. Este es el acridoideo de mayor tamaño en Panamá, con una longitud de hasta 11 cm (de la cabeza al ápice del abdomen) y con una expansión alar de casi 25 cm. El muestreo con red manual brindó el 90.5% del total de especímenes capturados, mientras que con las trampas Malaise se capturó sólo el 6.8% y con la red de batido el 2.7%.

Rowell (2001) reconoce para Panamá 53 géneros y 708 especies de Acridoidea. Sin embargo, en nuestros muestreos se ha demostrado en el PNC la presencia de 8.4% de este total de las especies conocidas para Panamá. Por lo tanto, el número de especies de acridoideos en el PNC es baja comparada con el resto del país.

CONCLUSIONES

Hemos encontrado en el PNC sólo 8.4% de Acridoidea reportada para el resto del país, esto probablemente se deba a los siguientes tres factores: 1) Muestreos incompletos de saltamontes (sólo dos giras de campo). No se ha monitoreado la fauna del dosel del bosque; algunas especies de Romaleidae son habitantes exclusivos del dosel y sólo bajan en un corto tiempo al sotobosque, cuando van a ovipositar; 2) La condición de colonia penal de la isla Coiba dificultó la movilización para efectuar muestreos adecuados; 3) Dificultad y falta de vías de acceso a la mayor parte de los sitios del PNC. Consideramos que futuros muestreos demostrarían que el número de especies de acridoideos en el PNC es mayor que el observado en la presente investigación.

ABSTRACT

This paper represents the first contribution to the knowledge of Acridoidea (Insecta: Orthoptera) "grasshoppers" of the Coiba National Park (PNC). We report for the PNC two families, eight genera and nine species of grasshoppers, including undescribed species of the genus *Mantoparia* Jago. The three species with more specimens collected were: *Abraxia flavolineata* (DeGeer), 1773 with 66%, *Oryzodetta punctata* (DeGeer), 1773 with 24% and *Anopelaphus olivaceus* (Giglio-Tos), 1897 with 5%. We compare the diversity of Acridoidea from Panama with the PNC.

KEY WORDS

Grasshoppers, Acridoidea, Coiba National Park, diversity.

REFERENCIAS

Cardiel, J. M.; Castroviejo, S. & M. Velayos. 1997. El Parque Nacional de Coiba: El Medio Físico. p.11-30. En: Castroviejo, S. (ed.), *Flora y Fauna del Parque Nacional de Coiba (Panamá), Inventario Preliminar*. Agencia de Cooperación Española, Madrid, España. 534 p.

De Gracia, L. I. 2001. Acridoidea (Orthoptera: Caelifera) de la vertiente Atlántica del Istmo de Panamá, con observaciones sobre su biología. Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá. 100 págs.

Rowell, C. H. F. 2001. Caeliferan species list for Panama. Manuscrito no publicado. 8 págs. Universidad de Basel, Suiza.

Rowell, C. H. F. & P. K. Flook. 1998. Phylogeny of the Caelifera and the Orthoptera as Derived from Ribosomal Gene Sequences. *Journal of Orthoptera Research* 7: 147-156.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y a la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) por el apoyo financiero y logístico, en especial a Ceferino Sánchez, ex-Director de la SENACYT. A Hugh Rowell, Universidad de Basel, Suiza, por la identificación de los especímenes, comentarios e información brindada para mejorar este manuscrito. A Diomedes Quintero, Director del MIUP, por el aporte de sus sabios comentarios para mejorar el presente trabajo. Agradecemos a Alonso Santos, Técnico del MIUP, por tomar las fotografías del presente trabajo. A Alonso Santos y Alejandro Almanza, por su colaboración y apoyo brindado durante las dos giras de campo al PNC. Nuestro agradecimiento a todo el personal de la Autoridad Nacional del Ambiente que colaboró durante las colectas de campo.

Recibido junio del 2002, aceptado julio del 2002.

ANEXO

Cudro 1. Lista de Acridoidea (saltamontes) colectados en el Parque Nacional Coiba.

Taxón	Datos de colecta	M	H	I	T
ACRIDIDAE					
Parque Nacional Coiba					
<i>Cyrtacanthacrididae</i>					
<i>Scrimacris</i> sp	Isla Coiba, 6 mar 98	1			1
	Isla Coiba, 30 jul 98	1			1
	Camp. Las Salinas, 2 ago 98	1			1
Gomphocerinae					
<i>Oryzias</i> sp.	Isla Coiba, 6 mar 98		1		1
(DeGeer, 1773)	Camp. Playa Blanca-Carriales, 9 mar 98			3	3
	Isla Coiba, 30 jul 98	1			1
	Camp. Playa Blanca-Carriales, 31 jul 98			2	2
	Camp. Productiva, 1 ago 98	1		4	6
	Camp. Las Salinas, 2 ago 98	1	1	3	5
	Camp. Juncal, 3 ago 98	1			1
	Estación Biológica, 1-6 ago 98	1	1	1	3
<i>Leptacris</i>					
<i>Neocricia</i> sp	Camp. Las Salinas, 2 ago 98			1	1
<i>Neocricia obscura</i> (Thunberg, 1827)	Camp. Playa Blanca-Carriales, 31 jul 98		1	2	3
Otomobolusinae					
<i>Abracca</i> sp.	Isla Coiba, 6 mar 98	10	0	1	11
(DeGeer, 1773)	Cerro La Torre, 7-13 mar 98 Tr. Malzac, 420m		1		1
	Camp. Playa Blanca-Carriales, 31 jul 98		1		1
	Isla Coiba, 11 mar 98	11	0	1	12
	Isla Coiba, 20 jul-2 ago 98 Tr. Malzac	6			6
	Isla Coiba, 30 jul 98	1	0	1	2
	Camp. Playa Blanca-Carriales, 31 jul 98	4		1	5
	Camp. Productiva, 1 ago 98	6	1		7
	Camp. Las Salinas, 2 ago 98	1		1	2
Proctacridinae					
<i>Ampelisiphus</i> sp.	Isla Coiba, 29 jul-4 ago 98 Tr. Malzac				1
(Oglio-Tos, 1897)	Camp. Playa Blanca-Carriales, 31 jul 98	1		1	2
	Camp. Productiva, 1 ago 98	2			2
	Camp. Las Salinas, 2 ago 98				1
	Camp. Juncal, 3 ago 98				1
ROMALIIDAE					
Romaliinae					
Probablemente <i>Mesolysius</i> sp.	Cerro La Torre, 30-jul-5 ago 98 Tr. Malzac		1		1
(Rovelli, comunicación personal)	Camp. Playa Blanca-Carriales, 31 jul 98	1			1
<i>Mocisiparus</i> sp	Camp. Playa Blanca-Carriales, 31 jul 98	4			4
	Red de barro, Cerro La Torre, 7 mar 98	1			1
<i>Trisulocrus</i> sp.	Estación Biológica, 4 ago 98		1		1
(Linnaeus, 1758)					
	Total	28	41	32	146

M= Macho H= Hembra I= Inmaduro T= Total Camp.= Campamentos.

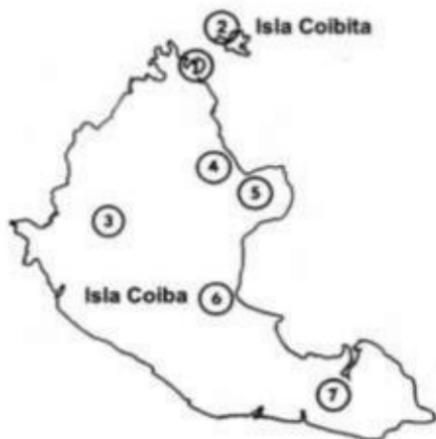
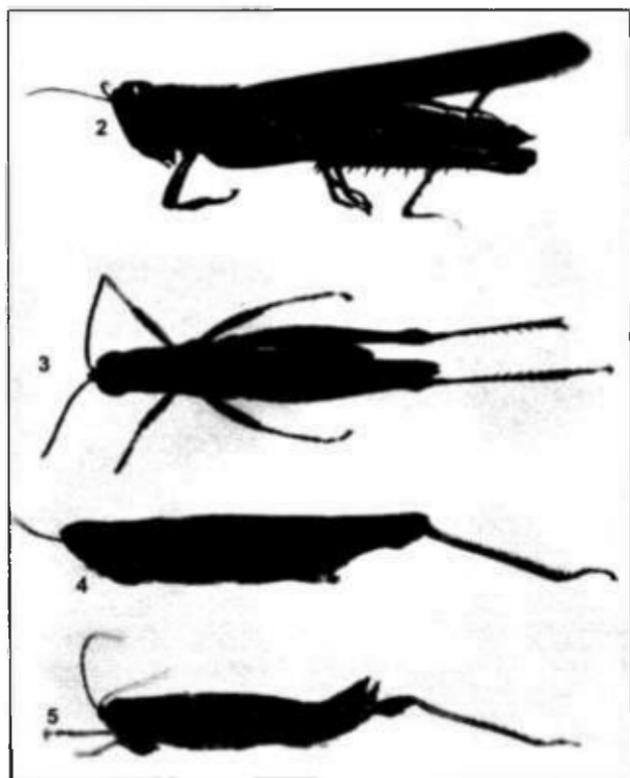


Fig. 1. Mapa de las Islas Coiba y Coibita mostrando las localidades muestreadas: 1 = Estación Biológica Coiba; 2 = Isla Coibita; 3 = Cerro La Torre; 4 = Campamento Juncal; 5 = Campamento Producción; 6 = Campamento Las Salinas; 7 = Campamento Playa Blanca-Cativalés.



Figs. 2-5. Acridoidea del Parque Nacional Coiba: 2, *Abracris flavolineata* (DeGeer), hembra, vista lateral, línea: 3.5 mm. 3-4, *Orphulella punctata* (DeGeer), macho: 3, vista dorsal, línea: 2 mm; 4, vista lateral, línea: 2 mm. 5, *Ampelophitus olivaceus* (Giglio-Tos), hembra, vista lateral, línea: 3 mm.



Figs. 6-7. *Tropidacris cristata* (L.), hembra: 6, vista dorsal, línea: 25.5 mm; 7, vista lateral, línea: 20 mm.



ANÁLISIS TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN PLAYA EL AGALLITO, CHITRÉ

¹Janzel R. Villalaz G., ¹Carlos Vega, ²Yessy Avila y ¹Juan A. Gómez H.

¹Universidad de Panamá, Departamento de Biología Marina y Limnología
e-mail: jvillala@yahoo.com

²Universidad de Panamá, Escuela de Biología

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar la abundancia y diversidad de los macroinvertebrados del mesolitoral inferior asociados al poliqueto *Americanuphis reesei* de la Playa El Agallito, Chitré. Las muestras fueron colectadas durante 13 meses continuos, con un promedio de 28 días entre fechas, a una profundidad de 15 cm en la línea de marea baja. Los parámetros físico - químicos se midieron durante cada muestreo. La temperatura promedio del sedimento fue de 29 °C, la del agua 29.3°C y la salinidad oscila entre 18‰ a 35 ‰. La precipitación máxima se registró durante el mes de septiembre con 319 mm de lluvia. El porcentaje de agua en el sedimento registró un promedio de 75.60 % y la materia orgánica un 3.17 %. La granulometría del sedimento de la playa El Agallito para el periodo de estudio promedio en arena gruesa 14.3%, en arena fina 73.97% y limo arcilla 11.86%. La abundancia de las especies registra una asociación con algunos de los parámetros ambientales durante el muestreo. De un total de 2143 individuos capturados, el micromolusco *Crasinella varians*, y la familia Onuphidae (en donde se ubica *Americanuphis reesei*) fueron los más abundantes en el estudio. Los índices de diversidad señalan que hay uniformidad y homogeneidad de las especies en algunos meses del año durante el estudio.

PALABRAS CLAVES

Macroinvertebrados, micromolusco, mesolitoral inferior, *Crasinella varians*, Onuphidae, granulometría, pelecipodos.

INTRODUCCIÓN

Las comunidades bentónicas se distribuyen entre las zonas litorales, sublitorales y los fondos abisales, pero la mayor diversidad se encuentra en la zona litoral (Earl & Erwin, 1983); sin embargo, los organismos marinos en la zona litoral han tenido que evolucionar con estrategias de protección contra la desecación. Algunos animales la evitan excavando en la arena húmeda; otros se encierran en sus conchas, reteniendo agua en su interior.

En la zona litoral, la estructura del suelo es muy variable y muy importante para determinar la distribución de invertebrados acuáticos, lo cual es particularmente evidente en hábitats marinos (Levinton, 1982). Según Gray (1981), Mc Lachlan (1983), Gonzalez & Harris (1991), la macrofauna bentónica de las playas está compuesta por poliquetos, moluscos, crustáceos, equinodermos y hemicordados. Estos últimos pertenecen a esta categoría solamente en sus estadios juveniles (Liñeros, 1997).

El litoral arenoso fangoso se puede definir como uno de los sistemas ecológicos marinos que presentan sedimentos con características mixtas debido a la combinación de arena y fango (Velez, 1971) y muchas veces la encontramos de una manera estratificada (Earl & Erwin, 1983). Las características mecánicas de un suelo o de un sedimento implican adaptaciones de los organismos. El sustrato arenoso se encuentra en la zona de movimiento activo de las aguas y los fondos fangosos en zonas más tranquilas. Además, influye en la disposición de la vida, ya que es un elemento de abrasión y fijación. El tamaño de las partículas es el que facilita el trabajo de los excavadores y determina el grado de dificultad de los alimentadores (Levinton, 1982). Wede (1972) señala que la diversidad bentónica en fondos arenosos - fangoso poco profundos es mayor en los trópicos que en las regiones templadas y predijo que las comunidades con mayor diversidad siempre serán encontradas en las regiones tropicales y en los fondos marinos, debido a la constancia de estos ambientes.

Entre los organismos distintivos de los fondos marinos están los poliquetos, que son abundantes y muy frecuentes en todos los ambientes marinos; son numéricamente dominantes en la mayoría de los sustratos blandos; colonizan y exhiben una amplia variedad de hábitos de vida (Liñeros, 1997). Knox (1977), D'Croz *et al.* (1988),

Gambi *et al.* (1994) señalan que los poliquetos son los macroinvertebrados más importantes del litoral arenoso fangoso gracias a su contribución alimenticia para otras especies y complemento dietético de algunas especies de valor comercial. Sus tubos son de forma y composición variable, algunos construidos basándose en mucus, a la cual se añaden partículas del fondo consolidando espacios en forma de tubo; o pueden ser membranosos, de compuestos orgánicos que se endurece al contacto con el agua.

Otro grupo de invertebrado en los fondos marinos son los moluscos, nombre común de los miembros de un filo de animales de cuerpo blando; sin duda entre los invertebrados más notables e incluyen formas tan conocidas como almejas, ostras, calamares, pulpo y caracoles (Barnes, 1989). Viven en cualquier tipo de clima, especialmente en los tropicales, en substratos de fondos arenosos, e incluye zonas extensas de manglares (Avilés, 1981).

