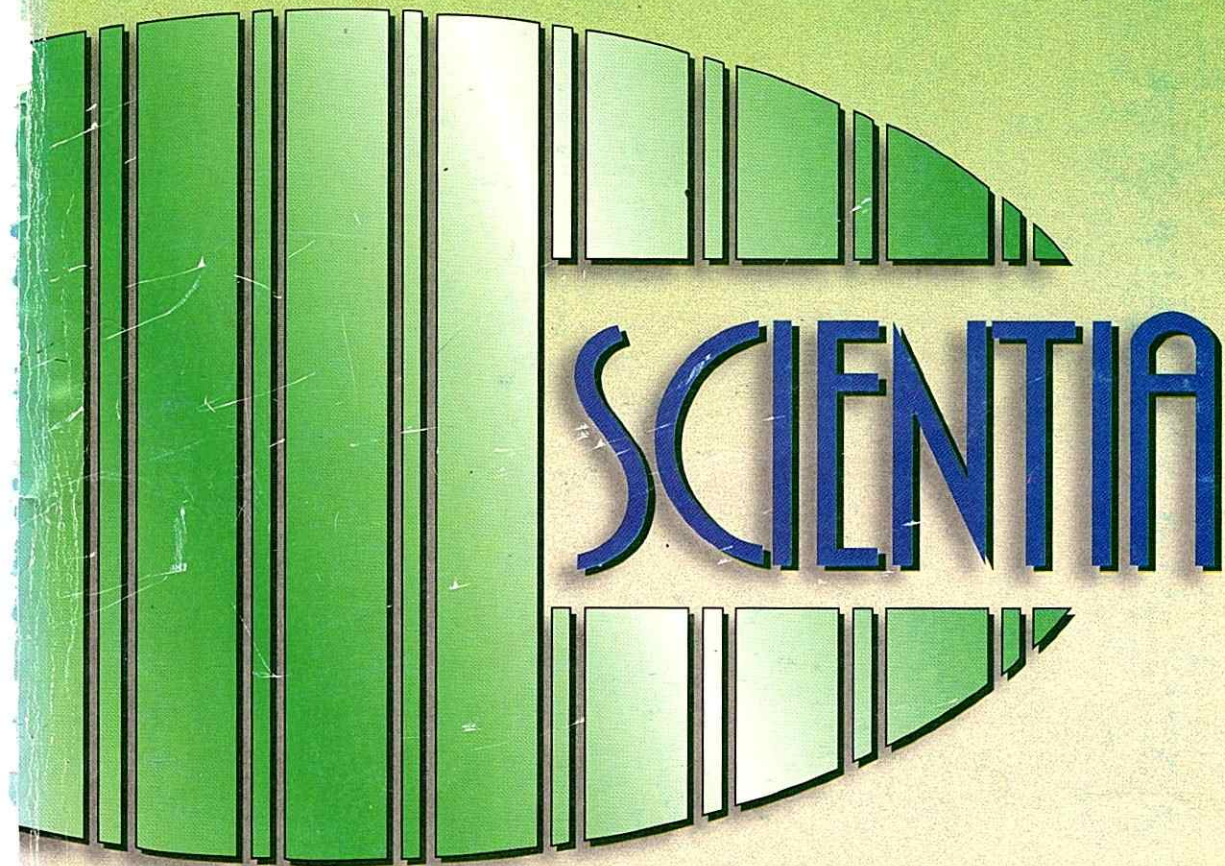


**REVISTA DE  
INVESTIGACIÓN DE LA  
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**



---

Vol. 17 • No. 1 • Junio de 2002

---

**CONSEJO EDITORIAL**

**DIRECTORA**

Margarita Cornejo

**EDITOR**

Dr. Alfredo Figueroa Navarro

Prof. Jorge Castillo  
Facultad de Economía

Dr. Plinio Valdés  
Facultad de Medicina

Dr. Raúl De Los Ríos  
Facultad de Odontología

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

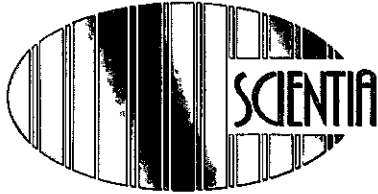
Ing. Luis Carlos Salazar  
Facultad de Ciencias Agropecuarias

Dra. Vilma Turner  
Facultad de Farmacia

Dra. Marina de Laguna  
Facultad de Enfermería

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

Impreso en Panamá  
200 ejemplares



**Revista de Investigación de la  
Universidad de Panamá**



**Publicación de la Vicerrectoría  
de Investigación y Postgrado**



## AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

**Doctor Gustavo García de Paredes**  
Rector

**Doctor Justo Medrano**  
Vicerrector Académico

**Doctora Betty Ann Rowe de Catsambanis**  
Vicerrectora de Investigación y Postgrado

**Doctor Carlos Brandariz Zúñiga**  
Vicerrector Administrativo

**Doctor Nelson Novarro**  
Vicerrector de Asuntos Estudiantiles

**Doctor Ariosto Ardila**  
Vicerrector de Extensión

**Magistra Onfala de De Bello**  
Secretaria General

**Magíster José Ignacio Ramírez**  
Director General de los Centros Regionales Universitarios

## NOTA EDITORIAL

El arribo de la República a su Primer Centenario es motivo de regocijo para la Revista *Scientia*, tanto como para todos los panameños, y no es casual, por tanto, que en el presente número se recojan trabajos relacionados con el recurso que en variadas formas ha trazado el quehacer de todos estos años de construcción de la República, a saber, el Canal y la Bahía de Panamá. Así podemos reseñar que, durante los diez primeros años de existencia, la revista recogió nada menos que un Número Especial de tres volúmenes dedicados al Inventario Biológico del Canal (*Scientia*, Panamá, Diciembre 1994 – Diciembre 1995), mientras que a la Bahía de Panamá se dedicaron poco más o menos cuatro trabajos que, en conjunto, ilustran la atención de nuestros científicos naturales por el área canalera y zonas aledañas. En el número que nos ocupa sobresale el trabajo de Diana Araúz, sobre la hidrología de las mareas a la entrada del Canal de Panamá; en tanto que el de Luis Miguel González se preocupa por medir la tasa de sedimentación de parte del Lago Alajuela, de tanta importancia para el mantenimiento hídrico apropiado de la ruta canalera. Sendos trabajos son de capital importancia pues rescatan para los panameños la responsabilidad que nos cabe de mantener y proteger nuestro principal recurso sostenible.

La Biología Molecular, como tecnología de punta necesaria par el desarrollo económico y social de nuestro país, también está debidamente representada en este número por profesionales provenientes de ramas diversas de la Biología. Anotamos, correspondientemente, que el estudio del polimorfismo presente en el arroz (*Oryza sativa*) es estudiado por un equipo de investigadores del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y le Escuela de Biología de la Universidad de Panamá, haciendo uso del novísimo método de ADN polimórfico amplificado al azar. Éste último permite evaluar el grado de polimorfismo genético con un poder de resolución que sólo se alcanza con tan señero método. Está de más resaltar la importancia que para el desarrollo agrícola tiene el estudio genético de arroz; lo que no es obvio, sin embargo, es que esta planta es autofecundable; por tanto el mantenimiento de una alta tasa de polimorfismo es de fundamental importancia para el conocimiento teórico de los mecanismos de variación en poblaciones naturales.

No menos impresionante es el trabajo del equipo del Centro de Investigación de Criobiología de esta Universidad y de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, que les permitió desentrañar el papel que desempeñan las diversas poblaciones celulares del ovario de la gallina (*Gallus domesticus*) en la síntesis y secreción de hormonas. Finalmente, el equipo de investigadores del Laboratorio de Productos Naturales con Actividad Biológica, de la Facultad de Ciencias Naturales, haciendo uso de modernas técnicas cromatográficas determinó la existencia, en extractos de la planta *Hypsis sinuata*, de una serie de compuestos orgánicos de gran importancia para la Farmacología. Esta apretada reseña tiene como propósito indicar lo que ya es una tendencia irreversible de la Ciencia Panameña: la colaboración interdisciplinaria de investigadores de distintos centros de investigación, con el fin de resolver problemas concretos de nuestro desarrollo.

El desarrollo de la ciencia panameña y del uso adecuado de los recursos requiere de una actitud de dedicación sistemática a un problema dado. La tendencia, hasta muy recientemente, era la de la realización de estudios individuales y fragmentarios. Una revisión de la producción científica recogida por esta revista dará cuenta de la lenta desaparición de esta inclinación. La primera tendencia está ejemplarizada en el aparte anterior, mientras que la segunda se recoge en los informes acerca de la Biología de la paloma tierrerita (*Columbina talpacoti*) de Ricardo Pérez y Ana Jiménez y el no menos importante, referente al crecimiento y reproducción de la almeja blanca (*Protothaca asperrima*). Los primeros continúan documentando información acerca de una de las aves más comunes de nuestro medio. Mientras tanto, los segundos contribuyen considerablemente al esclarecimiento de los procesos reproductivos de una valiosa fuente de proteínas para nuestro pueblo.

La salud, en su forma más amplia, también es abordada en el presente número, por un equipo multidisciplinario de México y Panamá quienes reseñan los resultados de un estudio comparativo de la fasciolosis, en ganado que habita en la Provincia de Colón, Panamá y en el Estado de Puebla, México. Este estudio es importante pues permite detectar aquellas condiciones que favorecen o no la erradicación total de este parásito.

Especial atención se ha prestado al trabajo presentado por un grupo de investigadores del Laboratorio de Física de la Atmósfera y del Departamento de Hidrometeorología de la Autoridad del Canal de Panamá, quienes se han dedicado al novísimo estudio, en nuestra latitud, de los niveles de ra-

yos ultravioleta b (RUV-B) y su asociación con otros factores. El primer reporte académico, de tan excelente trabajo, cobra importancia toda vez que la destrucción de la capa de ozono, producto de la actividad humana, puede incrementar los niveles de cáncer en la piel y de otras enfermedades terminales al aumentar los niveles de RUV-B. Lo más valioso de este estudio, sin embargo, es la manera sostenida mediante la cual se espera monitorear cualquier cambio en la transparencia a los rayos UV en nuestra atmósfera, permitiéndonos sugerir los correctivos de salud comunitaria a tomar para evitar daños tisulares irreversibles, tanto como las medidas industriales que eviten la producción de agentes destructores de la capa de ozono.







## **CORRIENTES, SUS COMPONENTES VECTORIALES Y MAREAS EN LA ENTRADA DEL CANAL DE PANAMÁ**

**DIANA ARAÚZ**

Departamento de Oceanografía e Hidrografía,  
Servicio Marítimo Nacional.

### **RESUMEN**

**E**ste trabajo presenta los resultados de las variaciones de corrientes en la capa de los 10 m de profundidad, según los estándares de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) para aguas someras de alto tráfico marítimo, en dos localidades de la entrada del Canal de Panamá, sector Pacífico, la estación 1 (CM001) cercana a la Isla Flamenco y la estación 2 (CM002) a 380 m al NW de distancia de la boya de recalada y de las mareas, durante el período del 12 de junio al 25 de julio de 2002, con cuatro registros por hora (cada 15 minutos). Las mareas en las estaciones de Diablo Heights y Taboguilla estuvieron casi en fase con amplitudes promedio de 2,7 y de 2,8 m respectivamente. La mayor variabilidad de velocidad y dirección del flujo fue observada en el CM001 con 0,19 cm/s a 80,30 cm/s y se dirigen a los 120°-200° y 320° a 40°; en el CM002 las corrientes varían de 0,51 cm/s a 45,11 cm/s, dirigiéndose a los 160°-270° y 300°-360°. Las corrientes en el área de estudio tienen como componentes la circulación general del Golfo de Panamá en forma residual y las mareas con períodos de 12 horas aproximadamente.

### **PALABRAS CLAVES**

Corrientes, Mareas, Componentes vectoriales, Canal de Panamá.

## .. INTRODUCCIÓN

El área de estudio es la entrada pacífica del Canal de Panamá. Se caracteriza por ser una zona de aguas someras con profundidades entre los 13 a 18 m en marea baja. El fondo está constituido principalmente por sedimentos de consistencia suave, limo y arcillas y algunas fracciones de arena (Kwiecinski *et al.*, 1994), igualmente sujeta al drenaje continuo de agua dulce proveniente de la operación de las esclusas (Kwiecinski y D'Croz, 1994). Además, es una zona de alto tráfico marítimo.

Entre los informes y trabajos próximos al área de estudio sobre modelos numéricos bidimensionales aplicados a la Bahía de Panamá se encuentran los desarrollados por Technipan Hanzen y Sawyer (1976) y Kant y Bijlsma (1999), éstos consideran mediciones directas de corrientes, la propagación de la marea, constituyente M<sub>2</sub>, y los vientos y por Bennett (1965), quien llevó a cabo mediciones de corrientes en 5 localidades, a tres profundidades distintas, a lo largo de un período de 30 días. Estos estudios coinciden en los patrones generales de circulación de la Bahía de Panamá como un sistema intrínseco de corrientes de marea y corriente costera. Los resultados del presente trabajo permiten una discusión comparativa con dichos estudios, ya que el mismo está basado en mediciones directas por 45 días.

Brenes *et al.*, (1995) se basan en distribuciones espacio temporales de los datos hidrológicos, temperatura y salinidad, provenientes de los crueros realizados en el período lluvioso de 1993 y el seco en 1994, en la región centroamericana. El análisis de los datos sugiere la aparición de las surgencias costeras en el Golfo de Panamá y de los significativos aportes de agua dulce provenientes del Canal de Panamá, modificando la estructura salina. El trabajo de Araúz y López, (1998), trata sobre registros de larga duración (44 años) de temperatura superficial del mar tomados en la estación costera permanente de Diablo Heights en la Bahía de Panamá; el resultado del análisis sugiere la presencia de aguas frías en los períodos secos y sus fluctuaciones durante eventos cálidos y fríos. Las observaciones y las tablas de predicción de mareas de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) 2002, establecen un carácter semi-diurno de las mareas en el área de estudio y proporcionan la amplitud y fase de las mismas.

El presente trabajo forma parte del Programa de Levantamientos Hidrográficos en conjunto con la Oficina Naval Oceanográfica de los Estados

Unidos (NAVOCEANO) y el objetivo del mismo es conocer y describir la dinámica de corrientes y de mareas en dicha zona como ayuda para la navegación.

## PARTE EXPERIMENTAL

En las campañas de muestreo se utilizaron dos correntómetros fijos, modelos FSI- 3D-ACM con memoria estática interna de 512K; los sensores de corrientes tienen precisiones de +/-2% (+/-1,0 cm/s); para la dirección de la corriente tienen precisiones de +/- 2°; ofrecen 1100 horas de lecturas continuas con salida de los datos serial ASCII, en tiempo corrido.

Para la obtención de los datos de nivel del mar se instaló un mareógrafo de profundidad marca Sutron en la Isla de Taboguilla, el sensor de presión tiene ámbito de 0-100 metros de profundidad y precisión de 4 mm, así como también se utilizaron datos que fueron proporcionados por la ACP de la estación de Diablo Heights.

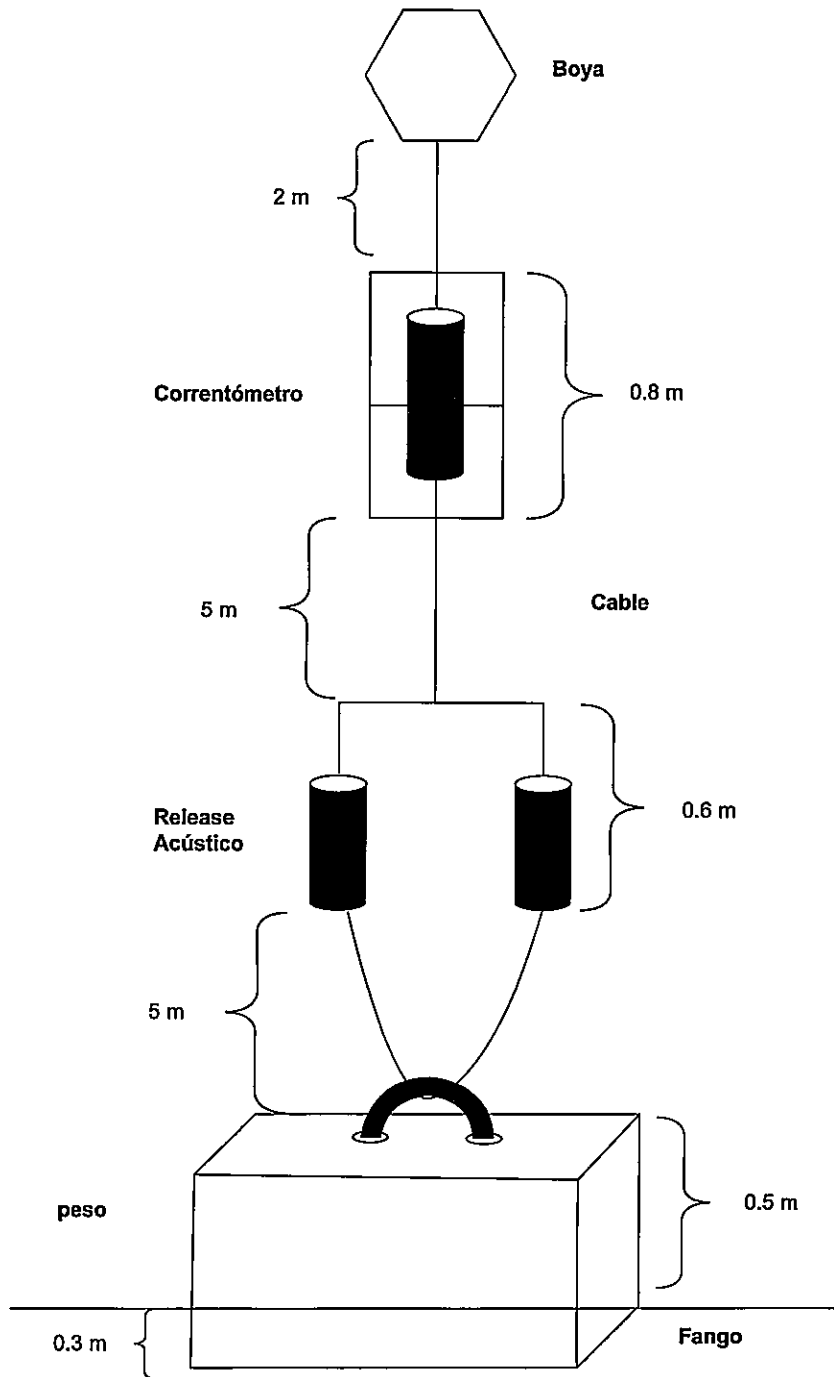
El muestreo se realizó del 12 de junio al 25 de julio de 2002, siendo parte de la campaña Oceanográfica e Hidrográfica. Se establecieron dos estaciones, la CM001 en la posición (08°53'43,9" N, 079°30'33,5"W) y la CM002 en (08°51'54,3"N y 079°29'57,9"W), en aguas someras de la Entrada del Pacífico del Canal de Panamá, separadas entre sí por 2,76 kilómetros.

En la colecta de los datos se programó un mareógrafo y dos correntómetros para el registro simultáneo de series de tiempo, registrando datos de alturas de mareas, velocidad y dirección de las corrientes con cuatro lecturas por hora (cada 15 min) durante 45 días. Los instrumentos se anclaron a una altura de 0,5 metros del fondo y colocados a una profundidad de 10 metros. Ver armado de los correntómetros.

Las variaciones de presiones del nivel del mar, corrientes absolutas y direcciones de las mismas fueron sometidas a tratamiento estadístico; se hizo un análisis comparativo de las corrientes para cada estación; las corrientes se desdoblaron en componentes vectoriales V (Zonales, Norte – Sur) y U (Meridionales, Este –Oeste). También se realizan gráficos de los promedios de mareas, corrientes y dirección de las mismas en cada estación.

Para tal fin se tomó en consideración las fluctuaciones de la marea, ya que las normas de OHI establecen que, en áreas  $\leq 30$  m, las corrientes tienen que ser medidas a una profundidad estándar de 10 m. En ese sentido se precedió al armado y cálculos de las distancias de cada componente.

**Figura 1.**  
Armado del correntómetro.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Mareas y corrientes

Los resultados señalan como hechos más sobresalientes que las fluctuaciones de mareas de ambas estaciones se alcanzan casi simultáneamente, pudiéndose afirmar que se encuentran en fase en tiempo y amplitud, pues el desfase es de sólo  $-0,05$  minutos y la amplitud de 5 cm en las mareas máximas (Cuadro 1). Esto era de esperarse, ya que la onda de marea es tan grande que supera la distancia que separa las dos estaciones; sin embargo, la batimetría es diferente y la forma de la línea de costa es distinta, por lo que se genera una pequeña variación.

**Cuadro 1.**

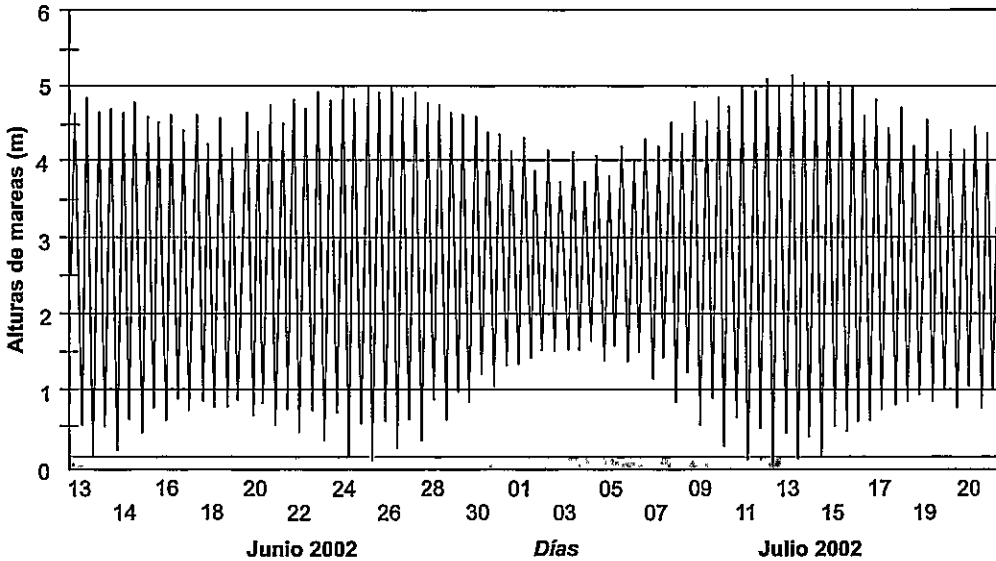
Estadística de mareas y corrientes CM001 - CM002, cuatro lecturas de 15 minutos por hora.

Diablo	Marea Diablo Heights(m)	Marea Taboguilla(m)	CM001 (cm/s)	CM002 (cm/s)
Media	2,70	2,86	25,04	16,13
Error típico	0,02	0,02	0,29	0,13
Mediana	2,77	2,91	18,82	15,34
Moda	0,89	4,17	7,91	20,94
Desviación estándar	1,32	1,31	19,02	8,44
Varianza de la muestra	1,76	1,71	362,02	71,37
Curtosis	-1,27	-1,27	0,25	-0,56
Coefficiente de asimetría	-0,08	-0,09	1,04	0,38
Ámbito	5,15	4,95	80,16	44,56
Mínimo	0	0,26	0,19	0,55
Máximo	5,16	5,21	80,36	45,11
Suma	9656,43	10007,83	103963,89	67010,52
Cuenta	3505	3505	4151	414
Mayor (1)	5,16	5,21	80,36	45,11
Menor(1)	0,00	0,26	0,19	0,55
Nivel de confianza (95,0%)	0,04	0,04	0,57	0,25

Las mareas en el Golfo de Panamá (Figura 2) son de carácter semidiurno, con dos pleamar y dos bajamar (Egorov, 1974), las mareas dominadas por la componente armónica M2 (Semidiurna lunar principal) tienen un período de doce horas y 42 minutos (Murillo, 1991). Existe una significativa diferencia de amplitud por ámbito mareal, siendo mayor en las mareas vivas o de sicigia con ámbito de hasta 6 metros (Kwiczinski y D'Croz, 1994). Esta significativa diferencia de amplitud de la marea es la consecuencia de la reflexión de la ola de la marea que conduce a una configuración de una onda estacionaria, constituyente M2; como resultado, en la parte norte del Golfo se registran las amplitudes mayores. Este comportamiento produce que la fase de la marea sea la misma, lo que significa

que en todo el Golfo de Panamá la pleamar y la bajamar se alcanzan casi al mismo tiempo. Los momentos estadísticos de mareas al igual que las corrientes en cada estación se muestran en el Cuadro 1.

**Figura 2.**  
Alturas de marea en la estación Diablo Heights.



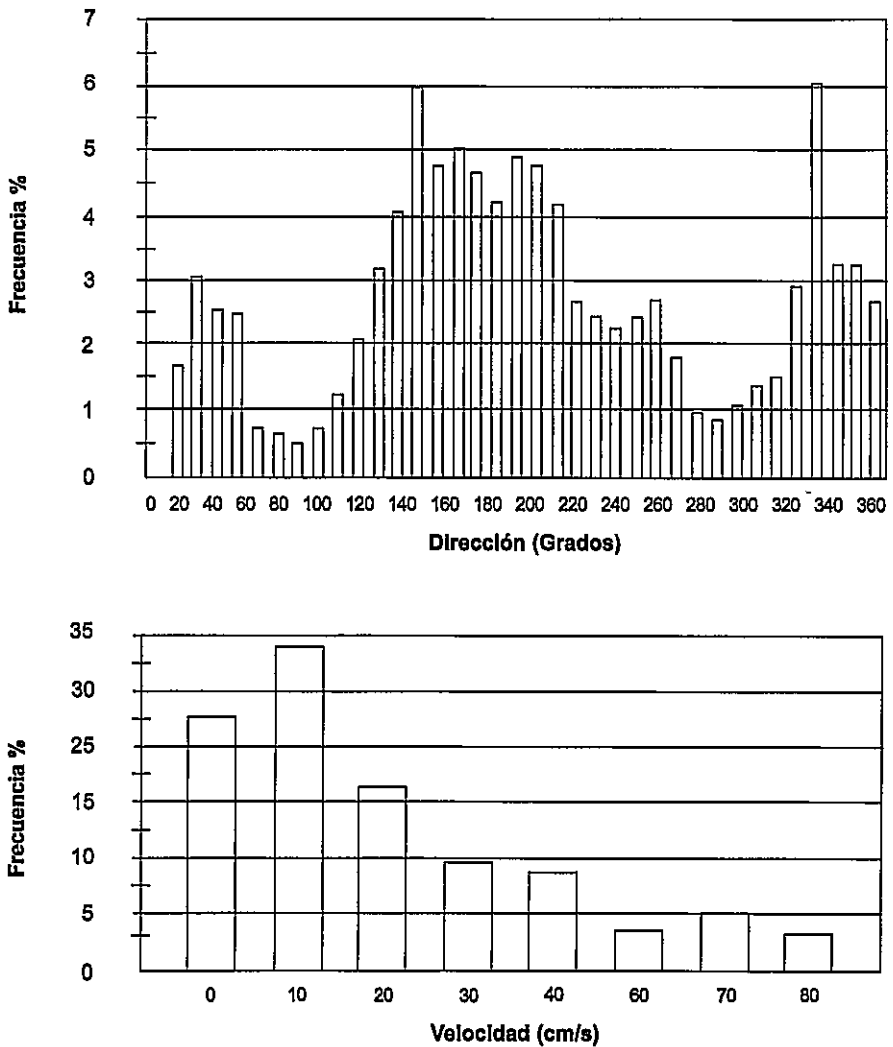
Los promedios de corrientes en la CM001 (Figura 2), varían de 0,19 cm/s a 80,3 cm/s, siendo las velocidades de 10 cm/s a 20 cm/s las frecuencias más representativas y se dirigen principalmente en dos grupos de direcciones de 120°-200° y 320° a 40°. En la CM002 (Figura 3), las corrientes varían de 0,51 cm/s a 45,11 cm/s, dirigiéndose a los 160°-270° y 300°-360° respectivamente y los porcentajes de frecuencia de velocidad se encuentran entre 10 a 30 cm/s. Sin embargo, en ambas estaciones observamos que la velocidad de la corriente de 20 cm/s representa el mayor porcentaje (30%) de frecuencia, convirtiéndola en el valor más significativo. No obstante, la variabilidad observada en la CM001 en cuanto a la magnitud de las corrientes puede estar influenciada por las características morfológicas y topográficas del fondo, interactuando con la acción del viento.

Sin duda alguna, estas variaciones en el nivel del mar causan efectos hidrodinámicos relevantes en la Bahía de Panamá, ya que este fenómeno genera pequeñas velocidades de corrientes. Por ello que resulta interesante comparar las condiciones hidrodinámicas durante el flujo y reflujos de

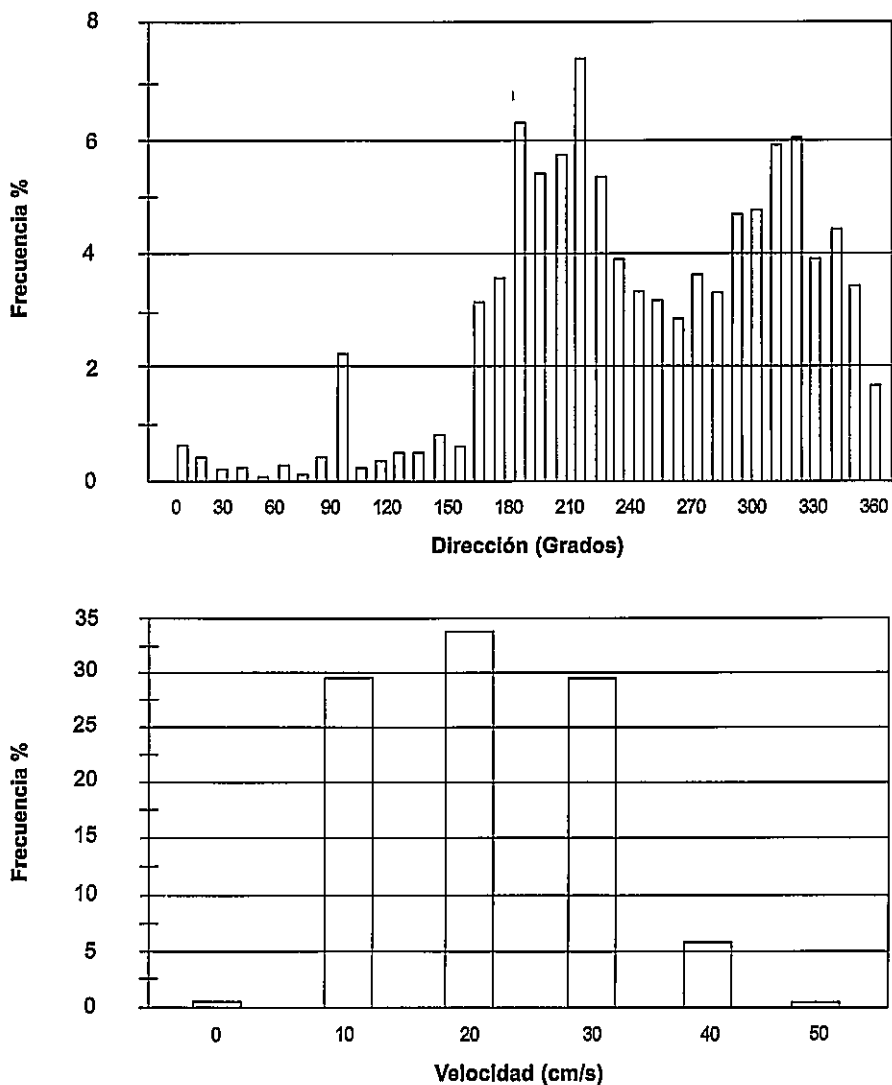
la marea. Observamos que existe un retraso de fase de  $90^\circ$  entre el máximo nivel de marea y el máximo de la intensidad de corrientes de mareas (Figura 4); esto significa que en momentos extremos del nivel del mar (pleamar y bajamar) las corrientes deben ser cero en ausencia de otras corrientes (Salinas *et al.*, 1997). Esta condición se evidencia en la estación CM001, porque ahí la corriente residual, es decir la corriente que no es de marea, es muy pequeña o tiende aproximarse a cero.

**Figura 3.**

Direcciones y velocidades de corrientes en la Bahía de Panamá (CM002) entre el 12 de junio y 25 de julio de 2002.



**Figura 4.**  
 Direcciones y velocidades de corrientes en la Bahía de Panamá (CM002) entre el 12 de junio y 25 de julio de 2002.



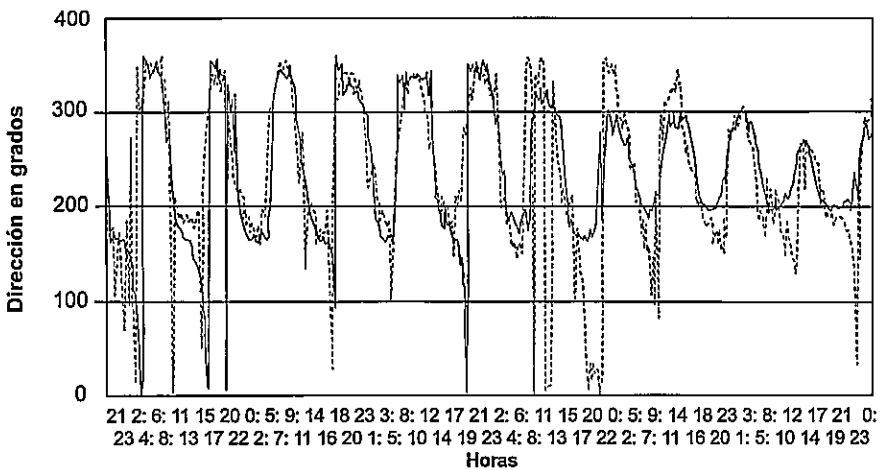
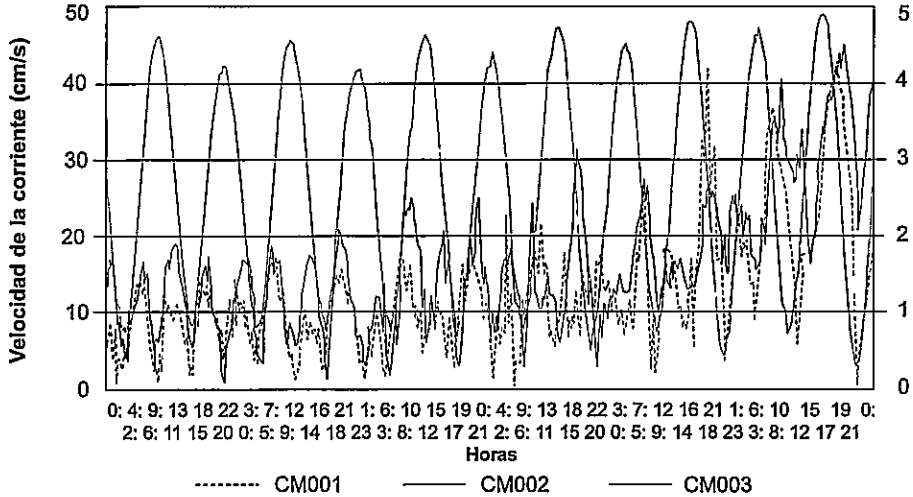
Condiciones similares se observan en la estación CM002. Sin embargo, es más evidente la presencia de una corriente residual de velocidades entre 10 y 20 cm/s. Esta configuración del flujo concuerda con lo reportado por Bennett (1965), sugiriendo que la corriente en la pleamar y bajamar se dirige hacia el Oeste y que en la media marea las mismas se dirigen hacia el Norte y Sur.



En general, se registran las mayores velocidades en las mareas de mayor amplitud, aunque a veces se pueden encontrar situaciones anómalas presentándose los extremos del nivel del mar con los máximos de corrientes al mismo tiempo.

**Figura 5.**

Comparación de la Marea, las corrientes y dirección CM001 y CM002, el 18 hasta el 24 de junio de 2002.