Además de los poliquetos y moluscos, se pueden mencionar a los crustáceos, que se caracterizan por presentar una diversidad de tamaños; los organismos como los copepodos habitan en agua dulce como salada, mientras que otras especies son de vida libre, nadadores, y también pueden ser parásitos (Barnes, 1996). Los decápodos incluyendo los camarones, son nadadores activos y suelen habitar en estuarios o en sus proximidades, igualmente, pueden sobrevivir en aguas de muy baja salinidad (Croft, 1980).

Los equinodermos, por su parte, son animales exclusivamente marinos; residen en los fondos. Se dividen en varias clases, sin embargo, la mayoría son conocidos por sus nombres comunes (Barnes, 1996).

Los estudios realizados sobre la fauna marina en el área de Agallito son escasos y se relacionan con el bentos en general (González & Navarro, 1997; Arcia & Ruiz, 1999). Este estudio resalta la relación de las comunidades bentónicas de la playa El Agallito-Chitré, en las poblaciones de *Americanuphis reesei*, del cual sólo se tienen algunos estudios sobre su composición química (D'Cross *et al.*, 1988).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la playa El Agallito; esta zona se caracteriza por presentar una extensa apertura de marea con litoral arenoso

fangoso y mucha sedimentación. Se encuentra ubicada en la provincia de Herrera, Distrito de Chitré, a 8°00' N y 80°26' W, en el extremo occidental del Golfo de Panamá a 252.1 Km de la ciudad capital (fig.1).

La colecta se realizó mensual y continuamente desde mayo 1996 a mayo 1997, y excepto en agosto, cuando se realizó dos veces, con una periodicidad de 28 días entre las fechas. Para cada mes se tomó un total de cuatro muestras a una profundidad de 15 cm, y el peso de cada muestra osciló entre 2.5 a 6.0 Kg. Tres de las cuatro muestras se fijaron con formalina al 5%, y luego fueron cernidas en un tamiz de 0.589mm e identificadas en laboratorio. Para la muestra restante se realizó un análisis del tamaño de la partícula, que incluía un tamizado mecánico con ayuda de una batería de cernidores de apertura de malla de 1.00mm, 0.587mm, 0.417mm, 0.282mm, 0.080mm, que permitió obtener los porcentajes de arena en cada tamiz. La materia orgánica se obtuvo con un secado de 250 gramos de la muestra en el horno por 3 días a una temperatura de 80°C, y luego se incineró la misma en la mufla a 550°C por una hora.

En la identificación de los organismos se utilizaron claves de diversos autores como Keen, (1971); Fauchald, (1977); Liñeros, (1997). En los datos obtenidos se realizaron análisis ecológicos como índices de Shannon Weaver (H'), Índice de Riqueza de especies (RE) e índice de Equidad de Pielou (J') y un análisis de varianza con los diferentes parámetros físicos químicos.

RESULTADOS

La temperatura del sedimento durante el periodo de estudio mostró un patrón uniforme, con valores que oscilaron entre 25°C en noviembre de 1996 como mínimo y 35°C en junio de 1996 como máximo, con un promedio de 29°C (Fig. 2). Sin embargo, la temperatura del agua presenta valores mínimos que van desde 24°C en julio de 1996 a máximos de 35°C en diciembre de 1996, con un promedio de 29.3°C (Fig. 2). La temperatura del aire se mantuvo dentro de los ámbitos óptimos, entre 24°C en octubre de 1996 mínimo a 33°C en junio de 1996 máximo, con un valor medio de 28°C (Fig. 2). La precipitación presentó valores variables, como es de esperarse, para los ambientes tropicales, registrando su máximo valor durante el mes de septiembre de 1996 con 319 mm, mientras que para los meses de enero a marzo de

1997 se registraron los niveles más bajos de lluvias con 0 mm. lo que corresponde a la estación seca, y un promedio anual de 104 mm. (Fig. 3). La salinidad osciló de 15 a 30 ‰ durante los meses de mayo a diciembre de 1996 y los niveles más altos durante la temporada seca de 30 a 35 ‰, lo cual ocurrió en los meses de enero a abril de 1997 (Fig. 3).

El porcentaje de humedad que presentó la playa El Agallito osciló entre 68.72% como valor mínimo durante agosto de 1996; y alcanzó su valor máximo de 81.76 % en diciembre de 1996, los cuales promedian un valor de 75.60% (Fig. 4). La materia orgánica fue de 1.97% durante mayo de 1996 y 4.82% en agosto de 1996 promediando un valor de 3.17% (Fig. 4). La granulometría del sedimento estuvo conformada por 14.31% de arena gruesa, 73.97% de arena fina y 11.86% de limo arcilla (Fig. 5).

Un total de 2143 individuos fueron colectados en 0.65m² de área, distribuidos en 42 réplicas, donde los grupos presentes fueron moluscos con 64.6% (1385), los poliquetos con 27.1% (580), los crustáceos con 4.5% (97), los equinodermos con 3.7% (79) y los Cordados con 0.1% (2), durante el muestreo de la fauna bentónica (Cuadro 1).

La clase poliqueta presentó 38 familias descritas. La familia *Onuphidae* fue la más abundante y representó el 13.1%; en esta se encuentra el *Americomuphis reesei*. Otras familias de poliquetos son Serpulidae con 9.3%, Nerillidae con 7.9%, Lumbrineridae con 7.4%.

Los moluscos con 48 especies fueron el grupo más numeroso y, sin duda, los organismos más representativos de los fondos arenosos fangosos. La clase gastropoda, su mayores representantes lo fueron *Olivella volutella*, con 35.5%, *Nassarius complanatus* con 20.3%. En la clase pelecípoda, su mejores representantes fue *Crasinella varians* con 77.1% y *Crassatella sp.* con 13.8% del total de los moluscos colectados. Los crustáceos más representativos fueron *Ampelisca sp.* 75.2% y *Ancinus panamensis* con 18%. Para los equinodermos *Mellita sp* fue el más representativo y la familia *Gobbidae* por los peces (Cuadro 2).

La diversidad Shannon Weaver (H') reflejó sus valores mínimos (1.15) durante noviembre de 1996 y su valor máximo (3.62) en abril

de 1997, con promedio de diversidad de (2.39) para todo el estudio. La riqueza de especies (RE) reflejó que en mayo de 1996 sólo se obtuvieron 10 especies; sin embargo, para enero de 1997 se colectaron 35 especies. La Equidad de las especies es dada en función del índice de Pielou (J'), el cual muestra sus valores mínimos para noviembre de 1996 con 0.24 y sus valores máximos en abril de 1997 con 0.93 durante el estudio (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

La totalidad de la macrofauna bentónica de la playa El Agallito no presentó relación con los parámetros físico químicos; sin embargo, algunos de los organismos colectados presentaron una correlación positiva con la materia orgánica. Guzmán Alvis & Díaz (1993) señala que esto puede deberse a condiciones propias de cada población. Esta playa se caracteriza por presentar una gran cantidad de materia orgánica y una gran amplitud de marea. Según Levinton (1982), Luna & Villalaz (1990), González & Navarro (1997), existe una relación entre el tamaño del sedimento y las especies presentes y, además, juega un papel importante en la distribución de estas mismas especies.

González & Navarro (1997) y Arcia & Ruiz (1999) señalan que en esta playa, específicamente en el mesolitoral, los organismos dominantes son los poliquetos. Sin embargo, nosotros establecemos que en el mesolitoral inferior los organismos dominantes son los moluscos, en lo cual coincide con Gómez *et al.* (2001). Aguila *et al.* (1978), sostiene que la competencia entre los organismos va a depender de la materia orgánica contenida en el sedimento y es importante porque mantiene el suplemento alimenticio; esto explica de que manera los moluscos colonizan esta zona. González & Navarro (1997), Arcia & Ruiz (1999) señalan que la familia dominante de los poliquetos en la parte supralitoral de Playa Agallito es *Paranoidea*, sin embargo, nuestro estudio reflejó que la familia dominante en la parte mesolitoral inferior lo es *Onuphidea*, a la cual pertenece el *Americanuphis reesei*. D'Croz (1988), Gambi *et al.* (1994) señalan que este poliqueto es de gran valor e importancia comercial en la acuicultura. González & Navarro (1997) señalan que en esta zona encontraron 9 especies de moluscos, lo que concuerda con nuestro estudio, en donde el gasterópodo de mayor relevancia resulta ser *Olivella volutella*; sin embargo, ésta es la segunda especie de

importancia en el estudio realizado por Arcia & Ruiz, (1999). El bivalvo de mayor importancia lo es *Crasinella varians* y esto concuerda con un estudio paralelo realizado por Gómez *et al.*, (2001) en una playa con características similares, bastante cercana y en los mismos meses y año. Avilés (1981) y Cruz & Jiménez (1994) sostienen que éstas y otras especies habitan en sustrato de fondos arenosos, incluyendo zonas cercanas a los manglares. *Ancinus panamensis* es el crustáceo de mayor relevancia. Carvacho (1983) y Kensley & Schotte (1989) señalan que esta especie se encuentra exclusivamente en latitudes bajas entre las costas de pacífico de Panamá y Colombia. Esto concuerda con Glynn (1970), en donde señala que estas especies habitan en distintos tipo de sustrato, en especial los de arena fina.

En lo que se refiere a la diversidad en el área de estudio, se registraron un total de 94 especies y esto concuerda con Vargas (1987), donde obtuvo una cantidad similar de especies para ambas épocas del año. Cuando los índices de diversidad de Shannon Weiner y equidad de Pielou son altos y el número de individuos colectados es pequeño, pueden asumirse que hay una uniformidad y homogeneidad, en donde las especies se encuentran bien distribuidas. Sin embargo, cuando estos índices son bajos y el número de individuos colectados es alto, no hay uniformidad y homogeneidad; se asume, entonces, que una o varias especies dominan sobre el resto (Hair, 1987). Otros estudios realizados en donde se obtuvieron índices ecológicos son Vargas (1987), Molina & Vargas (1994), Green & Morales (1997), por lo que se demuestra que los resultados obtenidos en nuestro estudio son aceptables.

CONCLUSIONES

En la composición granulométrica de playa el Agallito predomina la arena fina.

Los organismos dominantes en el mesolitoral inferior son los moluscos (64.4%), luego los poliquetos (27.1%), crustáceos (4.5%) y equinodermos (3.8%).

La familia Onuphidae, donde se encuentra *Americanuphis reesei* resultó ser la más numerosa de los poliquetos.

El micromolusco más abundante del mesolitoral inferior fue *Crasinella varians* durante la colecta en Playa El Agallito.

La abundancia de los organismos no muestra relación con los parámetros físicos químicos, sin embargo, algunas de las especies presentaron una correlación positiva con la materia orgánica.

Los índices de diversidad muestran uniformidad y homogeneidad entre las especies colectadas.

ABSTRACT

Abundance and diversity of macroinvertebrates related to the polychaete *Americanuphis reesei* on Playa El Agallito, Chitré were analyzed in this study. During thirteen months, continually, were collected on low tide, sediment samples. Along, physical and chemical parameters were measured. Average temperature in the sediments were 29°C, into the water 29.3°C, and salinity ranges between 18 ‰ to 35 ‰. Maximum rainfall was observed on September with 319mm. The analysis of particule has the following information: coarse sand 14.3%, fine sand 73.97 % and silt - clay 11.86%. Abundance has relation with some environmental parameters. A total of 2143 individuals were collected, from those the micromollusk *Crasinella varians* and the family Onuphidae (including the polychaete *Americanuphis reesei*) were the most abundant. Diversity indexes showed uniformity and homogeneity of several species in some months in this study.

KEYWORDS

Macroinvertebrates, micromollusk, low intertidal region, *Crasinella varians*, Onuphidae, granulometry, bivalve.

REFERENCIAS

- Aguila, Y.; I. Luna & J. Villalaz. 1978. Zonación de una playa arenosa fangosa. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá, Panamá.
- Arcia, L. & E. Ruiz. 1999. Infauna macrobentónica asociada a los sitios de alimentación de la chirelas (*Calidris mauri*) en la playa El Agallito - Chitré. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. C. R. U. Veraguas. 83 pp.

Avilés, M. 1981. La fauna malacológica panameña I. Punta Paitilla. Parte I. Gasterópodo. Publicaciones diversas de la Sociedad Panameña de Malacológica. THAIS 1: 1-27.

Barnes, R. D. 1989. Zoología de los Invertebrados. 5^{ta} ed. México D. F. Editorial Interamericana, S.A. 1236 pp.

_____. 1996. Zoología de los Invertebrados. VI^{ta} ed. Editorial Mc Graw- Hill. pg. 365-366.

Carvacho, A. 1983. Sur quelques isopodes nouveaux pour la cote Caribea de L' Amerique du Sud. Crustaceana. 45(3): 312-314.

Croft, J. 1980. El mar y sus habitantes. 2^{da} edición. Editorial Bruguera, S. A. Toledo. pp. 97-102.

Cruz, R. A. & J. A. Jiménez. 1994. Moluscos Asociados a la Áreas de Manglar de la Costa Pacífica de América Central. Editorial Fundación UNA. Heredia, Costa Rica. 182 pp.

D'Croz, L.; L. Wong; G. Justine & M. Gupta. 1988. Prostaglandins and related compounds from the polichaete worm *Americanuphis magna* Fauchald (Onuphidae) as possible inducers of gonad maturation in Peneaeid. Shrimps. Rev. Biol. Trop., 36(24): 331-332.

Earl, R. & D. G. Erwin. 1983. En: Garcés, H. 1994. El Bentos Marino. Scientia Revista de Investigación de la Universidad de Panamá. Vol. 8. N° 2. 111 pp.

Fauchald, K. 1977. The polychaete worms. Definition and keys to the orders, families and genera. Natn. Hist. Mum. Los Angeles country Science series. 28: 1-190.

Gambi, M. C.; A. Castelli, A. Giangrade, P. Lanera, D. Prevedelli & R. Zumarelli. 1994. _Polichaetes of Commercial and Aplied Interest in Italy: and overview. Mem. Mus. Natn. Hist. Nat., 162: 593 – 603.

Glynn, P. W. 1970. A systematic study of the spheromatidae (Crustacea: Isopoda) of Isla Margarita, Venezuela, with descriptions of three new species. Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle. 85: 1-48.

Gómez, J. A.; R. Herrera, V. Ríos, & J. R. Villalaz. 2001. Análisis del sedimento y organismos de la infauna de playa El Salado Aguadulce. *Tecnociencia Vol 3 N° 1*.

González, A. & M. Navarro. 1997. Descripción de la macroinfauna de un transecto de Playa El Agallito, Chitré. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. C. R. U. Veraguas. 76 pp.