La dirección general de las corrientes fue consistente con la condición de la marea; aunque para la estación CM001 se registraron corrientes hacia diversas direcciones modificando temporalmente el régimen del flujo. Este comportamiento puede ser inducido por la velocidad, duración y direc-

ción del viento como consecuencia de las fuerzas de fricción, especialmente en áreas poco profundas. Por consiguiente, podemos decir que las corrientes observadas son mareales, coincidiendo con los flujos y reflujos de la marea y que la relación teórica entre variaciones de nivel y corrientes existe casi durante todo el período. En consecuencia, tenemos que durante la fase ascendente de la marea y ante el establecimiento de las condiciones de flujo en la Bahía, se presentan patrones de circulación con velocidades medias de 16 cm/s a 25 cm/s y dirección predominante NW. Al llegar a la costa, estas corrientes aumentan de magnitud, debido a que la velocidad de la ola de marea decrece, pero la velocidad de la corriente aumenta con la reducción de la profundidad, de allí que se puedan observar fuertes corrientes en el interior de la Bahía y respondiendo a las condiciones morfológicas del fondo marino adquieren direcciones NW, N y en menor medida NE.

Durante la fase descendente de la marea se establecen las condiciones de reflujos en la bahía y, al retirarse la masa de agua, el patrón de circulación sigue las direcciones de la conformación de la costa y el fondo; es decir, en las estaciones las corrientes adoptan direcciones S, SO, aunque existen direcciones hacia el SE. Estas observaciones coinciden con las señaladas por los estudios desarrollados por Kan y Bijlsma (1999).

### Componentes Vectoriales

El Cuadro 2, demuestra que las componentes U y V de la estación CM001 tienen corrientes promedio de 2,60 y de -1,66 cm/s. Así mismo las componentes de la estación CM002 presentan corrientes promedio de -6,71 y de -2,85 cm/s respectivamente. Estos resultados nos evidencian claramente de la existencia de corrientes residuales. La primera en dirección SE, tal y como lo indican las componentes y su tendencia de la estación CM001 en la Figura 6.

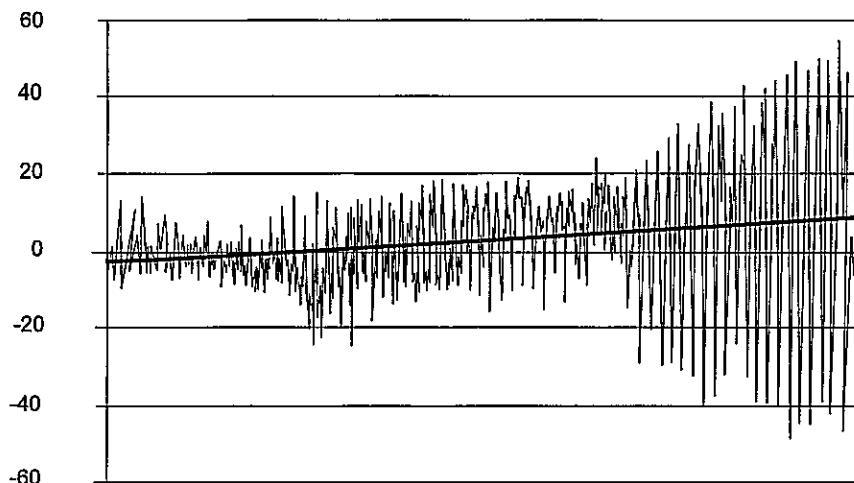
**Cuadro 2.**

Estadística de las Componentes Vectoriales U y V de corrientes promedios de 15 minutos cada hora en las estaciones CM001 y CM002.

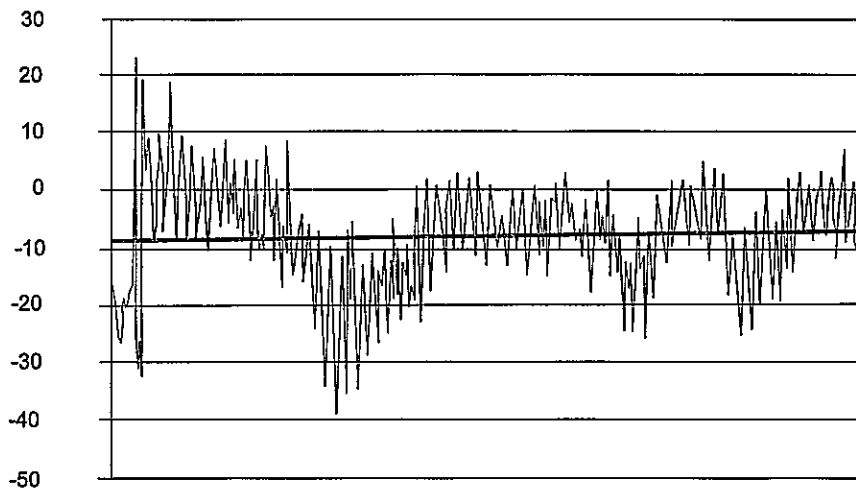
Corrientes (cm/s)	U CM001	V CM001	U CM002	V CM002
Media	2,60	-1,66	-6,71	-2,85
Mediana	0,77	-6,57	-6,26	-2,61
Moda	-4,27	19,03	-7,17	1,7
Desviación estándar	19,25	24,68	9,72	13,56
Varianza de la muestra	370,64	609,27	94,57	183,78
Rango	146,49	133,81	65,99	74,47
Mínimo	-70,80	-57,94	-38,97	-41,97
Máximo	75,69	75,87	27,02	32,50

**Figura 6.**

**A)** Componente de corriente promedio (cm/s) U y su tendencia en la estación CM001, desde el 13 de junio de 2002 hasta el 19 de julio de 2002.



**B)** Componente de corrientes promedio (cm/s) U y su tendencia en la estación CM002, desde el 13 de junio de 2002 hasta el 19 de julio de 2002.



Observamos que la componente zonal esta precedida por el signo negativo, dirección Sur, y la componente meridional por el positivo, dirección Este.

Comportamiento opuesto se observa en la estación CM002 (Figura 5b) donde podemos apreciar que dicha corriente se dirige hacia el SW. Esta situación entre ambas estaciones puede explicarse de la siguiente mane-

ra: en la primera estación existe un transporte de agua hacia fuera de baja magnitud, proveniente probablemente de la descarga del Canal de Panamá, situación esta que coincide con los bajos valores de salinidad reportados por Kwiecinski *et al.*, (1994) y por Brenes *et al.*, (1995), o puede ser parte de los giros de la misma corriente marginal, que conjugados con la morfología del fondo y de la conformación de la costa configuran la circulación en esa área, orientándola hacia el Sudeste.

En la segunda estación, la configuración observada es inducida principalmente por la corriente costera de la Bahía de Panamá, la cual es parte de la Corriente Oceánica llamada corriente de Colombia, definida como una corriente permanente que fluye paralela a la costa del Golfo de Panamá (Oficina Naval Oceanográfica, 1963) originando una circulación ciclónica en sentido contrario a las manecillas del reloj (Wirtky, 1965 en Forsbergh, 1969), dirigiéndose al Oeste. Mediciones realizadas por Bennett (1965) y Hanzen y Sawyer (1976), confirman la presencia de una corriente neta residual hacia la misma dirección en las costas de la ciudad de Panamá.

## CONCLUSIÓN

Existe un retraso de fase de  $90^\circ$  entre el máximo nivel de marea y el máximo de la intensidad de corrientes de mareas, principalmente en la estación CM001.

En general, la dirección de las corrientes fue consistente con el estado de las mareas,  $300^\circ - 200^\circ$  subidas y bajadas del nivel del mar.

Las velocidades medias registradas oscilan entre 15-25 cm/s.

La mayor variabilidad de las corrientes (velocidad y dirección) se observó en la estación CM001.

Las corrientes observadas son mareales, coincidiendo con los flujos y reflujo de la marea, cumpliéndose con la relación teórica entre variaciones de nivel y corrientes, condición que existe durante todo el período.

La componente meridional U y zonal V, en ambas estaciones, indican la presencia de corrientes residuales.

La comparación de los componentes vectoriales señala que las corrientes residuales se dirigen hacia el Sudeste y Sudoeste, esta última con mayor velocidad.

Finalmente, las corrientes registradas forman parte de un complejo sistema de corrientes, Oceánicas y de marea continuamente presentes, donde la morfología del fondo, como la configuración de la costa, las descargas de aguas continentales y el viento pueden influir en las zonas someras de manera localizada modificando el flujo (dirección y velocidad).

#### **SUMMARY**

### **CURRENTS VARIATION, THEIR VECTORIAL COMPONENTS AND TIDES AT THE ENTRANCE OF THE PANAMA CANAL**

This report presents the results of currents variations at 10 m depth, in accordance with the standard of International Hydrographic Organization (IHO) for shallow water from height maritime traffic, in two locations of the Pacific entrance side of Panama Canal, the station (CM001) near to Flamenco Island and the station CM002 is located 380 m from buoy RW and the tides, from June 12 to July 25 2002, based in records taken four times per hour (each 15 min). The tides at Diablo Heights and Taboguilla stations were in phase, with mean amplitudes of 2,7 m and 2,8 m respectively. The bigger variations on velocity and direction of the flow were observed in the CM001 with 0,19cm/s to 80,3 cm/s, going toward 120° to 200° and 320° to 40°. At the point CM002 the currents change from 0,51 cm/s to 45,11cm/s, going toward 160° to 270° and 300° to 360°. The currents in the selected survey area contain the following components: general Gulf Panama circulation (as a trend) and tides with periods of 12 hours.

#### **KEYWORDS**

Currents, Tides, Vectorial components, Panamá Canal.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ, Tablas de Mareas 2002, Balboa Pacífico, Departamento de Ingeniería y Proyectos, División de Ingeniería, Sección de Meteorología e Hidrología.

ARAÚZ, D., LÓPEZ, D. 1998. El Niño y su incidencia en la pesca de Anchovetas y Arenques en el Golfo de Panamá. Comisión Permanente del Pacífico Sur, **Seminario Internacional de los Océanos, dic. 7-11,1998.** 19 p.

BENNETT, E.B. 1965. Currents observed in Panama Bay during September-October 1958 (in English and Spanish). **Inter. Amer. Trop. Tuna Comm.**, Bull., 10(7): 397-457.

BRENES, C., KWIECINSKI, B., D'CROZ, L. y CHAVES, C.J. 1995. Características oceanográficas de la Plataforma Pacífica de América Central y Aguas Oceánicas Adyacentes. Convenio ALA/90/09 UE/ OLDE-PESCA, PRADEPESCA. 27 p., 48 láminas.

EGOROV, N.I, 1974. **Oceanografía Física**. Petrogrado, Hidrometeoizdat, 455p.

FORSBERGH, E.D. 1969. On the Climatology, Oceanography and Fisheries of the Panama Bight. (in English and Spanish). La Jolla California, **Inter. Amer. Trop. Tuna Comm.**, Bull., 14(2): 110

KANT, G., y BIJLSMA, A.C. 1999. Report A: Hydrodynamic Impact Assessment, Punta Pacífica, Panamá, WL/Delft Hydraulics P/I H3483, 39p., 9 tablas, 77 figuras, 2 apendices.

KWIECINSKI, B. y D'CROZ, L. 1994. Oceanografía y Calidad del Agua. Panamá, **Scientia**, Panamá, 8(2), 31-49.

KWIECINSKI, B., GARCÉS, H. y D'CROZ, L. 1994. Calidad de los Sedimentos. Panamá, **Scientia**, Panamá. 8(2), 50-59.

MURILLO, C. 1991. Las mareas del Golfo de Nicoya. Costa Rica, **Boletín Ambientes Acuáticos**, Vol.1, CIMAR. UCR. [www.cimar.ucr.cr](http://www.cimar.ucr.cr), noviembre 2001

OFICINA NAVAL OCEANOGRÁFICA. 1963. Atlas de Cartas Náuticas de Pilotos, aguas de Centroamérica y del Océano Atlántico Sur, Estados Unidos de Norte América. 53p.

SALINAS, F., ZAYTSTEV, O.V. y DIEGUÉZ, T. 1997. Corrientes, Mareas y sus espectros en la Playa norte de la barra arenosa El Mogote, La Paz. B.C.S. México. **Oceánides**, 12(2), 65-77.

TECHNIPAN HANZEN AND SAWYER, 1976. Panama Bay Study, Volume 8. Informe.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Oficina Naval Oceanográfica (NAVOCEANO) por el apoyo proporcionado y facilitación del equipo para la ejecución del Programa de Levantamientos Hidrográficos para la actualización de la cartografía náutica nacional, cartas Nima #21603, 21602, de las cuales derivó el presente trabajo. Igualmente, agradecemos al Director General del Sistema Marítimo Nacional, José Isaza Ros por su incondicional apoyo para la ejecución de la campaña, al personal del Departamento de Oceanografía e Hidrografía y a la tripulación de la Patrullera P-303 del Servicio Marítimo Nacional por su participación durante la recolección de los datos y, finalmente, al doctor Alfredo Soler por su estímulo y ayuda considerable durante la elaboración de este documento.





## EL RÍO CHAGRES Y LA SEDIMENTACIÓN EN EL LAGO ALAJUELA

LUIS MIGUEL GONZÁLEZ

Departamento de Estudios Ambientales,  
Instituto del Canal y Estudios Internacionales,  
Universidad de Panamá.  
mreal34@hotmail.com

### RESUMEN

**E**l Lago Alajuela es de vital importancia para el funcionamiento eficiente del Canal de Panamá. Su importancia es quizás mayor desde el punto de vista de salud pública, ya que desde 1974 se convirtió en una fuente de agua potable para la Ciudad de Panamá y sus alrededores. Con el objetivo de examinar la distribución y de estimar la magnitud de los depósitos de sedimento aportados por el Río Chagres a dicho lago (en la desembocadura), generamos un modelo digital del terreno para batimetrías realizadas en el área de interés en los años de 1983 y 1997. Pudimos determinar la existencia de un abanico aluvial en la desembocadura del Río Chagres. Calculamos una tasa de sedimentación de 4 centímetros por año en dicha área y estimamos que, para 2012, el lago Alajuela habrá perdido el 25% de su capacidad de almacenamiento de agua.

### PALABRAS CLAVES

Lago Alajuela, Río Chagres, Sedimentación, Capacidad de Almacenamiento

### INTRODUCCIÓN

La Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá es la herramienta fundamental de la vía interoceánica. El agua que aporta esta cuenca se utiliza

para el funcionamiento del Canal de Panamá. Además, se utiliza también para el consumo de las ciudades de Panamá y Colón y para la generación de electricidad. En las operaciones del manejo del agua en la Cuenca, la Autoridad del Canal utiliza las represas de Gatún y Madden. La represa Madden dio origen al embalse conocido como lago Alajuela.

El Instituto del Canal de la Universidad de Panamá está interesado, a través de su Departamento de Estudios Ambientales, en el estudio de la morfología, la hidrología y los procesos ecológicos que caracterizan al lago Alajuela, uno de los tres lagos artificiales que pertenecen a la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.

El interés del Instituto por dicho lago se origina en el hecho de que gran parte del suministro de agua para el consumo de los habitantes de la Ciudad de Panamá y alrededores proviene de la planta potabilizadora de Chilibre. Dado que la misma se surte del lago Alajuela (en el año 2001 la producción de la potabilizadora fue de 475 721 m<sup>3</sup> diarios), se considera que las características de dicho lago constituyen parámetros ambientales que es conveniente conocer, para asegurar la planificación necesaria que garantice la continuidad y la calidad del suministro del vital líquido.

Dentro de este marco, reproducimos aquí nuestro trabajo de investigación destinado a examinar las características morfológicas del área en donde el Río Chagres entra al Lago Alajuela (desembocadura), así como la localización de las zonas de depósito de sedimentos en dicha región. Se registra también la cuantificación del volumen de dichos depósitos de sedimento.

## **METODOLOGÍA**

### **Área de Estudio**

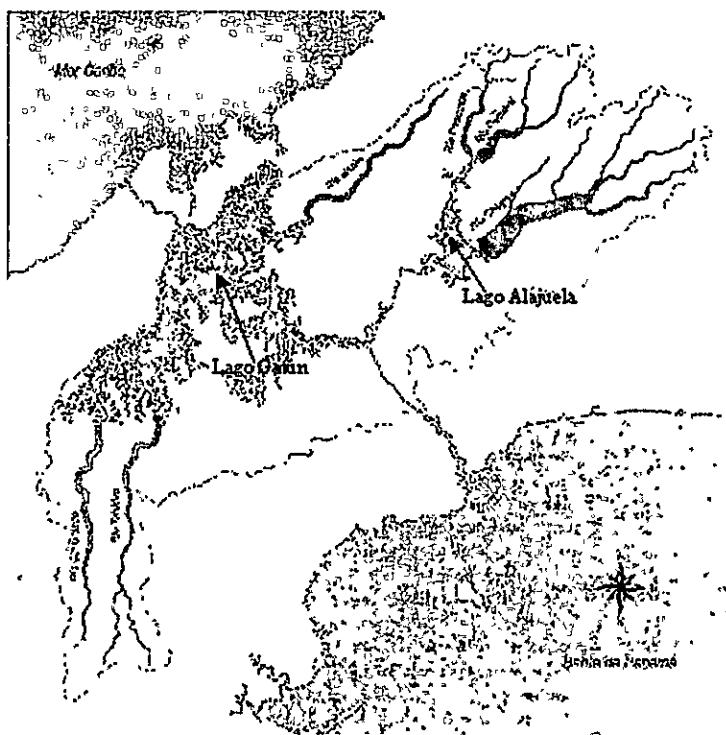
La construcción de la represa Madden le permitió a la Compañía del Canal almacenar agua durante la estación lluviosa, para posteriormente utilizarla durante la estación seca y de esta manera mantener el lago Gatún a un nivel constante durante todo el año. Esta represa también ayudó a controlar al Río Chagres durante las inundaciones de la estación lluviosa, las cuales interferían con la navegación en la desembocadura del Chagres en Gamboa.

En 1934, se formó el lago Alajuela (Figura 1) al represar (represa Madden) el curso medio del Río Chagres. Este lago tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 799 millones de metros cúbicos de agua (Al-

varado, 1985). El área de captación es de 975,33 km<sup>2</sup> (Alvarado, 1985) que representan alrededor del 30% del área de la Cuenca Hidrográfica (Región Oriental) del Canal. El sistema hidrológico de este lago produce el 40% del volumen anual de agua que usa el Canal (Alvarado, 1985).

El lago en 1974 adquirió una mayor importancia desde el punto de vista económico y de salud pública ya que se convirtió en una fuente de agua potable para la Ciudad de Panamá y sus alrededores. En este año se construyó la planta potabilizadora de Chilibre del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN).

**Figura 1.**  
Vista esquemática del lago Alajuela, dentro de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.



Fuente: La Cuenca del Canal, STRI, 1999.

El lago Alajuela recibe las aguas de varios ríos. Los tres principales son: el Río Chagres, el Río Boquerón y el Río Pequení (Figura 1). Junto con las aguas de estos ríos, el lago recibe también grandes cantidades de sedimentos suspendidos transportados por las corrientes de estos cursos de agua

En 1985 la antigua Comisión del Canal de Panamá (CCP) publicó un estudio titulado: "La Sedimentación del Lago Alajuela" en el cual se des-

cribe el esfuerzo realizado por la Sección de Meteorología e Hidrografía (CCP) destinado a conocer algunas de las características de la sedimentación en dicho lago. Uno de los resultados de este valioso estudio es la estimación de la tasa de acumulación de sedimentos. Se obtuvo un valor de 3,02 centímetros por año para el período 1958-1983 (25 años) (Alvarado, 1985). La sedimentación del lago tiene el efecto de disminuir su capacidad de almacenamiento de agua. Otro valioso resultado de este trabajo fue el cálculo de dicha disminución, que se estimó en el 5% en el período 1935-1983. El estudio de la manera en que se manifiesta la sedimentación, permite estimar la disminución en la capacidad de almacenamiento y facilita el diseño de estrategias de control de la sedimentación. En diciembre de 1997 la División de Ingeniería de la antigua Comisión del Canal de Panamá emitió un informe en el cual reportaba los resultados del Proyecto: Pérdida de la Capacidad de Almacenamiento del Reservorio de Madden. En este proyecto, se determinó que, hasta el año de 1997, se había perdido, por la sedimentación, el 15% de la capacidad de almacenamiento del lago. Con la información que se presentó en ese informe se puede estimar que la tasa de sedimentación, en el período 1983-1997, fue de unos 4,6 centímetros por año (calculado como: volumen/(área \* tiempo). Es, decir, la sedimentación aparenta estar aumentando.

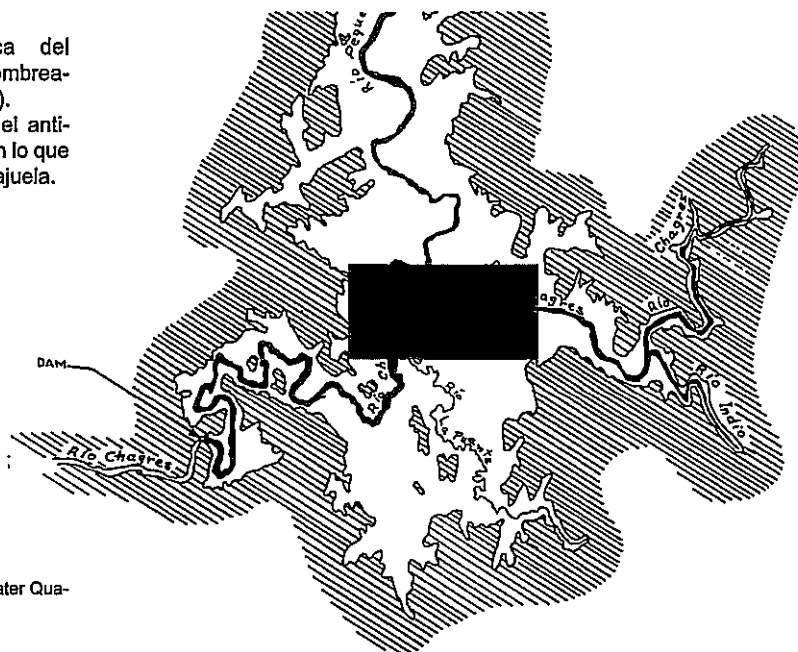
Con anterioridad a la formación del lago, el área del actual embalse era una llanura rodeada por colinas o cerros, lo que se conoce como una llanura aluvial. El Río Chagres la atravesaba en dirección Oeste. Aproximadamente hacia la mitad de dicha llanura aluvial, el río Chagres se unía al río Pequenú. Esta es la región en donde realizamos los cálculos para la estimación de la sedimentación. En la Figura 2 se puede ver, en forma esquemática, el antiguo cauce (pre-inundación) del Río Chagres. El área sombreada horizontalmente corresponde al área de estudio.

#### **Datos y su Análisis:**

Con el fin de examinar la sedimentación en el área en donde el Río Chagres entra al Lago Alajuela, se obtuvieron versiones electrónicas de las batimetrías realizadas en el lago en 1983 y 1997 por la antigua Comisión del Canal de Panamá. La información consistió de dos archivos electrónicos en los cuales estaban consignadas la posición horizontal (coordenadas de latitud y longitud) y la elevación de cada uno de los puntos de las respectivas batimetrías. Estas batimetrías proporcionan una descripción de las características topográficas del fondo del lago.

**Figura 2.**

Vista esquemática del área de estudio (sombreada horizontalmente). Está trazado aquí el antiguo cauce del río en lo que es ahora el lago Alajuela.



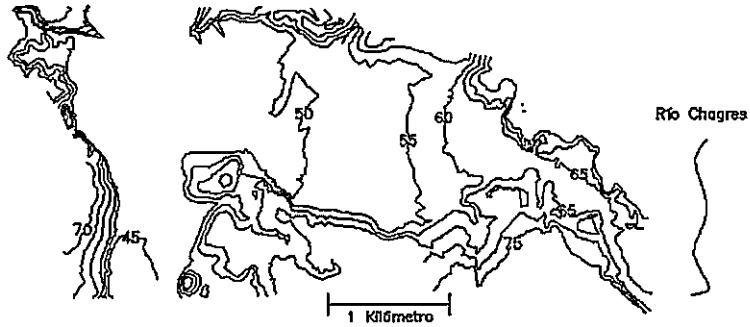
Fuente: Canal Zone Water Quality Study, 1975.

Las batimetrías fueron procesadas en una computadora personal (PC). Se utilizó un programa (software) con el cual fue posible generar contornos de igual elevación, lo que permitió el examen cualitativo del área del fondo seleccionada. De igual manera, con este programa generamos un modelo digital del terreno (superficie digital) en el área seleccionada (desembocadura del Río Chagres), utilizando los puntos correspondientes de la batimetría de 1983. Se procedió de igual manera para generar un modelo digital del terreno (superficie digital) en la desembocadura del Río Chagres con los datos de la batimetría de 1997. Entonces, comparando las diferencias de elevación en estas dos superficies fue posible estimar el volumen de sedimento depositado entre 1983 y 1997 en el área de interés. Luego, al dividir el volumen calculado de esta manera, entre el área (común) que cubren las batimetrías utilizadas y el tiempo en años transcurrido entre las batimetrías, obtenemos la tasa de sedimentación en unidades de metros por año.

## RESULTADOS

El nivel de referencia para las elevaciones mostradas en la Figura 3 es el PLD (Precise Level Datum) usado por la Autoridad del Canal de Panamá. Podemos ver en esta figura que se ha formado una estructura parecida a un delta o abanico aluvial en el área en donde el río Chagres entra al lago (entre las elevaciones de 50 a 60 m).

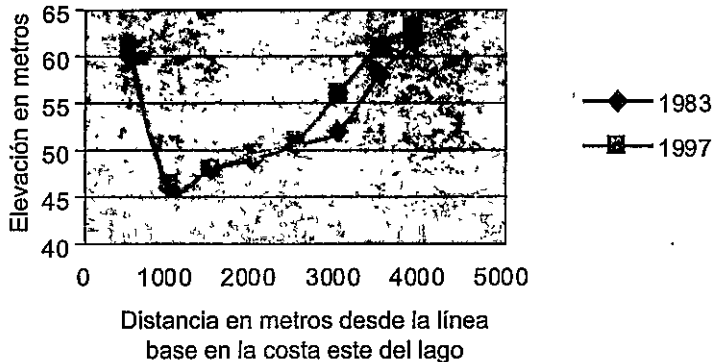
**Figura 3.** Contornos de igual elevación, en metros (batimetría 1983), desembocadura del río Chagres al lago Alajuela.



Fuente: Preparado con información proporcionada por la Autoridad del Canal de Panamá.

Una vez realizado el Modelo Digital del Terreno, utilizando las batimetrías de los años 1983 y 1997, se tomaron secciones transversales, de Oeste a Este, en el área de interés (Secciones 1 y 2 de la Figura 6) y sobre las dos superficies. Luego se graficaron juntas estas secciones con el fin de compararlas. En la Figura 4, podemos ver una de estas comparaciones.

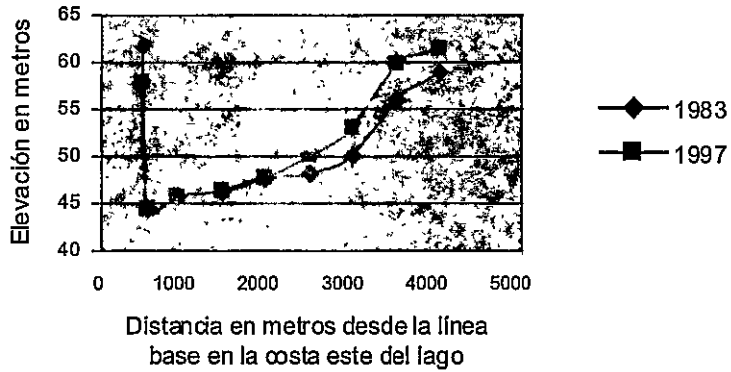
**Figura 4.** Secciones transversales sobre las dos superficies generadas con el Modelo Digital del Terreno para el año 1983 y el año 1997. Sección No. 1.



Fuente: Preparado con información proporcionada por la Autoridad del Canal de Panamá.

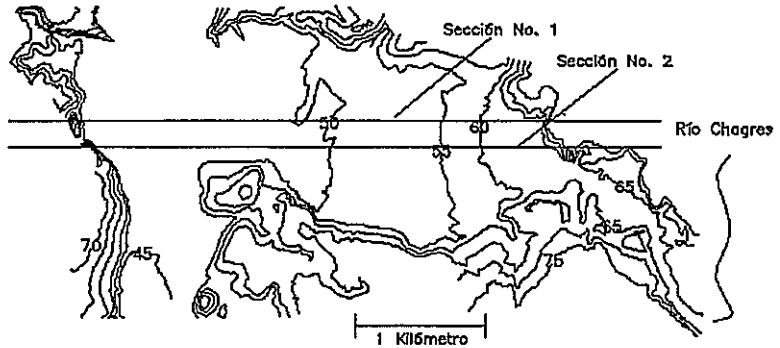
Como se puede apreciar en la Figura. 4, la sedimentación es mucho mayor entre los 2500 y los 4000 m del origen. Esta región corresponde a la zona del delta del Río Chagres que mencionábamos en un inciso anterior. Es decir, el delta está activo y creciendo. También puede observarse aquí que la acumulación de sedimentos es mucho mayor en las áreas menos profundas. En la Figura 5 puede observarse una distribución de depósitos de sedimentos similar a la anterior, esta vez sobre la sección 2 (Figura 6).

**Figura 5.** Secciones transversales sobre las dos superficies generadas con el Modelo Digital del Terreno para el año 1983 y el año 1997. Sección 2.



Fuente: Preparado con información proporcionada por la Autoridad del Canal de Panamá.

**Figura 6.** Contornos de igual elevación, en metros (batimetría 1983), desembocadura del río Chagres. Se muestra la localización de las Secciones 1 y 2.



Fuente: Preparado con información proporcionada por la Autoridad del Canal de Panamá.

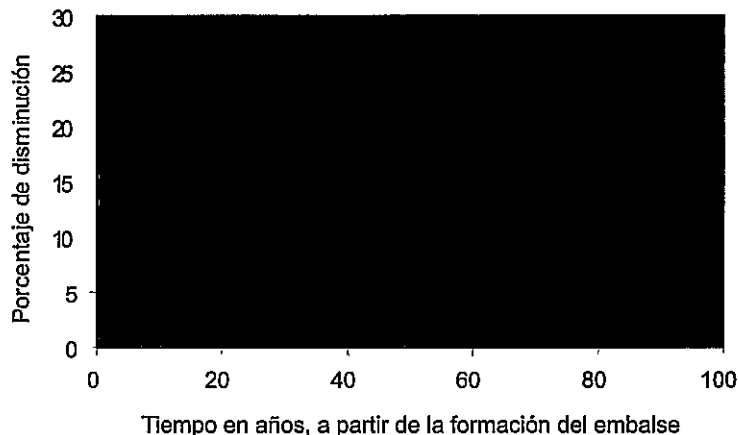
El volumen de sedimentos depositados que calculamos es de 3 000 000 m<sup>3</sup>. El área sobre la cual se calculó el volumen es de 5 400 000 m<sup>2</sup> aproximadamente. El tiempo entre batimetrías es de 14 años. Por lo tanto, la tasa de sedimentación es de unos 0,04 metros por año. Como se observa, la magnitud de esta tasa de sedimentación es mayor que la obtenida por uno de los estudios de la Antigua Comisión del Canal. Sin embargo, está dentro del mismo orden de magnitud y si consideramos que en dichos estudios se estimó una tasa para todo el lago mientras que en el presente trabajo la atención se ha fijado sobre la desembocadura del río Chagres, podemos asumir que las tasas son consistentes.

Como mencionamos en el segundo inciso, la antigua Comisión del Canal de Panamá determinó que a 48 años de formado el lago Alajuela se había perdido el 5% de la capacidad de almacenamiento (período 1935-1983).

Posteriormente se determinó que a los 62 años de existencia del lago (período 1935-1997) se había perdido el 15% de la capacidad de almacenamiento del lago. Si postulamos que la capacidad de almacenamiento de agua en el lago seguirá disminuyendo al ritmo actual, podemos formar una recta uniendo los siguientes puntos: (48 años, 5%) y (62 años, 15%). En la Figura 7 vemos que, si extendemos esta recta, encontramos que el 25% de la capacidad del lago se habrá perdido para el año 2012 (a 77 años de formado el embalse).

**Figura 6.** Contornos de igual elevación, en metros (batimetría 1983), desembocadura del río Chagres. Se muestra la localización de las Secciones 1 y 2.

Fuente: Preparado con información proporcionada por la Autoridad del Canal de Panamá.



## CONCLUSIONES

Como hemos anotado más arriba, las evidencias obtenidas con la comparación de las batimetrías indican que la tasa de sedimentación en el lago Alajuela aparenta estar aumentando. En el área de la desembocadura del Río Chagres al lago, la tasa de sedimentación es de 4 centímetros por año. Además, calculamos que el 25% de la capacidad del lago se habrá perdido para el año 2012.

Los depósitos de sedimento (en el período 1983-1997) alcanzan los 4 m en la desembocadura del Chagres, siendo de unos 0,7 m en las partes más profundas, cerca de la costa Oeste.

La disminución en la capacidad de almacenamiento del 15%, obtenida por la antigua Comisión del Canal de Panamá, para el período 1935-1997 nos permite estimar el porcentaje de disminución de dicha capacidad por



año: 15%/62 años, lo que nos da 0,24% por año. Esta tasa se considera normal (Demissie y Bhowmik, 1986). Si la mayoría de los depósitos de sedimento se encuentran en la periferia del lago, en aguas menos profundas, podría recuperarse la capacidad de almacenamiento por medio de obras de dragado. Recomendamos realizar un levantamiento batimétrico con el nivel del lago cercano al máximo, con el fin de evaluar mejor la sedimentación en la periferia del mismo.

## **SUMMARY**

### **THE CHAGRES RIVER AND THE SEDIMENTATION OF ALAJUELA LAKE**

Alajuela Lake is essential for the effective working of the Panama Canal. Maybe of more significance is its public health value, because since 1974 it has become a source of drinking water for Panama City. In this paper we describe the pattern of the sediment deposits delivered by the Chagres River to the Alajuela Lake. To that end we make use of two bathymetric surveys of the area, dated 1983 and 1997. With these data we found the existence of an alluvial delta. Also, we estimate the sedimentation rate in the area to be 4 centimetres per year.

## **KEYWORDS**

Alajuela Lake, Chagres River, Sedimentation Rate.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALFARO, L.D. 1997. Madden Reservoir Storage Capacity Loss. **Panama Canal Commission.**

ALVARADO, L. 1985. La Sedimentación en el Lago Alajuela. **Panama Canal Commission.** (*Revisado en 1987*).

DEMISSIE M., BHOWMIK, N. 1986. Peoria Lake Sediment Investigation. <http://www.sws.uiuc.edu/pubdoc>

GARCÍA, T., ESPINOSA D. 2000. Revisión de la Metodología para la Medición del Caudal de Sedimentos Suspendidos. **Unidad de Operaciones Ambientales. Autoridad del Canal de Panamá.**

GONZÁLEZ, A., ALVARADO G., DÍAZ C. 1975. Canal Zone water quality study. **Panama Canal Company.**

HECKADON, S., IBÁÑEZ R., CONDIT, R. 1999. La Cuenca del Canal, Proyecto de Monitoreo del Canal de Panamá. USAID, ANAM, STRI.

LINSLEY, R., KOHLER M. y PAULHUS, J. 1986. **Hidrología para Ingenieros**. Ciudad : McGraw-Hill.

MORENO, O. 2002. Volante de la Oficina de Planificación. Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales. República de Panamá.

NICHOLS, K. 2002. Sedimentation of the Panama Canal Reservoir. <http://gsa.confex.com/gsa/2002AM>

VANONI, V. 1977. **Sedimentation Engineering**. American Society of Civil Engineers.



## DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN GENÉTICA EN NUEVE CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) MEDIANTE MARCADORES DE ADN POLIMÓRFICO AMPLIFICADO AL AZAR (RAPD'S)

RAFAEL MARTÍNEZ<sup>1</sup>, CARLOS RAMOS<sup>1</sup> y ROLANDO LASSO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Biología,  
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,  
Universidad de Panamá.  
E-mail cramos@ancon.up.ac.pa

<sup>2</sup> IDIAP, CIARG, Río Hato,  
Provincia de Coclé,  
Panamá, República de Panamá.  
E-mail rolasso@hotmail.com

### RESUMEN

Se determinó la variación genética de nueve cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.): CHi 13-256, IDIAP 38, IDIAP L7, Panamá 3621, CHi 3-30, Panamá 1048, Oryzica 1, IDIAP 22 y CHi 17-119, del programa de mejoramiento genético del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). La determinación se realizó utilizando marcadores RAPD's (ADN polimórfico amplificado al azar). Se utilizaron en este estudio 10 iniciadores de la serie OPK (Operon Technologies); los cuales generaron un total de 42 bandas de las cuales 40 (95%) fueron polimórficas. Las distancias e identidades genéticas fueron estimadas mediante la utilización del programa POPGENE y utilizadas para construir un dendrograma. La distancia genética más grande fue de 0,9163 mientras que la más pequeña, de 0,1054. Cada cultivar fue caracterizado de acuerdo a un conjunto de bandas generadas de manera consistente mediante la utilización de los diferentes iniciadores.

### PALABRAS CLAVES

RAPD's, Variación genética, *Oryza sativa*.

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más importantes para el hombre. Es el alimento básico de más de tres (3) billones de personas y aporta entre el cincuenta y ochenta por ciento (50-80%) de sus calorías diarias. En contraste con otros cereales, es consumido casi exclusivamente por los seres humanos. Más de ciento cincuenta (150) millones de hectáreas son plantadas anualmente y la producción mundial es cercana a seiscientos (600) millones de toneladas (Delseny *et al*, 2001).

En nuestro país, la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad de Panamá y el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) desarrollan programas de mejoramiento genético. Estos programas cuentan con la colaboración de instituciones internacionales como CIAT, IRRI, INGER, FIAR y otras, y están orientados a generar nuevas variedades de arroz con mejor rendimiento, calidad, resistencia a enfermedades y a factores ambientales.

La caracterización de la variación genética de los recursos fitogenéticos es considerada como uno de los aspectos más importantes en los programas de mejoramiento genético. La información obtenida a partir de la caracterización de la variación genética nos permite dar solución a problemas relacionados con la productividad, la adaptación a los cambios climáticos, la resistencia a enfermedades y el desarrollo de estrategias más eficientes para la obtención de mejores variedades (Cordine *et al*, 1998; Yu y Nguyen, 1994).

En Panamá, la caracterización de la variabilidad de los recursos fitogenéticos se hace únicamente con base en descriptores morfológicos, los que a menudo son influidos por el ambiente e incapaces de suministrar información con relación al polimorfismo de los diferentes genotipos. Actualmente la caracterización de las variedades no sólo debe realizarse mediante el uso de descriptores morfológicos, sino también con marcadores moleculares.

Los marcadores moleculares son capaces de detectar un mayor polimorfismo, no son influidos por el ambiente y nos permiten establecer correlaciones entre patrones polimórficos y genes de interés para el mejoramiento genético. Este último aspecto ha hecho posible la obtención de variedades con características deseadas en menor tiempo y a más bajo costo (Yu y Nguyen, 1994; Anderson y Fairbanks, 1990; Virk *et al*, 1995a).

En muchos programas de mejoramiento genético de instituciones reconocidas internacionalmente se ha incorporado el uso de marcadores moleculares como el RAPD's. Por otro lado, la caracterización inadecuada de las variedades mejoradas puede dar lugar a la apropiación indebida por países que compiten en el mercado internacional y limita el intercambio con centros de investigación provistos de mayor desarrollo en programas de mejoramiento. De allí que la actualización y la modernización de tales programas demandan la incorporación de ésta y otras técnicas moleculares (Vierling y Nguyen, 1992; Fukuoka *et al*, 1992; Newbury y Ford-Lloyd, 1993; Dawson *et al*, 1993).

En este estudio se utilizan RAPD's como marcadores moleculares con el objeto de determinar la variación genética y caracterizar nueve (9) cultivares de arroz del programa de mejoramiento genético de granos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

## **PARTE EXPERIMENTAL**

### **Material vegetal**

Se utilizaron muestras frescas de hojas de los cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.): CHi 13-256, IDIAP 38, IDIAP L7, Panamá 3621, CHi 3-30, Panamá 1048, Oryzica 1, IDIAP 22, CHi 17-119. Las muestras fueron colectadas, colocadas en hielo y transportadas al laboratorio en donde fueron almacenadas a  $-70^{\circ}\text{C}$ .

### **Extracción del ADN**

Las hojas colectadas fueron lavadas con abundante agua y con un cepillo de cerdas suaves para no deteriorar el tejido. Luego, se procedió con una tijera estéril a recortar las partes de la hoja de color verde intenso y libre de manchas producidas por hongos u otros agentes patógenos y a separar la nervadura central. Se seleccionó el tejido de color verde. La extracción del ADN a partir de las hojas se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por Mackill (1995) con pequeñas modificaciones. Se utilizaron 2,5 g de muestra y se maceraron en nitrógeno líquido. El macerado fue resuspendido en 15 mL de amortiguador de extracción (50 mM Tris base, 700 mM NaCl, 1 mM EDTA, 1% SDS, 1% B- mercaptoetanol y 50 (mg/ml) de PVP (Polyvinylpirrolidona) e incubado a  $60^{\circ}\text{C}$  por 30 minutos. Terminado el período de incubación, la suspensión se dejó enfriar por cinco (5) minutos y se añadieron 10 mL de cloroformo: isoamil-alcohol 24:1 (v/v). La suspensión fue mezclada mediante agitación vigorosa y luego centri-

fugada a 2400 r.p.m. durante 15 minutos. La fase acuosa fue transferida a un nuevo tubo; se añadieron 10 mg/mL de RNAsa y se incubó a 37° C por treinta (30) minutos. Los ácidos nucleicos fueron precipitados mediante la adición 2/3 del volumen de isopropanol frío y transferidos a una solución de etanol 75% conteniendo 10 mM de acetato de amonio. Después de al menos dos (2) horas de incubación, la solución de lavado fue removida y el ADN secado completamente y disuelto en TE (Tris-EDTA). Las muestras de ADN fueron almacenadas a -20°C hasta el momento en que fueron utilizadas.

### **Iniciadores *primers***

Se utilizaron 10 iniciadores (*primers*) arbitrarios de diez bases (10 mer) cada uno y cuyo contenido GC está entre 60-70%. Los iniciadores fueron obtenidos de la compañía Operon Technologies, Inc. (Alameda, California) y pertenecen a la serie "K": OPK-01, OPK-02, OPK-03, OPK-04, OPK-05, OPK-06, OPK-08, OPK-09, OPK-18 y OPK-19. La secuencia de cada uno de los iniciadores está disponible en la página Internet de esta compañía.

### **Reacción en cadena de la polimerasa**

La amplificación del ADN se realizó de acuerdo al protocolo descrito por Yu y Nguyen (1994) en un volumen final de 25 µL conteniendo 100 mM Tris-HCl pH 8,3, 100 mM KCl, 2 mM MgCl<sub>2</sub>, 25 ng de ADN, 2 mM de cada dNTP's (ATP, TTP, GTP y CTP); 0,16 mM de iniciador y 2 unidades de Ampli Taq ADN polimerasa (Perkin Elmer Cetus). Las amplificaciones se realizaron en un termociclador (Perkin Elmer, GenAmp 2400) programado para efectuar 45 ciclos de 1 minuto a 94 °C, 1 minuto a 35 °C y 2 minutos a 72 °C.

### **Electroforesis en *gel* de agarosa**

Se cargaron 10 µL de los productos de la reacción de amplificación en geles de agarosa al 1,4% TBE 1X (Tris-Borate-EDTA). La electroforesis se realizó a un voltaje constante de noventa (90) durante cuatro (4) horas.

Una vez efectuada la electroforesis, los geles fueron sumergidos en una solución de bromuro de etidio en agua (0,0012 ug/µL) durante 45 minutos. El exceso de bromuro de etidio fue removido sumergiendo el gel en un recipiente con agua destilada durante quince (15) minutos con agitación suave.

Los productos de amplificación fueron visualizados mediante la utilización de un transiluminador de luz ultravioleta y fotografiados utilizando una película polaroid 667.

#### **Análisis de los datos**

Las bandas generadas (productos de amplificación) en cada cultivar con cada iniciador fueron identificadas y registradas. Solamente las bandas polimórficas se consideraron en el análisis. Se construyó una matriz binaria en la cual se le asignó un valor de "1" para la presencia de la banda y un valor de "0" para la ausencia de la misma. Los datos fueron analizados con el programa POPGENE VERSION 1.21 (Yeh *et al.*, 1997), diseñado para el análisis de marcadores RAPD's. El mismo proporcionó la distancia genética entre cultivares según el índice de Nei (1972) y construyó a partir de ésta un dendrograma.

#### **Caracterización de los cultivares de arroz**

La caracterización se realizó tomando en cuenta sólo aquellas bandas muy intensas y definidas obtenidas consistentemente con cada uno de los iniciadores. Cada cultivar fue caracterizado en términos de un conjunto de bandas. Cada banda fue identificada según la convención usada por Paran *et al.*, (1991), la cual consiste en adicionar a la denominación del iniciador, como subíndice, el tamaño aproximado calculado del fragmento considerado.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Diez (10) iniciadores de secuencias arbitrarias fueron usados para amplificar segmentos de ADN genómicos de nueve (9) genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.).

Los productos de amplificación correspondieron a un total de cuarenta y dos (42) bandas o loci, de las cuales cuarenta (40) fueron polimórficas (95%), mientras que las dos (2) restantes fueron monomórficas (5%). El porcentaje de polimorfismo observado en nuestro estudio es comparable al obtenido por Zheng *et al.*, (1991), quienes reportaron 90% de polimorfismo en 19 genotipos de Asia.

La cantidad de bandas generadas con cada iniciador fue de 1 a 11. (Cuadro 1). El iniciador que mayor cantidad de bandas generó fue OPK-09 con un total de 11 bandas, todas polimórficas. En estudios previos con ini-

ciadores de la misma serie Yu y Nguyen (1994) obtuvieron de 1 a 12 bandas. Con el iniciador OPK-02 amplificaron hasta 12 bandas polimórficas; mientras que, en este trabajo, se obtuvieron sólo seis. Las diferencias en el número de bandas obviamente pueden atribuirse a los genotipos de los cultivares utilizados.

**Cuadro 1.**

Cantidad de bandas producidas por iniciador en cada cultivar y total de bandas por iniciador.

Iniciador	OPK01	OPK02	OPK03	OPK04	OPK05	OPK06	OPK08	OPK09	OPK18	OPK19
Total	2	6	4	5	1	3	5	11	2	3
CHi 13-256	1	1	1	2	0	3	2	1	0	3
IDIAP 38	1	2	0	4	0	3	3	5	1	1
IDIAP L7	1	2	1	4	0	1	0	0	1	3
Panamá 3621	2	1	0	0	0	3	2	4	1	2
CHi 3-30	1	1	0	4	0	3	3	8	1	2
Panamá 1048	1	5	1	4	0	3	3	1	1	2
Oryzica 1	1	6	2	1	0	1	5	1	1	2
IDIAP 22	1	1	1	2	0	2	3	1	0	2
CHi 17-119	1	2	0	4	1	0	0	6	0	2

Los productos de amplificación obtenidos con OPK-05 consistieron en bandas difusas que no se consideraron en el análisis exceptuando una banda evidente obtenida a partir del cultivar CHi 17-119. Resultados similares fueron obtenidos por Virk *et al.*, (1995b) en genotipos de arroz de Indonesia y Sri Lanka, lo cual sugiere que secuencias complementarias a este iniciador son escasas en arroz.

Las bandas utilizadas en el análisis registraron tamaños entre 3231 y 356 pares de bases aproximadamente (Figura 1). Las de mayor tamaño fueron amplificadas con el iniciador OPK-02 en los cultivares Panamá 1048 y Oryzica 1, y las de menor tamaño fueron amplificadas con el iniciador OPK-06 en los cultivares CHi 13-256, IDIAP 38, Panamá 3621, CHi 3-30 y Panamá 1048. Las bandas menores de 356 pares de bases no fueron consideradas debido a que consistieron en productos de amplificación difusos e inconsistentes.

El dendrograma agrupa los cultivares en dos grandes grupos (Figura 2). Un grupo constituido por 8 cultivares y otro formado únicamente por el cultivar Oryzica 1. El cultivar Panamá 3621, a pesar de estar incluido dentro del grupo I no está relacionado por parentesco a las demás variedades por lo que se esperaba formara un grupo aparte. Sin embargo esto



puede explicarse si se considera que la base genética de donde provienen estos cultivares es considerablemente estrecha (Dr. R. Lasso, *Comunicación personal*, diciembre del 2001, IDIAP, CIARG, Rfo Hato, Provincia de Coclé, República de Panamá)

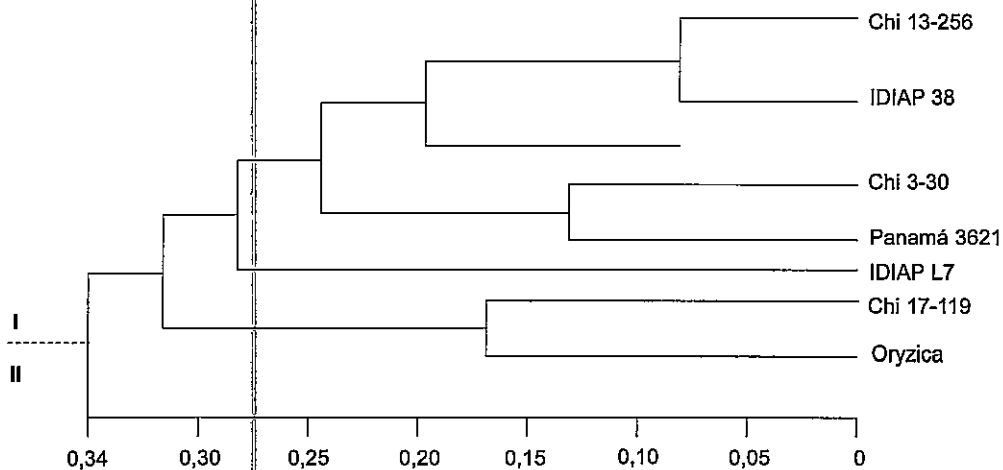
**Figura 1.**

Fotografía de los productos de amplificación obtenidos a partir del ADN genómico de los cultivares de arroz empleando diferentes iniciadores. Carril 1, marcador de peso molecular Lambda DNA Hind III; Carril 2, marcador 1 Kb DNA ladder. Carriles 3-11, OPK-01; 12-20, OPK02; 21-29, OPK-06 y 30-38, OPK-18.



**Figura 2.**

Dendrograma confeccionado con base en las distancias genéticas de Nei's (1972) y utilizando metodología UPGMA (unweithed pair-group method with arithmetical averages).



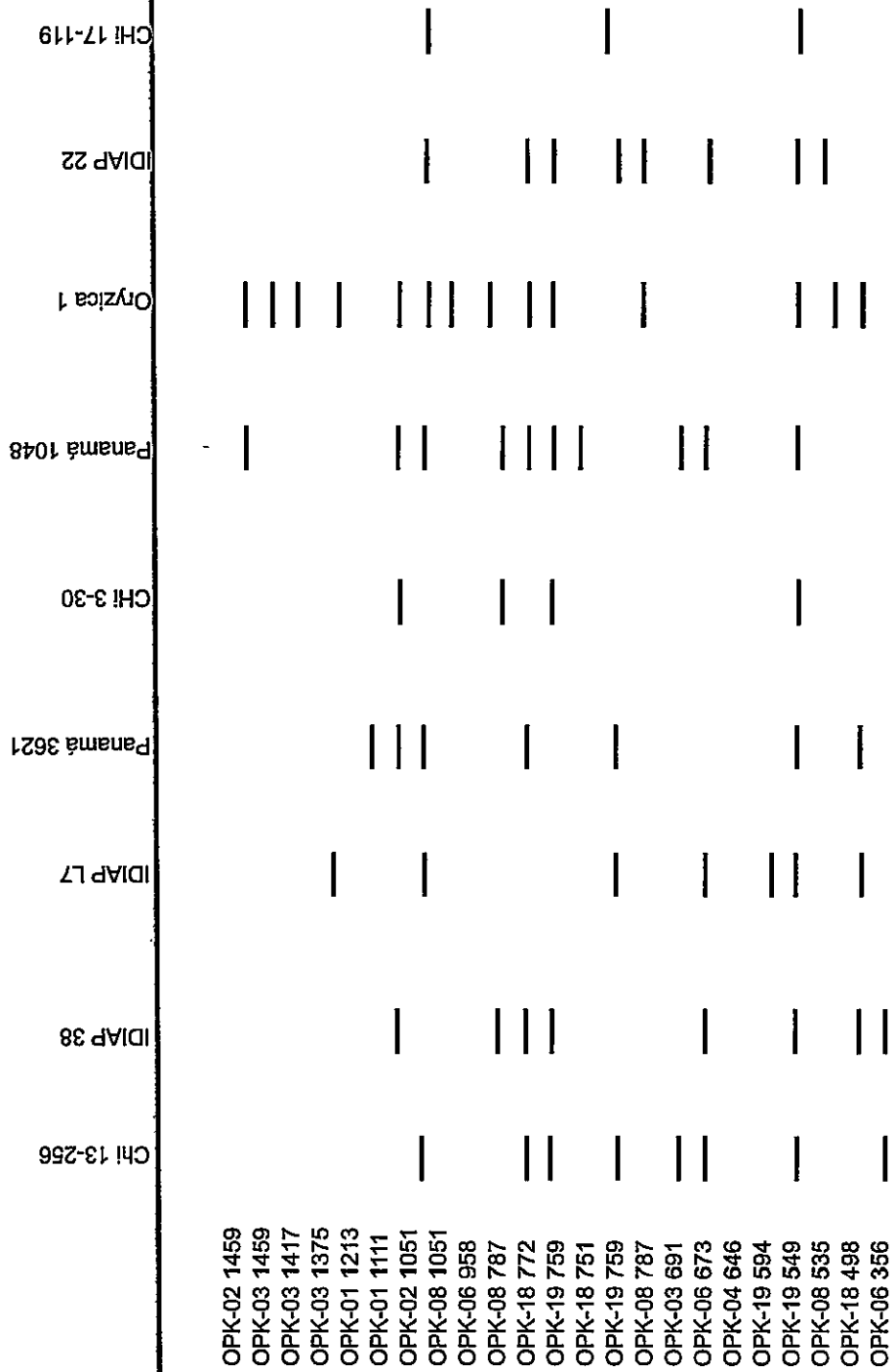
Los valores de las distancias genéticas de Nei (1972) entre cultivares se presentan en el Cuadro 2. La distancia genética más pequeña se registró entre CHI 13-256 y IDIAP 22 fue de 0,1054; mientras que, Oryzica 1 exhibe con el resto de los cultivares distancias genéticas entre 0,47 y 0,9163.

La caracterización de los 9 cultivares de arroz se realizó con base en la presencia de ciertas bandas generadas a partir de 8 de los 10 iniciadores utilizados (Figura 3). Sólo una banda monomórfica fue incluida en la caracterización de los cultivares. Los cultivares fueron caracterizados utilizando un rango de 3 a 14 bandas o loci. Es de esperar que la caracterización de aquellos cultivares en los que se utilizó un mayor número de loci sea más confiable que aquellas en las que se utilizó un menor número. La explicación implícita es que entre mayor número de loci, menor es la probabilidad de que otro genotipo escogido al azar comparta el mismo patrón.

**Cuadro 2.**  
Distancias e identidades genéticas de nueve cultivares de arroz *Oriza sativa*.

Medias de distancia (bajo la diagonal) e identidad genética (sobre la diagonal) de Nei's (1972)									
	CHI 13-256	IDIAP 38	IDIAP L7	Panamá 3621	CHI 3-30	Panamá 1048	Oryzica 1	IDIAP 22	CHI 17-119
CHI 13-256	-	0.6750	0.7000	0.7000	0.6250	0.7500	0.5250	0.9000	0.6250
IDIAP 38	0.3930	-	0.6750	0.6750	0.8000	0.7250	0.5000	0.6750	0.6500
IDIAP L7	0.3567	0.3930	-	0.6000	0.5750	0.6500	0.4750	0.7000	0.7250
Panamá 3621	0.3567	0.3930	0.5108	-	0.6250	0.5500	0.5250	0.7000	0.5250
CHI 3-30	0.4700	0.2231	0.5534	0.4700	-	0.6750	0.4000	0.6250	0.6500
Panamá 1048	0.2877	0.3216	0.4308	0.5978	0.3930	-	0.6250	0.7500	0.5750
Oryzica 1	0.6444	0.6931	0.7444	0.6444	0.9163	0.4700	-	0.6250	0.4000
IDIAP 22	0.1054	0.3930	0.3567	0.3567	0.4700	0.2877	0.4700	-	0.6250
CHI 17-119	0.4700	0.4308	0.3216	0.6444	0.4308	0.5534	0.9163	0.4700	-

**Figura 3.** Caracterización de Los cultivares Chi 13-256, IDIAP 38, IDIAP L7, Panamá 3621, Panamá 3621, CHI 3-30, Panamá 1048, Oryzica 1, IDIAP 22 y CHI 17-119 con base en la presencia de bandas obtenidas mediante la utilización de diferentes iniciadores.



## CONCLUSIONES

La técnica de RAPD's fue utilizada para determinar la variación genética y caracterizar nueve cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). Se observó un alto porcentaje de bandas o loci polimórficos. Cuarenta de los cuarenta y dos loci (95%) fueron polimórficos. Los cultivares de arroz fueron ubicados en dos grandes grupos (I y II). El grupo I estuvo representado por 8 cultivares, mientras que el grupo II sólo por el cultivar Oryzica 1.

Este trabajo es el primero en nuestro país en el cual se utiliza la técnica de RAPD's para la caracterización y determinación de la variación genética en arroz. Se introduce así el uso de métodos moleculares en programas de mejoramiento genético de arroz en Panamá, lo cual nos coloca a la par de muchos centros de investigación en los que ya se han implementado estas técnicas.

## SUMMARY

### CHARACTERIZATION OF THE GENETIC VARIATION IN NINE RICE CULTIVARS (*Oryza sativa* L.) THROUGH RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA (RAPD's)

The genetic variation was detected in nine rice cultivars (*Oryza sativa* L.): CHi 13-256, IDIAP 38, IDIAP L7, Panama 3621, CHi 3-30, Panama 1048, Oryzica 1, IDIAP 22 y CHi 17-119, from the Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) rice breeding program. The characterization was done using RAPD's markers (Random Amplified Polymorphic DNA). Ten primers from OPK (Operon Technologies) series were used in this study which produced in total 42 bands; forty of them (95%) were polymorphic. The genetic distances were estimated using a POPGENE software and the dendrogram was constructed. The high genetic distance was 0,9163 while 0,1054 was the minor. Each cultivar was characterized according to a set of bands obtained consistently with different primers.

## KEYWORDS

RAPD, Genetic variation, *Oryza sativa*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, W.R. y FAIRBANKS, D.J. 1990. Molecular markers: important tools for genetic resources characterization. *Diversity*. 6, 51-53.

CORDINE, M.T., OLIVARES, H.S. y CALVO, D. 1998. **Uso de los Marcadores Moleculares en la Genética y la Selección de las Plantas**. La Habana, Cuba: Editorial del Centro de Investigaciones Científicas. 33 p.

DAWSON, I.K.; CHALMERS, K.J.; WAUGH, R. y POWELL, W. 1993. Detection and analysis of genetic variation in *Hordeum spontaneum* populations from Israel using RAPD markers. **Molecular Ecology**. 2, 151-159.

DELSENY, M.; SALSES, J.; COOKE, R.; SALLAUD, CH.; REGARD, F.; LAGODA, P.; GUIDERDONI, E.; VENDELON, M.; BRUGIDOU, CH. y GHESQUIÈRE, A. 2001. Rice genomics: present and future. **Plant. Physiol. Biochem.** 39, 323-334.

FUKUOKA, S.; HOSAKA, K. y KAMIJIMA, O. 1992. Use of Random Amplified Polymorphic DNA's (RAPD's) for identification of rice accessions. **Jpn. J. Genet.** 67, 243-252.

MACKILL, D. 1995. Classifying japonica rice cultivars with RAPD markers. **Crop Sci.** 35, 889-894.

NEI, M. 1972. Genetic distance between populations. **Am. Nat.** 106, 283-292.

NEWBURY, H.J. y FORD-LLOYD, B.V. 1993. The use of RAPD for assessing variation in plants. **Plant Growth Reg.** 12, 43 - 51.

PARAN, I., KESSELI, R. y MICHELMORE, R. 1991. Identification of RFLP and RAPD markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce using near-isogenic lines. **Genome.** 34, 1021-1027.

VIERLING, R.A. y NGUYEN, H.T. 1992. Use of RAPD markers to determine the genetic diversity of diploid, wheat genotypes. **Theor. Appl. Genet.** 84, 835-838.

VIRK, B.S., FORD-LLOYD, B.V., JACKSON, M.T. y NEWBURY, H.J. 1995a. Use of RAPD for the study of diversity within plant germoplasm collections. **Heredity.** 74, 170-179.

VIRK, B.S., NEWBURY, H.J., JACKSON, M.T. y FORD-LLOYD, B.V. 1995b. The identification of duplicate accessions within a rice germoplasm using RAPD analysis. **Theor. Appl. Genet.** 90, 1049-1055.

YEH, F., YANG, R.C. y BOYLE, T. 1997. **POPGENE VERSION 1.21.** University of Alberta, Canada, in colaboración with The Center for International Forest Research, Indonesia.

YU, L.X. y NGUYEN, H.T. 1994. Genetic variation detected with RAPD markers among upland and lowland rice cultivars (*Oryza sativa* L.). **Theor. Appl. Genet.** 87, 668-672.

ZHENG, K.L., SHEN, B. y QIAN, H.R. 1991. DNA polymorphisms generated by arbitrarily primed PCR in rice. **Rice Genetic Newsletter.** 8, 134-136.

#### **AGRADECIMIENTO**

Expresamos nuestro agradecimiento al Departamento de Genética y Biología Molecular de la Universidad de Panamá por todas las facilidades prestadas para el desarrollo de este trabajo.

FISIO



## EFFECT OF ESTROGEN IN THE PROGESTERONE PRODUCTION IN GRANULOSA CELLS

RICARDO E. CAICEDO, JOSÉ L. ZUMAQUERO y JOSÉ D. QUINTERO

Centro de Investigación de Criobiología,  
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,  
Universidad de Panamá.

Escuela de Biología,  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.  
Email: ricain4@hotmail.com

### SUMMARY

Granulosa cells isolated from the largest preovulatory follicles of the ovary of the hen were cultured in a defined serum-free medium for 4 days, and the effect of 17 $\beta$ -estradiol on basal and LH-stimulated progesterone production was examined. When the cells were cultured with estrogens or chLH (chicken luteinizing hormone) for 4 hours on day 4 of culture, progesterone production was stimulated by chLH but not by estrogens. When the cells were cultured with estrogens together with chLH, progesterone production in response to LH did not change, but significantly increased when precultured with estrogens for 48 hours prior to the 4-hours culture with chLH on day 4 of culture. A similar effect of the preculture with estrogens was also found in the cells of the second and third largest preovulatory follicles. The results suggest that estrogens prime the hen granulosa cells to increase the responsiveness to LH for progesterone production.

### KEYWORDS

17 $\beta$ -estrogen, chLH (luteinizing hormone of chicken), granulosa cells culture, progesterone production,

## INTRODUCTION

In Avian, highest concentration of progesterone and estrogens occur in the largest and smaller preovulatory follicles, respectively while concentration of testosterone decrease in the largest preovulatory follicles as the time of ovulation approaches. The principal cellular source of progesterone appears to be the granulosa cells (Huang and Nabandov, 1979). In contrast, granulosa cells incubated *in vitro* spontaneously produce a little to no estrogens; instead, this steroid is produced by theca tissue, but what is the role of estrogens in preovulatory follicles.

Granulosa cells of the hen produce progesterone (Huang *et al.*, 1979, Hammond *et al.*, 1982) in response to LH (Scanes and Fagioli, 1980, Asem and Hertelendy, 1985), the production being highest in the largest preovulatory follicles (Huang *et al.*, 1979, Hammond *et al.*, 1981, Hertelendy and Asem, 1984, Asem and Hertelendy, 1985, Caicedo, 1997a). The cells produce little estrogens (Huang *et al.*, 1979, Marrone and Hertelendy, 1983a, b, Caicedo *et al.*, 1997b), but have estrogen receptors in their nuclei (Kamiyoshi *et al.*, 1986). The existence of the receptors suggests a certain action of estrogens on the cells. The present experiments were performed to elucidate whether estrogens affects basal and LH-stimulated progesterone production by hen granulosa cells.

## EXPERIMENTAL PART

### Birds and collection of follicles

Hen used were a commercial breed, 24 months of age, weighting 1,8 to 2,0 kg and laying 4-5 eggs in a sequence. They were caged individually under a light regime of 14 h light and 10 h darkness with feed and water provided *ad libitum*. They were killed 2-3 h after oviposition of the first or the second egg in the sequence, i.e., approximately 22-24 before ovulation of the second or third ovum of the sequence, and the largest preovulatory follicle (F<sub>1</sub>) was immediately excised from the ovary. In another experiment, the second (F<sub>2</sub>) and the third (F<sub>3,5</sub>) largest follicles were also obtained together with F<sub>1</sub>.

### Hormones and reagents

The chicken LH, CP-2, was kindly donated by Drs. Y. Hasegawa and M. Igarashi (Gunma University, Japan). This preparation was biologically



and immunologically as potent as the chicken LH, IRC-2 (Gunma), which was purified by Hattori and Wakabayashi. (Hattori and Wakabayashi, 1979).

Progesterone and 17- $\beta$ -estradiol were obtained from Sigma Chemical Co. (St. Louis, Mo) and 1, 2, 6, 7- $H^3$ - progesterone (107,3 Ci/mmol) was purchased from Amersham Co. (Buckinghamshire, England). Progesterone anti-serum (rabbit, progesterone-3-oxime-BSA) was a generous gift by Drs Y. Hasegawa and M. Igarashi. McCoy's 5 a medium without serum and Ham's F-12 medium were purchased from Gibco Life Technologies Inc. (Grand Island, N.Y). Corticosterone, bovine serum albumine (BSA: Fraction V), bovine transferrin and collagenase (Type 2) were obtained from Sigma Chemical Co. and porcine insuline was obtained from Biochemical Technologies Inc. (Stoughton, Boston, USA).

#### Cells dispersion and culture

Granulosa layers were isolated from the excised follicles according to the method of Gilbert *et al.*, 1977 and Caicedo *et al.*, 1997b. After washing with HEPES buffer (25 mM HEPES, 137 mM NaCl, 5 mM  $CaCl_2$ , 0.7 mM  $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ , 10mM glucose and 360 mM  $CaCl_2$ , pH 7,4), the layer was placed in 10mL HEPES buffer containing 0,08% collagenase in a 50 mL plastic tube, and then incubated for 5 min at 37°C while shaking (120 cycle/min). After the incubation, the dispersion was aspirated and expelled for approximately 30 sec with a siliconized Pasteur pipette, and centrifuged (250 X g, 15 °C, 5 min). The pellet was redispersed in 10 mL HEPES buffer, gently stirred and filtered through nylon gauze (62 mm mesh) into a sterile plastic tube, and centrifuged (250 X g, 5 min, 4 °C). The cell pellet was washed twice with 20 mL HEPES buffer and again washed with 20 mL serum-free medium consisting of 1:1 mixture of McCoy's 5a medium and Ham's F-12 medium supplemented with insuline (20 mU/mL), transferrin (5 mg/mL), corticosterone (20 ng/mL), BSA (4 mg/mL), Hepes (10 mM), L-glutamine (100 mg/mL), penicillin (50 U/mL) and streptomycin sulphate (5 mg/mL). The final washed pellet was suspended in a known volume of the serum-free medium, and the number of cells was counted on a hemocytometer following trypan blue exclusion. Based on the count, the cell suspension was diluted to a final concentration of  $1,5 \times 10^5$  viable cells/mL with the serum-free medium. All tools were sterilized either with a high temperature sterilizer (160-180°C, 90 min) or with a autoclave (1,2 barometric pressure, 120 °C, 20 min.).

The cell suspension, 200 mL, containing  $3 \times 10^5$  viable cells and 200 mL of the serum-free medium was placed in 24-well multiwells (Nunc Inter. Med.) and cultured at 39 °C, under water saturated atmosphere of 5% CO<sub>2</sub> and 95 % air for 4 days. Medium was changed every 2 days, following the culture for 4 days.

## EXPERIMENTS

**Experiment 1** Culture with LH alone: on day 4 of culture, the medium was replaced by the fresh one containing various concentrations of chicken LH (chLH) (2 to 64 ng/well) and cultured for 4 h.

**Experiment 2:** Culture with estrogens alone: on day 4 of culture, the medium was replaced by the fresh one containing 17- $\beta$ -estradiol at various concentrations ( $10^{-10}$  to  $10^{-6}$  M) and cultured for 4 h.

**Experiment 3:** Culture with chLH and estrogens added together: on day 4 of culture, the medium was replaced by the fresh one containing 17- $\beta$ -estradiol at various concentrations ( $10^{-10}$  to  $10^{-6}$  M) together with an effective dose of LH (40 ng/well) and cultured for 4 h.

**Experiment 4:** Preculture with estrogens and then culture with LH: on day 2 of culture, the medium was replaced by the fresh one containing 17- $\beta$ -estrogen at various concentrations ( $10^{-10}$  to  $10^{-6}$  M) and cultured for 48 h (up to day 4). Then, the medium was replaced again by the fresh one containing chLH (40 ng/well) and recultured for 4 h.

**Experiment 5:** Culture of cells of three hierarchical follicles (preculture with estrogens and then culture with chLH): granulosa cells obtained from F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> and F<sub>3-5</sub> were cultured according to the manner described above. On day 2, the medium was replaced by the fresh one containing 17- $\beta$ -estradiol ( $10^{-8}$  M) and cultured for 48 h. After the culture, the medium was replaced again by fresh one medium chLH (40 ng/well) and recultured for 4 h.

After the above culture, media were collected, and stored at -20 °C until assay for progesterone.

### Progesterone assay

Progesterone concentrations in the media were measured without extraction by a routine radioimmunoassay. For the separation of bound and

unbound steroids, a dextran-coated charcoal absorption method was used. All samples were measured in duplicate in a single assay to eliminate the variation between assays. The sensitivity of the assay system was 25 pg/tube. The intra-assay variation was 6,7 %.

#### Statistical analyses:

At least seven independent replicates in each experiment were performed. The data were analyzed by analysis of variance, and followed by *Duncan's new multiple range test* was used for the significance of difference between means of different groups.

### RESULTS

#### Experiment 1: Effect of chicken LH alone

When the hen granulosa cells were cultured with the chicken LH for 4 h, the progesterone concentration in the medium increased linearly as the dose of chLH increased from 4 to 32 ng/well, and then remained at a maximum level (Table 1).

Table 1.  
Granulosa cells of the fowl in response to chLH, and progesterone production.

chLH (ng/well)	Progesterone (ng/well/4h)
0	6,89 ± 0,25**
2	18,27 ± 0,56**
4	49,89 ± 4,22**
8	101,69 ± 10,68**
16	152,85 ± 3,26**
32	201,87 ± 7,29**
64	187,51 ± 10,34**e

On day 4 of culture, the granulosa cells were cultured for 4 h in media containing chLH at various concentrations. Mean ± SE of 7 determinations. \*\* Means significantly different ( $P < 0,01$ ) by Duncan's multiple range test.

#### Experiment 2: Effect of estrogens alone

When the cells were cultured for 4 h in the presence of estrogens alone at various concentrations, no significant change in the progesterone concentration was observed (Table 2).

#### Experiment 3: Effect of estrogen and chLH-stimulation

Cells cultured for 4 h with various concentrations of estrogens together with a maximum dose of LH did not produce more progesterone than cells cultured with chLH alone (Table 2).

**Table 2.**

Progesterone production in cultured granulosa cells treated with 17β-estradiol alone or simultaneously with chLH.

E2 (M)	Progesterone (ng/well/4h)	
	E2 alone	E2 + chLH
0	7,64 ± 0,31* a**	(8,08 ± 0,33)*
10 <sup>-10</sup>	7,71 ± 0,39 a	234,87 ± 1,87* a**
10 <sup>-9</sup>	6,35 ± 0,24 a	224,02 ± 1,04 a
10 <sup>-8</sup>	6,12 ± 0,23 a	236,38 ± 1,64 a
10 <sup>-7</sup>	6,54 ± 0,56 a	229,67 ± 1,65 a
10 <sup>-6</sup>	7,02 ± 0,24 a	242,67 ± 1,89 a
		267,23 ± 20,02 a

On day 4 of culture, the granulosa cells were cultured for 4 h in media containing 17β-estradiol (E2) at various concentrations without or with chLH (40 ng/well).

\* Media containing neither E2 nor chLH (Control for the culture with E2 + chLH).

\* Mean ± SE of 7 determinations.

\*\* Mean bearing the same letter within column are not significantly different (P < 0,05) by Duncan's multiple range test.