González, E.E. & L. Harris 1991. A preliminary study on the polychaete fauna on some beaches in Panamá City., Panamá. *Bull. Mar. Sci.*, 48: 587.

Gray, J. S. 1981. *The Ecology of Marine Sediments*. Cambridge University Press., London. 185 pp.

Green, A. & N. Morales. 1997. Estudio ecológico de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos durante la estación lluviosa en Bahía Bique, Arraiján. Julio Diciembre, 1995. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. 87 pp.

Guzmán – Alvis, A. & J. M. Díaz. 1993. Distribución espacial de la taxocenosis Annelida – Molusca en la plataforma continental del Golfo de Salamanca, Caribe Colombia. *An. Inst. Invest. Mar Punta Betín*. 22: 45-49.

Hair, J. D. 1987. Medidas de la diversidad ecológica. En: *Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre*. R.R. (ed). The Wildlife Society: Bethesda, Maryland, U.S.A. 147-152.

Keen, A. M. 1971. *Sea shells of tropical West America marine mollusks from Baja California to Peru*. 2^{da} ed. Stanford University Press, California. 1300 pp.

Kensley, B. & M. Schotte. 1989. *Guide of the Marine Isopod Crustaceans of the Caribbean*. Washington, D.C., Smithsonian Institution Press. 76 pp.

Knox, C. A. 1977. The role of polychaetes in bentic soft bottom communities. En: *Essays on polychaetous annelids in memory of*

Dr. Olda Hartman. Reish, D./ K. Fauchald, ode. Los Angeles. Allan Hancock Fdn.: 547-604.

Levinton, J. 1982. *Marine Ecology*. Prentice Hall inc. New York. U. S. A. 526 pp.

Liñeros, I. 1997. *Guía de Poliquetos de Venezuela*. Vol. 1 148 pp.

Luna, I & J. Villalaz. 1990. *Asociación de poliquetos sésiles de Playa Bique, Arraiján*. Scientia Panamá, 5(2): 13-17.

Mc Lachlan, A. 1983. *Sandy beach ecology - a review*. en: *Alteraciones de la fauna de anélidos poliquetos de Araca, Sao Sebastiao (sp-Brazil)*. Amaral, A & E. Morgado. *Rec. Acad. Colomb.* 19(72): 147- 152.

Molina, O. A. & J. A. Vargas. 1994. *Estructura del macrobentos del estero de Jaltepeques, El Salvador*. *Rev. Bio. Trop.*, 42: 165-174.

Vargas, J. A. 1987. *The community of an intertidal mud flat in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Description of the community*. *Rev. Bio. Trop.*, 35: 299-316.

Velez, M. 1971. *Introducción a la ecología del bentos marino*. Universidad Nacional Agraria (La Molina). Monografía 9. Copyright, Washington D.C., Lima - Perú, 67 pp.

Wede, B. A. 1972. *A description of a highly diverse soft bottom community in Kingston Harbour, Jamaica*. *Mar. Biol.* 13: 57-61.

Recibido junio del 2002, aceptado julio del 2002.

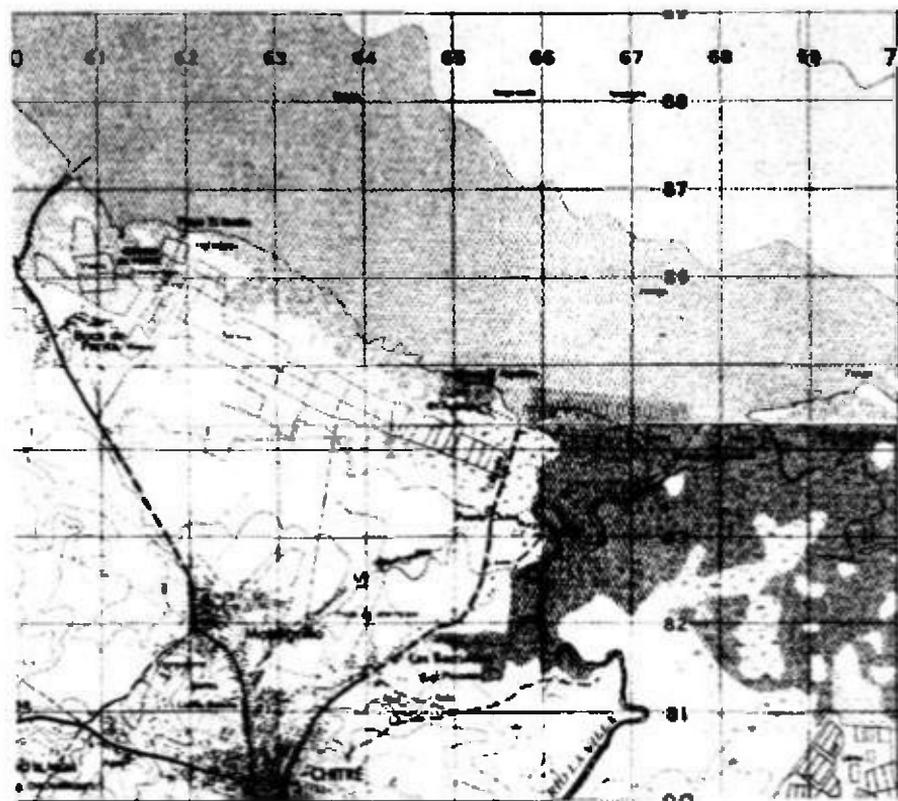


Fig. 1 Área de estudio en playa el Agallito - Chitré, República de Panamá. Las colectas se realizaron desde mayo de 1996 hasta mayo de 1997.

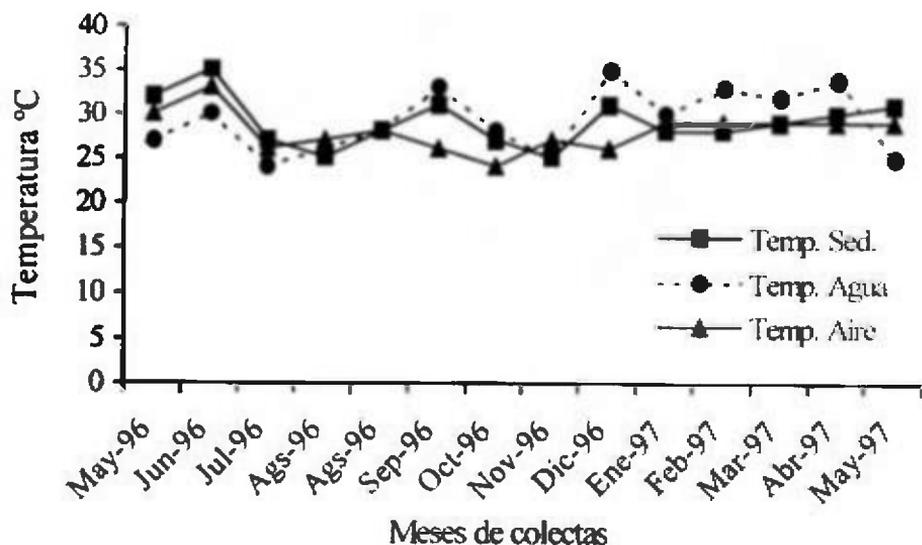


Fig. 2 Variación estacional de la temperatura del sedimento, agua, aire en la playa El Agallito, Chitré. (mayo 96 a mayo 97).

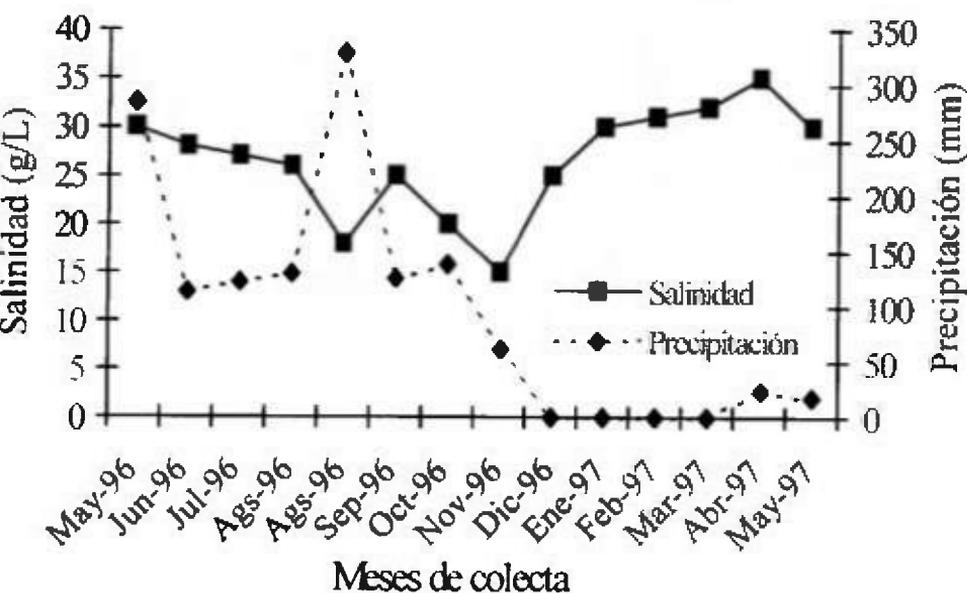


Fig. 3 Variación estacional de la salinidad y la precipitación en la playa El Agallito, Chitré. (mayo 96 a mayo 97).

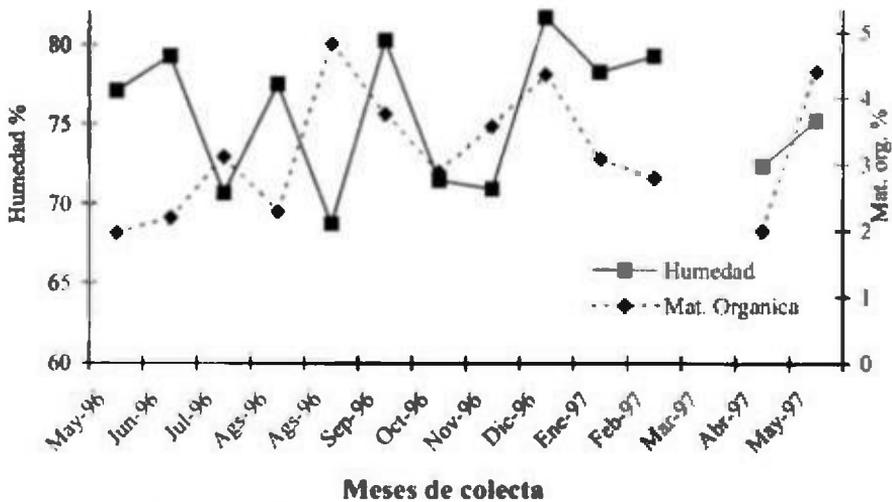


Fig. 4 Variación estacional de la humedad y la materia orgánica en el sedimento de la playa El Agallito, Chitré. (mayo 96 a mayo 97).

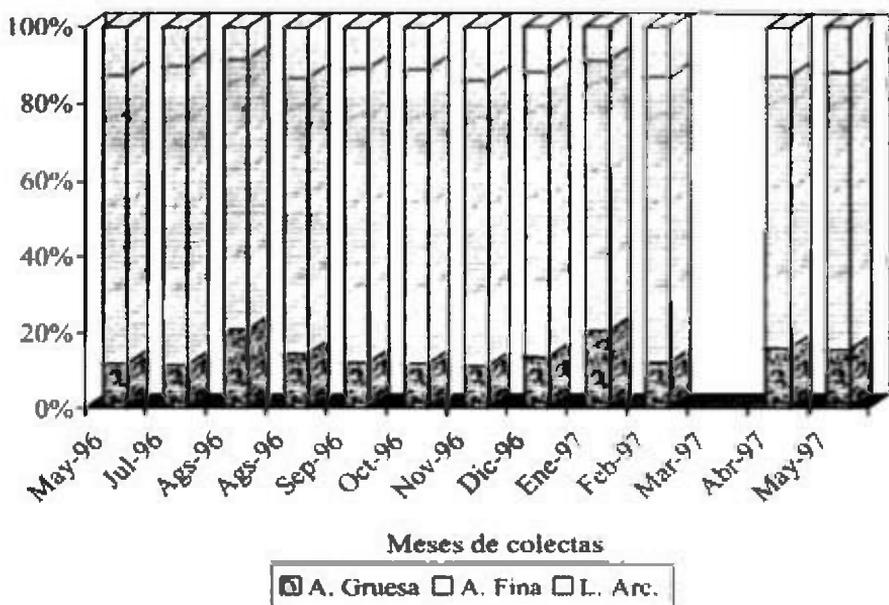


Fig. 5 Variación estacional de la granulometría del sedimento en la playa El Agallito, Chitré. (mayo 96 a mayo 97).

Cuadro 1. Número de individuos (n), especies (s), y porcentajes de taxa de poliquetos, moluscos, crustáceos, equinodermos y cordados en la playa El Agallito, Chitré; durante la colecta de mayo 1996 a mayo 1997.

Taxa	n	%	s	%
Poliquetos	580	27.1	38	40.5
Moluscos	1385	64.6	48	51.1
Crustáceos	97	4.5	5	5.3
Equinodermos	79	3.7	2	2.1
Cordados	2	0.1	1	1.0
Total	2143	100	94	100

Cuadro 2. Algunos de los organismos (n), más representativo del total colectados en playa El Agallito, Chitré en una abundancia relativa de 2143 org/ m² con un área de 0.65m² desde mayo 1996 – mayo 1997.

Taxa	N
Poliquetos	
<i>Capitellidae</i>	18
<i>Nereidae</i>	21
<i>Glyceridae</i>	36
<i>Onuphidae</i>	76
<i>Serpulidae</i>	54
Moluscos	
Pelecipodos	
<i>Crasatella sp</i>	124
<i>Crasinella varians</i>	693
<i>Donax gracilis</i>	16
<i>Tellina sp</i>	10
Gasteropodos	
<i>Cylichna luticola</i>	43
<i>Nassarius complanatus</i>	93
<i>Olivella volutella</i>	173
<i>Turbonilla sp</i>	41
Crustáceos	
<i>Ancinus panamensis</i>	16
<i>Ampelisca</i>	75
Equinodermos	
<i>Mellita sp</i>	77
Cordados	
<i>Gobhidae</i>	2
Total	2143

Cuadro 3. Valores mensuales para el número de individuos (n), de los índices de diversidad de Shannon —Wiener (H'); Riqueza de especie (RE); e Índice de Equidad de Pielou en playa El Agallito, Chitré; durante la colecta de mayo 1996 a mayo 1997.