**Experiment 4: Effect of estrogens pre-treatment**

When the cells were precultured with estrogens at various concentrations for 48 h from day 2 and then cultured in the absence of LH for 4 h, the progesterone concentration in the media did not change significantly (Table 3). However, when the cells were cultured in the presence of chLH after the pre-culture with estrogens, the progesterone concentration in the media in response to chLH increased more in the groups of pre-treatment with estrogens than in the group of pre-treatment without estrogens, and the increase was greater as the estrogens dose increased.

**Table 3.**

Progesterone production in cultured granulosa cells pretreated with 17β-estradiol and then treated with or without chLH.

Pretreated E2 (M)	Progesterone (ng/well/4h)	
	Not treated with chLH	Treated with chLH
0		(7,74 ± 0,15)*
10 <sup>-10</sup>	7,56 ± 0,45 a**	238,25 ± 8,61 a**
10 <sup>-9</sup>	6,80 ± 0,25 a	324,45 ± 1,98 b
10 <sup>-8</sup>	7,00 ± 0,96 a	327,98 ± 4,56 b,c
10 <sup>-7</sup>	6,85 ± 0,67 a	364,58 ± 2,67 b,c
10 <sup>-6</sup>	6,67 ± 0,12 a	376,82 ± 1,98 c
	7,30 ± 0,32 a	386,46 ± 2,34 c

From day 2 of culture, the granulosa cells were cultured in media containing 17β-estradiol (E2) at various concentrations for 48 hours. After the pretreatment, the cells were washed and then recultured for 4 h in media with or without chLH (40 ng/mL).

\* Not pretreated with E2 and cultured in media not containing chLH (Control for the treatment with chLH).

\* Means ± SE of 7 determinations.

\*\* Means bearing different letters within column are significantly different (P < 0,01) by Duncan's multiple range test.

**Experiment 5: Effect of estrogens pre-treatment on the cells of hierarchical follicles**

A greater increase in the progesterone concentration in response to chLH was also found in the cells of F<sub>2</sub> and F<sub>3-5</sub> as in those of F<sub>1</sub> when the granulosa cells were precultured with estrogens than when without estrogens (Table 4).

**Table 4.** Progesterone production in cultured granulosa cells of different hierarchical preovulatory follicles pretreated or not pretreated with E2 and treated or not treated with chLH.

Pretreatment	Treat	Progesterone (ng/well/4 h)		
		F1	F2	F3-5
None	ment	7,89 ± 0,77* a	5,56 ± 0,10 * a	0,97 ± 0,22* a
E2	None	14,67 ± 0,17 a	7,89 ± 0,12 a	2,25 ± 0,11 a
None	LH	200,06 ± 12,04 b	196,45 ± 10,09 b	21,96 ± 0,68 b
E2	LH	298,98 ± 23,80 c	256,89 ± 8,00 c	81,67 ± 0,78 c

From day 2 of the culture, granulosa cells were cultured with or without 17 $\beta$ -estradiol (E2; 10 M) for 48 h. After the culture, the cells were washed and then recultured in the presence or absence of LH (40 ng/well) for 4h.

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3-5</sub>: first, second and the third-fifth largest follicles, respectively.

\* Mean  $\pm$  SE of 7 determinations.

\*\* Means bearing different letters within column are significantly different (P < 0,01) by Duncan's multiple range test.

**DISCUSSION**

The granulosa cells of the domestic fowl (*Gallus domesticus*), cultured in a serum free medium responded to chicken LH in a dose-dependent manner for the production of progesterone, and a maximum response was shown at around 32 ng/well (Table 1). Although the addition of 17 $\beta$ -estradiol in the medium for 4 h simultaneously with (40 ng/well) which may cause the maximum response did not affect the progesterone production (Table 2), pre-treatment with the estrogens for 48 h caused a significant increase in the progesterone production in response to LH stimulation (Table 3), suggesting a priming action of estrogens for the LH-stimulated progesterone production. The action of estrogens may be dependent on LH receptor formation, since the preculture with estrogens was required more than at least 4 h. Although the progesterone production was less in the smaller follicles than in the largest follicles (Table 4) as in the earlier findings (Huang *et al.*, 1979, Hammond *et al.*, 1981, Wells *et al.*, 1981, Hertelendy and Asem, 1984, Asem and Hertelendy, 1985, Caicedo *et al.*, 1997a,b), pre-treatment with estrogens for 48 h caused similar effects in the cells of these smaller follicles. This may probably be due to more binding sites of estrogens receptors in the cells of the smaller follicles (Kamiyoshi *et al.*, 1986).

## RESUMEN

### EFFECTO DEL ESTRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE PROGESTERONA DE LAS CÉLULAS DE LA GRANULOSA

Las células de la granulosa de los folículos grandes preovulatorios de ovario de gallina doméstica fueron cultivadas en medio libre de suero, por 4 días, para examinar el efecto del 17 $\beta$ -estradiol en la producción basal de progesterona y en la producción de progesterona bajo estimulación de chLH (Hormona luteinizante de gallina). Cuando las células fueron cultivadas con estrógeno o con chLH por 4 horas en el día cuatro de cultivo, la producción de progesterona fue estimulada por chLH pero no por estrógeno. Cuando las células fueron cultivadas con estrógeno junto con chLH, la producción de progesterona en respuesta a chLH no cambió, pero se incrementó significativamente cuando las células fueron cultivadas con estrógenos por 48 horas, previo a las 4 horas de cultivo con chLH, en el día 4 de cultivo. Un efecto similar del precultivo con estrógeno fue también observado en las células del segundo, folículo grandes preovulatorios segundo y tercero-quinto. Estos resultados sugieren que el estrógeno es el principal precursor en las células de la granulosa, en aumentar la sensibilidad a LH para la producción de progesterona en folículos ováricos. Podríamos decir que la hormona 17 $\beta$ -estradiol actúa sobre las células de la granulosa antes que LH y su función es incrementar los receptores a LH, y así estimular la producción de progesterona.

### PALABRAS CLAVES

17 $\beta$ -estradiol, chLH (hormona luteinizante de la gallina), Cultivo de células de la granulosa, producción de progesterona,

### BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

ASEM, E.K., and HERTELENDY, F. 1985. Influence of follicular maturation on luteinizing hormone-, cyclic 3', 5'-adenosine monophosphate-, forskolin- and cholesterol-stimulated progesterone production in hen granulosa cell. *Biol. Reprod.*, 32, 25-268.

CAICEDO, R.E. 1997a. Interaction of Gonadotropin and steroid hormone in follicles ovaric of the hen. *PhD. Thesis*, Gifu University, Japón. 138 pp.

CAICEDO, R.E., FUKAYA, M., GOTO, H., KAWASHIMA, M., and KAMIYOSHI, M. 1997b. Effects of testosterone and estradiol 17-b on

Progesterone production by granulosa cells of the hen. **Japanese Poultry Sc.** 34(3), 147-157.

GILBERT, A.B., EVANS, A.J, PERRY, M.M. and DAVIDSON, M.H. 1977. A method for separating the granulosa cells, the basal lamina and the theca of the preovulatory ovarian follicles of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). **J. Reprod. Fertility**, 50, 179-181.

HAMMOND, R.W., BURKE, W.H. and HERTELENDY, F. 1981. Influence of follicular maturation on progesterone release in chicken granulosa cells in response to turkey and ovine gonadotropins. **Biol. Reprod.** 24, 1048-1055.

HAMMOND, R.W. AND BURKE, W.H. and HERTELENDY, F. 1982. Prolactin does not affect steroidogenesis in isolated chicken granulosa cells. **Gen. Comp. Endocr.**, 48, 285-287.

HATTORI, M. and WAKABAYASHI, K. 1979. Isoelectric focusing and gel filtration studies on the heterogeneity of avian pituitary hormone. **Gen. Comp. Endocrinol.**, 39, 215-221.

HERTELENDY, F. and ASEM, E.K. 1984. Steroidogenesis in granulosa cells during follicular maturation: evidence for desensitization during the ovulation cycle. **J. Exp. Zool.**, 232, 513-520.

HUANG, E.S. and NALBANDOV, A.V. 1979. Steroidogenesis of chicken granulosa cells and theca cells: *in vitro* incubation system. **Biol. Reprod.** 20, 442-453

HUANG, E.S., KAO, K.J. and NALBANDOV, A.V. 1979. Synthesis of sex steroid by cellular components of chicken follicles. **Biol. Reprod.**, 20, 454-461.

KAMIYOSHI, M., NIWA, T. and TANAKA, K. 1986. Nuclear estrogens receptor bindings in granulosa cells and estradiol-17 $\beta$  contents in follicular membranes of the ovary of the hen during the ovulatory cycle. **Gen. Comp. Endocrinol.**, 61, 428-435.

MARROCHE, B.L. and HERTELENDY, F. 1983a. Steroid metabolism by avian ovarian cells during follicular maturation. **Biol. Reprod.** 29, 953- 962.

MARRONE, B.L. and HERTELENDY, F. 1983b. Steroidogenesis by avian ovarian cells: Effect of LH and substrate availability. *Am. J. Physiol.*, 244, E487-493.

SCANES, C.G. and FAGIOLI, J.H. 1980. Effect of mammalian and avian gonadotropin on *in vitro* progesterone production by avian ovarian granulosa cells. *Gen. Comp. Endocr.*, 42, 1-7.

WELLS, J.W., DICK, J.R. and GILBERT, A.B. 1981. The biosynthesis of progesterone by fowl granulosa cells *in vitro* from  $^{14}\text{C}$ -labelled substrate. *J. Steroid Biochem.*, 14, 651-656.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Japanese Ministry of Education, Science and Culture and Secretary of Public Education of México.



QUIMICA

5

## DITERPENOS ENT-KAURANOS AISLADOS DE *Hyptis sinuata* Y COMPARACIÓN DE LOS PERFILES CROMATOGRAFICOS DE DIFERENTES EXTRACTOS

LILIA CHÉRIGO, DANIEL TORRES M. y LUIS CUBILLA

Laboratorio de Bioorgánica Tropical,  
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá.  
E-mail: lucubilla@ancon.up.ac.pa

### RESUMEN

Se presentaron comparaciones de los perfiles cromatográficos de diferentes extractos de individuos de *Hyptis sinuata*, colectados en el campo en épocas distintas y cultivados, utilizando las técnicas de cromatografía de capa delgada (CCD) y la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

De los extractos de *H. sinuata* se aislaron mediante el uso de técnicas cromatográficas cinco compuestos: cuatro diterpenos tetracíclicos con esqueleto ent-kaurano y el ácido ursólico, cuyas estructuras han sido establecidas mediante técnicas espectroscópicas de IR, <sup>1</sup>H RMN, <sup>13</sup>C RMN, MS y experimentos bidimensionales de resonancia magnética nuclear. Según nuestro conocimiento, dos ent-kauranos se reportan por primera vez como productos naturales.

### PALABRAS CLAVES

*Hyptis*, *Hyptis sinuata*, diterpenos, ent-kauranos, HPLC, CCD.

### INTRODUCCIÓN

La biodiversidad tropical juega un papel prominente como fuente de nuevos medicamentos (Balick, Elisabetsky y Laird, 1996). Se estima que en

Panamá hay de 8,000 a 10,000 especies de plantas vasculares (D'Arcy, 1987), de las cuales 17,3% son endémicas (Cobos-Mirán, 1992). Si se considera en su justa medida la biodiversidad panameña, se hace necesario estudiar sus componentes como fuente de moléculas bioactivas novedosas (Hostettmann, *et al.*, 1999) o moléculas que, por reacciones químicas sencillas o biotransformaciones, nos permitan acceder a compuestos bioactivos o potenciar su bioactividad.

Conocer los metabolitos secundarios de las plantas y el rol que desempeña en su entorno o su aplicabilidad, justificaría su conservación; ya que los mismos pueden ser una herramienta importante cuando se piensa en el desarrollo de la agroindustria. La existencia de un compuesto de interés en extractos de diferentes partes de una planta o bien en diferentes especies facilitará su obtención y comercialización.

Un uso sostenible de la biodiversidad es el cultivo de plantas que tengan algún beneficio para una comunidad, como una fuente alternativa de agentes terapéuticos o en aplicaciones agroindustriales. Para obtener un mayor número de especies a las cuales se les puede dar este uso sostenible, es necesario realizar estudios de la química secundaria de plantas silvestres, ya sea que tenga un uso tradicional o no. Estos estudios pueden ser guiados por bioensayos o basándose en estudios quimiotáxonómicos; es el caso del género *Hyptis*, el cual clasifica como un excelente precursor de moléculas novedosas e interesantes. Este género es utilizado en medicina, agricultura y cocina tradicional (Heinrich *et al.*, 1992; Zamora-Martínez y De Pascuala, 1992); además algunos compuestos aislados han mostrado una elevada actividad citotóxica (Pereda-Miranda *et al.*, 1993; Novelo *et al.*, 1993; Yamagishi *et al.*, 1988), e hipoglucémica y antiinflamatoria (Villar *et al.*, 1986). El aislamiento de los compuestos aquí reportados fue biodirigido mediante un ensayo con *Artemia salina*.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Recolección y preparación del material vegetal

*H. sinuata* fue colectada en febrero de 1999, noviembre del 2000 y enero del 2001 en la comunidad de Altos de Pacora. Las diferentes partes de la planta (hojas, flores, tallo) fueron secadas a temperatura ambiente durante una semana y luego trituradas en una licuadora comercial de manera individual cada una de ellas, evitando que la temperatura excediese los 30 °C.

Como hasta ahora el único sitio reportado para *H. sinuata* es Altos de Pacora, se colectaron algunas semillas durante la colecta de 2001, con el fin de cultivar algunos individuos, comprobar si el contenido en metabolitos secundarios de la misma no se veía alterada y así contar con una vía alternativa de material vegetal si fuese necesario. De allí que en un ensayo preliminar se cultivaron seis individuos, cuyas partes aéreas (hojas y tallos) fueron procesadas en conjunto siguiendo el procedimiento empleado con las plantas colectadas. Para el cultivo se utilizó una mezcla de suelo comercial y suelo orgánico.

#### **Extracción**

Las partes vegetales trituradas se colocaron en Erlenmeyers y se extrajeron con hexano, diclorometano y metanol. Las extracciones con hexano y metanol duraron 48 horas, mientras que con diclorometano se realizó en dos fases, una primera extracción de 24 horas y una segunda extracción de 65 horas. En cada extracción, las muestras se colocaron en el ultrasonido alrededor de 10 minutos a fin de hacer más efectiva la extracción.

Los solventes se evaporan en un rotavapor a presión reducida a una temperatura máxima de 25 °C; los residuos se transfieren a recipientes rotulados y posteriormente, se secan en su totalidad en un desecador a presión reducida. Luego se guardan en un congelador a 0 °C.

### **METODOLOGÍAS Y TÉCNICAS**

#### **Cromatografía en capa delgada (CCD)**

Utilizando placas de gel de sílice sobre aluminio, se ensayaron diferentes sistemas de elución tanto para comparar la composición de los extractos como para seleccionar el sistema de eluyentes que facilitaría la separación de los metabolitos. Por esta razón se utilizaron sistemas tales como: hexano-acetato de etilo 9:1, hexano-acetona 9:1, hexano-acetato de etilo 7:3, hexano-acetona 8:2, hexano-acetona 7:3, hexano-acetato de etilo 65:35, diclorometano-acetona 9:1, hexano-acetato de etilo 6:4. Después de eluirlas las placas fueron observadas bajo luz ultravioleta a longitud de onda corta (254 nm) y larga (365 nm), y posteriormente reveladas en una solución de molibdeno en ácido sulfúrico al 1%.

#### **Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)**

Se realizaron comparaciones por HPLC del contenido en metabolitos secundarios de los extractos en diclorometano de hojas y tallo de la planta

recolectada y del extracto en diclorometano de los individuos cultivados. De igual manera se comparó la composición química entre los extractos de hojas y tallo de las colectas realizadas en 1999 y 2001.

Se utilizó una columna HPLC YMR% ODS-A™ S<sub>μ</sub>m 120 °A con una medida de 4,6 x 250 mm. Las muestras se eluyen a un flujo de 1,0 mL /min con un tiempo de análisis de 50 minutos. Los solventes utilizados fueron metanol y diclorometano en forma de gradiente; el cambio de eluyente se realizó cada 15 minutos en el siguiente orden 100%, 90% y 50% de metanol hasta 100% de diclorometano, utilizando una curva tipo 6.

El cromatógrafo líquido contó con un detector de arreglo de diodos, el cual permite obtener los espectros ultravioletas de los diferentes componentes a través de un barrido desde 210 nm hasta 800 nm.

#### **Cromatografía en columna**

Durante el proceso de fraccionamiento y purificación se empleó la técnica de cromatografía en columna. Dichas columnas se empacaron con gel de Sílice 60 (70–230 mesh) y para acelerar las eluciones se aplica presión.

#### **Técnicas de determinación estructural**

Los espectros IR se obtuvieron en un espectrómetro Perkin-Elmer 699B (compuesto 3, 4 y 5) y en un espectrómetro Shimadzu FTIR-8300 (compuesto 1 y 2) en la modalidad de pastilla de KBr.

Los espectros de <sup>1</sup>H RMN y <sup>13</sup>C RMN se generaron en los espectrómetros RMN Varian VXR-300-5 (compuesto 2 y 4) y RMN Bruker AMX 500 (compuesto 1, 2, 5) utilizando frecuencias de 300 y 500 MHz para <sup>1</sup>H RMN y de 75 MHz para <sup>13</sup>C RMN.

Los espectros de masas fueron registrados en un aparato Hewlett-Packard 5985-B mediante la técnica de impacto electrónico y los poderes rotatorios en un espectrofotómetro JASCO DIP-370.

#### **Actividad citotóxica frente a *Artemia salina*:**

Se preparó una solución de agua de mar artificial, disolviendo 38 g de sal de mar sintética en un litro de agua destilada.

Se colocaron aproximadamente 200 mg de quistes de *A. salina* en una pecera y se incubaron por 48 horas.

Se preparó una solución madre de 10000 ppm, usando 0,1 g de muestra en 10 mL de acetato de etilo.

De la solución madre se colocaron 500 mL, 50 mL, 5 mL en tubos de ensayos, para preparar concentraciones de 1000, 100, 10 ppm respectivamente. De cada concentración se hacen nueve réplicas.

El acetato de etilo se evaporó a sequedad, luego se adicionó 2 ó 3 gotas de dimetil sulfóxido a cada tubo para aumentar el grado de solubilidad de la muestra. Cuando fue necesario se utilizó el ultrasonido.

A las 48 horas de incubadas la *A. salina* se añadieron a cada tubo 10 larvas de las mismas, aforando con agua de mar artificial.

Después de 24 horas, se contó el número de larvas que permanecieron vivas.

A la vez se realizó un control positivo que consistió en 3 tubos, que contenían la misma cantidad de solvente utilizado para cada concentración, se evaporaba y se le adicionaba las 2 ó 3 gotas de dimetil sulfóxido, más las 10 larvas de *A. salina*.

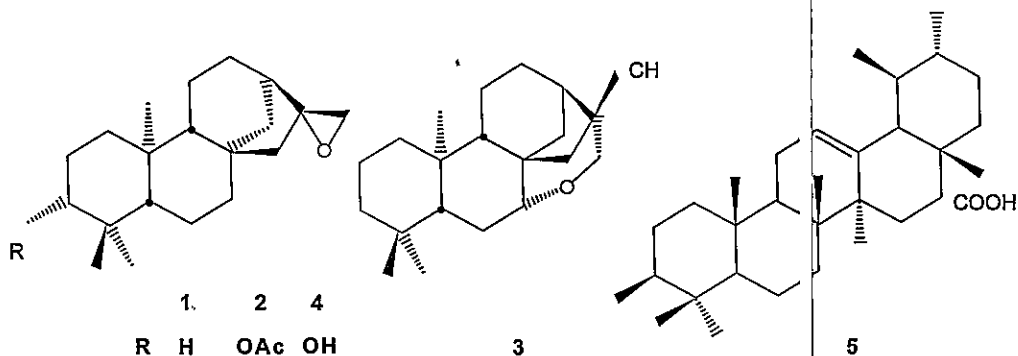
Los datos obtenidos se analizaron empleando un programa estadístico, determinándose los valores de ED<sub>50</sub> con un margen de confiabilidad del 95%.

En este bioensayo los valores de ED<sub>50</sub> < 1000 mg/mL se consideran bioactivos (Alkofahi *et al.*, 1989; McLauhlin *et al.*, 1993)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta ocasión se reporta en primer lugar la comparación del contenido de los diferentes extractos de *Hyptis sinuata* mediante técnicas cromatográficas y sobre la caracterización de cinco compuestos aislados de sus extractos: 16 $\alpha$ , 17-epoxi-ent-kaurano (1), 16- $\alpha$ ,17-epoxi-3  $\alpha$ -acetoxi-ent-kaurano (2), 16-hidroxi-7,17-epoxi-ent-kaurano (3), 16 $\alpha$ ,17-epoxi-3  $\alpha$ -hidroxi-ent-kaurano (4) y el ácido ursólico (5).

## Porcentaje de Rendimiento y Actividad Citotóxica.



De la colecta de 1999 se prepararon nueve extractos, que fueron sometidos al bioensayo de citotoxicidad con *A. salina*.

Se puede observar en el Cuadro 1 que con excepción de los extractos de flor en diclorometano y metanol y del tallo en metanol, todos los demás mostraron una citotoxicidad significativa en relación al criterio utilizado, presentando la mayor bioactividad el extracto de hojas en diclorometano. Tanto de las nuevas colectas, como de los individuos cultivados, no se efectuaron bioensayos.

**Cuadro 1.**

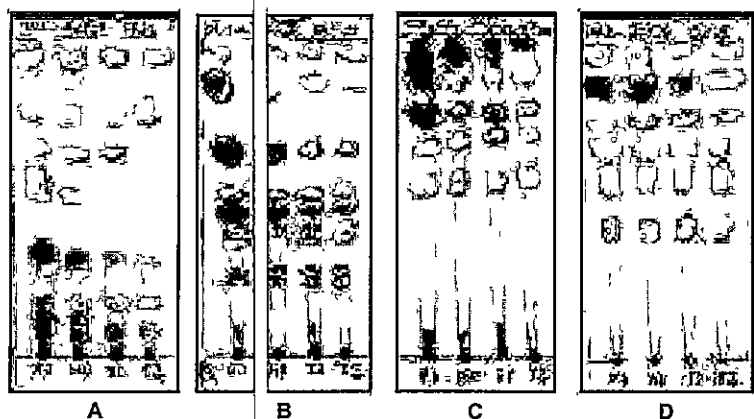
Datos de la masa vegetal y de los extractos crudos con sus respectivos ED50.

Muestra vegetal	Masa (g)	Disolvente	Extracción (g)	% de rendimiento	ED50
Hojas	73,61	Hexano	0,82	1,1	56,00
		Diclorometano	2,54	3,4	22,00
		Metanol	2,02	2,7	79,00
Flor	127,06	Hexano	8,32	6,6	239,00
		Diclorometano	1,76	1,4	>1000,00
		Metanol	2,74	2,4	>1000,00
Tallo	125,46	Hexano	1,22	1,0	712,00
		Diclorometano	1,22	1,0	143,00
		Metanol	2,22	1,8	>1000,00

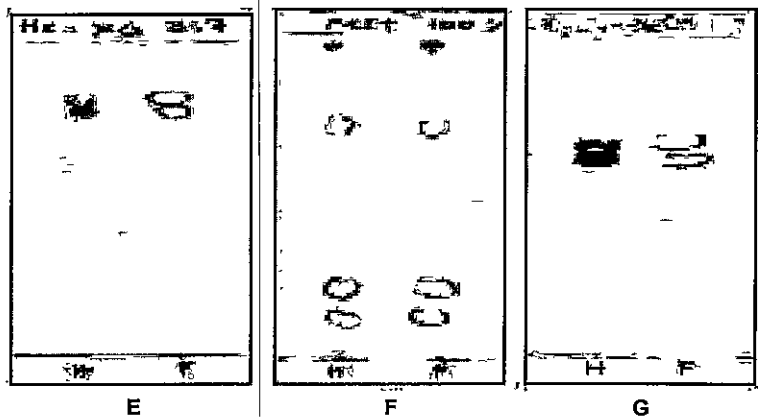
### Análisis por cromatografía en capa delgada

El perfil cromatográfico de las partes de la planta mostró una gran similitud en el número de manchas, por lo cual se procedió a unir los extractos y trabajarlos como un todo.

Los perfiles cromatográficos de extractos de los individuos cultivados en diclorometano y metanol, tanto de las hojas como del tallo, no presentaron diferencias relevantes. El perfil cromatográfico de los extractos realizados a cada una de las partes de la planta mostró ser muy similar con respecto a sus componentes mayoritarios, como se muestra en las figuras 1 y 2.



**Figura 1.** Placas comparativas de flores, hojas y tallo (primera y segunda colecta) del extracto en diclorometano de *Hyptis sinuata*. Los sistemas de elución son: a) hexano-acetato de etilo 9:1; b) diclorometano-acetona 9:1; c) hexano-acetona 8:2; d) hexano-acetato de etilo 6:4.



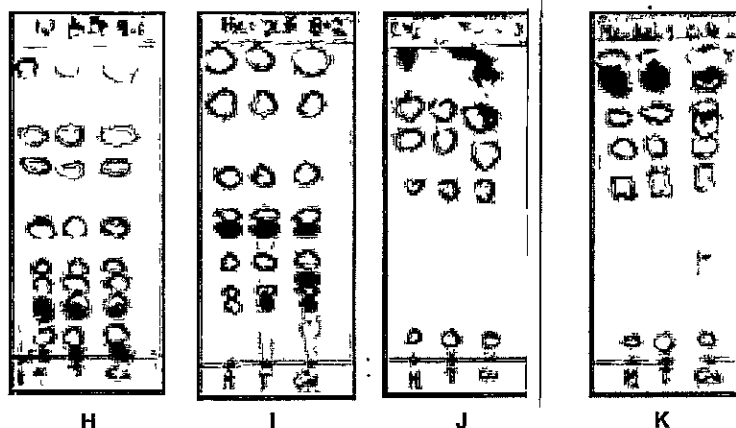
**Figura 2.** Placas comparativas de hojas y flores del extracto en metanol de *Hyptis sinuata*. Los sistemas de elución son: e) hexano-acetona 3:7; f) acetato de etilo 100%; g) diclorometano-metanol 1:2.

Al comparar mediante cromatografía en capa delgada los extractos de individuos colectados y cultivados, se observó que ambos poseen el mismo perfil cromatográfico en la parte menos polar. En la parte más polar (Figuras 3 y 4) se observan diferencias. Esto puede deberse a las variaciones del entorno (clima, suelo, temperatura, humedad, etc.) que afecta la composi-

ción química de la planta, es decir, que conducen a la producción de ciertos metabolitos secundarios de mayor polaridad. Considerando que comparativamente las cantidades de los individuos colectados son mucho mayores que las de los individuos cultivados, es poco probable que las diferencias en los perfiles en la cromatografía de capa delgada se deban a efectos de la concentración.

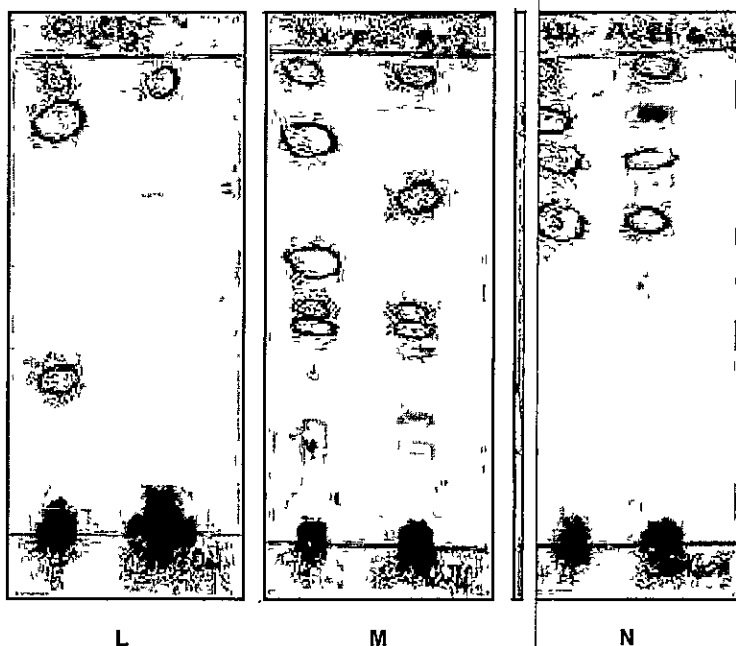
**Figura 3.**

Comparación entre los extractos en diclorometano de hojas y tallo de la planta recolectada y de los individuos cultivados (hojas y tallo). Los sistemas de elusión son: h) hexano-acetato de etilo 9:1; i) hexano-acetona 8:2; j) diclorometano-acetona 9:1; k) hexano-acetato de etilo 6:4.



**Figura 4.**

Comparación del extracto metanólico de las hojas de la planta recolectada y de los individuos cultivados. Los sistemas de elusión son: l) diclorometano 100%; m) hexano-acetona 8:2; n) hexano-acetato de etilo 6:4.





### Análisis preliminar de extractos por cromatografía líquida de alta resolución.

Los resultados del análisis de los cromatogramas obtenidos mediante HPLC de los distintos extractos se muestran en el Cuadro 2. Se puede inferir de estas comparaciones que solamente los componentes 4 y 8 parecen ser comunes en todos los extractos. Mientras que el componente 2 está ausente únicamente en el extracto de tallo de 2001 y el componente 3 es exclusivo de las hojas de la misma colecta.

En los extractos de tallo se puede ver que los componentes 1, 2, 4 y 8 se encuentran en ambas colectas, mientras que 5, 6 y 7 están únicamente presentes en la planta colectada en el año 2001. En los extractos de hojas de 2001 están presentes 3 y 5. El componente 2 se encuentra en la planta colectada en 1999. Se puede notar de igual forma que hay mayor similitud en la composición de tallo y hoja de la planta colectada en el 2001 con respecto a la planta colectada en 1999, puede observarse también la pobre composición del individuo cultivado con respecto a las plantas colectadas en el campo.

**Cuadro 2.**  
Comparación de extractos por HPLC.

Componente	Rf (Min)	l (nm)	Tallo 1999	Hojas 1999	Tallo 2001	Hojas 2001	Individuo cultivado
1	4,31	209,7	x	x	x	x	-
2	5,18	209,7	x	x	x	-	x
3	6,57	209,7	-	-	-	x	-
4	7,68	444,1	x	x	x	x	x
5	10,21	209,7	-	-	x	x	-
6	13,92	209,7	-	x	x	x	-
7	30,01	210,9	-	x	x	x	-
8	33,06	212,0	x	x	x	x	x

### Proceso de Separación

#### Separación de Metabolitos Secundarios del Extracto en Diclorometano

Se colocaron 6,7850 g del extracto en diclorometano en una columna (A) la cual se empacó con Gel de Sílice 60 Geduran 37-75 mm y se eluyó con las siguientes mezclas de disolventes: hexano-acetato de etilo 9:1, hexano-acetato de etilo 8:2, hexano-acetato de etilo 7:3, hexano-acetato de etilo 1:1, acetato de etilo 100%, acetato de etilo-metanol 1:1, metanol 100%.

De esta columna se obtuvieron ocho fracciones, que de acuerdo a su perfil cromatográfico se reunieron en cinco. Se observó que al final de la columna queda un residuo insoluble que representa el resto del material del extracto. Después de sucesivas cromatografías en columnas, como se describe a continuación, se separaron los ent-kauranos 1-4 y el ácido ursólico 5.

### 16 $\alpha$ , 17-epoxi-ent-kaurano (1)

Se colocaron 3,347 g de la fracción 3 en una columna (B), la cual se empacó con 110 gramos de gel de Sílice y se eluyó con hexano 100%; hexano-diclorometano 7:3, hexano-diclorometano 6:4, hexano-diclorometano 1:1, diclorometano 100%; diclorometano-acetato de etilo 1:1.

De las 12 fracciones colectadas, 237 mg de la fracción 3 se sometieron a una nueva cromatografía en una columna (C), empacada con 30 g de gel de Sílice; se eluyó con hexano-acetato de etilo 97:3 y acetona 100%.

La fracción 3 contiene 151 mg de 1, aislado previamente de las plantas *Baccharis minutiflora* (Bohlmann *et al.*, 1982) y *Achillea clypeolata* (Aljancic *et al.*, 1996), cuyas características espectroscópicas coinciden con las allí publicadas.

### 16 $\alpha$ , 17-epoxi-3 $\alpha$ -acetoxi-ent-kaurano (2)

De la fracción 11 de la columna (B), se cromatografiaron 548 mg, en una columna (D) preparada con 25,3 gramos de gel de Sílice 60, 40-63 mm y eluida con hexano-acetato de etilo 9:1; 85:15 y acetona 100%, obteniéndose 139 mg de 2, aislado por primera vez de la planta *Achillea clypeolata* (Aljancic *et al.*, 1996), las propiedades espectroscópicas coinciden con las allí publicadas.

### 16-hidroxi-7, 17-epoxi-ent-kaurano (3)

La fracción 3 de la columna A se trató con carbón activado para eliminar los pigmentos y se colocaron 250 mg, disueltos en una mezcla de hexano-diclorometano-acetona 7:2,5:0,5 y gotas de metanol en una columna empacada con 3,30 g de gel de Sílice 70-230 mesh y se eluyó con la mezcla antes mencionada. De la fracción 11 y 12 se obtuvieron 12 mg de un sólido, el cual se filtró y se recrystalizó con hexano-diclorometano 7:3, que presenta las siguientes características espectroscópicas:

$[\alpha]_D = +131^\circ$  (CHCl<sub>3</sub>, c = 0.0012)

**IR**  $\nu_{\text{cm}^{-1}}$ : 3416, 2929, 1632, 1384, 1044, 570.

**<sup>1</sup>H RMN** (300 MHz, CD<sub>3</sub>OD): 3.63 (d, J = 11.45 Hz); 3.11 (dd, J = 4.85 Hz, J = 11.45 Hz); 2.02 (d, J = 3.53 Hz); 1.91 (d, J = 11.45 Hz); 1.82 (dt, J = 3.52 Hz, J = 12.7 Hz); 1.57(m); 1.63 (m); 1.41 (m); 1.04 (s, CH<sub>3</sub>); 0.98 (d, J = 4.85 Hz); 0.95 (s, CH<sub>3</sub>); 0.94 (s, CH<sub>3</sub>); 0.78 (d, J = 11.4 Hz); 0.75 (s, CH<sub>3</sub>).

**<sup>13</sup>C RMN** (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD): 40.2 (C-1, CH<sub>2</sub>); 19.4 (C-2, CH<sub>2</sub>); 43.3 (C-3, CH<sub>2</sub>); 39.9 (C-4, C); 53.8 (C-5, CH); 27.3 (C-6, CH<sub>2</sub>); 79.7 (C-7, CH); 45.6 (C-8, C); 56.5 (C-9, CH); 40.0 (C-10, C); 21.3 (C-11, CH<sub>2</sub>); 38.2 (C-12, CH<sub>2</sub>); 58.2 (C-13, CH); 28.0 (C-14, CH<sub>2</sub>); 46.4 (C-15, CH<sub>2</sub>); 82.8 (C-16, C); 66.9 (C-17, CH<sub>2</sub>); 28.9 (C-18, CH<sub>3</sub>); 18.4 (C-19, CH<sub>3</sub>); 16.2 (C-20, CH<sub>3</sub>).

**EMIE:**  $m/z$  (%): [MH<sup>+</sup>] 305(6); 291 (100); 273 (58); 255 (13); 231 (7); 135 (16); 121 (14); 107 (12); 95(11).

Los experimentos bidimensionales de RMN conducen a la estructura propuesta para **3**. Para confirmar definitivamente la estructura propuesta es necesario obtener una mayor cantidad de material para un experimento de difracción de rayos X.

#### Separación de ent-Kauranos del extracto hexánico de las flores:

Se colocaron 540 mg del extracto crudo de flor en hexano sobre una columna de 20,6 cm de alto con 2 cm de diámetro, empacada con 52 g de gel de sílice 37-75  $\mu$ m, eluyendo con una mezcla de hexano - acetato de etilo 95:5. Las fracciones obtenidas fueron reunidas de acuerdo a CCD y reveladas con molibdeno, lográndose obtener 40 mg de **2** y 25 mg de **4**. Según la bibliografía, este compuesto sólo ha sido reportado previamente como derivado sintético y no como producto natural (Hanson y White, 1970).

#### 16 $\alpha$ , 17-epoxi-3 $\alpha$ -hidroxi-ent-Kaurano (**4**)

Las características espectroscópicas de 4 son las siguientes:

$[\alpha] = 71.0$

**IR** ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3266, 2928, 2864, 1734, 1458, 1179, 1094, 1001, 791.

**$^1\text{H}$  RMN** (200 MHz): 3.20 (H-3, dd,  $J = 5.4$  Hz, 11.0 Hz); 2.87 (H-17, d,  $J = 4.7$  Hz); 2.78 (H-17, d,  $J = 4.7$  Hz); 2.02 (H-14, d,  $J = 10.9$  Hz); 1.87 (H-1, t); 1.03 (H-20, s, 3H); 0.97 (H-18, s, 3H); 0.73 (H-19, s, 3H).

**$^{13}\text{C}$  RMN** (50 MHz): 38.7 (C-1,  $\text{CH}_2$ ); 27.3 (C-2,  $\text{CH}_2$ ); 78.9 (C-3, CH); 38.8 (C-4, C); 55.1 (C-5, CH); 19.8 (C-6,  $\text{CH}_2$ ); 40.9 (C-7,  $\text{CH}_2$ ); 45.1 (C-8, C); 55.7 (C-9, CH); 38.9 (C-10, C); 19.3 (C-11,  $\text{CH}_2$ ); 29.0 (C-12,  $\text{CH}_2$ ); 42.6 (C-13, CH); 38.4 (C-14,  $\text{CH}_2$ ); 48.7 (C-15,  $\text{CH}_2$ ); 66.3 (C-16, C); 50.3 (C-17,  $\text{CH}_2$ ); 28.3 (C-18,  $\text{CH}_3$ ); 15.4 (C-19,  $\text{CH}_3$ ); 17.7 (C-20,  $\text{CH}_3$ ).

**EMIE** 70 eV  $m/z$  (rel. Int.): 304 ( $\text{M}^+$ ) (58); 286 ( $\text{M}^+-1$ ) (10); 271 ( $\text{M}^+-18-15$ ) (17); 205 (10); 145 (20); 135 (55); 91 (100); 79 (83); 68 (59).

## CONCLUSIÓN

Utilizando las técnicas cromatográficas de capa delgada y líquida de alta resolución, se demuestra que el contenido de metabolitos secundarios de las partes aéreas de *H. sinuata* son iguales en una misma colecta, presentando leves diferencias en colectas realizadas en diferentes épocas y diferencias marcadas con individuos cultivados debido a la presencia de metabolitos secundarios con mayor polaridad en estos últimos.

Se puede apreciar en alguna medida la relación entre la producción de metabolitos secundarios de un individuo y su entorno, es decir los factores bióticos y abióticos que le rodean.

Por último, se hace referencia a los cuatro ent-kauranos aislados de *H. sinuata*,  $16\alpha, 17$ -epoxi-ent-kaurano (1),  $16\alpha, 17$ -epoxi- $3\alpha$ -acetoxi-ent-kaurano (2),  $16$ -hidroxi- $7, 17$ -epoxi-ent-kaurano (3),  $16\alpha, 17$ -epoxi- $3\alpha$ -hidroxi-ent-kaurano (4), que al parecer pueden ser los metabolitos más importantes en esta especie. Los ent-kauranos constituyen un tipo de diterpeno, precursor de las Giberelinas.

## SUMMARY

### ISOLATION OF DITERPENES ENT-KAURANOS *Hyptis sinuata* AND COMPARISON OF THE CHROMATOGRAPHIC PROFILES OF DIFFERENT EXTRACTS

We are presenting comparisons in the chromatographic profiles of different extracts of *H. sinuata*, collected in the field at different times and cultivate, using chromatography techniques as Thin layer (TLC) and High Performance Liquid Chromatography (HPLC). From *H. sinuata* extracts, five compounds were isolated, four tetracyclic diterpenes with ent-kaurane skeleton and ursolic acid. Their structures have been established by spectroscopic techniques IR, <sup>1</sup>H NMR, <sup>13</sup>C NMR, MS and by bidimensional experiments of nuclear magnetic resonance. As far as we know, ent-kaurane 3 and 4 are reported for first time as natural products.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALJANČIĆ, I.; MACURA, S.; JURANIĆ, N.; ANDJELKOVIĆ, S., RANDJILOVIĆ, N. y MILOSAVLJEVIĆ, S. 1996. Diterpenes from *Achillea clypeolata*; **Phytochemistry**, 43, 169-171.

ALKOFANI, A.; RUPPERT, J.; ANDERSON, J.; MCLAUHLIN, J.; MIKOLAJCZAK, K. y SCOTT, B. 1989. **Insecticides of Plant Origin**; American Chemical Society Symposium, series 387, pp. 28-29.

BALICK, M.J.; ELISABETSKY, E. y LAIRD, S. 1996. **Medicinal Resources of the Tropical Forest. Biodiversity and its Importance to Human Health**. Nueva York: Columbia University Press.

BOHLMANN, F.; KRAMP, W.; JAKUPOVIĆ, J.; ROBINSON, H. y KING, I. 1982. Diterpenes from *Baccharis* species; **Phytochemistry**, 21, 399-403.

COBOS-MORÁN, J.A. 1992. **Los Recursos Naturales de Panamá**; Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables; Ministerio de Desarrollo Agropecuario; Panamá.

D'ARCY, W.G. 1987. **Flora of Panama: Checklist and Index**; Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, Vol. 17.

HANSON, J.R. y WHITE, A.F. 1970. Chemistry of the tetracyclic diterpenoids. XI. Complete structure of abbeokutone. **Tetrahedron**, 26(20), 4839-4841.

HEINRICH, M.; RIMPLER, H. y BARRERA, N. 1992. Indigenous phytotherapy of gastrointestinal disorders in a lowland Mixe community (Oaxaca, Mexico): Ethnopharmacologic evaluation; **J. of Ethnopharmacology**, 36, pp. 63-80.

HOSTETTMANN, K.; GUPTA, M. y MASTERTON, A. 1999. **Chemistry, Biological and Pharmacological Properties of Medicinal Plants from the Americas**; CYTEC; Published by Harwood Academic.

MCLAUHLIN, J.; CHANG, C. y SMITH, D. 1993. **Human Medicinal Agents from Plants**, American Chemical Society Symposium, series 534.

NOVELO, M.; CRUZ, J.; HERNÁNDEZ, L. y PEREDA-MIRANDA, R. 1993. Cytotoxic constituents from *Hyptis verticillata*; **J. Nat. Prod.** 56(10), pp. 1728-1736.

PEREDA-MIRANDA, R.; HERNÁNDEZ, L.; VILLAVICENCIO, M.; NOVELO, M. e IBARRA, P. 1993. Structure and stereochemistry of pectinolides A - C , novel antimicrobial and cytotoxic 5,6- dihydro-a- pyrones from *Hyptis pectinata* ; **J. Nat. Prod.** 56 (4), pp. 583-593.

VILLAR, A.; PAYÁ, M.; HORTIGUELA, M. y CORTÉS, D. 1986. **Planta y Med**, 50, pp. 43-45.

YAMAGISHI, T.; ZHANG; DE-CHENG CHANG; JER-JANG; MCPHAIL, D.; MCPHAIL, A. y LEE, KUO-HSIUNG. 1988. The cytotoxic principles of *Hyptis capitata* and the structure of the new triterpenes Hyptatic Acid - A, Acid - B; **Phytochemistry**, 27 (10), pp. 3213-3216.

ZAMORA-MARTÍNEZ, M., y DE PASCUA POLA, C. 1992. Medicinal plants used in some rural populations of Oaxaca, Puebla and Veracruz, México; **J. of Ethnopharmacology**, 35, pp. 229-237.

## ASPECTOS DE LA VIDA DE *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811) EN AMÉRICA

RICARDO PÉREZ A. y ANA MARÍA JIMÉNEZ M.

Museo de Vertebrados,  
Departamento de Zoología, Escuela de Biología,  
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,  
Universidad de Panamá.  
museover@ancon.up.ac.pa, rijperez@yahoo.com, anaj19wj@yahoo.com

### RESUMEN

*Columbina talpacoti* son pequeñas tórtolas con cuerpo voluminoso, patas cortas, cabeza pequeña, pico corto, dimorfismo sexual poco marcado y de colores poco vistosos. Habita en muchas áreas, principalmente en el trópico. Su alimentación es variada, le gustan las semillas e insectos. Se reproduce durante todo el año, anidando en ramas de árboles y arbustos. Sus nidos son delgadas plataformas, con uno a cuatro huevos y polluelos con una tasa de crecimiento rápido. Además, son depredadas por otras aves, reptiles y mamíferos. También, el hombre la utiliza como fuente de alimento y de diversión. Su cercanía a vivir con el hombre y enfrentar las condiciones físicas del ambiente, la ha convertido en una especie cosmopolita.

### PALABRAS CLAVES

*Columbina talpacoti*, tórtolas, descripción, ecología, distribución geográfica, reproducción, enemigos, América.

### Generalidades

*Columbina talpacoti*, también conocida como tierrerrita, tierrera, tortolita rojiza, tortolita castaña, torcacita rojiza, palomita colorada, cocochita, en

algunas lenguas indígenas como dun-guo, suirr; son pequeñas palomas-tórtolas pertenecientes a la familia columbidae y al orden Columbiformes cuyas especies son de distribución casi mundial, pero con residencia principal en los trópicos. Al igual que otras especies del mismo género han sido tratadas anteriormente bajo los nombres de *Chamaepelia*, *Columbigallina* y *Columba*.

### Descripción

Su cuerpo es voluminoso, con patas cortas, cabeza pequeña, pico corto y dimorfismo sexual poco marcado, en donde el macho adulto tiene la cabeza de color vinoso pálido y la corona gris, con ligeros matices achocolatados. Un color chocolate castaño cubre la espalda y el resto de las partes superiores. Las alas son más rojizas y están adornadas con algunas manchas y bandas negras. En las plumas centrales de la cola el color es castaño oscuro. Las restantes rectrices son negras pero con combinaciones castañas. El iris es chocolate rojizo. El área desnuda que rodea el ojo es gris mate. El pico, incluyendo el cere, es chocolate oscuro, pero la punta es gris oscura. Las patas son cortas de un tono rosado subido o color carne, y están provistas de garras negras o chocolate oscuras. La hembra adulta difiere bastante del macho en sus colores. El color principal es chocolate olivo o chocolate cremoso que cubre gran parte del dorso y la región inferior. En la corona el color es grisáceo o chocolate. A veces la mayoría de las plumas del dorso y del vientre están levemente marginadas de crema o castaño pálido. Las alas y sus cobertoras tienen trazas de castaño y poseen manchas negras como en el macho. Las primarias y secundarias son puramente castañas pero tienen las áreas negruzcas o chocolate oscuro que se extienden a las puntas. Las plumas centrales de la cola lucen chocolate castañas pero éstas últimas son más oscuras, sobre todo hacia el final. Las rectrices laterales son casi negras y con partes chocolates. Las más exteriores muestran algo de blanco en la punta.

### Ecología

Las tierrerritas son muy abundantes, pueden ser observadas en parejas o en grupos de hasta 50 individuos, desplegando mucha actividad, sobre todo disputándose alimentos y ahuyentándose unas a otras mediante saltos, pequeños vuelos y carreras cortas. Son bastantes gregarias y toleran la presencia de otras aves. Son de vuelos cortos. Habitan las áreas abiertas, despejadas, matorrales, pastizales, sabanas, áreas perturbadas, cerca de las viviendas del hombre, bosque secundario y otros. Se alimentan en el terreno, picoteando en busca de granos y semillas, es decir, son vegetaria-



nas y prefieren las semillas grandes como *Sorghum vulgare* y *Oryza sativa*, las cuales pueden medir de 2 a 15 mm de longitud y semillas pequeñas como *Brachiaria plantaginea*, *Euphorbia hirta* y *Paspalum sp*, principalmente, además de frutas (bayas) e insectos. Son diurnos, y gustan asolearse en las ramas bajas de árboles y arbustos.



**Figura 1.**  
Pareja de *Columbina talpacoti*, el macho en la parte superior y la hembra en la inferior.

#### **Distribución geográfica**

Se encuentra en ambas vertientes, extendiéndose desde el Sur de Texas, Sur de México, atravesando el Istmo Centroamericano, hasta el Brasil, Este de Perú, Bolivia, Paraguay, Norte de Uruguay, Norte de Argentina. En Chile es considerada un visitante accidental, ya que sólo hay dos registros, en Angol y Rancagua.

#### **Reproducción**

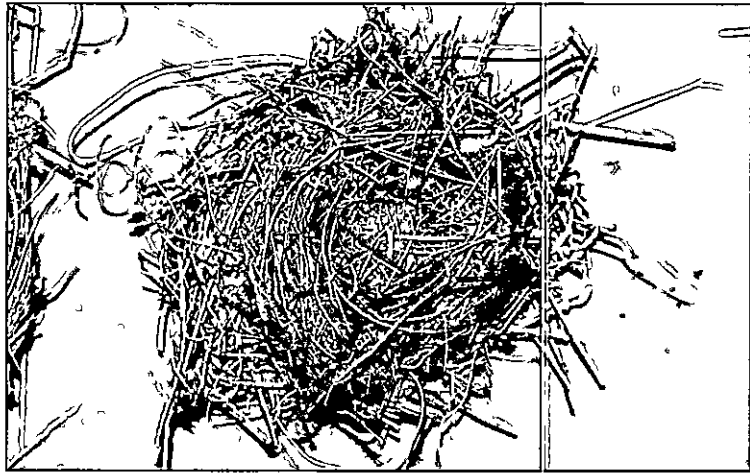
Son pocos los estudios que hemos podido registrar sobre el ciclo reproductivo de *C. talpacoti*, pero las investigaciones realizadas por Skutch (1945, 1956, 1964, 1966, 1983); Haverschmidt (1953); Cintra (1988, 1990, 1997); Tejera, Pérez y Jiménez (2000, 2001) han ido ampliando el conocimiento sobre su biología reproductiva. Estos estudios han aportado aspectos nuevos e interesantes sobre esta especie, aunque comparten mucha información en común.

#### **Nidos**

Los nidos son construidos entre dos y cinco días con material vegetal constituido por ramitas de dicotiledóneas, raíces y tallos de monocotile-

dóneas, flores y frutos; material artificial, alambres de cobre de 0,20 milímetros de diámetro; material animal por plumas de los progenitores y de otras aves. Ubican sus nidos principalmente sobre horquetas de ramas, en raras ocasiones sobre troncos, hojas, pecíolos, pencas de palmas o en el suelo. La forma que presentan es de plataforma ovalada con bordes irregulares y una depresión poco profunda en el centro. Los ámbitos dimensionales de sus nidos fluctúan: siendo la longitud de 87,10 a 149,20 mm; el ancho de 63,20 a 126,70 mm; la abertura longitudinal de 50,05 a 80,00 mm; la abertura transversal de 40,20 a 67,00 mm; la profundidad de 14,00 a 33,40 mm y el espesor de 21,00 a 76,15 mm. El peso oscila de 1,00 a 27,25 g, este último sólo ha sido reportado para Panamá.

**Figura 2.**  
Nido de *Columbina talpacoti*, presenta forma de copa poco profunda con bordes irregulares y alambres de cobre.



### Huevos

Éstos son blancos, ovalados o subelípticos, poco brillantes, poco granulados y sin manchas. La camada de dos huevos es la más común, aunque hay registros de uno, tres y hasta cuatro huevos en un nido, este último en Brasil. Son incubados entre 11 y 14 días. Los ámbitos de sus medidas pueden fluctuar: la longitud de 18,00 a 24,00 mm; la parte más ancha o diámetro de 12,10 a 18,50 mm y el peso de 2,00 a 4,20 g.

### Polluelos

Son alimentados durante los primeros días con la llamada *leche del pichón*, la cual presenta un color rojizo y es un excelente nutrimento, el mismo es una mezcla de alimento semidigerido con sustancias producidas por glándulas presentes en el buche de los adultos. Durante los días siguientes la cantidad de alimento disminuye, el cansancio es notable en los adultos, los cua-



Figura 3.  
Huevos blancos, ovalados, poco brillantes de *Columbina talpacoti*.

les utilizan directamente semillas para alimentarlos. Al nacer su cuerpo está cubierto por plumones cremas excepto la región del abdomen. Su piel delgada permite visualizar los órganos internos, el área ocular oscura, el tarso es rosado, las garras blanquecinas, son algunas de sus características morfológicas iniciales. Sin embargo, al transcurrir los días empieza a oscurecerse la piel, a emerger cañones en las alas, luego en el dorso, el área lateral, ventral y posteriormente la cabeza. Durante el tercero y quinto día abren sus ojos y continúa el crecimiento de los cañones. Al sexto día, empiezan a aparecer las plumas en las alas, dorso, área lateral, ventral y cabeza. A partir del noveno día, empiezan a batir y mover sus alas, mostrando la capacidad de poder emprender el vuelo, pero si son poco perturbados pueden permanecer en el nido hasta el decimonoveno día. Hasta un promedio de 25 días pueden permanecer junto a sus padres, y al cabo de tres meses de edad, los polluelos poseen aproximadamente el 97% del tamaño de un adulto, y pueden empezar a formar pareja e iniciar el ciclo reproductivo.

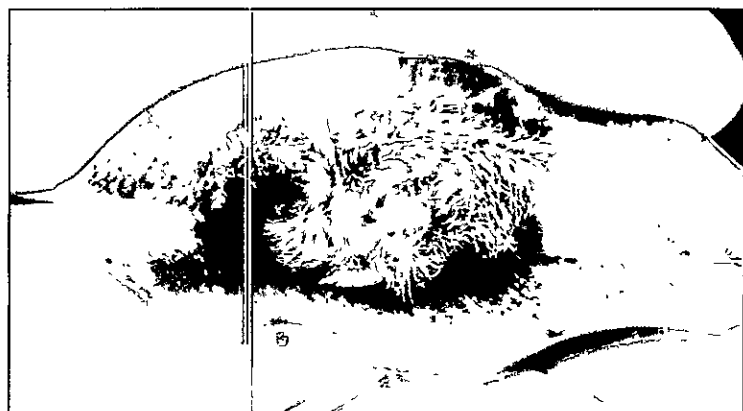
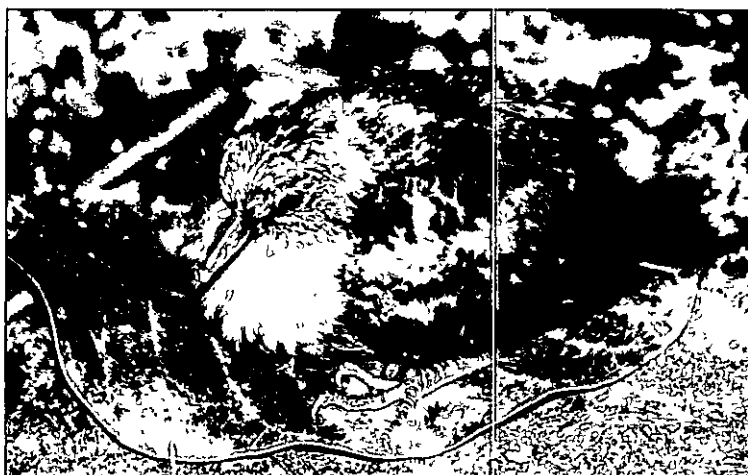


Figura 4.  
Polluelo recién nacido de *Columbina talpacoti*, presenta ojos cerrados, plumones cremas en toda la región dorsal y lateral del cuerpo.

**Figura 5.** Polluelo de *Columbina talpacoti*, a la edad de 11 días, presenta plumas en todo el cuerpo, excepto la región superciliar del ojo y algunas plumas parcialmente cubren la región cefálica.



### Comportamiento reproductivo

Tanto el macho como la hembra participan en la construcción del nido, incubación, cuidado y crianza de los polluelos. Estos se turnan para realizar esta tarea, la hembra se encarga de su labor durante horas de la tarde y la noche, mientras que el macho la realiza en la mañana y parte de la tarde. Aunque la hembra permanece más tiempo en el nido, es el macho quien realiza la mayor tarea en el éxito de sus polluelos, ya que son mayormente alimentados en horas de la mañana. Las tórtolas pueden reutilizar o reconstruir un nido abandonado de la misma especie o utilizar el de otra especie, como el de *Saltator albicollis*, *Ramphocelus carbo*, *Thraupis episcopus* y *Synallaxis brachyura*.

### Época reproductiva

La tierrerita se reproduce durante todo el año y una misma pareja puede reproducirse dos veces en una misma época. Aunque la mayoría de los reportes publicados demuestran un período que va de enero hasta septiembre.

### Sitios y alturas de anidación

Anidan en una gran diversidad de plantas con follaje denso, que le proporcione protección y seguridad a la nidada, tales como el higo de la india (*Ficus benjamina*) y en estructuras construidas por el hombre (*carriola* o *viga de techo*) en Panamá, cipreses (*Cupressus sp.*) y cafetales, en Brasil, desde el nivel del suelo hasta 15,20 metros de altura, aunque un reporte de un nido construido a 38 metros en Costa Rica.

## Enemigos

El hombre la caza como fuente de alimento y caza deportiva y de diversión en ciertos países. Otros depredadores son los changos (*Quiscalus mexicanus*), las ardillas (*Sciurus variegatoides*), las zarigüeyas (*Didelphis marsupialis*), los gatos (*Felis domesticus*), en Panamá. Además, culebras, gavilanes como (*Falco sparverius*), (*Falco femoralis*), (*Buteo magnirostris*) y (*Cyanocorax cristatellus*) en Brasil, tucanes como (*Pteroglossus frantzii*) en Costa Rica, los cuales se alimentan de huevos y polluelos de la tierrerita durante su ciclo reproductivo.



Figura 6.  
Zarigüeya, *Didelphis marsupiales*, depredador de huevos y polluelos de *Columbiga talpacoti*.

## Importancia

*Columbiga talpacoti*, especie muy común en nuestros bosques, cuya presencia se hace cada vez más notable en el trópico, a causa del rápido crecimiento de sus poblaciones, y además de la rápida adaptación a convivir con el hombre, ha obtenido una excelente adaptabilidad a diferentes hábitats, dejando muchos descendientes en cada período reproductivo. Este éxito reproductivo es argumentado por muchos estudios realizados en áreas silvestres como los más recientes en áreas urbanizadas. A su vez, hay que destacar que ha logrado ligar sus procesos reproductivos con los particulares hábitats con los que está asociada, y así ser capaz de lograr reproducirse hasta la independencia de sus polluelos y reforzar la importancia de cada ecosistema como un refugio para sus descendientes.

## SUMMARY

### LIFE ASPECTS OF *Columbina talpacoti* (TEMMINCK, 1811) IN AMERICA

*Columbina talpacoti* are small pigeons with bulky body, short legs, little head, short bill, tenuous sexual dimorphism and few showy colors. It inhabits in many areas, mainly in the tropic. Its diet is varied; it likes the seeds, fruits and insects. It breeds all year round, nestling in trees or shrubs. The nests are thin platforms, with one to four eggs and the growth rate to fledgling is very fast. They are depredated by other birds, such as eagles, but also by reptiles (snakes) and mammals (squirrels). People use it as feeding resource and for recreation as well. *C. talpacoti* lives at the human surroundings and it is adapted to the human physical environment that allows it to be a cosmopolitan species.

## KEYWORDS

*Columbina talpacoti*, pigeons, description, ecology, geographical distribution, breeding, enemies, America.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ORNITHOLOGIST'S UNION. 1998. **Checklist of North American birds**. Washington, D.C. 829 pp.

CARVALHO, C. 1957. Relacoes biologicas entre *Columbigallina passerina* e *Columbina talpacoti* (Aves, Columbidae). **Bol. Mus. Par. Emilio Goeldi** 7: 1-15.

CINTRA, R. 1988. Reproductive ecology of the Ruddy Ground-Dove (*Columbina talpacoti*) on the Central Plateau of Brazil. **Wilson Bull.** 100(3): 443-457.

CINTRA, R.; DOS SANTOS ALVES, M.A. y CAVALCANTI, R.B. 1990. Dieta da Rolinha *Columbina talpacoti* (Aves, Columbidae) no Brasil Central—Comparacao entre sexos e idades. Maio, Rio de Janeiro, RJ. **Rev. Brasil. Biol.**, 50(2): 469-473.

CINTRA, R. y CAVALCANTI, R.B. 1997. Int:apopulation variation in growth rate of nestlings of ruddy groynd-dove in Brazil. **Bras. J. Ecol.**, 1: 10-14.

DICKEY, D.R. and A.J. VAN ROSSEM. 1938. The Birds of El Salvador. Chicago Field Mus. Nat. Hist., **Zool. Ser.**, 23(1): 1-609.

HAVERSCHMIDT, F. 1953. Notes on the life history of *Columbigallina talpacoti* in Surinam. **Condor** 55(1): 21-25.

MÉNDEZ, E. 1979. **Las Aves de Caza de Panamá**. Panamá: Editora Renovación, S.A. 290 pp.

NAVARRO, A. y BENÍTEZ, H. 1995. **El Dominio del Aire**. 1ª Edición. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica. 216 pág.

RAND, A.L. y TAYLOR, M.A. 1954. **Manual de Aves del Salvador**. 2ª Edición. San Salvador, El Salvador: Editorial Universitaria. 308 pp.

RIDGELY, R.S. y GWYNNE, J. 1989. **The birds of Panama Including Costa Rica, Honduras y El Salvador**. Princeton: Princeton Press. 609pp.

SCHUBART, O., AGUIRRE, A.C. y SICK, H. 1975. Contribuicao para o cohecimento da alimentacao das aves brasileiras. **Arq. Zool. S. Paulo** 12:95-249.

SHIFFLET, W.A. 1975. Ruddy ground-dove in south Texas. **The Auk**, 92(3): 604.

SKUTCH, A.F. 1945. Incubation and nestling periods of Central American birds. **The Auk**, 6(1): 1-35.

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

SKUTCH, A.F. 1956. Life history of the ruddy ground-dove. **Condor** 58(2): 188-205.

SKUTCH, A.F. 1964. Life histories of Central American pigeons. **Wilson. Bull.** 76: 211-247.

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

SKUTCH, A.F. 1983. **Birds of Tropical America**. 1ª Edición., Austin: University of Texas Press. 305 pp.

SKUTCH, A.F. 1985. Clutch size, nesting success, and predation on nests of neotropical birds, reviewed. *Ornithol. Monog.* No. 36. 575-594.

STILES, F.G. y SKUTCH, A.F. 1989. *A Guide to the Birds of Costa Rica*. 1ª Edición. Ithaca, New York: Cornell University Press. 511 pp.

TEJERA N., V.H.; PÉREZ A., R.J. y JIMÉNEZ M., A.M. 2000 a. Anidación de la tierrera común, *Columbina talpacoti* (Temminck) en la Universidad de Panamá. **IV° Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación**. 4-8 de septiembre, 2000. Panamá. Pág. 86.

TEJERA N., V.H.; PÉREZ A., R.J. y JIMÉNEZ M., A.M. 2000 b. Aspectos Reproductivos de *Columbina talpacoti* (Temminck) en la Universidad de Panamá. **Afiche**. Expociencia científica del 16 al 20 de octubre, 2000. 15 pp.

TEJERA N., V.H.; PÉREZ A., R.J. y JIMÉNEZ M., A.M. 2000 c. Huevos de *Columbina talpacoti* (Temminck) en la Universidad de Panamá. **VI° Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología**. CO8.

TEJERA N., V.H.; PÉREZ A., R.J. y JIMÉNEZ M., A.M. 2001 a. Estudio de polluelos de *Columbina talpacoti* (Temminck) en la Universidad de Panamá. **V° Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación**. 15-19 de octubre, 2001. El Salvador. Pág. 72.

TEJERA N., V.H.; PÉREZ A., R.J. y JIMÉNEZ M., A.M. 2001 b. Éxito de los polluelos de *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811) en el Campus Central de la Universidad de Panamá. **Afiche**. Expociencia científica del 3 al 7 de septiembre, 2001. 15 pp.

TEJERA N., V.H.; PÉREZ A., R.J. y JIMÉNEZ M., A.M. 2001 c. Crecimiento de los polluelos de *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811) en la Universidad de Panamá, Panamá. **20° Congreso Científico Nacional**. 1-5 de octubre, 2001. Universidad de Panamá. Pág. 98.

TROLLOPE, J. 1974. The breeding and behavior of the *talpacoti* dove, *Columbina talpacoti*. *Avicult. Mag.* 80:86-92.

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



**CRECIMIENTO Y DESOVE DE LA ALMEJA BLANCA  
*Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae)  
EN PLAYA BIQUE, ARRAIJÁN (1996-1997)**

IRINA LÓPEZ,<sup>1</sup> IVÁN GUSTAVO LUNA,<sup>2</sup> AURA GUTIÉRREZ<sup>1</sup>  
y JANZEL R. VILLALAZ G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Biología,

<sup>2</sup> Centro Regional Universitario de Colón,

<sup>3</sup> Departamento de Biología Marina y Limnología,  
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,  
Universidad de Panamá.

**RESUMEN**

La almeja blanca (*Protothaca asperrima*) es un bivalvo que se extrae con mucha intensidad por los pobladores de la playa Bique, Arraiján. Para poder manejar este recurso, es importante conocer su crecimiento y su época de reproducción. Con este propósito entre 1995 y 1996 se llevó a cabo un estudio en esta playa para determinar la biología de esta especie de pelecípodo. Cada mes se colectaron entre 50 a 100 individuos, a los cuales se les midió la biomasa, los parámetros morfométricos y se determinó histológicamente su desarrollo gonadal.

Los resultados muestran que esta especie es de ciclo reproductivo continuo con dos períodos de desove máximo; uno en el mes de enero y otro más pequeño en noviembre. Ambas épocas coinciden con una alta biomasa. La investigación demuestra que no hay relación estadística entre los periodos de desove y la temperatura y la salinidad.

**PALABRAS CLAVES**

Ecofisiología, histología, biomasa, período de desove, Mollusca, Pelecypoda, *Protothaca asperrima*

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, ha aumentado el interés científico a nivel mundial por el estudio de la biología de los pelecípodos de importancia comercial. La explotación de almejas y otros bivalvos de las playas arenosas y manglares constituyen, en algunos países y en el nuestro, un recurso de gran importancia económica.

Entre los productos marinos importantes se encuentra la especie *Protothaca asperrima*, mejor conocida como *almeja blanca* la cual es extraída en grandes cantidades en nuestro país, sirviendo como principal sostén económico de muchas familias. A pesar de su extracción desmedida durante muchos años, su población se ha visto poco afectada; es decir, se ha mantenido estable aunque no es posible predecir hasta cuándo permanecerá así.

*P. asperrima* es un bivalvo propio del Pacífico, de aguas poco profundas, que vive sobre el lecho marino cerca de la costa. Es muy frecuente y abundante en las playas (Marciaga y Mencomo, 1993). Esta especie se distribuye desde el Golfo de California hasta Perú (Keen, 1971). Dicho bivalvo es dioico; no se han reportado casos de hermafroditismo. Esta especie tiene una distribución preferencial hacia una zona con sustrato heterogéneo, constituido de conchuelas, arena y lodo entremezclado con raíces finas de mangle (Palacios *et al.* 1986c).

Esta especie presenta un largo aproximado de 45mm, una altura de 37mm y un ancho de 25mm. La concha presenta esculturas gruesas y coloración oscura en su borde anterior. Las intersecciones forman finas costillas que producen una superficie rugosa; por esta razón se le llaman en inglés *rasplike* (parecido a arrugas). Su patrón de coloración y esculturas es variable, llegando a reconocerse dos subespecies, las cuales, sin embargo, no están claramente separadas geográficamente. Los especímenes más coloreados se encuentran en Panamá, donde las finas costillas de la concha son de un chocolate claro sobre un fondo blanco-cremoso. En ellas son características las rayas y manchas de color chocolate oscuro; así como la presencia de la lúnula chocolate (Keen, 1971).

Existen muy pocos estudios en condiciones de campo acerca del género *Protothaca* en el trópico y área subtropicales. Entre algunos se encuentra el estudio de Palacios *et al.* (1986a,b,c) sobre *P. asperrima* en Colorado de Abangares, Guanacaste, Costa Rica. Este trabajo comprende la zona

donde se encuentra una franja de manglar que se extiende entre Punta de Piedra y el Estero de Ochoa. El mismo incluye un reconocimiento completo sobre la biología de este bivalvo abarcando su estructura poblacional, distribución y cuantificación de la población y ciclo reproductivo. Igualmente, tenemos un trabajo de Pizarro *et al.* (1987) sobre el estudio del ciclo reproductivo de *P. grata* en Playa Matapalo Sardinal, Guanacaste, Costa Rica. Ambos estudios arrojan que la mayor actividad gametogénica de estas especies se presenta en los meses de mayor temperatura, junio a agosto y de enero a marzo.

La *P. asperrima* es muy importante en Panamá, ya que constituye un recurso que provee a sus recolectores una fuente de entrada económica. Entre los lugares más importantes en donde se lleva a cabo esta actividad están: Puerto Caimito y Playa Bique; y en menor escala Farallón y Punta Chame.

Hasta ahora no existen trabajos en donde se haya estudiado la dinámica de las poblaciones de *P. asperrima* en el campo. Por lo que nuestro objetivo con este estudio es determinar en el campo el desarrollo gonadal a través de un año y sus implicaciones en el crecimiento de la *Protothaca asperrima* en Playa Bique (Arraiján), tomando en cuenta la influencia de los factores ambientales temperatura y salinidad. Con este trabajo se pretende finalmente determinar las fechas de desove de esta especie de interés económico con el propósito de que se puedan implementar medidas para la mejor conservación de este recurso.

#### PARTE EXPERIMENTAL

Los especímenes de *Protothaca asperrima* fueron colectados en Playa Bique, Distrito de Arraiján, a unos 22,8 km de distancia de la Ciudad de Panamá. Este lugar está ubicado entre 8°53'27" y 9°53'01" latitud Norte y entre 79°39'44" y 79° 40' 0" de longitud Oeste (Aguila *et al.*, 1978; Muñoz y Díaz, 1984).

Las colectas se realizaron cada 15 días durante la marea baja desde enero de 1995 hasta marzo de 1996. En el campo se establecieron dos cuadrantes de 1m<sup>2</sup> a una profundidad no mayor de 30cm, los cuales se cernieron para extraer los ejemplares. Los individuos colectados en cada cernida fueron contados y tabulados para obtener medidas de su densidad y agregación; 50 individuos como mínimo fueron recogidos para realizar las pruebas posteriores de biomasa, histología y bioquímica. Si en el muestreo se obtenía una menor cantidad, se procedía a la

colecta manual de los mismos alrededor del área hasta completarla. A la vez, se tomaron medidas de las temperaturas del aire, sedimento y agua con un termómetro de 0,1°C de precisión. De igual modo se tomó una muestra de agua, la cual fue trasladada al laboratorio para medir su salinidad con un refractómetro (AREA).

Las almejas fueron transportadas a las instalaciones del Instituto Smithsoniano de Investigaciones Tropicales (STRI) ubicado en Naos, donde se dejaron aclimatar por cinco días en estanques aireados con agua de mar circulante. De allí se trasladaron al laboratorio de Fisiología de la Universidad de Panamá donde se midió y determinó en cada individuo la longitud, altura y ancho de la concha con un calibrador vernier de 0,01 cm de precisión. La biomasa se determinó en diez individuos por colecta, a los cuales se les extrajo el tejido blando de la concha. Estos se pesaron en una balanza analítica SARTORIUS de 0,01 mg de precisión para obtener su peso fresco. Cada espécimen fue secado en un horno LABLINE modelo IMPERIAL-II a una temperatura de 60°C hasta obtener un peso constante. Llegado este punto, ellos fueron incinerados en una mufla THERMOLINE 1300, a 450°C por una hora.

Para el análisis histológico se tomó el tejido blando de 10 individuos de cada colecta. Este material fue seccionado transversalmente en dos o tres partes según el tamaño del individuo. En caso de ser muy pequeños se dejaban enteros. Cada sección fue fijada individualmente en viales con solución de Davidson por 48 horas. Pasado este tiempo, las muestras se transfirieron a una solución de alcohol al 50% por un lapso de 24 horas. Al cabo de las cuales, el material fue colocado en alcohol al 70% hasta el momento de su procesamiento histológico. De los individuos seccionados en tres partes se tomó la sección media, mientras que de aquellos cortados en dos se tomó una de ellas al azar. Cada sección fue colocada en porta-tejidos y deshidratada a través de una serie de alcoholes, aclaradas con xilol y bloqueada en paraplast. Los cortes se realizaron a un espesor de 5 mm y fueron teñidos con la técnica de Hematoxilina-Eosina (Hematoxilina de Harris y Eosina metanólica) (López y Gutiérrez, 1998). Las muestras fueron separadas por sexo. Cada una de las hembras se ubicó en la escala de madurez sexual descrita por Palacios *et al.* (1986a). Asimismo, a cada una de ellas se le midió el largo y el ancho de 30 ovocitos al azar.