Fechas	n	H'	RE	J'
May/18/96	56	2.31	10	0.73
Jun/2/96	158	2.71	17	0.66
Jul/7/96	365	2.48	34	0.49
Ags/3/96	119	3.53	26	0.75
Ags/31/96	152	3.26	25	0.70
Sept/28/96	72	3.39	14	0.89
Oct/27/96	102	3.43	29	0.91
Nov/30/96	88	1.15	26	0.24
Dic/14/96	124	3.63	24	0.79
Enc/11/97	203	3.41	35	0.85
Feb/23/97	280	1.83	26	0.39
Mar/13/97	154	3.00	28	0.67
Abr/12/97	123	3.62	31	0.93
May/24/97	54	3.75	18	0.89



INHIBICIÓN DE *ASPERGILLUS NIGER* EN LA PRODUCCIÓN DE AFLATOXINA B₁

Orlando O. Ruiz¹ y Kenia P. Palma²

¹Universidad de Panamá. Sudo Cocolé. Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. E-mail: kenyo2001@yahoo.com

²Universidad Latina de Panamá. Facultad de Medicina.

E-mail: kecpalma@yahoo.com

RESUMEN

Se estudió la inhibición de una toxina fúngica mediante la interacción de hongos del Género *Aspergillus*. La interacción tuvo lugar en medio sólido (Gy – Agar), cuando se agregaron diferentes proporciones de suspensiones conidiales de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger* a una misma placa de Petri y se incubó por espacio de una semana. Luego de una semana de incubación en el medio sólido a 28 °C y en oscuridad, *Aspergillus flavus* (productor de aflatoxina B₁) y *Aspergillus niger* mostraron diferentes tasa de crecimiento. Se pudo observar tanto macro como microscópicamente que la tasa de crecimiento de conidiación de *A.niger* fue siempre mayor que la de *A. flavus*. A las placas incubadas con diferentes proporciones conidiales se les determinó la presencia de Aflatoxina B₁ (AFB₁), por cromatografía de capa fina (TLC). Para determinadas relaciones inoculadas, se comprobó la ausencia de la toxina (AFB₁), lo cual nos estaría indicando un mecanismo natural inhibitorio de *Aspergillus niger* sobre cepas de *A. flavus* fuertemente productoras de AFB₁.

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son compuestos químicos producidos por hongos. Son contaminantes naturales de una gran variedad de materias primas y alimentos destinados a consumo humano y animal.

Estas toxinas se encuentran en los alimentos como consecuencia de la colonización de hongos toxicogénicos, que en función del medio ambiente son capaces de producir estos metabolitos secundarios.

Los hongos productores son especies biológicas de gran ubicuidad, por lo que son habitualmente saprofitos del suelo, agua y aire.

Cuando varias especies de hongos crecen juntamente en el mismo sustrato, pueden afectarse entre sí de formas diversas. En el caso más sencillo, existe una competencia por conseguir el alimento disponible y el resultado final es que algunas especies inhiben su desarrollo, mientras que otras prosperan.

Los alimentos con alta disponibilidad de hidratos de carbono, como por ejemplo: cereales, forrajes, alimento para animales, constituyen un sustrato ideal para el crecimiento fúngico.

Generalmente suele ocurrir que existe una competencia entre las especies de hongos por invadir el sustrato.

¿Cuáles son los factores que gobiernan esta invasión, y qué factores intervienen para que un hongo prevalezca sobre otro? ¿Acaso la presencia de determinadas especies en un cultivo mixto da lugar a la inhibición en la producción de una toxinas?

Este trabajo de investigación pone en evidencia la acción inhibitoria de *Aspergillus niger* en la producción de aflatoxina B1 por cepas de *Aspergillus flavus* cuando están presentes en cultivos mixtos.

MATERIALES Y MÉTODOS

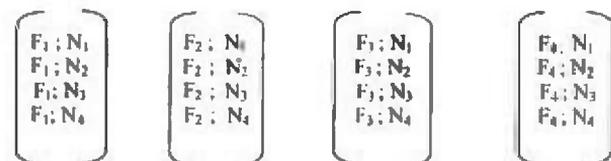
Modelo Experimental

El estudio de cultivos mixtos genera diversidad de interacciones, que para el presente estudio dificultaba la elección de un modelo a seguir. Se pretendía realizar una elección que condujera a una representación lo más natural de convivencia de hongos del mismo género, sin provocar marcadas variaciones del valor del pH y disponibilidad de nutrientes.

El modelo propuesto se estableció mediante lanzada al azar de un dado de juego, con la única restricción, que el valor numérico resultante fuese mayor que uno. El valor obtenido fue 4, por lo que el

modelo resultante a estudiar consistió de 4 matrices con 16 posibilidades de combinación en total.

El modelo experimental resultante fue el siguiente:



F: cantidad de *Aspergillus flavus* inoculada en el cultivo

N: cantidad de *Aspergillus niger* inoculada en el cultivo

Medio de cultivo utilizado

Para el crecimiento de los hongos se utilizó agar extracto de malta (MEA). El medio utilizado para el estudio de la capacidad toxicogénica de *Aspergillus flavus* en los cultivos mixtos fue glucosa extracto de levadura, agar (Gy - Agar). Medio recomendado especialmente para el estudio de hongos productores de toxina. Filtenborg & Frisvad. 1980.

Cepas utilizadas

Aspergillus flavus: aislada de pimienta negra, a la cual se le verificó su alta capacidad de producción de AFB₁.

Aspergillus niger: aislada de pimienta negra.

Preparación de las suspensiones conidiales

1. En tubos de vidrio de 15 cm de largo por 1.5 cm de diámetro se colocó agar extracto de malta (MEA); los tubos fueron esterilizados a 121 °C durante 15 minutos y seguidamente se dejaron solidificar en forma inclinada.
2. En los tubos con el medio MEA, se sembraron las cepas patrones de *Aspergillus niger* y *Aspergillus flavus*, cada una por separado. Se incubaron a 28 °C por espacio de una semana.
3. Una vez comprobada la conidiación de los hongos en estudio, se les agregó 10 ml de H₂O estéril.

4. Con un asa de ojal se procuró lograr el mayor desprendimiento de los conidios de la superficie del medio sólido, de tal manera de obtener una densa solución conidial de los hongos *A. niger* y *A. flavus*.

5. Las suspensiones conidiales fueron agitadas en un vortex por espacio de 5 minutos.

6. Conocida el área del campo del microscopio se extendió 0.05 ml de muestra de solución conidial de cada hongo y se determinó el número de conidios por ml de muestra.

7. Se realizan diluciones hasta lograr igual concentración de conidios para cada hongo.

Estudio de la capacidad productora de AFB₁ en las placas con los cultivos mixtos.

1. El medio Gy-Agar previamente preparado y esterilizado fue colocado en placas de Petri descartables. El medio se dejó solidificar.

2. De acuerdo al modelo experimental propuesto, se sembraron 0.5 ml de las proporciones conidiales corregidas en las placas de Petri con el medio sólido.

3. Se incubaron las placas por espacio de una semana a 28 °C.

4. El método utilizado para el estudio de la capacidad productora de AFB₁ fue por cromatografía de capa fina (TLC), en general se basa en la producción de la toxina sobre un sustrato sólido (Gy-Agar); luego se extrae la toxina con un solvente orgánico, y sin ningún procedimiento de purificación se detecta.

5. Se utilizaron placas cromatográficas de silicagel 60 G de 20 X 20 de la firma Merck.

6. De los cultivos mixtos, con crecimiento fúngico, se extrajo con un instrumento de vidrio de 10 mm de diámetro llamado "sacabocado", discos de las colonias fúngicas desarrolladas.

7. Los discos extraídos se colocaron directamente sobre la placa cromatográfica, a una distancia de 1.5 cm del borde inferior y de los extremos.

8. Los discos fueron colocados en la placa cromatográfica del lado anverso del medio de cultivo con desarrollo fúngico.

Difusión de la toxina en la placa de TLC

1. Se dejó difundir la micotoxina a la placa de TLC hasta observar un halo líquido alrededor del disco de cultivo fúngico. El halo líquido fue indicativo que había transcurrido el tiempo necesario para la difusión de los metabolitos extracelulares a la placa de TLC.

2. Se retiró el disco de cultivo fúngico con ayuda de una espátula metálica.

3. Junto a la muestra en estudio se inocularon 2 µl del estándar de referencia de AFB₁.

4. Se secó la placa de TLC con ayuda de un secador de cabello.

Desarrollo de las placas cromatográficas

1. En la detección de la toxina se empleó cromatografía en capa fina o TLC; cuyo límite de detección para esta toxina se estimó en 0.2 µg/gr. (Filterborg & col. 1980).

2. Se utilizó el método de desarrollo unidimensional ascendente.

3. Las placas se acomodaron en una cuba cromatográfica de vidrio.

4. El borde inferior de la placa se sumergió 1 cm en el solvente; sin que llegara a la línea de siembra.

5. Se dejó ascender el frente del solvente hasta ¾ partes de la altura de la placa.

6. El sistema de solvente empleado fue:

a. Cloroformo 6

b. Acetaldehído 3

c. Ácido fórmico 1

(Filterborg & col. 1980)

Detección de AFB₁ y confirmación de la misma

1. Las placas cromatográficas se extrajeron de la cuba, fueron secadas con un secador de cabello.

2. Se observó bajo la luz UV de alta frecuencia las placas cromatográficas. Bajo la luz fluorescente la AFB₁ aparecen como manchas de color azul.

3. La confirmación de la presencia de AFB₁ se realizó depositando una gota de ácido sulfúrico (15 %) sobre las manchas que evidenciaron el color azul. El paso del color azul a amarillo confirmaba la identidad de la AFB₁ (Smith & Mackernan, 1962). El cambio de color debe ser observado bajo luz UV, se produce un cambio de fluorescencia de azul a amarillo únicamente cuando la toxina presente es AFB₁.

4. Las R_f de la muestra y del estándar externo debieron ser coincidentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de una semana de incubación a 28 °C y en oscuridad, en el medio Gy-Agar, bajo las mismas condiciones de pH y disponibilidad de nutrientes, los hongos *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger* mostraron diferentes tasas de crecimiento. Microscópicamente se observó que *A. niger* siempre se encontraba mayormente disperso que *A. flavus* sobre toda la superficie de la placa de Petri.

Transcurrido este tiempo, *A. niger* mostró siempre mayor tasa de crecimiento que *A. flavus*. Después de dos semanas de incubación, *A. niger* mostró una gran invasión de la placa de cultivo, incluso llegando a cubrir a *A. flavus*.

De acuerdo a lo observado, macro y microscópicamente la tasa de maduración de los conidios de *A. niger* fue siempre mayor que *A. flavus*; debemos considerar además, que los conidios de *A. niger* son mucho más pequeños que los de *A. flavus*, lo que aparentemente permitió mayor movilidad y una rápida colonización de la placa de cultivo.

Filterborg & col. 1980, utilizaron sacabocados de 10 mm de diámetro para el estudio de la capacidad toxicogénica de hongos del Género *Aspergillus*. En este estudio se introdujo la variación de utilizar sacabocados con un diámetro de 7 mm. Con estos diámetros pudimos lograr una mejor resolución de las manchas durante el desarrollo de la corrida cromatográfica. Con diámetros de 10 mm y mayores el resultado eran manchas dispersas.

Para verificar que las cepas de *Aspergillus flavus* no habían perdido su capacidad de producir AFB₁, se sembraron 0.5 ml de suspensión conidial de este hongo en placas de Petri y se comprobó su capacidad toxicogénica. Para todos los casos analizados siempre se verificó la producción de la toxina. Las R_f del patrón de *Aspergillus flavus* y del estándar externo siempre fueron coincidentes, (Cuadro N° 1. y Fig. N° 1).

El presente trabajo se dedicó a la detección de la toxina en los cultivos mixtos. No se pretendía evaluar la cantidad de AFB₁ producida. Sin embargo, en algunos casos fue notorio que la intensidad de la mancha producida para algunas relaciones estudiadas (1:3), comparada con la intensidad de las manchas producidas tanto de las cepas patrones como para el patrón externo y las otras relaciones estudiadas, fueron visualmente de menor intensidad, lo que nos hizo pensar una menor producción de la toxina, (Cuadro N° 2).

La capacidad que tiene la toxina de difundir en el medio de cultivo sólido se puso en evidencia al estudiar la periferia de los cultivos mixtos, en donde también se comprobó la presencia de la toxina (Ver Cuadro N° 2 y Fig. N° 3).

Las relaciones estudiadas en este caso, son tan sólo una pequeña aproximación de lo que realmente puede ocurrir naturalmente. Pero ha quedado claro que cuando *Aspergillus niger* se encuentra mayoritariamente no evita el crecimiento de *Aspergillus flavus*, pero sí inhibe la producción de la toxina (AFB₁).

Esto es de suma importancia a nivel de siembra de granos, ya que en el caso hipotético de encontrar un hábitat donde, por alguna razón, *A. niger* predomina sobre *A. flavus*, es de esperar ausencia en la producción de la micotoxina.

Teóricamente se ha pensado tan sólo en la relación de convivencia de dos hongos, lo cual no es cierto a nivel de campo. Tendríamos que estudiar in situ lo que realmente ocurre. De hecho, al existir una población mayoritaria de *A. niger* sobre *A. flavus*, esto se trasladaría a nivel de silo, y de existir proliferación fungica en las primeras etapas de conservación, se evitaría también el crecimiento de la micotoxina.

Cuadro N° 1. Estudio de la Capacidad Productora de AFB₁ en la cepa patrón de *Aspergillus flavus* aislada de pimienta negra

Número de detecciones realizadas	Resultado de la detección de la toxina
1	(+)
2	(+)
3	(+)
4	(+)
5	(+)

El Cuadro N° 2 muestra todas las relaciones estudiadas de los cultivos mixtos. Se puede observar claramente que para la relaciones 1:4; 2:4 no fue posible la detección de la toxina. Ver Fig. N° 2. Para el caso 1:3, si bien se detectó la toxina, podemos decir que la intensidad de la mancha obtenida comparada con la intensidad de las otras manchas de las otras relaciones que dieron positivos fue de menor intensidad. Para todos los casos la detección se realizó por cuadruplicado. Puesto que *A. niger* no impide el crecimiento de *A. flavus*, sino que *A. niger* crece mucho más rápido bajo las mismas condiciones de laboratorio, podemos decir que bajo estas condiciones mayoritarias de *A. niger*, *A. flavus* no tiene la capacidad de producir la toxina.

Cuadro N° 2. Detección de AFB₁ en cultivos mixtos de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger* después de una semana de incubación en medio Gy-Agar a 28 °C. Resultado de cuatro determinaciones similares.