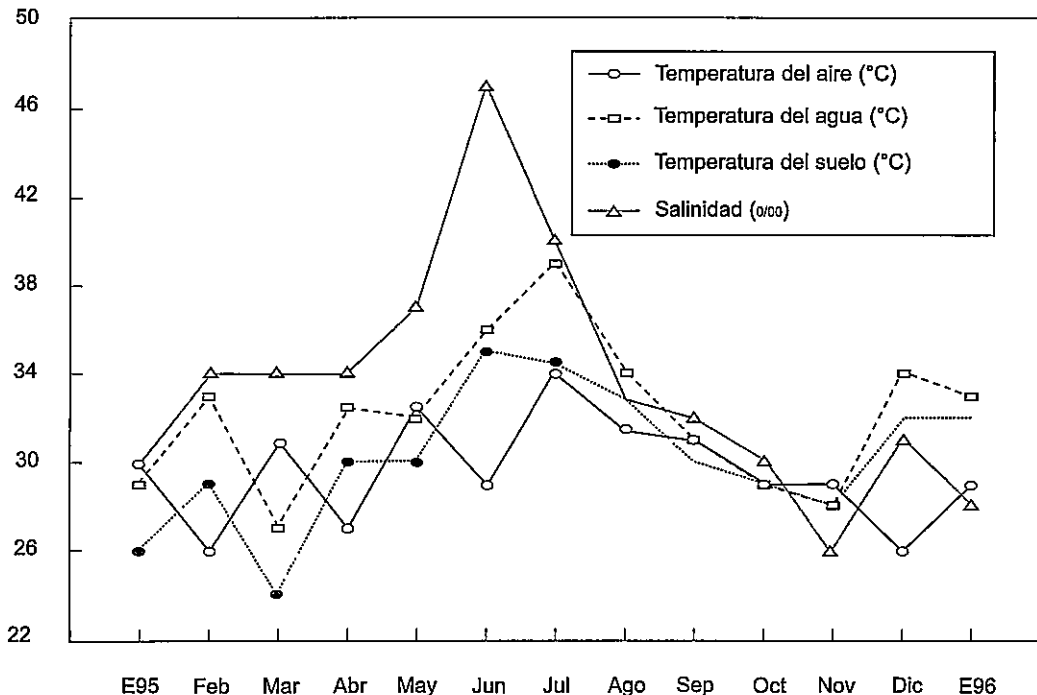
Los datos morfométricos se analizaron mediante distribuciones de frecuencia. La biomasa y el largo y ancho de los ovocitos fueron analizados

mediante ANOVA de una vía con el fin de determinar sus diferencias a través de los meses. Los parámetros físicos y la biomasa fueron correlacionados linealmente con el ancho y largo de los ovocitos, con el fin de determinar si existía influencia de estos factores en la madurez sexual.

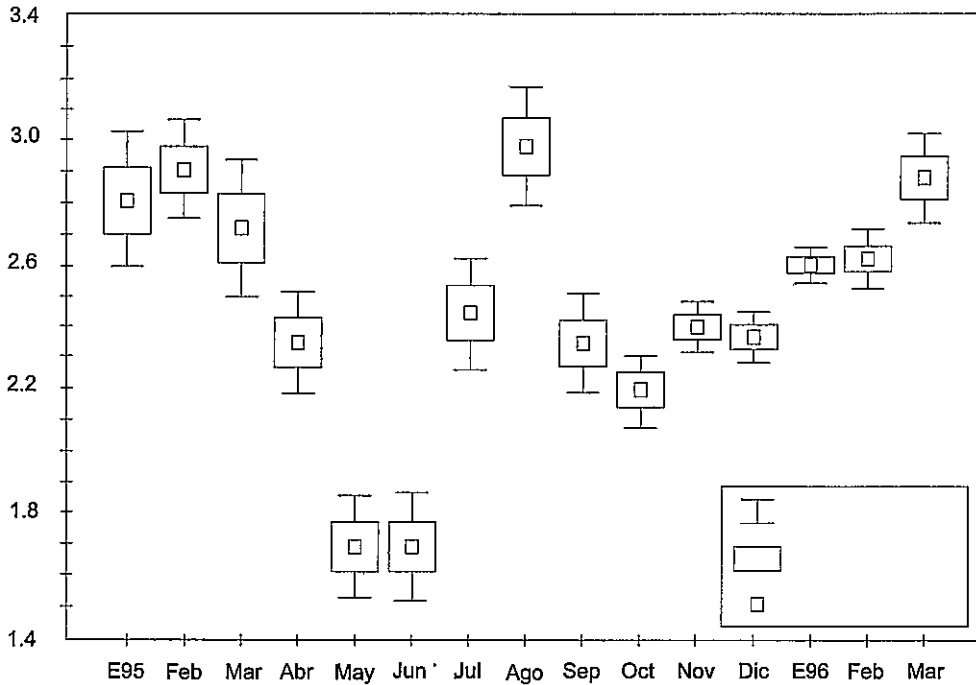
## RESULTADOS

El comportamiento de los parámetros físicos (salinidad, temperatura del agua, aire y del sedimento) a través del período de estudio se muestra en la Figura 1. Los primeros siete meses del año presentaron las salinidades más altas con un pico en el mes de julio; disminuyendo en los siguientes meses. Con respecto a las temperaturas, no se observa un patrón definido. Sin embargo, se puede apreciar una relación entre las temperaturas y la salinidad; a mayor temperatura del agua mayor es su salinidad ( $r_{12} = 0,65$ ;  $p = 0,0023$ ).

Figura 1.  
Distribución de los parámetros físicos de acuerdo al mes en el área de estudio.



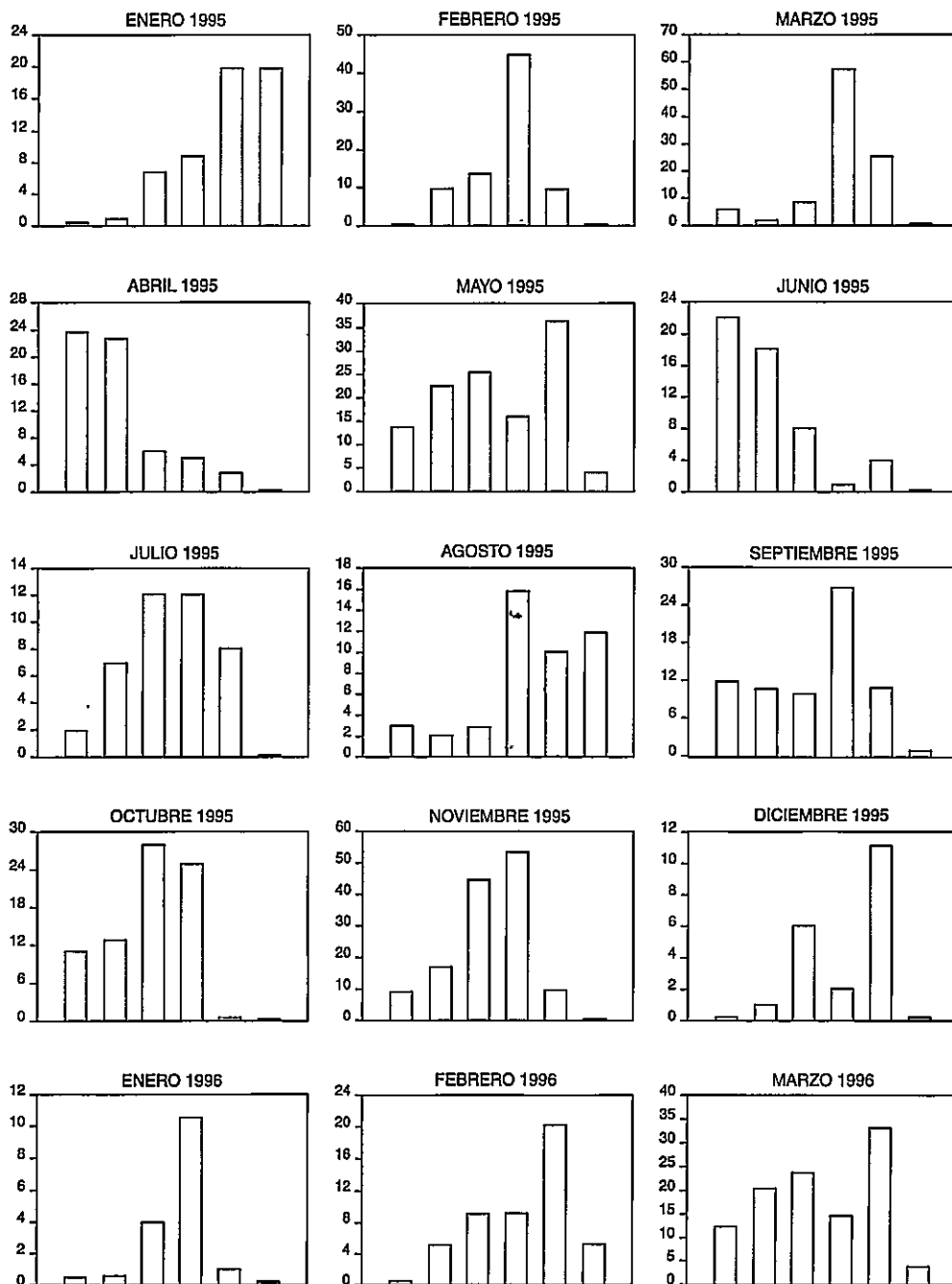
**Figura 2.**  
Relación entre el largo de la concha de *P. asperima* a través de los meses de estudio.



Las tres variables morfométricas, alto, largo y ancho de la concha, estuvieron altamente correlacionadas. Esto nos permitió usar sólo el largo de la concha, el cual se pudo determinar, fue menor entre los meses de abril y julio (Figura 2). El análisis estadístico muestra que estas diferencias fueron significativas entre los períodos de colecta ( $F_{14, 550} = 5,67$ ;  $p < 0,05$ ). Sin embargo, no hubo diferencias entre la temporada seca y lluviosa ( $F_{2, 550} = 2,45$ ;  $p > 0,05$ ). El análisis de la distribución de tamaños por mes mostró que durante los meses de marzo a junio predominaron las almejas de menor tamaño (entre 1,5 cm a 2,5 cm), existiendo otro período igual entre los meses de septiembre a noviembre. (Figura 3).

El comportamiento de la biomasa a través del período de estudio (Figura 4), señala dos períodos de alta productividad en los meses de febrero 1995 y agosto de 1995, los cuales no fueron significativos ( $F_{14, 550} = 1,23$ ;  $P > 0,05$ ).

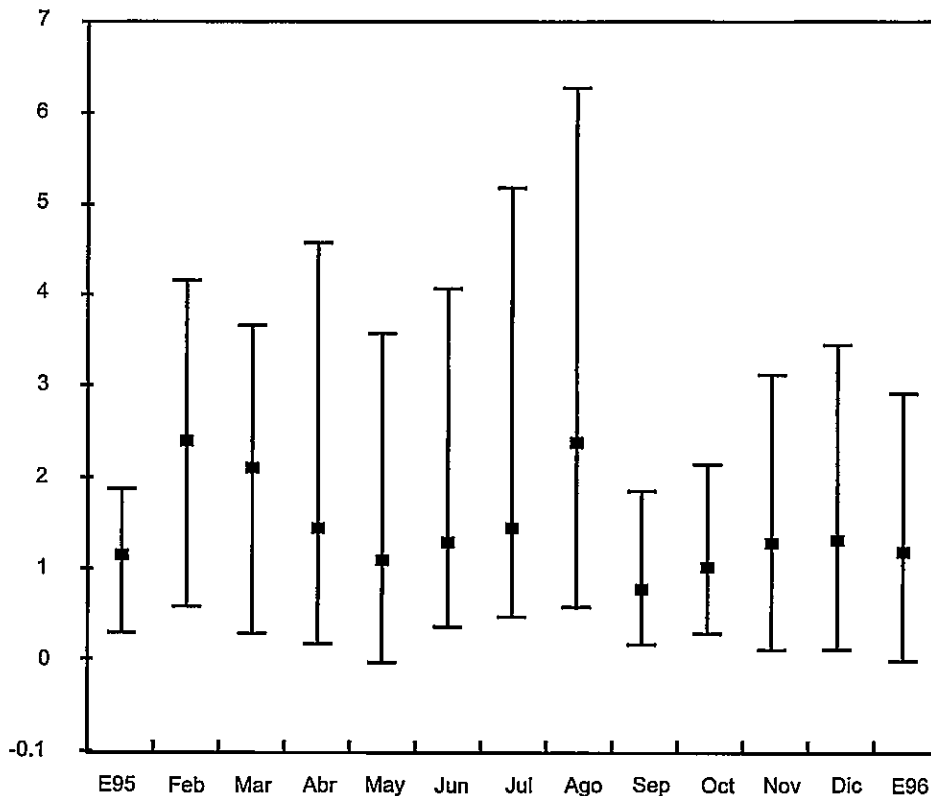
**Figura 3.**  
Distribución de las tallas de *P. asperima* durante el período de estudio.



Leyenda: <= 1.5 cm; 1.5-2.0 cm; 2.0-2.5 cm; 2.5-3.0 cm; 3.0-3.5 cm; 3.5-4.0 cm.

**Figura 4.**

Comportamiento de la biomasa a través del período de estudio donde se puede observar los mayores picos de biomasa en febrero y agosto.



La distribución de los diámetros de los ovocitos durante el año de estudio se presenta en la Figura 5, observándose que estos alcanzaron su tamaño máximo en los meses de febrero y noviembre de 1995 ( $F_{13, 550} = 6,78$ ;  $p > 0,05$ ). Sin embargo, en esta especie se encontró un desove continuo con picos altos en los meses de enero, junio y octubre (Figura 6). De ellos el mayor período se registra en enero. La correlación del tamaño de los ovocitos con respecto a la biomasa muestra una relación significativa ( $r = 0,80$ ;  $p < 0,05$ ). Asimismo, la correlación de ellos con los parámetros físico-químicos sólo es negativamente significativa con la temperatura del aire ( $r = -0,67$ ,  $p < 0,05$ ).

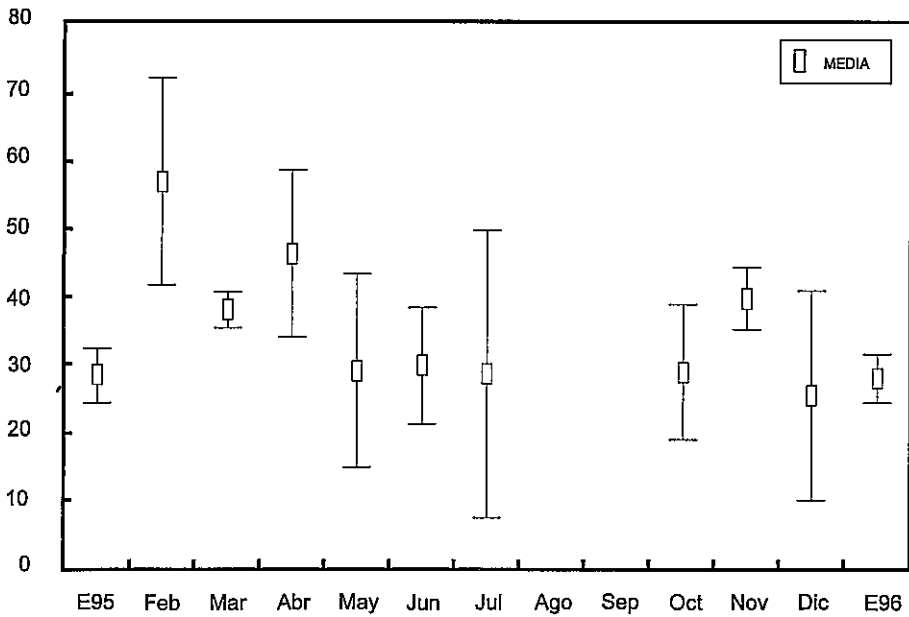
La relación entre el largo de la concha y el peso es exponencial y está expresada por la siguiente ecuación;

$$\text{Largo} = 0,047e^{1,187(\text{peso})}$$



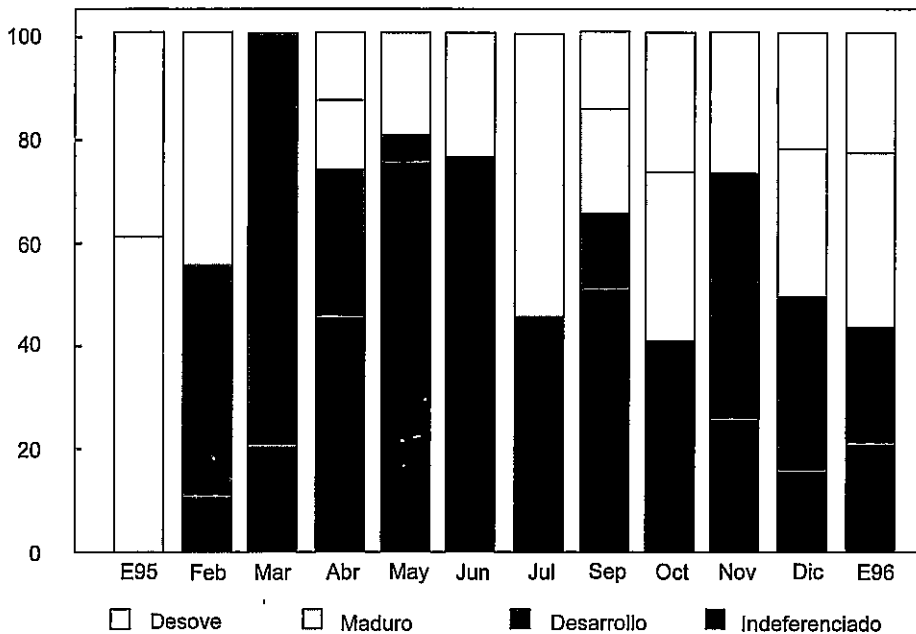
**Figura 5.**

Distribución del diámetro de los ovocitos a lo largo de los meses de estudio donde se puede apreciar que para el mes de febrero ellos se encuentran en su máximo tamaño.



**Figura 6.**

Comportamiento del desarrollo gonadal de *P. asperrima* durante el período de estudio donde se aprecia la época de desove en enero, junio y octubre-diciembre.



## DISCUSIÓN

Playa Bique es un área que se encuentra muy cercana a la capital. En ella encontramos una pequeña comunidad que está compuesta por habitantes de pocos recursos económicos, muchos de ellos provenientes del interior de la República. Los miembros de esta comunidad se dedican a la extracción de moluscos, en especial *Protothaca asperrima* para su consumo y la venta. Este recurso representa para ellos su principal fuente de ingreso.

La densidad de individuos en nuestro estudio fue de  $54 \pm 16$  por metro cuadrado. Esta es significativamente mayor que la observada por Muñoz y Díaz (1984) ( $30 \pm 9$  individuos por metro cuadrado) y está dentro del rango de los obtenidos por Telesca y Visuetti (1985) ( $46 \pm 7$  por metro cuadrado) a una profundidad de 10 cm. Estas diferencias se pueden atribuir a la zona muestreada de la playa debido a que esta especie de almeja puede presentar una distribución contagiosa.

Las hembras de la población de *P. asperrima*, en nuestro estudio, se encontraban en tres estadios bien definidos del ciclo reproductivo, de acuerdo al sistema de Palacios *et al.*, (1986a): activación o gametogénesis, maduración y desove. No se observaron hembras con folículos vacíos, como lo hicieron Pizarro y Cruz (1987) en *Protothaca grata*. Probablemente esto se deba a que las hembras de *P. asperrima* después de desovar quedan casi inmediatamente en la etapa de activación o porque los folículos vacíos son reabsorbidos rápidamente, como señalan Penchszadeh y Salaya (1983) para la especie *Laevicardium laevigatum*, Chamizo y Alvarado (1997) observaron reabsorción de los folículos en *P. asperrima*. Por lo tanto, ésta última puede ser la causa de la ausencia de folículos vacíos.

De acuerdo a nuestro análisis histológico, *P. asperrima* presentó dos picos de desove masivo durante el año de 1995: uno en el mes de enero y el otro en octubre, siendo el primero el mayor. Estos resultados coinciden con los obtenidos en esta misma especie por Palacios *et al.*, (1986b) en Costa Rica, quienes reportaron tres picos de desove, uno en febrero (el máximo), otro en octubre y el último en noviembre.

El mayor desove en enero se puede explicar debido a la presencia de la época de afloramiento siendo entonces este mes cuando se presentan las condiciones más favorables para el desarrollo larval. Smayda (1963), Forsbergh y Joseph (1964) destacan que durante esta época la población

de fitoplancton tiende a aumentar drásticamente debido al incremento de nutrientes producidos por el ascenso de las aguas frías hacia la superficie. Por consiguiente, esto promueve un aumento del alimento para las especies que utilicen esta época para su reproducción. Por lo tanto, ésta puede ser una estrategia empleada por *P. asperrima* para asegurar un alto suministro de alimento para los juveniles como ha indicado Palacios *et al.* (1986b) para Costa Rica.

El pico que se presenta durante el mes de octubre no está relacionado con el afloramiento, lo que nos lleva a pensar que dicho desove puede deberse a variaciones climáticas que pueden inducir a un cambio brusco y favorable para el desove de esta especie. Otra alternativa puede ser que éste represente la época de desove de una segunda subespecie, ya que Domínguez y Tejeira (2001) han encontrado a nivel molecular evidencias que sustentan la presencia de una segunda subespecie en playa Bique. Sin embargo, este punto de vista debe ser confirmado con más estudios.

*P. asperrima* presentó un ciclo reproductivo continuo durante todo el año; como también fue observado por Muñoz y Díaz (1984), Palacios *et al.*, (1986c), Bárcenas y Guzmán (1996), Chamizo y Alvarado (1997). Esta especie presenta uno de los patrones de reproducción continua explicado por Rokop (1979) en *Tindaria cervola*. Cada individuo sigue un ciclo sexual, alternándose entre sí los diferentes estadios para que la población tenga una reproducción continua. Así, la frecuencia relativa de cada fase del ciclo sexual sugiere que durante casi todo el año hay individuos en diferentes etapas, pudiendo ocurrir desoves masivos durante ciertas épocas del año (Alarcón y Zamora, 1993); como son los casos de los picos de enero y octubre observados en nuestro estudio.

Con respecto al efecto de los factores fisicoquímicos y sobre el ciclo reproductivo se observa una relación inversa con el tamaño de los ovocitos, aunque ésta es estadísticamente no significativa con la temperatura del agua. Esto puede deberse a que durante el mes de enero todavía se encontraba lloviendo. Esta misma relación fue observada por Palacios *et al.*, (1986c) en *P. asperrima* en Costa Rica. Ellos afirman que hay una influencia parcial de la temperatura y una estrecha relación entre la salinidad y el desove el cual coincidió con el descenso de la salinidad del medio. La salinidad aparentemente ejerce influencia sobre el tamaño de los ovocitos, ya que los picos de mayor tamaño coincidieron con los puntos de descenso de la salinidad en los meses de enero y octubre.

Uno de los factores que se observó ejerce cierta influencia sobre el desove fue la marea, específicamente los períodos de mayor marea baja, las cuales coincidieron con nuestros períodos de muestreos. A pesar de la correlación negativa no significativa entre ambas, el mayor tamaño de los ovocitos se ubicó en los meses con las mareas bajas más negativas del año. Esto podría revelar que los períodos de desove estén sincronizados con el movimiento de la luna. Sin embargo, para poder obtener conclusiones más contundentes se requieren de estudios más detallados.

Otro factor físico que aparentemente influye sobre el desove de la almeja blanca, según nuestros datos, es la precipitación. La correlación obtenida de este factor con el tamaño de los ovocitos resultó alta ( $r = 0,61$ ,  $p < 0,05$ ). Sin embargo, se requiere de más estudios para descartar si éste es un caso de correlación espuria, debido a que la estación seca de 1996 fue bastante anormal con altas precipitaciones durante esta temporada.

Los resultados de este estudio reportan que hay tres períodos de alta productividad de biomasa comprendidos en los meses de febrero de 1995, agosto de 1995 y marzo de 1996, coincidiendo sólo con el período de desove de enero, el cual ocurre un mes antes. Así que en este mes la mayor biomasa se atribuye al aumento de peso ya que las gónadas se encuentran más desarrolladas durante esta época. Muñoz y Díaz (1984) observaron que en *Protothaca asperrima* existe una relación directa entre el peso del espécimen y sus gónadas; pero por otro lado, Marcia-ga y Mencomo (1993) afirman que el mayor contenido de cenizas fue encontrado en el mes de enero para posteriormente disminuir en los siguientes meses. Sin embargo, Feder *et al.*, (1974) nos demuestran que la relación peso seco-húmedo en individuos de *Protothaca staminea*, una especie de clima templado, indica un limitado desove retrasado en mayo con continuos desoves en junio, lo que no coincide con nuestros resultados debido a situaciones ya sean climáticas, geográficas, biológicas o fisiológicas distintas.

La biomasa en septiembre presentó un descenso abrupto para aumentar gradualmente hacia noviembre y diciembre (Figura 4). Esto coincidió con una sedimentación anormal debido a trabajos de dragados en el área canalera, coincidiendo con el segundo pico de máximo tamaño de los ovocitos de nuestro estudio. Blake y Sastry (1979) indican que la disminución gradual del peso de los animales después del desove se debe a la reabsorción por fagocitosis de los folículos. Si hay descenso abrupto entonces se debe a la total liberación de los gametos. El primer

descenso de las biomasa que se observó en nuestros datos fue gradual, pero esto no necesariamente se debe a la reabsorción de los folículos. El segundo, sin embargo, fue abrupto en septiembre, pudiendo haber sido ocasionado por la gran sedimentación durante esta época que produjo una disminución en la población y quizás indujo a una liberación masiva de gametos. Wolf (1988) observó en *Argopecten purpuratus* que las altas temperaturas durante el fenómeno de El Niño aceleraron la maduración de los gametos. Esto nos sugiere que es más factible liberar un gran número de gametos, que tratar de mantener viva a la población vieja cuando ocurre un estrés ambiental.

Un factor, que no debemos descartar y que va muy ligado a la biomasa es la edad de los individuos, ya que ella (biomasa) tiende a aumentar con la edad hasta un máximo específico y luego de pasado este aumento esta relación tiende a disminuir. Autores como McDonald y Thompson (1986) añaden que en el mejillón *Placopecten magellanicus* los individuos más viejos muestran un cambio en el énfasis del crecimiento contribuyendo muy poco a la producción somática, ya que son los especímenes jóvenes los mayores aportadores a esta actividad. Esto resalta mucho más el papel de los individuos viejos, ya que de ello depende la supervivencia de la especie, pues los mismos contribuyen grandemente al egreso reproductivo. Por otro lado, Sato (1995) nos informa que el crecimiento somático se ve afectado por las actividades de reproducción, donde en la especie *Phacosoma japonicum* los individuos maduros cesaron el crecimiento de la concha justo antes del desove, reasumiendo el mismo justo después de terminado dicho desove o post-desove.

En cuanto a la morfometría de esta población durante el período de estudio, el análisis morfométrico efectuado durante la temporada lluviosa y seca (todo el año) (Figuras 2 y 3), refleja que en los meses de marzo a junio tienden a predominar las almejas más pequeñas al igual que durante septiembre a noviembre, por lo que afirmamos que este comportamiento es debido a la actividad de desove (Fig. 6). Esta ocurrió precisamente en los meses de enero y octubre, lo que trajo como consecuencia que durante los meses posteriores predominaran los individuos pequeños. Autores como Castro y García (1993) señalan que los cambios en la distribución de las tallas en la especie *Chione californiensis*, podrían indicar un retraso en el período de reclutamiento, a la vez que observaron que la temperatura aparentemente influye en su crecimiento.

## SUMMARY

### GROWTH AND SPAWNING OF THE WHITE CLAM *Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) IN BIQUE BEACH, ARRAIJÁN (1996-1997), PANAMÁ

The white clam (*Protothaca asperrima*) is a bivalve which is harvested intensively by inhabitants of Bique Beach, Arraiján, Panama. In order to understand the human influence over this population, it is important to know its reproductive season. To achieve this purpose a study was carried out at that beach from 1995 to 1996 to determine the growth and reproduction of this specie. Each month, 50 to 100 individuals were collected, measuring their biomass, morphometrical patterns and gonadal development by histology.

Our results show that this species has a continual reproductive cycle with two maximal spawning peaks, the higher one in January and the other one, smaller, in November. Both peaks fit with the higher individual biomass. Therefore, it suggests that this species has two spawning periods in Bique beach which are not related statistically with temperature and salinity.

## KEY WORDS

Ecophysiology, histology, biomass, spawning period, Mollusca, Pelecypoda, *Protothaca asperrima*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUILA, Y., LUNA, I.G. y VILLALAZ, J.R. 1978. **Zonación de una playa arenosa fangosa.** Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad de Panamá. 135 páginas.

ALARCÓN, F. y ZAMORA, E. 1993. Ciclo de maduración sexual y hermafroditismo en las poblaciones de *Crassostrea rhizophorae* (Goulding, 1828) en Estero Negro y Estero Vizcaya, Limón, Costa Rica. En: **Investigación Acuícola en Centroamérica.** Eds: J. Gunther y K. Kleijn, pp. 123-130.

BÁRCENAS, S. y GUZMÁN, N. 1996. **Efecto de la Concentración de Fitoplancton Sobre el Crecimiento de la *Protothaca asperrima* en Condiciones de Laboratorio.** Tesis, Universidad de Panamá.

BLAKE, N.J. y SASTRY, S.N. 1979. Neurosecretory, regulation and reproductive activity in the bay scallops *Argopecten irradians irradians*

(Lamarck). En: **Cyclic Phenomena in Marine Plants and Animals**. Proc. 13<sup>th</sup> Eur. Mar. Biol. Symp. pp. 181-190 Nueva York: Hartnoll Pergamon Press.

CASTRO, J.L. y GARCÍA, F. 1993. Crecimiento de *Chione californiensis* (Broderip, 1835) (Veneridae) en la Ensenada de la Paz, Baja California Sur, México. **Inv. Mar. CICIMAR, México**.

CHAMIZO, A. y ALVARADO, N. 1997. Estudio del Crecimiento y Reproducción en *Protothaca asperrima* (Sowerby, 1835) Durante la Temporada Lluviosa y Seca en Puerto Caimito (Octubre 1994 a Marzo 1995). Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad de Panamá.

DOMÍNGUEZ, Y. y TEJEIRA, C. 2001. Estudio de la Variabilidad Genética en la Especie *Protothaca asperrima* Utilizando ADN Poliférmico Amplificado al Azar. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad de Panamá, 123 páginas.

FEDER, H.M., HENDEE, J.C., HOLMES, P., MUELLER, G.J. y PAUL, A.J. 1974. Examination of a Reproductive Cycle of *Protothaca staminea* Using Histology, Wet Weight-Dry Weight Ratios, and Conditions Indices. **The Veliger**. 22, 182-187.

FORSBERGH, D. y JOSEPH, J. 1964. Biological production in the Eastern Pacific Ocean. **Inter-American Tropical Tuna Comission Bulletin**. VIII(9), 479-523.

KEEN, M.A. 1971. **Sea Shells of Tropical West America**. 2<sup>a</sup> Edición. Stanford, California, London Oxford University Press, 1064 pp.

LÓPEZ, I.E. y GUTIÉRREZ, A.E. 1998. Estudio de la Biomasa y Reproducción de la Almeja Blanca *Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) en Playa Bique, Arraiján, 1995-1996. Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá, 87 páginas.

MARCIAGA, B.B. y MENCOMO, J. 1993. **Influencia Estacional en el Crecimiento y Reproducción de *Protothaca asperrima*, Sowerby (1835); y sus Variaciones en los Substratos Energéticos**. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología. Universidad de Panamá. Tesis. 87 páginas.

MCDONALD, B.A. y THOMPSON, R.J. 1986. Production, dynamics and energy partitioning in two populations of the giants scallops *Placopecten magellanicus* (Gmelin). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 101, 285-299.

MUÑOZ, E.A. y DÍAZ, C.A. 1984. **Algunos Aspectos Sobre la Maduración Sexual y Producción de *Prothotaca asperrima* en la Bahía de Panamá.** Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología. Universidad de Panamá, 63 páginas.

PALACIOS, J.A., RODRÍGUEZ, J.A., CRUZ, R.A. y BOLAÑOS, J. 1986a. Estudio sobre la Biología de *Prothotaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) I. Distribución y Cuantificación. **Brenesia**. 25-26, 1-11.

PALACIOS, J.A., RODRÍGUEZ, J.A., CRUZ, R.A. y BOLAÑOS, J. 1986b. Estudio sobre la Biología de *Prothotaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) II. Estructura Poblacional. **Brenesia**. 25-26, 13-22.

PALACIOS, J.A., RODRÍGUEZ, J.A., CRUZ, R.A. y BOLAÑOS, J. 1986c. Estudio sobre la Biología de *Prothotaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) III. Ciclo Reproductivo. **Brenesia**, 25-16, 23-32.

PENCHASZADEH, P.E. y SALAYA, J.J. 1983. Reproduction and gonadal changes in *Laevicardium laevigatum* (Mollusca: Bivalvia: Cardiidae) of Golfo Triste, Venezuela. **The Veliger**. 25, 343-346.

PIZARRO, J.F. y CRUZ, R.A. 1987. Ciclo Reproductivo de la almeja *Prothotaca grata* (Pelecypoda: Veneridae). **Brenesia**, 27, 23-34.

ROKOP, F.J. 1979. Year-round reproduction in the deep-sea bivalve molluscs. En: **Reproductive Ecology of Marine Invertebrates**. Ed: S.E. Stancyk. pp. 189-198. Columbia: University of South Carolina Press.

SATO, S. 1995. Spawning periodicity and shell microgrowth patterns of the venerid bivalve *Phacosoma japonicum* (Reeve, 1859). **The Veliger**, 38, 61-72.

SMAYDA, T.J. 1963. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. I. Results of the regional phytoplankton surveys during July and November, 1957 and March, 1958. **Comisión Interamericana del Atún Tropical**. VII (3), 193-253.

TELESCA, A.T. y VISUETTI, I.A. 1985. **Estudio del Crecimiento y la Migración Horizontal de *Prothotaca asperrima* Sowerby, 1835 (Lamellibranchia: Veneridae) en la Bahía de Bique, Panamá.** Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología. Universidad de Panamá. 120 pp.

WOLF, M. 1988. Spawning and recruitment in the peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 42, 213-217.



ECOLOGÍA



## FASCIOSIS POR *Fasciola hepatica* (Leuckart, 1882), EN FINCAS GANADERAS DE ATLIXCO, PUEBLA, MÉXICO Y PROVINCIA DE COLÓN, PANAMÁ.<sup>1</sup>

JOSÉ L. ZUMAQUERO,<sup>1</sup> RICARDO E. CAICEDO,<sup>2</sup>  
ITALO BALARCA<sup>3</sup> y JOSÉ GONZÁLEZ CRUZ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Biología,  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

<sup>2</sup> Centro de Investigación de Criobiología, Universidad de Panamá.  
Email:ricairi4@hotmail.com

<sup>3</sup> Ministerio de Desarrollo Agropecuario,  
Región 6, Provincia de Colón,  
Panamá, República de Panamá.

<sup>4</sup> Rastro Municipal Atlixco,  
Puebla, México.

### RESUMEN

La fasciolosis produce graves pérdidas económicas al afectar animales domésticos tales como vacunos, ovinos, cabras, búfalos y porcinos; se ha estimado que en mundo existen alrededor de 550 millones de animales infestados entre bóvidos y ovinos; por lo tanto, la presencia de este parásito no debe ser subestimada.

Nuestro estudio contempla un análisis del diagnóstico de la enfermedad en el Municipio de Atlixco, Estado de Puebla, México y en el distrito de Portobelo, provincia de Colón, República de Panamá, para ambas regiones de características muy diferentes principalmente en lo que respecta a la altura sobre el nivel del mar.

Los datos indican una alta incidencia de fasciolosis en el Municipio de Atlixco con un 35 %, mientras que en el Distrito de Portobelo se encontró una incidencia de 33,7 % en hembras destinadas a la producción de le-

che y de un 38 % en toros destinados a la reproducción como sementales. Cabe destacar que hemos hallado una alta incidencia de otro trematodo, el *Paramphistomus spp.*, en un 37% en hembras y 30,7 en machos; señalamos además que la paramphistomosis utiliza los mismos organismos intermediarios de la fasciolosis, estos moluscos son principalmente *Fossaria cubensis*, *Lymnaea truncatula*, *Physa spp.* y probablemente la *Pseudosuccinea colummella*; mencionamos igualmente la alta incidencia de otro molusco, la *Biomphalaria glabrata*, como organismos que probablemente contribuyen a la proliferación de esta enfermedad. Este estudio es un reporte preliminar de la problemática que está afectando a ambas zonas, pretendemos realizar un diagnóstico, control y prevención de la fasciolosis.

### PALABRAS CLAVES

Coproparasitario, Fasciolosis, *Fasciola hepática*, hospederos intermedarios y *Paramphistomus spp.*

### INTRODUCCIÓN

La fasciolosis hepática es una enzootia endémica en la ganadería, especialmente en los bovinos y ovinos en países de Centroamérica y el Caribe; esta parasitosis es la más importante en la ganadería desde el punto de vista económico; los países del llamado Tercer mundo tienen pérdidas significativas en la producción de carne y leche. OMS (1976) Mitjans *et al.* (1997).

En la actualidad en el mundo se estiman pérdidas económicas superiores a los 30 millones de dólares y existen 300 millones de bovinos y 250 de ovinos infestados, sin considerar los que cohabitan en las áreas de riesgo.

La infestación por *Fasciola hepatica* no es exclusiva de rumiantes, existen otros como ratas, perros y equinos que también la padecen en menor grado, siendo la infestación del hombre grave, pues la forma clínica de la enfermedad cursa de forma tórpida entre los humanos que la padecen accidentalmente (Mitjans, 1997).

Los hospederos intermediarios de *Fasciola hepatica* son moluscos anfibios de la familia Lymnaeidae, de los géneros *Pseudosuccinea* y *Fossaria*; se distribuyen por los países tropicales y se crían fundamentalmente en suelos arcillosos, donde existen cuerpos de agua pocos profundos, manantiales, arroceras, cañadas y bebederos artificiales en áreas de 3 m<sup>2</sup> donde se les halla formando colonias (Sánchez *et al.*, 1995).

La fasciolosis pocas veces es estudiada como problema de salud, de allí que se resta importancia y se aplica tratamiento a los animales infestados, sin tomar en consideración que rara vez se interrumpe de forma definitiva la emisión de metacercarias, las cuales reinfestan al ganado que consume el pasto contaminado.

Las vías de interrupción de la infestación ensayadas hasta el momento han sido varias, algunos países han modificado las formas de pastoreo y otros han empleado molusquicidas como el sulfato de cobre, del cual se conoce un alto poder tóxico y residual. En la actualidad se estudian nuevos productos con propiedades letales para las masas de huevos y los adultos, pero se realizan a la vez estudios de impacto ambiental para conocer su efecto sobre la flora y fauna asociada. Con frecuencia la literatura malacológica da a conocer especies de moluscos predadores de *F. cubensis* y otros limneídos (Perera *et al.*, 1991). Sin embargo, hasta el momento no se han encontrado en los ecosistemas estudiados por lo que no existe a corto plazo la posibilidad de uso de esta forma de control.

En México y Panamá se avanza lentamente en la producción de un medio de diagnóstico efectivo que permita identificar la fase larvaria o de distoma joven, en la cual el efecto de la enfermedad aparece sin la presencia de huevos, los cuales no se detectan por el temprano estadio y errores en el diagnóstico utilizado.

Sin embargo, algunos países de Centroamérica y del Caribe como Cuba han desarrollado técnicas de inmunodiagnóstico que permiten detectar coproantígenos a *Fasciola hepática* (Espino, 1997; Duménigo 1998).

El propósito de este estudio fue el de realizar un diagnóstico de la fasciolosis en ambas zonas y de determinar la incidencia de la misma y el hospedero intermediario de transmisión.

#### PARTE EXPERIMENTAL

Los antecedentes tomados para la selección de la muestra (ranchos o fincas de estudio) fueron el arribo de ganado para sacrificio infestado por *Fasciola hepatica*, a ambos distritos municipales, los animales se mantenían en pastoreo intensivo y los bebederos eran naturales (ríos y charcas) o artificiales con aguas de procedencia de estos sitios y donde además se hallaron moluscos de la familia Lymnaeidae.

Este estudio se llevó a cabo en varias fincas lecheras del municipio de Atlixco, Puebla, México y en el distrito de Portobelo en la provincia de Colón en la República de Panamá (Cuadro 1). Durante el período del año 2001 se muestrearon los ranchos lecheros: Constancia, Festival, La Hacienda y El Paraíso, pertenecientes al municipio de Atlixco del Estado de Puebla, destinados a la producción de leche; los cuales son recorridos por el Río Atoyac, que en estas zonas presenta algunos meandros y declives de fáciles accesos para el ganado, los cuales lo emplean como bebedero. La temperatura promedio del lugar de 22 °C (INEGI, 2000) y condiciones climatológicas estables; similares a las halladas en las de la Provincia Colón donde existe un promedio de temperatura de 28,0 ± 2,0 °C, y exceso de agua en los terrenos de pastoreo, durante los períodos de lluvia. Las condiciones de precipitación en el distrito de Colón presentan un promedio de 2000 mm<sup>3</sup> de lluvia y temperatura de 30 °C, los criterios de selección de las 11 fincas del municipio de Atlixco (Cuadro 2) donde la inspección se hizo de forma arbitraria al existir mayor número de fincas aceptadas por el criterio establecido. En esta zona también existen pequeños ríos que desembocan en el mar, muy cercano al área infestada.

#### Cuadro 1.

Infestación por *Fasciola hepatica* en cuatro fincas ganaderas y Rastro Municipal de Atlixco, Puebla, México. Se muestra el total de animales infectados por mes en 4 fincas en el Municipio de Atlixco y en el Rastro Municipal, obteniéndose un total de 472 animales positivos a *Fasciola hepatica* con una incidencia de 35.

Meses de muestreo	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Rastro Municipal de Atlixco
Enero	12	8	6	5	11
Febrero	10	6	3	9	10
Marzo	9	4	4	10	13
Abril	5	7	7	11	14
Mayo	10	9	11	12	9
Junio	12	11	15	3	3
Julio	11	13	12	7	12
Agosto	15	15	13	15	14
Septiembre	11	14	12	16	18
Octubre	7	6	11	9	16
Noviembre	11	7	14	12	12
Diciembre	10	9	11	12	6
Total/ infectadas	123	109	119	121	138

#### Diseño experimental

Los moluscos fueron colectados durante el inicio del período de primavera (Mayo- Agosto) y trasladados al laboratorio de Biología de los invertebrados de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en cajas plásticas con papel absorbente húmedo para evitar su muerte por estrés.

**Cuadro 2.**

Incidencia de trematodos en el área de Portobelo, Provincia de Colón, Panamá. Se muestra según datos una alta incidencia de *Paramphistomum sp.*, con un porcentaje de incidencia del orden de 37%, (sin tomar en cuenta los animales a los que también se les detectó *Fasciola hepática* que fue del 25,9%) y de *Fasciola hepática* de 33,6%, a mayoría de los animales fueron hembras adultas en ordeño.

Características	Hembras	%	Machos	%
<i>Fasciola hepática</i>	14	7,70	2	15.4
<i>Paramphistomum spp</i>	67	37,00	4	30.7
<i>Fasciola hepática*</i>	47	25,90	3	23.1
<i>Paramphistomum spp.</i>				
N. S. O.	53	29,40	4	30.8
TOTAL	181	100,0	13	100

Una vez en el laboratorio los limneídos fueron ubicados en placas de Petri de 12 cm de diámetro, las que fueron empleadas como moluscarios, estas contenían medio fangoso como sustrato y algas del género *Phormidium spp.* las cuales son empleadas para la alimentación de los moluscos (Nari 1986), fueron mantenidos bajo lámparas de luz fría de 80 V a una distancia de 40 cm, con la finalidad de proporcionarles abundante luz y condiciones similares a las de los ecosistemas de origen. Estos fueron clasificados, tomando criterios morfológicos de la concha y después de cuantificar las masas de huevos y observar bajo un microscopio estereoscopio la emisión de metacercarias, fueron anestesiados con cristales de mentol en cámaras letales, para la posterior extracción de sus partes blandas y la rádula y determinar con exactitud la especie existente (Sánchez *et al.*, 1994).

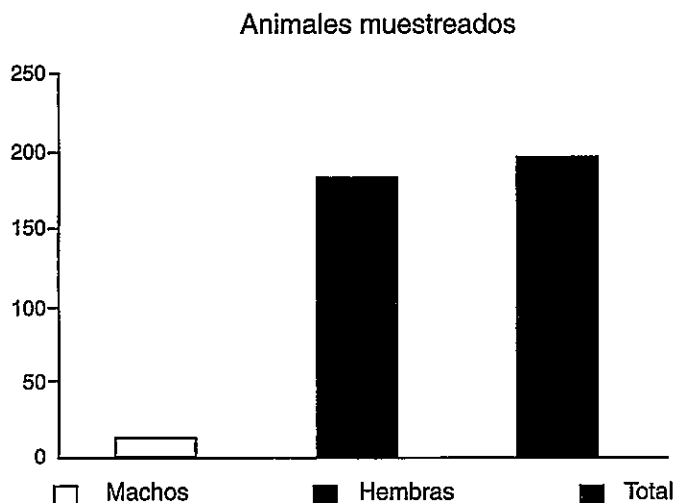
**Estudio coproparasitario**

Las heces fueron colectadas de forma directa a través de un muestreo simple aleatorio, con reemplazo entre los animales, población en número de cabezas que varía entre cada localidad. En las fincas de Atlitxco, se seleccionaron 20 bovinos en cada finca por muestreo, (960 muestras de heces) durante todos los meses del año, las muestras fueron tomadas por vía rectal directa con guantes de nylon para palpación. Estas fueron procesadas a través de las técnicas de sedimentación por *Copa cónica* (Dennis y Stone, 1954). Las muestras fueron teñidas con verde malaquita al 2 % (Cuadro 1) la cual tiene como error no detectar los animales infestados por distomas jóvenes, los cuales alcanzan su madurez y ovipositan después de dos semanas de continua alimentación en los hepatocitos. Idéntico procedimiento se estableció con las muestras tomadas en el distrito de Portobelo, Provincia de Colón, donde se muestrearon un total de 194 animales en las 11 fincas estudiadas los cuales al 100% se les realizó el examen coproparasi-

tológico. Esta situación ha sido solucionada en varios estudios con el inmunodiagnóstico (ELISA) a través del cual se pueden identificar tanto las infecciones pasivas como activas, no solamente desde el punto de vista serológico sino también a través de los coproantígenos con excelente exactitud y precisión (Espino, *et al.*, 1992; Castro, 1994; Duménigo, 1998).

**Figura 1.**

Muestras totales de animales en el Distrito de Portobelo, Provincia de Colón, Panamá: Se examinaron 194 animales en fincas lecheras de doble propósito. El 93,3% de los animales fueron hembras y sólo el 9,7% de los animales fueron machos.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los animales muestreados se detectaron varios casos de parasitismo intestinal por protozoarios y helmintos, especialmente huevos de *Moniesia sp.* con un 10% y *Taenia saginata* en un 15% y *Paramphistomum spp.* con un 67,7% de incidencia. Sin embargo, se detectó inicialmente, entre 4800 bovinos llevados al sacrificio, un 20% de infestación por *Fasciola hepatica*, los cuales procedían de fincas susceptibles a la infestación por su proximidad a remansos del Río Atoyac donde existen altas densidades poblacionales del molusco *Fossaria cubensis* (Pfeiffer) (Pulmonata: Lymnaeidae.) (Rojas, 2000, *datos no publicados*).

La prevalencia de la enfermedad está altamente relacionada con factores abióticos y con la densidad poblacional de los moluscos, los cuales son de difícil control, pues los molusquicidas actuales no son efectivos contra las masas de huevos, situación que conspira altamente a favor de la prevalencia de esta entidad hepática.

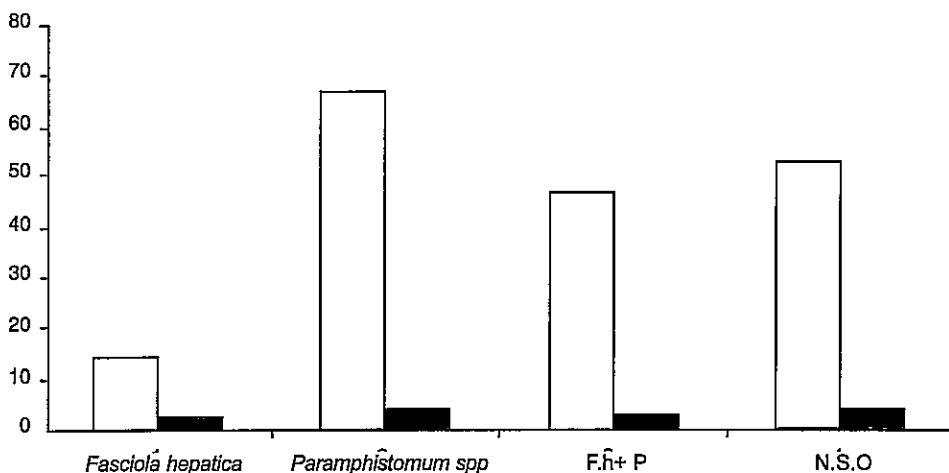
De los moluscos capturados durante un año de estudio sólo 20% liberaban metacercarias, lo cual no aportó un elemento significativo de la situa-

ción de las fincas estudiadas. Sin embargo, una alta cantidad de bovinos (35%) fueron hallados positivos y se conoce que el 43% de los ovinos y caprinos de la zona son portadores de la infestación. Esta situación aún se desconoce en la zona de Portobelo y se estudia en la actualidad la prevalencia en el ovino- caprino, por ser el grupo de mayor infestación y susceptibilidad a la trematodiosis (Caicedo y Zumaquero, 2002; *datos no publicados*).

Los estudios coproparasitarios mediante *copa cónica* demuestran que la fasciolosis puede ser considerada como endémica en ambas zonas (Cuadro 1 y Figura 2), por la alta colonización de moluscos hospederos intermediarios y las excelentes condiciones bioecológicas para el cierre del ciclo de vida natural de *Fasciola hepatica*. Se pudo comprobar, además, que la liberación de las metacercarias es de forma continua o sea que de los moluscos colectados en transeptos de 3 metros y en varias épocas del año, se mantuvieron positivos durante un largo período biológico y liberaron todas las formas asexuales, durante todas las estaciones climáticas del año, a pesar de las bajas temperaturas promedios registradas en Atlíxo durante el período de invierno (14 °C). Estas observaciones son consistentes con los estudios de Nari (1986), cuando señalan que la temperatura por debajo de los 10 °C no es un factor limitante para la liberación de las metacercarias aunque el número de éstas sí se ve limitado, así como su capacidad de resistencia después del enquistamiento.

**Figura 2.**

Incidencia de tramatodos en bovinos (hembras y machos), el porcentaje de animales con *Fasciola hepática*, *Paramphistomum spp*, y *Fasciola hepática* + *Paramphistomum sp*, de un muestreo realizado en los años 2001 y 2002, en el Distrito de Portobelo ( Nvo. Tonosí), provincia de Colón, Panamá. El total de animales fue de 194. F.h.(*Fasciola hepática*), P (*Paramphistomum sp*), N.S.O, (no se observaron ova).



Se detectaron un total de 472 muestras de heces positivas a *Fasciola hepatica* y con promedio durante un año de 119,2 (Cuadro 1). Se pudo comprobar igualmente que durante los meses de junio a septiembre hubo un incremento de casos positivos a *Fasciola* y otras parasitosis en el caso de los ranchos de Atlixco, pues de 20 casos examinados por la Técnica de Dennis y Stone (1954), se comprobó un promedio individual superior a los 10 casos positivos, lo cual coincidió con el inicio de las lluvias y el incremento de la temperatura en el Estado de Puebla; siendo estos factores detonantes para las infecciones parasitarias. Los índices de infestación fueron elevados, superiores en ocasiones al 50%, pero en todos los casos se traslada ganado desde zona altamente endémica, como es el Estado de Veracruz; aspecto que incide negativamente como control efectivo.

En los ranchos ganaderos estudiados en Portobelo, las condiciones de temperatura fueron las óptimas (30°C), además este mismo estudio facilitó que se detectara la presencia de otro trematodo el *Paramphistomum spp.*, además de *Fasciola hepatica*, ambos trematodos se encontraron en los mismos animales y en las mismas muestras de heces, la infestación está asociada frecuentemente a que ambos trematodos comparten hospederos intermediarios acuáticos similares. Hallazgo que se corresponde con los resultados obtenidos en este estudio (Cuadro 2), donde se pudo comprobar en el brote de Portobelo una alta incidencia de *Fasciola hepática* y *Paramphistomum spp.* en los estudios coprológicos realizados, llama poderosamente la atención que en el caso del brote de Atlixco no se encontró grados de significancia en la infección concomitante, fenómeno que pudiera deberse a la altura o quizás a otros factores abióticos determinantes del grado de infestación, (Nari 1986; Jabbour-Zahab *et al.*, 1997, Durand *et al.*, 2002).

## CONCLUSIONES

A pesar de que los índices de infestación en las áreas de estudio no son idénticos, los porcentajes de prevalencia se corresponden a los hallados para el área de Centroamérica y el Caribe, con una tendencia al aumento en la zona del distrito de Portobelo, Colón, Panamá.

La especie *Fossaria cubensis* (Pfeiffer) es hasta el momento la máxima responsable de la transmisión de *Fasciola hepatica* al ganado bovino en ambas áreas de estudio, lo cual fue comprobado por la liberación constante de metacercarias durante todos los meses del año. Aunque queremos recalcar que, independientemente de la familia Lymnaeidae, con sus especies: *Fossaria cubensis* (Pfeiffer), *Pseudosuccinea columella* (Say) y *Lymnaea spp.*



y la familia Physidae, con el género *Physa* spp.; otras familias y especies también fueron colectadas y encontradas vivas con alta incidencia tanto en el área de Portobelo en Panamá y Atlixco en México, como lo son: de la familia Planorbidae, la especie *Biomphalaria glabrata* (Say) y de la familia Thiariidae la especie *Melanoides tuberculata* (Muller).

Para el éxito de la investigación se requiere de un estudio epidemiológico continuo, que permita el control de los hospederos intermediarios principalmente y de los casos parasitados.

## SUMMARY

### FASCIOLOSIS BY *Fasciola hepatica* (Leuckart, 1882) IN HUSBANDRY INDUSTRY IN ATLIXCO, PUEBLA, MEXICO AND COLON PROVINCE, PANAMA, REPUBLIC OF PANAMA

Fasciolosis historically has been a disease of worldwide distribution, and has caused serious economic losses in the animal husbandry industry. The aim of the present study was to determine the occurrence of this parasite in both areas (Municipio de Atlixco, Puebla, México and Portobelo District in Colon, Panama). The occurrence in both areas was of 35% and 33,7% respectively, in dairy cattle, also there was a high occurrence in *Paramphistomum* spp, of 67,7%, and of water snails: *Fossaria cubensis*, *Pseudosuccinea columella*, *Lymnaea* spp, *Biomphalaria glabrata* and *Melanoides tuberculata*. The epidemiology and transmission characteristic of fasciolosis give rise to a typical patchy distribution of the disease, foci being related to the physiographic and climatic conditions. These facts make it appropriate to refer to give physiographic and climatic homogeneous areas rather than to individual countries.

This investigation was supported by ANUIES-CSUCA, Grant No. A-08, México.

## KEYWORDS

Coproparasitary, fasciolosis, *Fasciola hepática*, intermediate host and *Paramphistomus* spp.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APT, W. 1995. Fascioliasis. Congreso Latinoamericano de Parasitología FLAP. Santiago de Chile.

CAICEDO, R.; ZUMAQUERO, J.L.; SANTAMARÍA, A. 2002. Fascioliasis en Ovinos-caprinos en fincas ganaderas de Portobelo, Distrito de Colón. República de Panamá (*en prensa*). México.

CARDOZO, H. 1980. Un aporte al estudio de la epizootiología de la fascioliasis por *Fasciola hepatica* en dos áreas endémicas del Uruguay. **Veterinaria**.16(73), 61-67.

CASTRO, J.; DUMÉNIGO, B. y ESPINO, A.M. 1994. Valoración del Fascidig en tres rebaños de bovinos con diferentes Prevalencias de infección por *Fasciola hepatica*. **Parasitol Día** 218, 333-338.

DENNIS, W. y STONE, W. 1954. A new laboratory and field diagnostic test for fluke ova and feces. **J. Am. Med. Assoc.** 124, 47-50.

DUMÉNIGO, B.E. y FINLAY, C. 1998. Detección y cuantificación de coproantígenos de *Fasciola hepatica* en ganado bovino. **Rev. Cub. Med. Trop** 50 (1), 82-84.

DURAND, P.; POINTIER, J.P.; ESCOUBEYROU, K.; ARENAS, J.A.; YONG, M.; AMARISTA, M.; BARGUES, M.D.; MÁS-COMA, S. y RENAUD, F. 2002. Occurrence of a sibling species complex within neotropical lymnaeids, snail intermediate hosts of fascioliasis. **Acta Tropica**. 83, 233-240.

ESPINO A.M.; MILLÁN, J.C. y FINLAY, C. 1992. Detection of antibodies and circulating excretory-secretory antigens for assessing cure in patients with fasciolosis. **Trans. R. Soc. Tro. Med. Hyg.** 86, 649-656.

ESPINO, A.M. 1997. Tesis doctoral, **Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kouri" Habana, Cuba.**

HATSCHBACH, P.J. 1995. *Fasciola hepatica* a sua historia. **A Hora Vet.** (Ed Extra) 15(1), 10-1.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y GEOGRAFÍA (INEGI). 2000. **Boletín de Estadística y Censo**. Puebla: México.

JABBOUR-ZAHAB, R.; POINTIER, J.P.; JOURDANE, J.; JARNE, P.; OVIEDO, J.A.; BARGUES, M.D.; MÁS-COMA, S; ANGLÉS, R.; PÉRRERA, G.; BALZAN, C.; KHALLAYOUNE, K. y RENAUD, F. 1997.

Phylogeography and genetic divergence of some lymnaeid snail, intermediate host of human and animal fasciolosis with special reference to lymnaeids from the Bolivian Altiplano. **Acta Tropica**, 64, 191-203.

MITJANS, A. DIAZ YIDI. *et al.*, 1997. Casos clínicos de Fascioliasis en brote epidémico por *F.hepatica* en La Palma, P. del Río, Cuba. **Congreso Latinoamericano de Parasitología, La Habana.**

NARI, A. 1986. Estudio preliminar sobre el desarrollo de *Limnaea viatrix*, d'Orbigny (1835) en condiciones controladas de temperatura y humedad. **Veterinaria** 22(95), 13-7.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1998. **Informe general. WHO** 37, 1122-1145.

PERERA, G., YOUNG, M., y FERRER, J.R. 1991. Control biológico de *Fossaria cubensis*, hospedero intermediario de *Fasciola hepatica* en 2 localidades con diferentes agentes de control. **Rev. Cub. Med. Trop.** 43(1), 17-20.

ROJAS, R. (2000) Sistemática de moluscos fluviátiles. *Fossaria cubensis* y *Fossaria humilis* (*en prensa*).

SÁNCHEZ, R., PERERA, G., SÁNCHEZ, J. 1995. Cultivo de *Fossaria cubensis* (Pfeiffer) ((Pulmonata: Lymnaeidae), Hospedero intermediario de *Fasciola hepática* (Linnaeus) en Cuba. **Rev. Cub. Med. Trop.** 47, 71-73.



## ESTUDIO CLIMATOLÓGICO DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN UV-B, COLUMNA DE OZONO TOTAL Y COBERTURA NUBOSA EN PANAMÁ

ALFONSO PINO,<sup>1</sup> NÉSTOR SÁNCHEZ,<sup>1</sup> SERGIO GUERRA,<sup>1</sup>  
ÁLVARO MATURELL,<sup>1</sup> HOODMY SAMUDIO,<sup>1</sup>  
LUIS JORDÁN<sup>1</sup> y JORGE ESPINOSA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Física de la Atmósfera,  
Vicerrectoría de Investigación y Postgrado,  
Universidad de Panamá.  
e-mail: atmosfer@ancon.up.ac.pa

<sup>2</sup> Departamento de Hidrometeorología,  
Autoridad del Canal de Panamá.  
e-mail: jaespinosa@pancanal.com

### RESUMEN

La medición continua de la radiación UV-B, la columna de ozono total, la cobertura nubosa y otros parámetros atmosféricos se han estado realizando en la Ciudad de Panamá desde julio de 1997, mientras que las mediciones de radiación UV-B en la Ciudad de David, se iniciaron en diciembre de 2001. El análisis de los datos radiométricos ha permitido establecer que, en la Ciudad de Panamá, durante los años 2000 y 2001 se alcanzaron irradiancias medias mensuales significativamente más altas que las registradas durante 1999. Durante 2000 y 2001, se registró un aumento en la dosis UV-B total anual del orden de 20,8 % y 21,7 %, respectivamente, con relación al valor de dicho parámetro correspondiente al 1999. En la presente investigación se ha podido determinar que el comportamiento observado en las citadas variables radiométricas, se encuentra correlacionado con una disminución en la cobertura nubosa que se registró durante el período en mención. En el estudio se discuten los resultados de la evolución de los niveles de irradiancia UV-B, dosis UV-

B, índice UV, columna total de ozono, cobertura nubosa y presión atmosférica correspondiente a la Ciudad de Panamá, desde 1998 hasta 2001. También se efectúa una comparación entre los niveles de dosis UV-B correspondientes a las Ciudades de Panamá y David, en lo transcurrido del presente año. El análisis de los datos registrados en las urbes antes mencionadas, durante el año 2002, muestra que los niveles de dosis UV-B, totales mensuales, son ligeramente más altos en la Ciudad capital.

La medición de la radiación UV-B se está efectuando mediante dos radiómetros de banda ancha, modelos 501 UV-*Biometer*. Para la medición de la columna de ozono total se está utilizando un ozonómetro portátil, modelo *Microtops II*. Los diversos instrumentos de medición son calibrados anualmente por la empresa fabricante.

### **PALABRAS CLAVES**

Irradiancia, índice UV, dosis UV-B, columna de ozono, nubosidad, cambio climático

### **INTRODUCCIÓN**

La Universidad de Panamá, a partir de 1997, inició el proceso de medición de los niveles de radiación UV-B y de la columna de ozono total en la Ciudad de Panamá, por intermedio de un equipo de investigadores constituido por físicos, ingenieros electrónicos, meteorólogos y especialistas en Instrumentación (Grupo de Estudios Atmosféricos). Esta investigación ha sido motivada por los altos niveles de radiación global y, en consecuencia, de radiación UV-B que se registran en nuestro país, a causa de su clima y de su posición geográfica (Pino *et al.*, 2001). La sobre exposición a la radiación UV-B induce la formación de cánceres de piel (Longstreth *et al.*, 1998). Cabe señalar que la incidencia de cánceres de piel (carcinomas basocelulares, carcinomas escamosos y melanomas) ha aumentado tanto a nivel mundial como local (Madronich *et al.*, 1994). Además de los efectos sobre la salud humana, es importante agregar que la radiación UV-B causa daños a las cosechas, interferencia en el mecanismo de fotosíntesis, merma en la población del fitoplancton, así como también de otros organismos.

La investigación de la cual se deriva el presente trabajo, está siendo efectuada, actualmente, por el Laboratorio de Física de la Atmósfera, adscrito a la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá. Aparte de los niveles de radiación UV-B y de ozono total, se mi-

dió la radiación global, la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y otros parámetros atmosféricos tales como cobertura nubosa, pluviosidad, temperatura ambiente, presión atmosférica, agua precipitable, espesor óptico de aerosoles y humedad relativa. En la segunda fase de la investigación, se estableció un segundo sitio de medición, tanto de radiación UV-B, como de radiación global, en el aeropuerto Enrique Malek de la Ciudad de David.

A consecuencia del fenómeno de deterioro de la capa de ozono, el cual es más pronunciado para aquellas regiones del globo ubicadas en latitudes altas y, particularmente, hacia el hemisferio Sur, se ha observado, en tales zonas, un incremento en los niveles de radiación UV-B, en ciertas épocas del año (Watson, 1989). En el caso de la región ecuatorial, hasta la fecha, no se ha observado un deterioro significativo de la capa de ozono (Madronich, *et al.*, 1998). No obstante, dicha zona puede verse afectada por variaciones en la cobertura nubosa, causadas por fenómenos tales como la variabilidad climática y eventos de gran intensidad como *El Niño*.

En el presente artículo se describe la evolución de los niveles de irradiancia UV-B, dosis UV-B, índice UV, columna de ozono total, cobertura nubosa y presión atmosférica correspondiente a la Ciudad de Panamá, desde el año 1998 hasta el año 2002. Se discute el aumento experimentado por la dosis UV-B y el índice UV en los años 2000 y 2001, ocasionados por la disminución de la cobertura nubosa, que se suscitó en nuestro país a la sazón.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Instrumentación:

Para el monitoreo de los niveles de radiación UV-B están siendo utilizados Radiómetros de banda ancha, modelos 501 UV *Biometer*, fabricados por la empresa Solar Light Co. El principio de operación para la medición de la radiación UV-B utilizado en este tipo de sensores es similar a la de los Radiómetros Robertson-Berger (Blumthaler, *et al.*, 1989). Los diversos componentes de este tipo de Radiómetros suministran una respuesta espectral muy cercana al Espectro de Acción de Eritema. Las lecturas de irradiancia UV-B se dan en MED/h, unidad que se definirá posteriormente. Los datos fueron almacenados en el registrador en intervalos de 5 minutos y, mediante la aplicación *PC Anywhere*, fueron transferidos desde los sitios de medición hasta el Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá. Una vez transferidos los datos desde los Radiómetros a las computadoras del Laboratorio de Física de la Atmósfera, fueron procesados mediante un Programa Estadístico y Graficador. Del

procesamiento de estos datos se obtienen las irradiancias horarias medias, las dosis totales diarias (*daily totals*), los Índices UV (UVI) y las curvas de irradiancia horaria media.

Para la medición de la columna de ozono se está utilizando un fotómetro multifiltro portátil de cinco canales, modelo *MICTROTOPS II*, manufacturado por la empresa Solar Light Co. El citado fotómetro mide la radiación solar directa en las líneas de 305 nm, 312 nm, 320 nm, 940 nm y 1020 nm. El citado instrumento permite determinar la cantidad de ozono total existente en un determinado sitio. El *MICTROTOPS II* trae incorporado un Programa mediante el cual se efectúa automáticamente el cálculo de la columna de ozono total, en Unidades Dobson (UD), a condición de que se introduzcan las coordenadas geográficas (latitud, longitud, elevación) correspondientes al sitio de medición y se oriente el fotómetro hacia el sol, de tal manera que la imagen del sol quede alineada con el centro del visor colocado en la sección frontal del instrumento.

#### **Unidades de Medición:**

Desde 1981, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha recomendado que se utilicen las unidades del Sistema Internacional (SI) para expresar tanto la irradiancia como la irradiación o dosis. De acuerdo con dicha organización las unidades en las que se deben expresar la irradiancia y la irradiación son las siguientes: Irradiancia =  $J/s/m^2 = W/m^2$  e Irradiación =  $J/m^2$ , respectivamente.

Sin embargo, algunos radiómetros han sido calibrados por los fabricantes de modo tal que repliquen la respuesta eritémica de las personas de piel tipo II. Para tal efecto, se ha recomendado internacionalmente que se utilice el Espectro de Acción de Eritema CIE (Mckinlay, *et al.*, 1987). Tomando en consideración este hecho, para cuantificar la irradiación efectiva o dosis UV-B biológicamente ponderada, se ha optado por definir una unidad denominada MED (*Minimum Erythemat Dose*). Ésta se define como la dosis de radiación UVB capaz de producir un eritema mínimo en personas de piel tipo II (los tipos de piel se clasifican del I al VI). La equivalencia entre la unidad MED y las unidades del Sistema Internacional es la siguiente: 1 MED =  $210 J/m^2$  (piel tipo II). Los radiómetros, que repliquen la respuesta eritémica de las personas de piel tipo II, miden la irradiancia en MED/hora. La equivalencia entre la unidad MED/hora y las unidades del Sistema Internacional, aceptada por la OMS y la OMM, es la siguiente: 1 MED/hora =  $0,0583 W/m^2$



Una medida de la intensidad de la radiación UV-B que está siendo utilizada a nivel mundial, desde 1994, es el Índice UV (IUV). Dicho Índice fue definido siguiendo las recomendaciones de la OMM, la UNEP y la OMS, a través de la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No-Ionizante, con la finalidad de presentar al público la información relativa a la Irradiancia UV-B efectiva en horas del mediodía local. Para la definición del Índice UV, los organismos citados recomendaron que se utilizara el espectro de acción *CIE* (Commission Internationale d'Eclairage, 1987) o espectro de acción de eritema normalizado a 1 para la longitud de onda de 297 nm. En adición a lo anterior, se requiere que en el sitio de medición se reporten valores de irradiancia efectiva al mediodía solar local.

Los valores horarios de la irradiancia UV-B en MED/h registrada, pueden ser convertidos a la escala del índice antes mencionado, utilizando el siguiente factor de conversión:

$$\text{Índice UVB} = 40 * (210/3600) * \text{Irradiancia UVB (MED/h)}$$

O bien:

$$\text{Índice UVB} = 2,33 * \text{Irradiancia UVB (MED/h)}$$

Donde la irradiancia se encuentra expresada en MED/h, mientras que el índice UV-B es una cantidad adimensional. El nivel de Índice UV se clasifica en función del tiempo requerido para generar un eritema leve (Cuadro 1).

**Cuadro 1.**

Clasificación del nivel de Índice UV en función del tiempo requerido para generar un eritema leve

Índice	Nivel	Tiempo para un eritema leve	
0 - 2	Mínimo	1-2	horas
3 - 4	Bajo	35-47	minutos
5 - 6	Moderado	23-28	minutos
7 - 9	Alto	16-20	minutos
10 o >	Muy alto	9-14	minutos

**Sitios de Medición:**

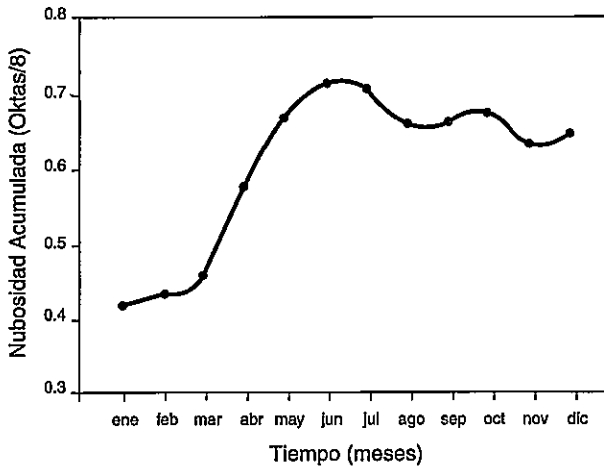
La medición de los parámetros atmosféricos, citados en párrafos precedentes, se realiza en dos sitios de monitoreo ubicados en el Campus Central de la Universidad de Panamá (8° 58' N, 79° 32' O y 50 msnm) y en el aeropuerto Enrique Malek de la Ciudad de David (8° 24' N, 82° 25' O y 27 msnm), respectivamente.