Relación (<i>A. flavus</i> / <i>A. niger</i>)	Zona de detección de AFB ₁ respecto del cultivo desarrollado	
	Centro	Parte más externa del cultivo
1:1	(+)	(+)
1:2	(+)	(+)
1:3	(T)	(T)
1:4	(-)	(-)
2:1	(+)	(+)
2:2	(+)	(+)
2:3	(+)	(+)
2:4	(-)	(-)
3:1	(+)	(+)
3:2	(+)	(+)
3:3	(+)	(+)
3:4	(+)	(+)
4:1	(+)	(+)
4:2	(+)	(+)
4:3	(+)	(+)
4:4	(+)	(+)

Referencia:

T: indica que se detectó la toxina pero en menor cantidad que las otras relaciones estudiadas

(+): Presencia de la AFB₁

(-): Ausencia de la AFB₁

LÁMINAS FOTOGRÁFICAS

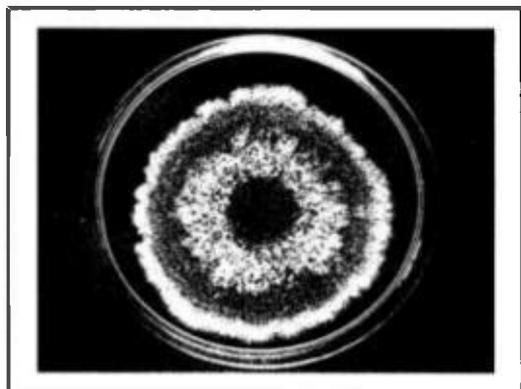


Fig. N° 1. Cepa patrón de *A. flavus*, aislada de pimienta negra. Siempre se detectó la presencia de la toxina.



Fig. N° 2. Relación (1:4). No se detectó AFB, en ningún punto estudiado de la placa.

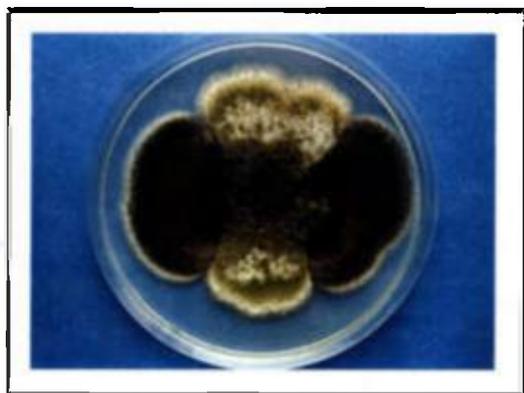


Fig. Nº 3. Relación (2:4). Se detectó la presencia de AFB₁. En todos los puntos estudiados de la placa de cultivo.

CONCLUSIONES

La tasa de crecimiento de *Aspergillus niger* es mucho mayor que para *Aspergillus flavus* en el medio Gy- Agar estudiado.

Aspergillus niger creció rápidamente resultando ser muy invasivo en todas las zonas de crecimiento de *Aspergillus flavus*, pudiendo observarse macroscópicamente conidios situados por encima de la estructura micelar de *A. flavus*.

Para las cepas patrones de *Aspergillus flavus*, siempre se confirmó la producción de la toxina; es decir no se pierde a nivel de laboratorio la capacidad de producir la toxina.

Para el Estudio de la Capacidad Toxicogénica, propuesta por Filtenborg & Frisvad (1980), para hongos del género *Aspergillus*, es recomendable utilizar sacabocados de diámetro menor o igual a 7 mm.

Se pudo comprobar la capacidad difusiva de los metabolitos secundarios. Al verificar la presencia de la toxina en las zonas más alejadas de la placa de Petri.

Aspergillus niger no impide el crecimiento de *Aspergillus flavus*, pero cuando se encuentra bajo ciertas relaciones (1:4; 2:4) no es posible detectar la producción de la toxina.

Relaciones 1:3 presentaron manchas tenues de AFB₁ bajo la luz UV, siempre y cuando se tome como referencia el patrón externo sembrado y la cepa patrón productora.

REFERENCIAS

Barnett, H.L., & B. Hunter. 1992. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Borgess Publishing Company USA.

Basilico, J.C. (1995). Micotoxinas en Alimentos. Centro de Publicaciones. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina. Jebasilic@fiq.usn.edu.ar

Briffaud, J., & M. Engasser. 1979. Biotechnol. Vol. 21, Pág. 2083

Brock, Thomas., & M. Madigan. 1991. Microbiología Sexta Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

Calafell de, Maria, A.M. González, J.C., Basilico, P. Falcon, R. Gómez, & I., Freyre. 1997. Introducción al Estudio de la Micología. Centro de Publicaciones Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

Cole, R.J. & R.H. Cox. 1981. Handbook of Toxin Fungal Metabolites. Academic Press.

Fehlhaber, K. & P. Janetschke. 1992. Higiene Veterinaria de los Alimentos. Editorial Acribia.

Frazier, W.C. & D.G. Westhoff. 1993. Microbiología de los Alimentos 3^{er} Edición. Editorial Acribia.

ICMSF. 1980. *Ecología Microbiana de los Alimentos* Vol. 1 y 2. Editorial Acribia.

ICMSF. 1996. *Microorganisms in Foods 5. Characteristics of Microbial Pathogens*. Blackie Academic & Professional.

Jay, J.M (1992). *Microbiología Moderna de los Alimentos* 4^{ta} Edición. Editorial Acribia.

Klich, M.A. & J.I. Pitt. 1988^o. *A Laboratory Guide to Common Aspergillus Species and their Teleomorphs*. North Ryde, NSW: CSIRO

Pitt, J.I. & A.D.Hocking. 1997. *Fungi and Spoilage*. Second Edition. Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge.

Rauken, M.D.1988. *Manual de Industrias de los Alimentos*. 2^{da} Edición. Editorial Acribia.

Rehm, H., & G. Reed. 1983. *Biotechnology*. Volume 3, Pág. 419 - 451 Verlag Chemie.

Samson, A.R., E. Hockstra, & A.N. Van Oorschot.1984. *Introduction to Food - Borne Fungi*. Second Edition. Centraalbureau Voor Schimmel Cultures.

Smith George. 1963. *Introducción a la Micología Industria*. Editorial Acribia. Zaragoza España.

Wainwright, M. (1995). *An Introduction to Fungal Biotechnology*. Editorial John Wiley & Sons, Ltd.

Recibido marzo del 2002, aceptado julio del 2002.



COMPENDIO BIBLIOGRÁFICO DE LAS ALGAS DEL CARIBE DE PANAMÁ: LAS ALGAS VERDES

Aramis A. Averza Colamarco¹, Luis R. Almodóvar (q.e.p.d.)², Aristides Martínez (q.e.p.d.)¹

¹Universidad de Panamá, Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Museo de Biología Marina y Limnología "Dr. Luis Howell Rivero"

Email: Aramis_a@yahoo.com

²Universidad de Puerto Rico, Departamento de Ciencias Marinas

RESUMEN

Se hace un análisis exhaustivo de la bibliografía en la cual se mencionan las algas verdes macrófitas del Caribe de Panamá, al final del cual se obtiene el reporte para la presencia de: 5 ordenes, 14 familias, 28 géneros y 77 especies, lo que representa un incremento del más del 100%, con respecto a las especies de algas verdes debidamente reportadas con anterioridad. Dentro de éstas, el orden Bryopsidales resultó ser el más representativo con: 4 familias, (dominadas por Udoteaceae) 12 géneros y 48 especies; lo que demuestra la existencia de una gran diversidad de estas algas. El estudio del área de distribución mostró la ausencia de informes para el Este de Bocas del Toro, Norte de Veraguas y Oeste de Colón, posiblemente debido a las dificultades que presentan para su acceso.

PALABRAS CLAVES

Algas Marinas, Caribe, Macrófitas, Distribución, Algas Verdes

INTRODUCCIÓN

La República de Panamá posee 1287.7 kilómetros de costas en el área del Caribe, pertenecientes a las Provincias de Bocas del Toro, Veraguas, Colón, y la Comarca de San Blas (conocida como Kuna Yala). En dicha área se cimientan más de 1000 islas, isletas y cayos sobre su plataforma continental, que varía en amplitud desde 35 kilómetros en su porción más amplia (cerca de la Isla Escudo de

Veraguas), a 5.5 kilómetros, en la más angosta. La misma posee una superficie global de 6000 kilómetros cuadrados de fondos duros, compuestos mayormente por roca y coral (De Diego et al., 1972; IGNTG, 1988).

Al revisar la literatura existente sobre los estudios en la zona del Caribe de Panamá, nos encontramos con la presencia de muy pocos trabajos publicados con respecto a la población algal del área. Aunque Taylor (1929), nos habla sobre la inclusión de algunos informes de algas para Panamá (dentro del Catálogo de Murray's, 1889), la revisión realizada por nosotros no mostró la mención específica del área de Panamá: más bien de manera general, se le incluye en la distribución de algunas algas que se citan "dentro de los mares tropicales, de todos los mares o bien del Atlántico Tropical". Por lo que aunque la mencionamos, consideramos que no es hasta Howe (1910), que se publican los primeros registros de algas para el Caribe de Panamá. Posteriormente, Howe (1919) nos informa sobre las algas coralinas (especies fósiles y actuales) de Panamá.

Taylor, en 1929, informa de 49 especies de algas colectadas por C. W. Dodge, durante 1925, en las costas del Caribe de Bocas del Toro (Cayo Carenero, Cayo Nancy, Isla Provisión e Isla Colón). Una pequeña colección proveniente de Cristóbal (Provincia de Colón), obtenida por el Sr. George Artamanoff en 1939, se incluye dentro de la publicación de Taylor (1941), sobre las algas marinas en el Herbario de Arturo Scott. En 1942, Taylor reporta las algas marinas colectadas en el Caribe de Panamá en 1939, durante la expedición Allan Hancock, dentro de las que se incluyen la presencia de 67 especies obtenidas en Bahía Caledonia, San Blas. Adicionalmente, Taylor (1955, 1960) informa las algas reportadas para Panamá hasta el presente, así como su distribución general para el Caribe, utilizando las especies más comunes para la región (*Ulva lactuca*, *Caulerpa sertularioides* y *Dyctiota dentata*).

A continuación, nos topamos con el trabajo de Earle (1972), en el cual realiza una revisión de las Plantas Marinas de Panamá, como parte de las investigaciones impulsadas por la Sociedad Biológica de Washington y otras entidades, previendo los posibles efectos de un Canal a Nivel por Panamá. Los resultados de Earle nos muestran 90 especies para el Océano Pacífico, mientras que para el Caribe lista 109

especies y 26 géneros, concluyendo que la flora del Caribe es más abundante y diversa que la del Pacífico. Earle & Young (1972) adicionan un nuevo género: *Siphonocladus*, a la flora marina de Panamá.

Los primeros reportes debidamente publicados por panameños sobre nuestra flora marina algal, lo constituyen los hechos por Mendoza (1977), quién colecta en Punta Galeta, Playa Langosta y María Chiquita (Provincia de Colón). Mendoza & Vergara (1981), obtienen especímenes en Punta Escocés, Bahía Caledonia (San Blas), como parte de los estudios realizados durante la denominada Operación Drake.

Otros trabajos que se han realizado en el Caribe de Panamá incluyen: Hay (1980, 1981a, 1981b), en los cuales nos informa sobre la ecología algal de un arrecife de barrera en Punta Galeta. Hay et al. (1983) y Hay & Norris (1984), que estudian los aspectos relacionados con la distribución espacial y estacional de las algas en un arrecife de barrera. Connor (1984), en un trabajo más abarcador, incluye los cambios estacionales en la comunidad de algas pertenecientes a un arrecife de barrera. Nuevamente, el estudio se centra en Punta Galeta; al mismo tiempo realiza un listado actualizado de las especies existentes en el Caribe de Panamá, contabilizando 113 especies y 39 géneros, muchos de los cuales no habían sido reportados anteriormente.

El último trabajo de importancia lo realiza Palacios (1989), quien estudia las clorófitas macroscópicas existentes en el Archipiélago de las Mulatas, San Blas (Kuna Yala). En él, logra colectar 33 especies y 4 géneros, además de ubicar su distribución dentro de las 14 islas bajo estudio, lo que le permitió concluir que la abundancia algal es superior en las islas más cercanas al continente que en las más alejadas.

Adicionalmente, se consultaron otros trabajos para la región del Caribe de Panamá, en los cuales se mencionan las algas y/o las hierbas marinas. Como parte de las comunidades estudiadas, incluyen: D'croz et al. (1975) Hillis-Colinvaux (1980), de Yee & Connor (1982), Vásquez-Montoya & Thomassin (1983), Cubit et al. (1984), Kilar, (1984), Brattström (1985), Kilar & Norris (1988), UNEP/IUCN (1988), Gupta et al. (1991), Greb et al. (1996), Clifton et al. (1997). Dentro de ellos, se estudian distintos aspectos de interés: su

importancia como recurso natural, actividad antimicrobiana, ecología y posible utilización comercial. Adicionalmente, se incluyen algas reportadas como parte integral de distintos Estudios de Impacto Ambiental (Handley, 1993; Valdespino et al. 1997; Averza, 1998; Soto et al. 1998; Alvendas et al. 2000)

El propósito principal de este compendio es el de resumir en un solo documento toda la información existente y debidamente actualizada sobre las algas verdes presentes en la región del Caribe de Panamá. Al hacer esto, pretendemos que esta contribución sirva como punto de partida para las distintas investigaciones futuras, que nos permitan un mejor conocimiento del recurso algal presente en las costas panameñas, el cual se desconoce en la actualidad (Correa & Valdespino, 1998).

MATERIALES Y MÉTODOS

Después de realizar una extensa investigación bibliográfica (desde 1984 al 2000), se procedió a la elaboración del listado de las distintas algas, debidamente registradas para el Caribe de Panamá. A continuación, se realizó el ordenamiento taxonómico y la actualización de los nombres científicos.

Posteriormente, se diseñó el formato a seguir, de la siguiente manera: orden, familia, dentro de cada familia los géneros y a su vez las especies, siguiendo un orden alfabético para facilitar su localización dentro del listado. En algunos casos, se ha incluido el nombre científico anterior, en letra itálica, de manera que se puedan hacer las comparaciones correspondientes, con trabajos anteriores. A continuación y siguiendo el orden cronológico de su publicación, aparecen los autores (que las reportan para Panamá), con el año de su publicación.

El ordenamiento taxonómico así como la actualización de los nombres científicos, se hizo utilizando como base a Taylor (1960), modificado por Wynne (1986, 1998), Littler et al., (1989), Humann, (1996), Littler & Littler (2000). Según el patrón establecido en Averza et al. (2000a).

Finalmente, se listan las distintas áreas (por provincia y/o comarca) en las cuales hayan sido reportadas las algas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de analizar los 37 trabajos existentes en la literatura, encontramos la presencia de 5 órdenes, 14 familias, 28 géneros y 77 especies. De éstos el orden Bryopsidales resultó ser el más representativo: con 4 familias (dominadas por la Udoteaceae), 12 géneros y 48 especies. Esto que representa un incremento significativo (de más del 100% para las especies debidamente reportadas para Panamá), si lo comparamos con los resultados obtenidos por Earle en 1972 (20 géneros y 34 especies) y Connor en 1984 (12 familias, 22 géneros y 31 especies). En un trabajo posterior al presente, Aversa et al. (2000b) informan de la existencia de por lo menos 2 géneros y 8 especies de algas verdes adicionales.

Si cotejamos los distintos informes, podemos encontrar que en mayor o menor grado, todas las áreas del Caribe de Panamá se encuentran representadas. Sin embargo, en las Provincias de Veraguas, porción Este de Bocas del Toro y Costa Abajo de Colón no conocemos de ningún reporte para sus costas, posiblemente debido a lo poco accesible y dificultoso de su entorno, para la obtención de material. Los puntos colectados hasta el presente son los siguientes: Provincia de Bocas del Toro (Cayo Carenero, Cayo Nancy/Isla Solarte, Isla Provisión/Isla Bastimentos e Isla Colón); Provincia de Colón (Cristóbal, Punta Galeta, Playa María Chiquita, Playa Langosta); Comarca de San Blas/Kuna Yala (Cayos Holandeses, Islas-Cintupo, Tainya, Ticantiquí, Esnedupo, Mariatupo, Nialubir, Achutupo, Pugatupo, Acua-purtupo, El Encanto, Farewel, Molinuntupo, Narganá, Tupsormulo, Piedra, San Agustín, Punta Escocés y Bahía Caledonia).

CONCLUSIONES

Luego de analizar lo anteriormente expuesto, debemos de concluir que existe una gran diversidad de algas verdes en las costas del Caribe de Panamá. Que la misma ha sido poco estudiada, por lo que se necesita de mayor cantidad de trabajos al respecto (que incluyan el este de Bocas del Toro, Norte de Veraguas y Costa Abajo de Colón).

Si tomamos en cuenta el desarrollo actual de las ciencias, con miras a la obtención de productos naturales y revisamos el nivel de utilización actual de las algas, entenderemos de la importancia del mejor conocimiento de las mismas. Esto, aunado al alarmante incremento en

la tasa de degradación del ambiente marino, ha traído consigo la desaparición de muchas especies, con la consiguiente disminución de la biodiversidad.

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer al Departamento de Ciencias Marinas del Recinto Universitario de Mayagües, Universidad de Puerto Rico, toda la ayuda prestada, tanto en tiempo como equipo, para la elaboración de dicho documento. También al Departamento de Biología Marina y Limnología, Centro de Ciencias del Mar y Limnología y Museo de Biología Marina y Limnología "Dr. Luis Howell Rivero", de la Universidad de Panamá; por el tiempo necesario para el desenvolvimiento del presente trabajo. A los señores V. M. Rosado e I. López, por su disponibilidad permanente. Finalmente, agradecemos la ayuda desinteresada prestada por la Licda. G. Palacios de la Fundación ANCON. Las enseñanzas y ayuda recibidas del Dr. L.R. Almodóvar y del Prof. A. Martínez, durante todo el tiempo que trabajamos juntos, serán honradas por el resto de nuestros días.

ABSTRACT

A bibliographic extensive analysis of the green macrophyte algae from the Caribbean coast of Panama was performed. The presence of 5 orders of algae, 14 families, 28 genera and 77 species were reported, an increase of 100% from the species reported previously. The order Bryopsidales was the most representative with 4 families (dominated by the family Udoteaceae), 12 genera and 48 species; this fact demonstrates the great biodiversity of this species. An analysis of the distribution area showed a lack of reports for the east of Bocas del Toro, north of Veraguas and west of Colon provinces, possibly due to the difficulties to reach those areas.

KEYWORDS

Green Algae, Marine Algae, Caribbean, Macrophytes, Distribution.

REFERENCIAS

Alvendas, J., R. Alvarado, A. Averza C., A. Martínez & C. Fitzgerald. 2000. E.I.A. Proyecto Isla Solarte. Caribbean Garden Resort, Distrito de Bocas del Toro, Provincia de Bocas del Toro. Informe Final, CEPSA, 60 p. + anexos.

Averza-Colamarco, A. 1998. E.I.A. Proyecto Dragado del Canal de Bocas del Toro (Evaluación de los Ecosistemas Frágiles Existentes en las Areas de Posible Influencia), TCP, 33 p. + anexos.

Averza-Colamarco, A., L.R. Almodóvar & A. Martínez. 2000a. Las Algas Macrófitas del Caribe de Panamá: Compendio Bibliográfico. Dept. de Biol. Mar. y Limnol.-Centro de Cienc. del Mar y Limnol./Museo de Bio. Marina y Limnol "Dr. Luis Howell Rivero"-Universidad de Panamá/Dept. de Cienc. Mar.- Universidad de Puerto Rico, Informe Final, 35pp. + anexos.

Averza-Colamarco, A., L.R. Almodóvar & A. Martínez. 2000b. Comparación de las Algas Macrófitas Existentes en el Caribe de Costa Rica, Panamá y Colombia. Dept. de Biol. Mar. y Limnol.-Centro de Cienc. del Mar y Limnol./Museo de Bio. Marina y Limnol. "Dr. Luis Howell Rivero"-Universidad de Panamá/Dept. de Cienc. Mar.- Universidad de Puerto Rico, Informe Final, 14p.

Brattström, H. 1985. Rocky-shore zonation on the Atlantic coast of Panama. *Sarsia* 70(2-3): 179-216.

Clifton, K.E., K. Kim & J.L. Wulff. 1997. A field guide to the reefs of Caribbean Panama with an emphasis on western San Blas. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.* 1: 167-184.

Connor, J. 1984. Seasonal changes in a algal community of a tropical fringing reef in Panama. Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley, 82 p.

Correa, M.D. & I.A. Valdespino. 1998. Flora de Panamá: Una de las más ricas y diversas del mundo. *ANCON* 5(1): 16-23.

Cubit, J., G. B. de Yee, A. Roman & V. Batista. 1984. El valor de los manglares y de los arrecifes de franja como recurso natural, en la Provincia de Colón. *Revista Médica de Panamá.* 9(1): 56-67.

D'croz, L., J.B. del Rosario, C. Chang & G. de Yee. 1975. Ecología de las praderas de *Thalassia* en la costa Atlántica de Panamá. *Mem. II Simp. Latinoam. Oceanogr. Biol. Cumaná, Venezuela, nov. 1975.* Tomo I: 35-46.

de Diego, C., J.J. Maria & V.M. Alvarado. 1972. Atlas Descriptivo de Panamá. Editorial McGraw-Hill, Panamá, 48 p.

de Yee, G. & J. Connor. 1982. Estudio de las algas colectadas en las costas del Caribe de Panamá, su utilización y posible uso comercial. Mem. II Simp. Latinoam. de Acuicultura. Asociación Latinoamericana de Acuicultura (ALA), Panamá, República de Panamá, enero 25-29, 1982, 14 p.

Earle, S.A. 1972. A review of the marine plants of Panama. Bull. Bio. Soc. Wash. (2): 69-87.

Earle, S. & J.R. Young. 1972. *Siphonoclatrus* a new genus of Chlorophyta (Sifonales:Codiaceae) from Panama. Misc.Papers Farlow Herbarium, Harvard Univ. (3): 1-8.

Greb, L., B. Saric, H. Seyfried, T. Broszonn, S. Brauch, G. Gugau, C. Wiltshko & R. Leinfelder. 1996. Okologie und Sedimentologie Eines Rezenten Rampensystems an der Karibikküste Von Panama. Profil Band 10, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Stuttgart. 168 p.

Gupta, M., N. Gomez, A. Santana, P. Solis & G. Palacios. 1991. Actividad antimicrobiana de algunas algas de la costa Atlántica panameña. Revista Médica de Panamá 16(1): 64-68.

Hay, M.E. 1980. Algal ecology on a Caribbean Fringing Reef, Ph.D. Dissertation, University of California, Irvine, California, 148 p.

Hay, M.E. 1981a. Herbivory, algal distribution and the maintenance of between-habitat diversity of a tropical fringing reef. Am. Nat. 118: 520-540.

Hay, M.E. 1981b. The functional morphology of turf-forming seaweeds: persistence in stressful marine habitats. Ecology 62: 739-750.

Hay, M.E., T. Colburn & D. Downing. 1983. Spatial and temporal patterns in herbivory on a Caribbean fringing reef: the effects on plant distribution. Oecologia 58: 299-308.

Hay, M.E. & J.M. Norris. 1984. Seasonal reproduction and abundance of six sympatric species of *Gracilaria* Grev. (Gracilariaceae, Rhodophyta) on a Caribbean subtidal sand plain. *Hydrobiologia* 116/117: 63-94.

Handley, C. 1993. Conservación de la fauna y flora en las islas de Bocas Del Toro. pp. 43-48, EN: Heckadon (Edit.), Agenda Ecológica y Social para Bocas del Toro, Impresora Continental, S. A., Panamá, 211 p.

Hillis-Colinvaux, L. 1980. Ecology and taxonomy of *Halymeda*: primary producer of coral reefs. *Adv. mar. Biol.* 17: 1-327.

Howe, M.A. 1910. Report on a botanical visit to the Isthmus of Panama. *J. N. Y. Bot. Gard.* 11: 30-44.

Howe, M.A. 1919. On some fossil and recent lithothamnieae of the Panama Canal Zone. *U. S. Nat. Mus. Bull.* (103): 1-13.

Humann, P. 1996 (3.ed.). Ref. Coral Identification: Florida, Caribbean, Bahamas. Paramount Miller Graphics Inc., Florida, 239 p. + app.

IGNTG. 1988. Atlas Nacional de la República de Panamá (3ra.edición), Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, 222 p.

Kilar, J.A. 1984. Ecological studies of the alga *Acanthophora spicifera* (Vahl) Borg. (Rhodophyta, Ceramiales). I The fragmentation strategy; maintenance and persistence in a community dominated by *Laurencia papillosa* (Forsk) Grev., Ph.D. Dissertation, University Dalhousie, Canada, Halifax, Nova Scotia, 348 p.

Kilar, J.A. & J.N. Norris. 1988. Composition, export and import of dipterocarpaceae vegetation on a tropical, plant-dominated, fringing-reef platform (Caribbean Panama). *Coral Reefs* 7: 93-103.

Little, D., M.M. Little, K.E. Bucher & J.N. Norris. 1989. Marine Plants of the Caribbean: A Field Guide From Florida to Brazil. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 263 p.

Littler, D. & M.M. Littler. 2000. Caribbean Reef Plants, Offshore Graphics, Inc., New York, 542 p.

Mendoza, R. 1977. Inventario de la flora algal de las costas de la Provincia de Colón. *Revista Conciencia* 4(13): 13.

Mendoza, R. & D. Vergara. 1981. Listado de algas macroscópicas recolectadas en Punta Escocés (Comarca de San Blas). *Revista Conciencia* 8(2): 20-22.

Murray, G. 1889. Catalogue of the Marine Algae of the West Indian Region. *J. Bot.* 26: 193-196, 1888;27: 237-242; 257-262; 298-305, 1889.

Palacios, G. 1989. Clasificación y distribución de las algas clorófitas (Chlorophyta) macroscópicas del Archipiélago de las Mulatas, San Blas (Kuna Yala). Tesis Licenciatura, Universidad de Panamá, Panamá, 91 p.

Soto, R., H. Guzmán, Z. Pinzon, J. Moreno, C. Gamboa H., M. Montoya & R. Vargas. 1998. Evaluación ecológica rápida del Parque Nacional Marino Isla Bastimentos y áreas adyacentes, provincia de Bocas Del Toro. Tomo 3: Recursos costero-marinos. Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ANCON). Panamá, Panamá. 248 p.

Taylor, W.R. 1929. Notes on algae from the tropical Atlantic Ocean [1]. *Amer. J. Bot.* 16: 621-630.

Taylor, W.R. 1941. Tropical marine algae of the Arthur Schott Herbarium. *Fiel Mus. Nat. Hist., Publ.* 509, *Bot. Ser.* 20(4): 87-104.

Taylor, W.R. 1942. Caribbean marine algae of the Allan Hancock expedition, 1939. *Rep. Allan Hancock Atlantic Expe.* (2): 1-193.

Taylor, W.R. 1955. Marine algal flora of the caribbean and its extension into neighboring seas, pp. 259-278. IN: *Essays in the natural sciences in honor of Captain Allan Hancock*, Univ. of So. Calif. Press, Los Angeles, 345 p.

Taylor, W.R. 1960. Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coast of the Americas, Univ. of Michigan Press, Ann Arbor, 870 p.

Valdespino, I. A., D. Santamaria, G. Palacios & L. Solorzano-Vincent (editores). 1997. Evaluación ecológica rápida del área de influencia de la carretera Punta Peña-Almirante, provincia de Bocas del Toro. ICF Kaiser-Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ANCON). 269 p. + apendice.

Vasquez-Montoya, R. & B. Thomassin. 1983. Contribución al conocimiento de los anelidos poliquetos de las praderas de *Thalassia testudinum* y *Halodule* sp. del sector de Punta Galéta (Panamá, Provincia de Colón). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico 10(1): 1-10.

UNEP/IUCN (1988). Coral Reefs of the World. Volume. 1: Atlantic and Eastern Pacific. UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K./UNEP, Nairobi, Kenya. xlvii + 373 p., 38 maps.

Wynne, M.J. 1986. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. Can. J. Bot. 64: 2239-2281.

Wynne, M.J. 1998. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: first revision. Nova Hedwigia 116: 1-155.

Recibido julio del 2001, aceptado agosto del 2002.

ANEXO

Las Algas del Caribe de Panamá

I. ALGAS VERDES

*ULVALES

-Percursariaceae

Percusaria percura (C. Agardh) Bory
Connor (1984).
Colón.

-Ulveae

Enteromorpha flexuosa (Wulfen) J. Agardh
Ulva flexuosa Wulfen
Soto et al. (1998).
Bocas del Toro.

Enteromorpha lingulata J. Agardh
Mendoza (1977), Mendoza & Vergara (1981), Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Ulva lactuca Linnaeus

Taylor (1929, 1955, 1960), Earle (1972), Mendoza y Vergara (1981), Palacios
(1989), Clifton, Kim & Wulff (1997), Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Ulva rigida C. Agardh
Ulva lactuca var. *rigida* (C. Agardh) Le Jolis
Soto et al. (1998).
Bocas del Toro.

-Ulvellaceae

Ulvella lens P. Crouan & H. Crouan
Soto et al. (1998).
Bocas del Toro.

*SIPHONOCLADALES

-Boodleaceae

Boodlea composita (Harvey) F. Brand
Conferva composita Harvey
Connor (1984).
Colón.

Boodlea struveoides M. Howe

Connor (1984).

Colón.

Phyllocladon anastomosans (Harvey) Kraft & Wynne

Struvea anastomosans (Harvey) Piccone & Grunow

Connor (1984). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón.

Phyllocladon pulcherrimum J.E. Gray

Struvea ramosa Dickie, *S. pulcherrima*.

Connor (1984). Palacios (1989).

Colón, San Blas (Kuna Yala).

-Siphonocladaceae

Chamaedoris peniculum (J. Ellis & Solander) Kuntze

Corallina peniculum J. Ellis & Solander

Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Cladophoropsis membranacea (C. Agardh) Borgesen

Conferva membranacea Hofman Bang ex C. Agardh

Taylor (1929, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón.

Dictyosphaeria cavernosa (Forsskål) Borgesen

Ulva cavernosa Forsskål

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Connor (1984). Palacios

(1989). Greb et al. (1996). Clifton, Kim & Wulff (1997). Valdespino et al.

(1997). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Dictyosphaeria ocellata (M. Howe) Olsen-Stojkovich

Valonia ocellata M. Howe

Palacios (1989).

San Blas (Kuna Yala).

Dictyosphaeria versluysii Weber-van Bosse

Connor (1984).

Colón.

Ventricaria ventricosa (J. Agardh) Olsen & West

Valonia ventricosa J. Agardh

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Connor (1984). Palacios (1989). Greb et al.

(1996) Clifton, Kim & Wulff (1997). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

- Valoniaceae

Ernodesmis verticillata (Kützinger) Borgesen

Valonia verticillata Kützinger

Connor (1984). Palacios (1989). Clifton, Kim & Wulff (1997).

Colón, San Blas (Kuna Yala).

Valonia aegagropila C. Agardh

Connor (1984).

Colón.

Valonia macrophysa Kützinger

Clifton, Kim & Wulff (1997).

San Blas (Kuna Yala)

Valonia utricularis (Roth) C. Agardh

Taylor (1929, 1960). Earle (1972). Clifton, Kim & Wulff (1997).

Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

*CLADOPHORALES

-Anadyomenaceae

Anadyomene stellata (Wulfen) C. Agardh

Ulva stellata Wulfen in Jacquin

Taylor (1929, 1942, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Mendoza y Vergara

(1981). Connor (1984). Palacios (1989). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

-Cladophoraceae

Chaetomorpha antennina (Bory de Saint-Vincent) Kützinger

Conferva antennina Bory de Saint-Vincent

Taylor (1929, 1942, 1960). Earle (1972).

Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Chaetomorpha brachygona Harvey

Taylor (1929, 1942, 1960). Earle (1972).

Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Chaetomorpha crassa (C. Agardh) Kützinger

Conferva crassa C. Agardh

Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Chaetomorpha gracilis Kützinger

Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Chaetomorpha linum (O.F. Müller) Kützting

Conferva linum O.F. Muller

Taylor (1942, 1960). Earle (1972).

San Blas (Kuna Yala).

Cladophora coelothrix Kützting

Taylor (1929, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977).

Bocas del Toro, Colón.

Cladophora vagabunda (L.) Van den Hoek

Conferva vagabunda Linnaeus

Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Rhizoclonium africanum Kützting

Taylor (1929, 1960). Earle (1972).

Bocas del Toro.

*BRYOPSIDALES

-Bryopsidaceae

Bryopsis hypnoides J.V. Lamouroux

Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Bryopsis pennata J.V. Lamouroux

Palacios (1989). Clifton, Kim & Wulff (1997). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Bryopsis plumosa (Hudson) C. Agardh

Ulva plumosa Hudson

Clifton, Kim & Wulff (1997).

San Blas (Kuna Yala).

-Codiaceae

Codium decorticatum (Woodward) M. Howe

Ulva decorticata Woodward

Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Codium intertextum Collins & Hervey

Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Codium isthmocladum Vickers

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Connor (1984). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Codium repens Vickers

Connor (1984). Clifton, Kim & Wulff (1997).

Colón, San Blas (Kuna Yala).

Codium spongiosum Harvey

Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Codium taylorii P.C. Silva

Mendoza (1977). Mendoza y Vergara (1981).

Colón, San Blas (Kuna Yala).

-Caulerpaceae

Caulerpa ambigua Okamura

Connor (1984). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón.

Caulerpa cupressoides (West in Vahl) C. Agardh

Fucus cupressoides Vahl

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Mendoza & Vergara (1981). Connor (1984). Palacios (1989). Greb et al. (1996). Clifton, Kim & Wulff (1997). Valdespino et al. (1997). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Caulerpa fastigiata Montagne

Taylor (1929, 1960). Earle (1972). Palacios (1989).

Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Caulerpa mexicana Sonder ex Kützinger

Clifton, Kim & Wulff (1997). Valdespino et al. (1997). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Caulerpa microphysa (Wever-van Bosse) Feldmann

Caulerpa racemosa f. *microphysa* Weber-van Bosse

Taylor (1942). Earle (1972). Connor (1984). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Caulerpa racemosa (Forsskål) J. Agardh

Fucus racemosa Forsskål

Taylor (1929, 1942, 1960). Earle (1972). Mendoza y Vergara (1981). Connor (1984). Palacios (1989). Greb et al. (1996). Clifton, Kim & Wulff (1997). Valdespino et al. (1997). Soto et al. (1998).

*var. *peltata* (var. *laetevirens*: *Caulerpa peltata*)

San Blas (Kuna Yala).
*var. *racemosa* (var. *clavifera*; var. *uvifera*)
San Blas (Kuna Yala).
*var. *uvifera*
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Caulerpa serrulata (Forsskal) J. Agardh
Fucus serrulatus Forsskal
Clifton, Kim & Wulff (1997).
San Blas (Kuna Yala).

Caulerpa sertularioides (Gmelin) M. Howe
Fucus sertularioides S. Gmelin
Taylor (1929, 1942, 1955, 1960). Earle (1972). Mendoza & Vergara (1981).
Connor (1984). Palacios (1989). Greb et al. (1996). Clifton, Kim & Wulff
(1997). Valdespino et al. (1997). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Caulerpa taxifolia (Vahl) C. Agardh
Fucus taxifolia Vahl
Clifton, Kim & Wulff (1997).
San Blas (Kuna Yala).

Caulerpa verticillata J. Agardh
Connor (1984). Palacios (1989). Clifton, Kim & Wulff (1997). Valdespino, et
al. (1997), Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

-Udoteaceae

Avrainvillea asarifolia Borgesen
Clifton, Kim & Wulff (1997).
San Blas (Kuna Yala).

Avrainvillea nigricans Decaisne
Clifton, Kim & Wulff (1997).
San Blas (Kuna Yala).

Avrainvillea rawsoni (Dickie) M. Howe
Rhipilia rawsonii Dickie
Taylor (1942). Earle (1972). Mendoza (1977). Palacios (1989).
San Blas (Kuna Yala).

Boodleopsis pusilla (Collins) W.R. Taylor, A.B. Joly & Bernalowicz
Dichotomosiphon pusillus Collins.
Earle (1972).
San Blas (Kuna Yala).

Halimeda copiosa Goreau & E.A. Graham
Connor (1984). Clifton, Kim & Wulff (1997).
Colón, San Blas (Kuna Yala).

Halimeda discoidea Decaisne
Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Connor (1984). Palacios (1989). Clifton,
Kim & Wulff (1997). Valdespino et al. (1997). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Halimeda favulosa M. Howe
Palacios (1989).
San Blas (Kuna Yala).

Halimeda goreau W.R. Taylor
Clifton, Kim & Wulff (1997).
San Blas (Kuna Yala).

Halimeda incrassata (J. Ellis) J.V. Lamouroux
Corallina incrassata J. Ellis
Taylor (1942). Mendoza (1977). Mendoza & Vergara (1981). Connor (1984).
Palacios (1989). Clifton, Kim & Wulff (1997). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Halimeda lacrimosa M. Howe
Connor (1984).
Colón.

Halimeda monile (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux
Corallina monile J. Ellis & Solander
Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Palacios (1989). Clifton, Kim & Wulff
(1997). Valdespino et al. (1997).
Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Halimeda opuntia (Linnaeus) J.V. Lamouroux
Corallina opuntia Linnaeus
Taylor (1929, 1942, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Mendoza &
Vergara (1981). Connor (1984). Palacios (1989). Greb et al. (1996). Clifton,
Kim & Wulff (1997). Valdespino et al. (1997). Soto et al. (1998).
*f. triloba
San Blas (Kuna Yala).
*f. typica
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Halimeda simulans M. Howe
Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Palacios (1989). Clifton,
Kim & Wulff (1997).
Colón, San Blas (Kuna Yala).

Halimeda tuna (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux

Corallina tuna J. Ellis & Solander

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Connor (1984). Palacios (1989). Clifton, Kim & Wulff (1997). Valdespino et al. (1997). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Penicillus capitatus Lamarck

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Mendoza & Vergara (1981). Con Connor (1984). Palacios (1989). Greb et al. (1996). Clifton, Kim & Wulff (1997). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Penicillus dumetosus (J.V. Lamouroux) Blainville

Nesaea dumetosa J.V. Lamouroux

Greb et al. (1996). Clifton, Kim & Wulff (1997). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Penicillus lamourouxii Decaisne

Taylor (1942, 1960). Earle (1972).
San Blas (Kuna Yala).

Penicillus pyriformis Gepp & E. Gepp

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Clifton, Kim & Wulff (1997). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Rhipiliopsis stri (S. Earle & J.R. Young) Farghaly & Denizot

Siphonoclathrus stri S. Earle & J.R. Young

Earle & Young (1972).
Colón.

Rhypocephalus phoenix (J. Ellis & Solander) Kützing

Corallina phoenix J. Ellis & Solander (*Udotea plumula*; *plumula* var. *curta*)

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Palacios (1989). Clifton, Kim & Wulff (1997).
San Blas (Kuna Yala).

Udotea conglutinata (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux

Corallina conglutinata J. Ellis & Solander

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Palacios (1989).
San Blas (Kuna Yala).

Udotea cyathiformis Decaisne

Taylor (1960). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro.

Udotea flabellum (J. Ellis & Solander) M. Howe

Corallina flabellum J. Ellis

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Mendoza (1977). Mendoza y Vergara (1981). Palacios (1989). Clifton, Kim & Wulff (1997). Soto et al. (1998).
Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Udotea occidentalis A. Gepp & E. Gepp

Clifton, Kim & Wulff (1997).

San Blas (Kuna Yala).

*DASYCLADALES

-Dasycladaceae

Neomeris annulata Dickie

Taylor (1942, 1960). Earle (1972). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, San Blas (Kuna Yala).

Neomeris cokeri M. Howe

Palacios (1989).

San Blas (Kuna Yala).

-Polyphysaceae

Acetabularia calyculus J.V. Lamouroux in Quoy & Gaimard

Valdespino et al. (1997). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro.

Acetabularia crenulata Lamouroux

Earle (1972). Mendoza (1977). Mendoza y Vergara (1981). Connor (1984).

Palacios (1989). Soto et al. (1998).

Bocas del Toro, Colón, San Blas (Kuna Yala).

Acetabularia (Polyphysa) pusilla (M. Howe) Collins

Acetabulum pusillum M. Howe

Connor (1984). Palacios (1989).

Colón, San Blas (Kuna Yala).



EL PROYECTO EÓLICO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DENTRO DEL ÁREA PROTEGIDA DE FORTUNA: un caso de energía limpia con serios problemas ambientales.

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Manuel F. Zárate P.
Planicia Panamá Consultores S. A.

RESUMEN

Hacemos un análisis de los problemas ambientales del proyecto de generación de 30 MW promovido por la empresa "Compañía Eléctrica Panameña S.A.", con el patrocinio de Unión FENOSA que consistió en la Construcción de una Planta de Generación Eléctrica Eólica dentro del Área Protegida de Fortuna, en la provincia de Chiriquí. Se presagian impactos ambientales severos que afectarían el Complejo Hidroeléctrico Fortuna y su Bosque Protector. Adelantamos algunas reflexiones que permitan analizar y evaluar los problemas que surgen de este nuevo proyecto que permita asumir la posición más indicada para el beneficio del país.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Río Chiriquí se ubica en la parte Suroccidental del país, en la vertiente del Pacífico. Tiene un área total de 1 905 km² y es una de las más importantes del territorio nacional por su alto rendimiento (está por arriba de los 72 V/(skm²). Sin embargo, al igual que otras cuencas de la vertiente del Pacífico, está padeciendo de problemas en la distribución temporal de caudales, con una regulación natural entre enero y abril que varía entre el del 7 % y el 15 % del escurrimiento y en el período de lluvias, de mayo a diciembre, de un 85 % al 92 % [1].

El proyecto eólico se encuentra situado en la parte alta de esta cuenca, en el área que va de la cota 1 000 msnm hacia arriba, dentro del vaso colector de aguas del llamado "Valle de la Serpe". Tiene el objetivo de producir aproximadamente 30 MW y consiste en el montaje de unas

46 torres de 44 m de altura, con hélices de tres aspas de 24 m de radio (lo que eleva su perfil vertical a casi 70 m de altura), ubicadas en un arco de aproximadamente 17,2 km lineares que va desde las faldas orientales de Cerro Fortuna hasta la subcuenca de la quebrada Bijao, pasando por áreas sensibles en el río Hornito y los nacimientos de las quebradas Las Mellizas; es decir que atraviesa casi horizontalmente todo el territorio Sur y Este del vaso colector de las aguas del lago artificial Fortuna. Las torres estarán dispuestas a distancias que van de 200 m a 600 m entre una y otra, tomando siempre cuidado de las corrientes de viento, lo que lleva a su colocación en los puntos dominantes de relieves, o sea en las filas de los microvalles y cimas de cerros. Cada una exige un área base de terreno de unos 400 m² planos [2].

El parque establece además una casa control en una de las terrazas ribereñas del río Hornito, a mitad de su curso, y por supuesto, la construcción de caminos de acceso para las torres y de tendidos eléctricos para transportar la electricidad generada.

LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

Los problemas del proyecto corresponden a la especificidad de la relación sistémica actual, entre los atributos ambientales intrínsecos del área de construcción, la existencia de una Reserva Forestal (el bosque de Fortuna) y el Complejo Hidroeléctrico Fortuna. Vale recordar en forma preliminar, que el área es de una alta biodiversidad [3], es reserva especial de agua para los proyectos hidroenergéticos de Fortuna, Estí, Gualaca Fase I y Gualaca Fase II, y parte importante del Corredor Biológico Mesoamericano; pero a su vez, como se verá más adelante, es ambientalmente muy frágil.

El propio Complejo Hidroeléctrico, que produce alrededor de un 39 % de la energía eléctrica nacional, tiene un embalse regulador de aguas ubicado en el lugar conocido como Valle de la Sierpe, hoy día parte del bosque es área protegida. El reservorio, con una presa de 100 m de altura sobre el cauce normal del río (la cresta está a 1 056 msnm) y un espejo de agua a 1 050 msnm, a su nivel máximo para el vertido, tiene un volumen útil de operación de 165,77 mmc. Sin embargo, el volumen muerto del complejo es sólo de 1,22 mmc, lo que hace al complejo vulnerable a los procesos de sedimentación de fondo. La batimetría de 1990 arrojó este resultado. Una nueva batimetría

realizada en el 2002 establece el volumen muerto en 1,17 mmc, lo que significa una reducción de su anterior capacidad. Sin embargo, siguiendo una curva del año 1973 a la fecha, se ha notado un mejoramiento en el control del proceso, seguramente por la recuperación de la cobertura vegetal y los esfuerzos invertidos en ingenierías suaves y duras de control. El área de embalse cubre unas 1000 ha en el punto de máximo nivel.

Por otro lado, la Reserva Forestal Fortuna, con 19 000 hectáreas y una zona de amortiguamiento de 500 hectáreas adicionales, habitada por campesinos e indígenas dedicados a la agricultura básica [4], fue creada por el Decreto Ejecutivo N° 68 el 21 de septiembre de 1976, estableciendo entre sus considerandos que en "la región montañosa del Valle de la Sierpe existen formaciones de bosques que por su ubicación cumplen funciones de interés en la regulación del régimen de las aguas, protección de suelo y albergue de la fauna silvestre" y que "en los alrededores de estas montañas nacen los ríos Chiriquí y Hornito y muchas quebradas que constituyen recursos hídricos importantes para la utilización en el Proyecto Hidroeléctrico Fortuna".

Veamos entonces los problemas más preocupantes del nuevo proyecto:

- **Problema de orden legal.** Como se ha dicho, el parque eólico intenta levantarse dentro de la Reserva Forestal Fortuna, la cual fue declarada como tal, tomando en cuenta la protección del recurso agua necesario para el complejo hidroeléctrico y los que le siguen por cascada en la cuenca media y baja. La Ley N° 18 del 9 de junio de 1976, que dicta medidas sobre el Proyecto Hidroeléctrico Fortuna declara "de interés social urgente, la construcción, protección y funcionamiento del Proyecto Hidroeléctrico Fortuna, así como el uso adecuado de las tierras que afectan dicho proyecto"; y en su Artículo 2 declara *inadjudicable* las tierras nacionales comprendidas en el área descrita de la cuenca hidrográfica. Adicional, el Decreto N° 68 en su Artículo 3 *prohíbe todo tipo de actividad* dentro del área que no esté relacionado con el proyecto hidroeléctrico. Desde este punto de vista, el proyecto propuesto exige entonces una modificación sustancial a la Ley N° 18 y al Decreto N° 68, modificación que sólo podrá ser posible con la debida consulta y consenso de todos los usuarios de la Cuenca y de la sociedad científica panameña.

■ **Problema de erosión / sedimentación.** Las características propias del área la declaran con suelos frágiles, muy sensibles a la erosión y a los movimientos de masa, y por lo tanto a los procesos de sedimentación sobre el lago. En el relieve aparecen como ocurrencia típica los tipos de erosión laminar, erosión por arroyamiento (se pueden apreciar en un amplio número de barrancos y cárcavas) y flujos rocosos y coladas de lodo.

A este respecto la cobertura vegetal es de suma importancia. Basta señalar que durante el período de la construcción del alcoducto transísmico, que atravesó pequeñas porciones de algunas subcuencas del vaso colector de aguas de lago, las magnitudes del sedimento en suspensión se multiplicaron por diez, y sólo el paso de los años y la implementación de costosas medidas de control, de ingeniería dura y revegetación, han logrado reducir la cantidad de sedimentos a unas tres veces más de la cantidad en las condiciones originales. Lo mismo sucedió con la construcción de la carretera transísmica, que atraviesa parte de la cuenca del Río Hornito, la cual tiene aún en nuestros días grandes dificultades para estabilizar las paredes de sus cunetas en amplios segmentos del vaso colector, las que erosionan rápidamente por la alta precipitación y velocidad de las escorrentías, depositándose el sedimento en el lago artificial.

Estudios realizados sobre el bosque, entre los que se destacan los del Ing. José Félix Victoria y del Ing. Irving R. Díaz, indican que los suelos son muy someros con 0,15 m a 0,20 m de profundidad, con pendientes mayores de 30 % y 60 %, alta pedregosidad sobre rocas basálticas, aglomerados, tobas y granodioritas, ligeramente ácidos y encharcados. En condiciones naturales poseen un horizonte A cuyo contenido de materia orgánica puede fluctuar entre 7 % y 12 % y un horizonte B totalmente arcilloso. El horizonte A de los suelos desaparece fácilmente con la destrucción de la vegetación natural; y cuando los mismos son sometidos a un alto grado de compactación permiten el desplome en masa y solifluxión, con inestabilidad geomorfológica. Asimismo el área es de alta sismicidad, y si bien el fenómeno no representa un alto riesgo para la propia presa, los especialistas aseguran que sí ha ayudado a desestabilizar las áreas impactadas por obras humanas. Almengor (1990), manifiesta incluso que un factor de desestabilización son las vibraciones causadas por los grandes camiones que hoy día cruzan la carretera Chiriqui-Bocas del

Toro. En otras palabras pues, la combinación de material suelto profundo, no consolidado (tobas), fuertes pendientes, alta intensidad de las lluvias y sismicidad, con los cortes de suelo y compactación, eliminación de vegetación y vibraciones por efectos de camiones, puede tener efectos sinérgicos de muy alto riesgo en términos de erosión, deslizamientos y otros desastres.

El hecho particular es que por el poco volumen muerto del embalse, la capacidad de carga para sedimentos es pequeña por debajo de la boca-toma y cualquier aumento sobre los procesos actualmente controlados de sedimentación va a incidir en la vida útil del proyecto. Y obviamente, no es lógico arriesgar la vida de un proyecto de 300 MW que representa el 39 % de la producción nacional, por un proyecto de tan sólo 30 MW que puede tener, además, otras alternativas de ubicación.

• **Problema del ruido.** El giro de las aspas de las hélices genera ruido (roce con el aire), el cual se calcula en unos 65 dBA para cada torre en promedio (podrá ser más fuerte o menos fuerte según sea la velocidad del viento). Por la disposición ya descrita de las torres, se está entonces frente al caso de una fuente lineal de ruido de un poco más de 17 km, fuente continua con variantes de nivel según el viento, todo lo cual va a implicar un nivel sonoro medio día-noche (L_{eq}) de cierta importancia con relación al nivel sonoro de un bosque rural (el nivel de ruido del bosque natural, medido por la consultoría del Parque Eólico "Quijada del Diablo", realizada por "Consultoría, Estudios y Diseños S.A." estuvo alrededor de los 32 dBA). Al respecto, señalamos que en la curva Presión Acústica vs Calidad Ambiental, 65 dBA está catalogado como un ruido molesto, aunque aceptable pues no causa daños físicos a la salud, pero con posibilidad de una reacción significativa de cualquier residente.

El problema consiste en que este ruido se dará simultáneamente en las 46 torres, día y noche, con su fuente extendida ubicada en el fondo de esa hoya inmensa que representa el valle de la cuenca alta del río, una singular formación orográfica resultante de los eventos tectónicos que hicieron que el río Chiriquí y Hornito fluyeran hacia el Pacífico, en lugar de como lo hicieron en algún periodo anterior de su historia geológica, hacia el Atlántico. Y, bien estudios realizados por técnicos de "Planeta Panamá Consultores S. A.", con medidas reales y modelos

matemáticos de dispersión demuestran que en los valles y microvalles se produce un efecto "altavoz" con impacto en las filas dominantes y cumbres, fenómeno sobre el cual pesa más la topografía del terreno, el tipo de suelo y las corrientes verticales de vientos, que la existencia de vegetación [5]. Este impacto podrá ser pues significativo, tanto para pobladores del área, que residen generalmente en los puntos altos del valle, como para la vida animal.

● **Problema con la biota.** Si tomamos en consideración el largo de las aspas de las hélices, el área de rotación de cada una cubrirá un espacio de 1 809 m², lo que multiplicado por las 46 torres hará un total de 83 237 m², distribuidos en una franja aérea de 48 m de ancho ubicada entre los 20 m y 68 m de altura sobre el suelo. La extensión en arco de las torres, la distancia entre ellas, la altura de las mismas y diámetro de sus hélices, sumados al factor ruido de rotación (produce "stress" en animales) creará, a no dudarlo, un efecto barrera aéreo para la avifauna, bajo la rotación de las aspas. Aquí el problema es que, hoy día, no solamente existe un bosque importante en el área, sino también un lago, con zonas de humedales productos de la reorganización del sistema ambiental, todo lo cual sostiene una importante avifauna, muchas de ellas migratorias, que encuentran en el sitio un punto de apoyo en su viaje.

También la apertura de caminos, para trasladar y darle mantenimiento a las torres significará fragmentar el bosque, con todas las repercusiones que esto implica sobre el aumento de la erosión, afectación del sistema de drenaje natural, acceso al bosque de cazadores y taladores, invasión de colonizadores, etc., además de los efectos negativos sobre la actividad y funciones de algunas especies silvestres en ese mundo de alta biodiversidad.

● **Problema paisajista.** El cuadro actual, formado por las unidades paisajistas de lago, montañas, quebradas y ríos ha dado una nueva dimensión al área, que junto a la historia natural del bosque y la biodiversidad se conjugan para dotarla de un alto potencial ecoturístico. El arco extendido de las torres con aspas rompe la armonía de la cuenca visual de mayor presencia humana, en la flecha de vista lago-montañas y montañas-lago, trastocando el horizonte paisajista en las dos direcciones. Este potencial ha sido incorporado recientemente en el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental

(PAMA) de EGE-Fortuna S.A., con mucho futuro, para que dicha empresa en alianza con la ANAM y el IPAT lo organicen bajo un estricto control, para beneficio de las comunidades lugareñas, en dirección a su uso por el turismo científico y el ecoturismo en general. Es uno de los medios idóneos para incorporar la mano de obra del área a una actividad económica responsable, alejándola de prácticas insustentables. Por su baja capacitación técnica, la planta eléctrica eólica no podrá nunca asimilar esta mano de obra lugareña, pero en cambio va a estorbar una posibilidad de ingresos para ella.

■ **El problema socioeconómico.** La construcción de una planta eólica como la descrita, exige, a no dudarlo, una gran cantidad de mano de obra calificada, que no la tiene la región. Esto implicará la afluencia de trabajadores externos al lugar; una corriente migratoria que ingresará al bosque protector por la puerta del proyecto, con todas sus costumbres y tradiciones urbanas. Ello implica ubicación de campamentos en el área y consiguientemente garantías de alimentación, luz, agua, tratamientos de residuos sólidos y líquidos, etc., generando condiciones colaterales de impacto. Pero el problema más importante es la reubicación de estos trabajadores una vez se vayan terminando las obras, porque no pueden quedarse en el área formando cinturones de pobreza en la periferia boscosa, que pondrían en peligro su sostenibilidad. Mucho cuidado deberá ponerse pues, al estudio socioeconómico y cultural.

CONCLUSIÓN

El planteamiento desarrollado no intenta cerrar las posibilidades de emplazamiento de plantas eólicas en el país, las que son bien conocidas por su generación limpia. Lo que pretendemos sostener es que el sitio escogido no es el adecuado para tal proyecto. En este sentido consideramos que debe hacerse un estudio de alternativas, que evalúe otras áreas de potencial equivalente. Hoy día las eólicas funcionan incluso con velocidades de vientos de hasta 3 m/s; y hace algunos años el antiguo IRHE realizó una evaluación del potencial energético eólico del país, encontrando varios lugares con grandes posibilidades, situados además en áreas ya intervenidas drásticamente por el hombre. Creemos pues, que el proyecto puede caber en otro sitio. Lo importante es que no venga a romper el actual proceso de reorganización del sistema ambiental de Fortuna, que marcha ya con

buen paso hacia un nuevo equilibrio sociedad / naturaleza, dinamizado y tejido con grandes esfuerzos por el Complejo Hidroeléctrico Fortuna.

ABSTRACT

The "Compañía Eléctrica Panameña S. A." enterprise, sponsored by Unión FENOSA, is developing plans to construct a plant to generate electric energy using the wind force on the protected area of Fortuna, province of Chiriquí. This initiative presages severe environmental impacts related to Complejo Hidroeléctrico Fortuna and its Protector Forest. From this point of view, we need to evaluate and analyze the problems incited by this new project, and then we must assume the best position for the country benefit. This work intend to advance some reflections for discussion about this situation.

REFERENCIAS

Carter, L. W. 1999. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Mc Graw Hill. Madrid.

Consultoría Estudios y Diseños S.A. 2001. Parque Eólico "Quijada del Diablo". Informe Final Ambiental. Panamá.

Díaz, I. R. 1996. Fundamentos de Gestión Ambiental para la Reserva Forestal Fortuna. Panamá.

Planeta Panamá Consultores S. A. 2002. Programa de Adecuación y Manejo Ambiental - Auditoría Ambiental del Complejo Hidroeléctrico Fortuna Panamá.

Victoria, J. F. 1982. Patrón de Manejo Agroecológico del Área de Manejo Especial de la Reserva. Fortuna. Panamá.

Recibido agosto del 2002, aceptado septiembre del 2002.

RECONOCIMIENTO AL TRABAJO DE LOS ÁRBITROS

La calidad de una revista depende, en gran medida, de los evaluadores. El Comité Editorial expresa un profundo reconocimiento a las siguientes personas por el tiempo y conocimientos invertidos a este número:

Yolanda Aguila
René Araúz
Aramis Averza
Héctor Barrios
Roberto Cambra
Orlando Concepción
Luis D' Croz
Bernardo Fernández
Humberto Garcés
Percis Garcés
César Garrido
José del R. Garrido
Juan Gómez
Joaquín González
Blanca Hernández
Juan Jaén
María Lezcano
Iván Luna
Cecilio Puga
Dionédes Quintero
Néstor Sánchez
Alberto Taylor
Víctor Tejera

SUSCRIPTORES

El Consejo Editorial ha adoptado como política publicar la lista de sus suscriptores, con el objeto de que la comunidad conozca el nivel de aceptación de esta revista.

Eduardo Flores

José del Rosario Garrido

Eduardo Camacho

Luis Santamaría

Roberto A. Cambra

Ivis González de Jiménez

Juan A. Gómez H.

José Simmonds

Luis D'Cróz

Mauela Foster V.

TÉCNOCENCIA
REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS
Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Para correspondencia, canje o suscripción dirigirse a:

**Centro de Investigación de operaciones para el Desarrollo, la Ciencia y
la Tecnología (CENIO)**

Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología
Estafeta Universitaria, Universidad de Panamá,
Panamá, República de Panamá.
Teléfonos 223-9280 Ext. 290, 263-6133 Ext. 315
FAX (507) 263-7636
Correo electrónico: tecnociencia5@latinmail.com

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 venta..... B/. 5,00

A las personas o instituciones interesadas en recibir permanentemente la Revista Tecnociencia, sirvanse completar el formato presente y, junto con el mismo, remitan giro o cheque a nombre de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología de la Universidad de Panamá. 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.....