Los investigadores del Laboratorio de Física de la Atmósfera, desde 1998 a la fecha, han estado efectuando, diariamente, evaluaciones de la cobertura nubosa y de la morfología de nubes. La cobertura nubosa se mide en oktas. Una cobertura que oscile entre 0 y 2 oktas corresponde a condiciones de cielo despejado, mientras que una cobertura de 8 oktas corresponde a condiciones de cielo totalmente nublado. Esta variable atmosférica desde 2001 se ha estado midiendo en la estación meteorológica GEONICA, localizada en la azotea del edificio, donde se encuentra el Laboratorio de Física de la Atmósfera. Los datos de presión atmosférica analizados, sin embargo, corresponden a la estación meteorológica de Balboa (8° 58' N, 79° 33' W y 10 msnm), bajo la administración de la Autoridad del Canal de Panamá. Ello obedece al hecho de que se requiere de una serie de tiempo más larga, a fin de optimizar la evaluación del valor medio del citado parámetro. El análisis de las anomalías en la presión atmosférica se efectuó considerando el intervalo comprendido entre enero de 1997 y julio de 2001.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para un determinado valor del ángulo de cenit solar, los factores que contribuyen de manera más significativa a la atenuación de la radiación UV-B que llega a la superficie terrestre son la columna total de ozono, la cobertura nubosa y la turbiedad atmosférica. En la zona ecuatorial, el factor de extinción o atenuación debido a la cobertura nubosa posee una mayor ponderación que el factor de extinción causado por la columna total de ozono. En la presente investigación se ha podido determinar que, en la Ciudad de Panamá, en días con cielo totalmente nublado, la irradiación o dosis UV-B se atenúa en un 65 %, con respecto a los niveles correspondientes a un día con cielo despejado. La cobertura nubosa afecta de manera significativa la cantidad de radiación UV que llega a la superficie terrestre debido a que las gotas de agua y los cristales de hielo en las nubes actúan como excelentes difusores de radiación UV, mediante el fenómeno conocido como difusión Mie (Roy *et al.*, 1996). Sin embargo, la cuantificación de este efecto es sumamente compleja en virtud de que depende de numerosas variables tales como la cantidad de nubes, la cobertura nubosa, la morfología de las nubes y las distribuciones de las dimensiones de las partículas. Investigadores de otras latitudes han logrado establecer que, bajo la presencia de cierto tipo de nubes tales como las cumulus y en condiciones de cielo parcialmente nublado, la irradiancia UV-B puede ser superior a la de un día con cielo despejado (Mims, 1994). Los valores medios mensuales de nubosidad acumulada para la Ciudad de Pa-

namá fueron evaluados desde enero de 1998 hasta diciembre de 2001 (Figura 1). Durante los meses de estación seca, los datos de la cobertura nubosa fueron bajos. Este parámetro alcanza su valor máximo durante los meses de junio y julio. Tal resultado concuerda con observaciones satelitales efectuadas por la NASA y con modelos climáticos que predicen que, para el cinturón entre 9 ° y 10 ° de latitud norte, la cobertura nubosa alcanza su valor máximo anual durante el mes de julio (Karner, 1993). Durante los meses de agosto y septiembre se registra una ligera disminución en los niveles de nubosidad para luego aumentar en el mes de octubre.



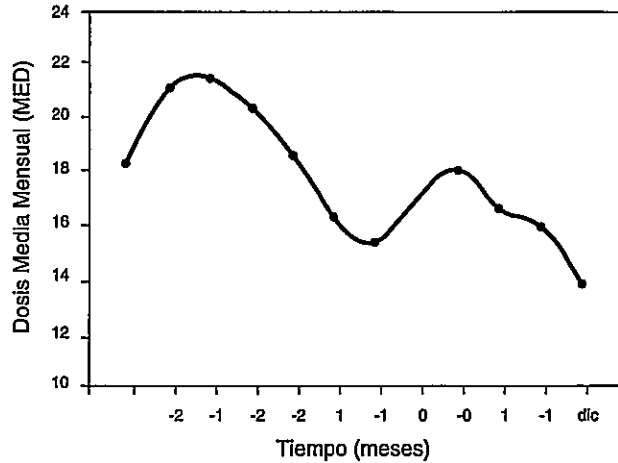
**Figura 1.** Curva de nubosidad acumulada media mensual vs tiempo, para la Ciudad de Panamá, 1998 a 2001.

Los valores medios mensuales de la dosis UV-B para la Ciudad de Panamá fueron evaluados tomando en consideración el intervalo de tiempo transcurrido entre julio de 1997 y noviembre de 2002 (Figura 2). La dosis UV-B media mensual observada para dicha ciudad alcanza un valor máximo principal durante los meses de estación seca y un máximo secundario durante el mes de septiembre. Durante los meses de junio y julio se suscita una disminución significativa en los niveles de este parámetro.

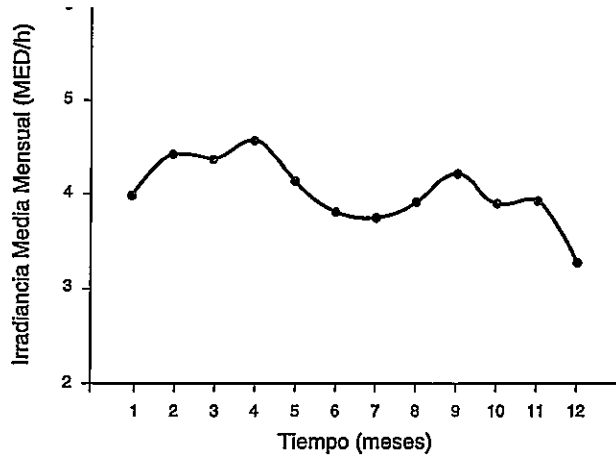
Al igual que la dosis UV-B, los valores de la irradiancia horaria media mensual, durante el mediodía local, fueron evaluados durante el intervalo comprendido entre julio de 1997 y noviembre de 2002 (Figura 3). El comportamiento de la irradiancia UV-B horaria media mensual, durante el mediodía local, es muy parecido al de la dosis UV-B media mensual, con un máximo principal en el mes de abril y un máximo secundario en el mes de septiembre. Los valores mínimos de la irradiancia horaria media mensual, durante el mediodía local, se presentan en los meses de junio y julio. El máximo principal observado en el mes de abril se debe a

que durante la estación seca, la cobertura nubosa, en la Ciudad de Panamá, disminuye de manera significativa. Como consecuencia de este hecho, se registra una menor atenuación de la radiación solar y, en particular, de la radiación UV-B. Esto da como resultado aumentos significativos tanto en la irradiancia UV-B como en la dosis UV-B. Por otro lado, a mediados del mes de abril y a fines del mes de agosto, la irradiancia extraterrestre correspondiente a la latitud en la que está ubicada la Ciudad de Panamá alcanza su valor máximo. Esta situación acontece cuando la declinación solar coincide con la latitud del sitio de observación. En adición a lo anterior, durante el mes de septiembre se registra una disminución en la cobertura nubosa. Como consecuencia de este hecho, tanto la irradiancia UV-B como la dosis UV-B experimentan un máximo secundario durante el mes de septiembre.

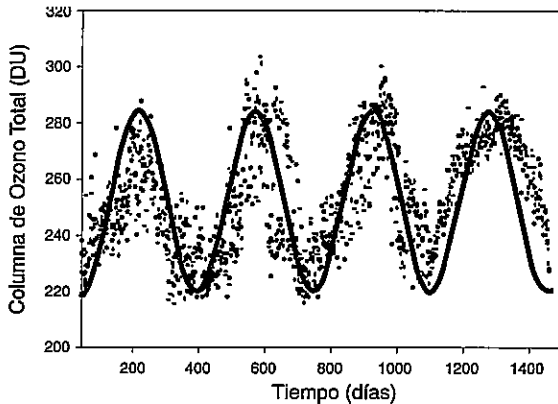
**Figura 2.**  
Dosis media mensual vs tiempo, valores medios mensuales, 1997-2001.



**Figura 3.**  
Irradiancia horaria media mensual, para el mediodía local, vs tiempo.



El comportamiento de la columna de ozono total para la Ciudad de Panamá se muestra en la Figura 4. Los puntos experimentales corresponden a valores diarios de este parámetro, mientras que la gráfica continua es la curva de ajuste. Como se puede observar, el comportamiento de la columna de ozono es oscilatorio y puede ser representado mediante una función armónica. La columna de ozono total pasa por un mínimo en los meses de diciembre y enero. Este valor mínimo es de, aproximadamente, 225 DU. El valor máximo de dicho parámetro se registra entre mediados del mes de julio y mediados del mes de agosto. Dicho valor máximo asciende, aproximadamente, a 300 DU. El valor medio de la columna total de ozono, en Panamá, asciende a 252 DU.



**Figura 4.** Comportamiento de la columna de ozono total para la Ciudad de Panamá,

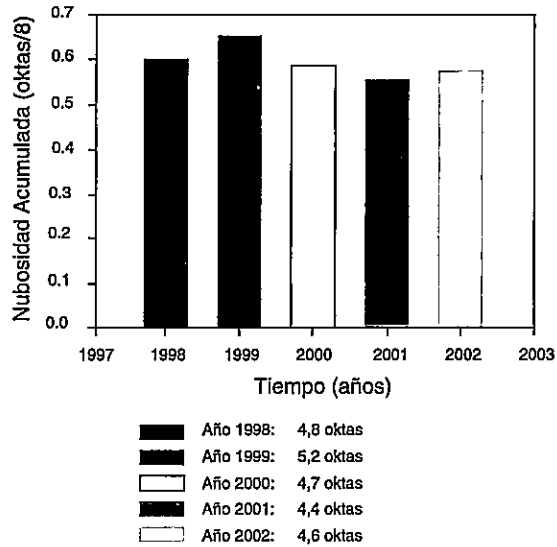
La ecuación correspondiente a la curva de ajuste es la siguiente:

$$\text{Ozono} = 252 + 32 \operatorname{sen} \left\{ \frac{2\pi [d_n + 225]}{353} \right\}$$

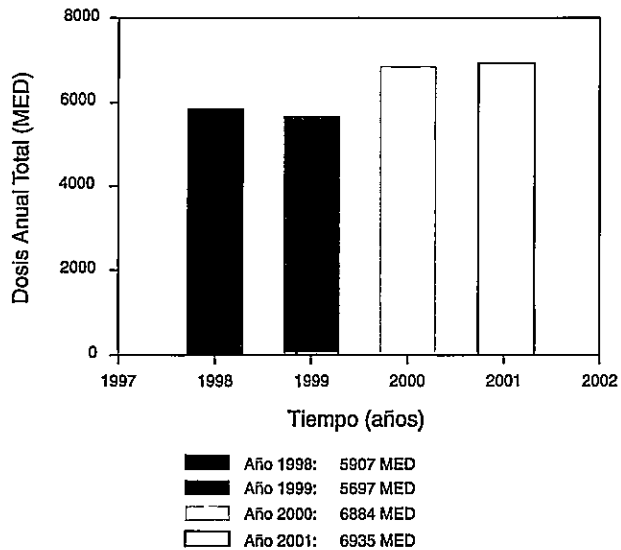
La evolución de la fracción de nubosidad acumulada media anual (oktas/8), desde 1998 hasta 2002, en la Ciudad de Panamá se muestra en la Figura 5. Se puede observar allí que el año de mayor cobertura nubosa fue en 1999 con un promedio diario de 5,2 oktas/día, mientras que los años de menor cobertura nubosa fueron el 2000 y el 2001, con un promedio diario de 4,7 oktas/día y 4,4 oktas/día, respectivamente. Como puede apreciarse, la disminución en la cobertura nubosa comenzó a registrarse a partir del año 2000.

Como consecuencia de la disminución en la cobertura nubosa observada durante 2000 y 2001, en la Ciudad de Panamá, se suscitó un incremento significativo en la dosis total anual de radiación UV-B, en MED, tal como se puede apreciar la Figura 6.

**Figura 5.**  
Evolución de la fracción de nubosidad acumulada media anual (oktas/8), desde 1998 hasta 2002.

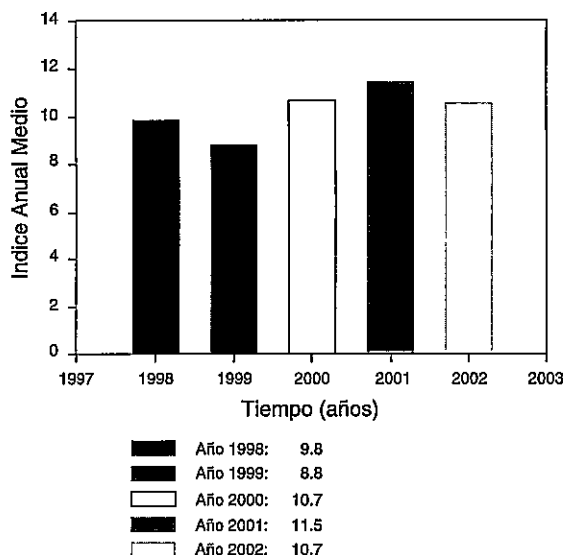


**Figura 6.**  
Dosis anual Total vs Tiempo, ciudad de Panamá.



La disminución en la fracción de nubosidad correspondiente a 2000 y 2001 con relación al año 1999 (año de menor cobertura nubosa de la serie) ascendió a 10,0 % y a 14,4 %, respectivamente. El aumento en la dosis o irradiación, en MED, correspondiente a los años 2000 y 2001 ascendió a 20,8 % y 21,7 %, respectivamente.

De manera análoga al comportamiento de la dosis total anual de la radiación UV-B registrada en la Ciudad de Panamá, para la serie de tiempo descrita anteriormente, el índice UV medio diario correspondiente a horas del mediodía local sufrió un incremento en los años 2000 y 2001, tal como se puede observar en la Figura 7.



**Figura 7.**  
Índice UV medio diario  
(1998 – 2002).

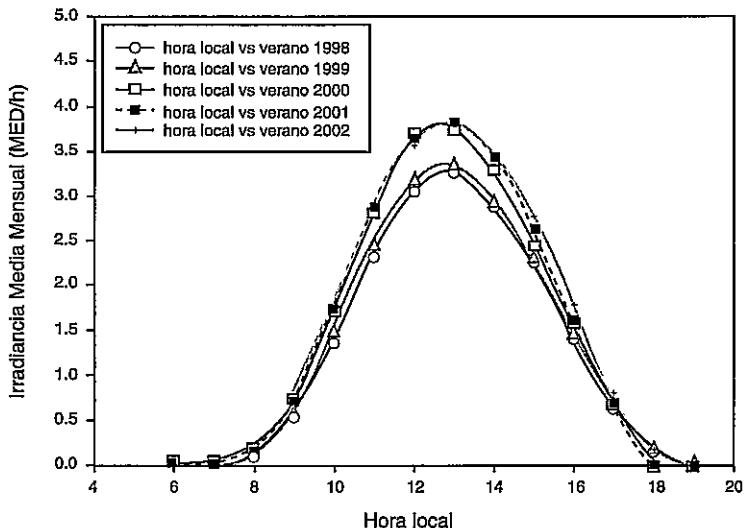
El incremento en el Índice UV medio diario para 2000 y 2001, en relación al valor registrado durante el año 1999, ascendió a 21,6 % y 30,2 %, respectivamente.

El comportamiento de la irradiancia UV-B horaria media mensual vs hora local durante las estaciones secas correspondientes al período comprendido entre 1998 y 2002, en la Ciudad de Panamá, se muestra en la Figura 8. Puede observarse que durante las estaciones secas de los tres últimos años (2000, 2001 y 2002), las irradiancias horarias medias mensuales fueron significativamente más altas que la registrada en 1999. Este hecho se encuentra correlacionado con la disminución experimentada por la cobertura nubosa durante las estaciones secas de 2000 a 2002, con relación a la que fue observada durante la estación seca de 1999.

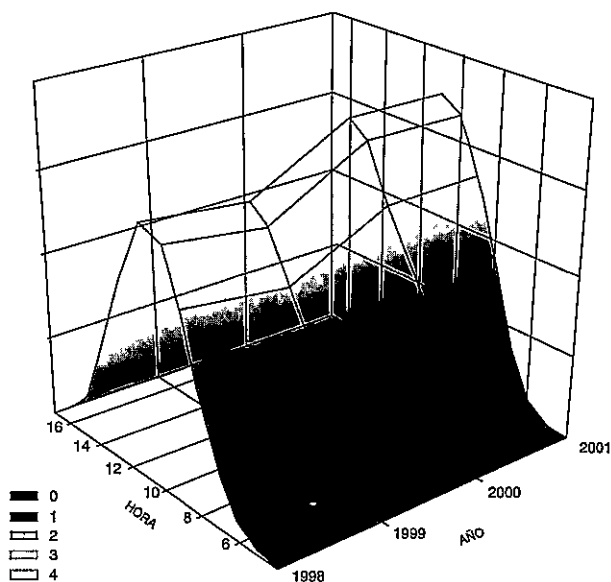
El mapa de contorno de la irradiancia UV-B horaria media mensual vs hora local para el período comprendido entre 1998 y 2001 se reporta mediante la Figura 9. Los datos utilizados para la elaboración del citado mapa incluyen los valores obtenidos tanto para las estaciones secas como para las es-

taciones lluviosas en la Ciudad de Panamá. El mapa de contorno indica que las irradiancias UV-B horarias medias mensuales fueron significativamente más altas en 2000 y 2001 con relación a los niveles mensuales registrados durante 1999.

**Figura 8.**  
Irradiancia UV-B horaria media mensual vs hora local (1998 y 2002).



**Figura 9.**  
Mapa de contorno de la irradiancia UV-B horaria media mensual vs hora local (1998 y 2001).





Como ya ha sido planteado, el aumento en los niveles de dosis UV-B e irradiancia UV-B que se registraron en la Ciudad de Panamá durante 2000 y 2001, se encuentra correlacionado con la disminución en la cobertura nubosa sobre Panamá, en el mismo período. A fin de explicar este fenómeno, es necesario discutir la evolución de las anomalías de presión atmosférica sobre Panamá durante el período comprendido entre 1997 y 2001. Para efectuar el análisis de las anomalías climatológicas sufridas por la presión atmosférica en Panamá, este parámetro ha sido estandarizado. Un parámetro estandarizado se define como el número de desviaciones estándar que el valor observado promedio mensual del parámetro en cuestión se aleja del promedio mensual histórico. Esto significa que la presión atmosférica estandarizada se encuentra dada por la siguiente relación:

Donde:

$P_{mensual}$  = Valor promedio mensual de la presión atmosférica.

$\langle P_{mensual} \rangle$  = Valor promedio mensual histórico de la presión atmosférica.

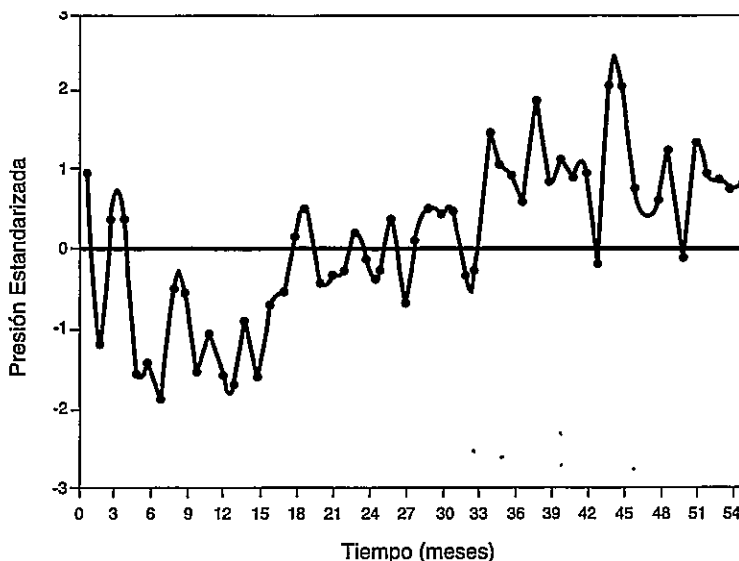
$SD_{mensual}$  = Desviación estándar mensual de la presión atmosférica.

Los valores medios mensuales de este parámetro fueron evaluados tomando el intervalo comprendido entre enero de 1980 y julio de 2001 (Figura 10). El análisis de las anomalías de presión atmosférica se efectuó desde enero de 1997 hasta julio de 2001. La curva correspondiente al parámetro en mención muestra anomalías positivas, estadísticamente significativas, durante la mayor parte de 2000 y 2001. Este resultado permite establecer que, en la Ciudad de Panamá y sectores aledaños, se registraron presiones atmosféricas superiores a la media mensual histórica durante estos dos años. Tal condición de presiones atmosféricas altas, en Panamá, fue causada por el reforzamiento que experimentó el anticiclón o centro de alta presión de Las Bermudas, durante 2000 y 2001. La disminución en los niveles de precipitación que se registra en Panamá durante los meses de junio y julio, la cual se conoce con el nombre de Veranillo de San Juan, es causada por un reforzamiento temporal del anticiclón de Las Bermudas (Espinoza, 1999). En 2000 y 2001, el citado reforzamiento se prolongó más allá del período en el que suele presentarse anualmente.

En un centro anticiclónico o de alta presión, el viento es divergente, es decir, circula del centro anticiclónico hacia el exterior y en sentido horario, en el hemisferio norte. Además, en un centro de esta naturaleza, el aire tiende a descender. Al descender una determinada parcela de aire, ésta se comprime y se calienta. El incremento de temperatura en la parcela de ai-

re afecta negativamente al proceso de condensación de vapor de agua que pudiese estar generándose sobre las partículas de aerosoles. Por consiguiente, el proceso de condensación se atenúa y, por ende, la formación de nubes, con la consiguiente disminución en los niveles de precipitación y de cobertura nubosa. Por añadidura, el reforzamiento del centro de alta presión de Las Bermudas genera un desplazamiento de la zona de convergencia intertropical hacia el Sur de nuestro país, provocando también una disminución en la cobertura nubosa y en los niveles de precipitación locales. Dicho fenómeno da origen a un incremento en los niveles de radiación solar y, por tal razón, de radiación UV-B, lo cual incide en un aumento significativo de la irradiancia y de la dosis UV-B. Cabe agregar que el reforzamiento que experimentó el centro de alta presión de Las Bermudas durante 2000 y 2001 afectó, no sólo a Panamá, sino también a todo el istmo centroamericano. La intensidad de este evento fue suficientemente alta como para generar sequías prolongadas en la mayoría de los países centroamericanos. Sería conveniente efectuar estudios sobre las anomalías de presión atmosférica con series de tiempo más largas, a fin de determinar si existe alguna vinculación entre el evento de reforzamiento prolongado e intenso del centro de alta presión de Las Bermudas y el fenómeno de cambio climático global.

**Figura 10.** Gráfica de presión atmosférica estandarizada vs tiempo, correspondiente a la estación de Balboa.

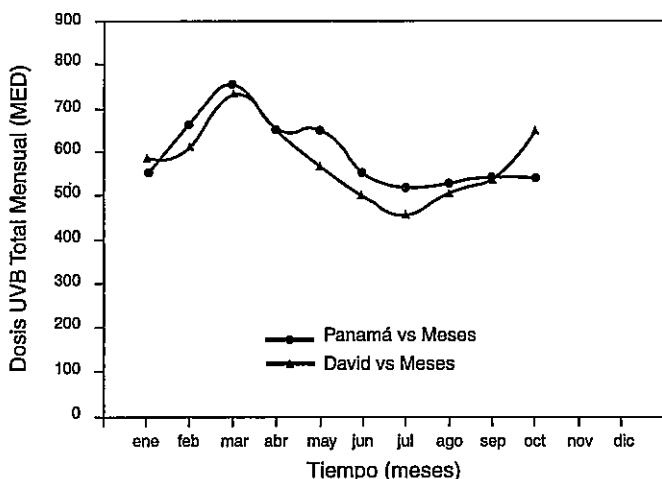


Investigadores en otras latitudes han señalado que fenómenos climatológicos, tales como el evento El Niño, pueden dar origen a variaciones en la cobertura nubosa y, como consecuencia de esta situación, en variacio-

nes significativas en el nivel de radiación solar y, por consiguiente, de radiación UV-B. A este respecto se puede señalar que un aumento significativo en la cobertura nubosa, el orden del 29,4%, fue registrado en el Observatorio de Rosario, Argentina, en el período en el cual se desarrolló uno de los eventos El Niño más intensos del siglo XX (marzo 1997 a junio 1998). Debido al incremento en la cobertura nubosa sobre Rosario, se detectó, en dicha ciudad, una reducción en los niveles de radiación solar global media, del orden del 10,5 % (Piacentini, 2000).

En la introducción del presente trabajo, se indicó que se cuenta, actualmente, con un segundo sitio de medición de radiación UV-B y otros parámetros atmosféricos en la Ciudad de David.

La evolución de la dosis UV-B totales mensuales, en MED, correspondientes a las ciudades de Panamá y de David desde enero hasta octubre de 2002, se presenta en la Figura 11.



**Figura 11.**  
Evolución de las dosis UV-B totales mensuales vs tiempo, para las Ciudades de Panamá y David.

Como puede observarse, exceptuando los meses de enero, abril y octubre, las dosis UV-B totales mensuales registradas en el sitio del campus central de la Universidad de Panamá son, ligeramente más altas que las que han sido registradas en el sitio ubicado en la ciudad de David. Este resultado podría ser atribuido al hecho de que en la Ciudad de David, en términos generales, se presenta una cobertura nubosa más alta que para la ciudad capital, lo cual conduce a una mayor atenuación de los niveles de radiación UV-B en aquella ciudad. Sin embargo, es imprescindible contar con

una serie de tiempo más larga a fin de establecer correlaciones entre los niveles de radiación UV-B que se registren en la Ciudad de David y otros parámetros atmosféricos, entre los cuales se encuentra la cobertura nubosa. Para el mes de octubre del año en curso, se ha observado un aumento en la dosis UV-B, en la Ciudad de David. Este hecho podría estar relacionado con un inicio prematuro de la estación seca en el interior de nuestro país, a consecuencia del evento El Niño que se inició, aproximadamente, en julio del presente año. A diferencia del evento El Niño de 1997-1998 que fue uno de los más severos del siglo XX, el actual evento tiene una intensidad moderada, en virtud de lo cual no ha generado una disminución en los niveles de precipitación registrados en la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. No obstante, algunas zonas del interior de nuestro país podrían verse afectadas con una estación seca prolongada para el 2003. Cabe destacar que para todo el istmo centroamericano y México, se ha podido determinar que, estadísticamente, el evento El Niño se encuentra asociado a intensas sequías cuya duración oscila entre 8 a 18 meses (Pino *et al.*, 2001). En el período de estudio, la dosis UV-B total correspondiente a la Ciudad de Panamá es, aproximadamente, 2,9 % más alta que la registrada en la Ciudad de David.

## CONCLUSIÓN

Del análisis de los resultados experimentales, obtenidos hasta el presente, se derivan las conclusiones puntualizadas a continuación:

Los valores máximos de las curvas de irradiancia UV-B horaria media mensual durante la estación seca de los años 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002, ascendieron a 3,27, 3,34, 3,75, 3,82 y 3,81 MED/h, respectivamente.

Durante los meses de junio y julio, los niveles de radiación UVB se atenúan de modo significativo.

Durante los meses de junio y julio, la nubosidad acumulada media alcanza su valor máximo.

En relación al año 1999, la cobertura nubosa media anual de 2000, 2001 y 2002 disminuyó en un 10 %, 14,4 % y 8,7 %, respectivamente.

En relación al año 1999, la dosis UV-B total anual de 2000 y 2001 aumentó en un 20,8 % y en un 21,7 %, respectivamente.

Las dosis UV-B totales mensuales registradas en la Ciudad de Panamá son, aproximadamente, 2,9 % más altas que las detectadas hasta el momento en la Ciudad de David.

Las curvas de irradiancia UV-B horaria media mensual, para el mediodía local, y las de dosis UV-B media mensual, muestran comportamientos similares con un máximo principal en la estación seca y un máximo secundario en el mes de septiembre.

La irradiancia UV-B horaria media mensual mostró un aumento estadísticamente significativo durante 2000 y 2001.

Durante parte del año 2000 y la mayor parte del año 2001, se observó una anomalía positiva, estadísticamente significativa, en la presión atmosférica estandarizada para la Ciudad de Panamá y zonas aledañas.

Para condiciones de cielo despejado, las dosis de radiación ultravioleta B más altas se reciben entre las 10:00 a.m. y las 2:00 p.m.

El valor medio de la columna de ozono total es de 252 DU. El valor mínimo de la columna de ozono (225 DU) se registra durante los meses de diciembre y enero. El valor máximo (300 DU) se registra entre finales de julio y mediados de agosto. No obstante, estos valores se encuentran dentro del margen de variabilidad estacional correspondiente a la latitud de la Ciudad de Panamá.

La columna de ozono total muestra un comportamiento oscilatorio que se describe mediante una función armónica.

## **SUMMARY**

### **CLIMATOLOGIC STUDY OF UV-B RADIATION LEVELS, TOTAL OZONE COLUMN AND CLOUDINESS IN PANAMA**

Since July 1997, continuous measurements of the UV-B radiation levels, total ozone column, cloudiness and other atmospheric parameters have been carried out in the City of Panama. Measurements of the UV-B radiation levels in the City of David began in December of 2001. The analysis of the radiometric data made possible to establish that during the years 2000 and 2001, the monthly average of the irradiance was significantly greater than the measurements taken during the year 1999. During the years 2000 and 2001, an increase in the annual total UV-B dose was registered, with increments of the order of 20,8% and 21,7%, respectively, in relation to 1999. In the present research work it has been determined that the behavior of the radiometric variables mentioned before are in close correlation with a decrease in cloudiness during the same period of time.

A discussion of the evolution of the UV-B irradiance levels, the UV-B dose, total ozone column, cloudiness and atmospheric pressure is presented for the period from 1998 to 2001. Also, a comparison of the UV-B dose for the cities of Panama and David is made for the passed months of 2002. The analysis of the data collected in these cities during 2002 shows that the UV-B levels for the monthly totals of the UV-B dose are slightly higher in Panama City than in the City of David.

The measurements of the UV-B radiation was carried out by means of two broadband radiometers, model 501 UV Biometer. For the total ozone column, the measurements were taken with a portable ozone meter, model Microtops II. All the equipments used in the measurements process are calibrated by the manufacturer of these instruments.

#### **KEYWORDS**

Irradiance, UV Index, UV-B dose, ozone column, cloudiness, climatic change

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BLUMTHALER, M., AMBACH, W., MORYS, M. y SLOMKA, J., 1989. Comparion of Robertson-Berger UV meters from Innsbruck and Belsk. **Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.**, D-32, 230.

ESPINOSA, J., 1999. Causes of the change of seasons in the Panama Canal watershed. **Meteorology Section, Meteorological and Hydrographic Branch, Engineering Division, Panama Canal Commision. Website:** [www.pancanal.com/esp/index.html](http://www.pancanal.com/esp/index.html).

KARNER, O., K.S., 1993. **Effective Cloud Cover**. 1ª Edición, Hampton (Estados Unidos): A. Deepak Publishing, 210 pp.

LONGSTRETH, J., DE GRUIJL, F., KRIPKE, M., ABSECK, S., ARNOLD, F., SLAPER, H., VELDERS, G., TAKIZAWA, Y. y VAN DER LEUN, J., 1998. **Health Risks. Environmental Effects of Ozone Depletion: 1998 Assessment (United Nations Environmental Program)**, Capítulo 2, 38-41.

MADRONICH, S., DE GRUIJL, F., 1994. Stratospheric ozone depletion between 1979 and 1992: implications for biological active ultraviolet-B radiation and non-melanoma skin cancer incidence. **Photochemistry and Photobiology**, Vol. 59, No. 5, 541-546.

MADRONICH, S., McKENZIE, R., BJORN, L., y CALDWELL, M., 1998. Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the earth's surface. **Environmental Effects of Ozone Depletion: 1998 Assessment (United Nations Environmental Program)**, Capítulo 1, 9-10.

McKINLAY, A., D.B., 1987. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. **Commission Internationale d'Eclairage**, 6, 17-22.

MIMS F. M. y FREDERICK J., 1994. Cumulus Clouds and UV-B. **Nature**, 371, 291.

PIACENTINI, R., 2000. Influencia del evento El Niño 1997-1998 sobre las intensidades solares globales incidentes sobre Rosario, Argentina. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, 2, 61-63.

PINO, A., GUERRA, S., SÁNCHEZ, N., MATURELL, A., MEDRANO, J. y ESPINOSA, J., 2001. Descripción preliminar del nivel de radiación UV-B y de la columna de ozono en la Ciudad de Panamá. **Revista Geofísica**, 54, 67-68.

PINO, A. y ESPINOSA, J., 2001. Datos meteorológicos en la cuenca del Canal de Panamá durante el siglo XIX y su aplicabilidad a la variabilidad climática y al cambio climático. **Revista Tecnociencia**, 3, 31-32.

WATSON, R., 1989. **Present State of Knowledge of the Ozone Layer; Ozone Depletion: Health and Environmental Consequences**. 1ª Edición, Londres: John Wiley and Sons Ltd., 280 pp.

#### **AGRADECIMIENTO**

Los autores desean expresar su agradecimiento al personal técnico de la Empresa de Transmisión Eléctrica S. A. (ETESA) que labora en la estación meteorológica que dicha empresa administra en las instalaciones del aeropuerto Enrique Malek, gracias a cuya colaboración se ha logrado establecer el segundo sitio de medición de la Red Radiométrica Nacional. El apoyo brindado por el citado personal técnico ha permitido efectuar una transferencia diaria de los datos registrados por los sensores desde el sitio de medición hasta las computadoras del Laboratorio de Física de la Atmósfera.





## INSTRUCCIONES PARA LOS COLABORADORES

### POLÍTICA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS**

### **CORRESPONDENCIA**

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

### **TEXTO**

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

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

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

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

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

Cada página debe ser enumerada e identificada escribiendo el apellido del autor(es) y el año: (D'Croz, 2002); (v.g. Villarreal, 2 de 10).

Las referencias que se mencionan en el texto deben ir entre paréntesis con el apellido del autor(es) y el año (D'Croz, 2002); Torres, Paredes y Avezza (1997); (Díaz *et al.*, colaboradores, 2001).

### **ESTRUCTURACIÓN DEL MANUSCRITO**

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

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

### RESUMEN

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

### INTRODUCCIÓN

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

### PARTE EXPERIMENTAL

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

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

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

### CONCLUSIÓN

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

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

Las referencias bibliográficas deberán aparecer ordenadas de la siguiente forma:

**- Artículos científicos:**

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

**- Libros:**

BUNGE, M. 2000. *La investigación científica: su estrategia y filosofía*. Colección "Convivium" No. 8. Barcelona: Editorial Ariel, S.A. 544 pp.

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

FARMACOPEA INTERNATIONAL. 1980. 3<sup>a</sup> edición. Vol. I. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 56 pp.

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

**- Tesis:**

LEON, A.J. 2002. *Estructura Económica de Panamá*. Tesis de Doctorado, Universidad de Londres, Londres. 120 pp.

**- Simposium-Seminario-Conferencia:**

MARINO, I.C. 2001. La problemática de la economía panameña. II Congreso Científico Nacional, 2-4 diciembre. Universidad de Panamá. Resumen No. 28. (*en manuscrito*)

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

## AGRADECIMIENTO

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

## ILUSTRACIONES

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

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

## CUADROS

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

**Scientia**

**Revista de Investigación de la Universidad de Panamá**

Para correspondencia, canje o suscripción dirigirse a:

**Centro de Información y Documentación Científica y Tecnológica  
(CIDCYT)**

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

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

Fax (507) 264-4450.

(507) 223-7282.

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

Tarifa (Suscripción anual):

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

Precio de venta .....B/ 5,00

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

Nombre o Institución \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Ciudad \_\_\_\_\_ Zona Postal \_\_\_\_\_

Provincia (o Estado) \_\_\_\_\_ País \_\_\_\_\_

*Esta Revista se terminó de imprimir en los talleres  
de la Imprenta de la Universidad de Panamá  
bajo la administración del Rector  
Dr. Gustavo García de Paredes  
2005*

---

**ÍNDICE**

**HIDROLOGÍA**

ARAÚZ, D.  
Corrientes, sus componentes vectoriales y mareas en la entrada del Canal de Panamá..... 9

GONZÁLEZ, L.M.  
El río Chagres y la sedimentación en el lago Alajuela..... 25

**GENÉTICA**

MARTÍNEZ, R., RAMOS, C., y LASSO, R.  
Determinación de la variación genética en nueve cultivos de arroz (*Oryza sativa* L) mediante marcadores de ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD's)..... 35

**FISIOLOGÍA**

CAICEDO, R.E., ZUMAQUERO, J.L. y QUINTERO, J.D.  
Effect of estrogen in the progesterone production in granulosa cells..... 47

**QUÍMICA**

CHÉRIGO, L., TORRES M., D. y CUBILLA, L.  
Diterpentos Ent-Kauranos aislados de *Hyptis sinuata* y comparación de los perfiles cromatográficos de diferentes extractos..... 57

**ECOLOGÍA**

PÉREZ A, R. y JIMÉNEZ M., A.M.  
Aspectos de la vida de la *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811)..... 71

LÓPEZ, I., LUNA, I.G., GUTIÉRREZ, A. y VILLALAZ, J.R.  
Crecimiento y desove de la almeja blanca *Protothaca asperrima* (*Pelecypoda: Veneridae*) en playa Bique, Arraiján (1996-1997)..... 81

ZUMAQUERO, J.L., CAICEDO, R.E., BALARCA, I. y GONZÁLEZ CRUZ, J.  
Fasciolosis por *Fasciola hepática* (Leuckart, 1882), en fincas ganaderas de Atlixco, Puebla, México y Provincia de Colón, Panamá..... 97

PINO, A., SÁNCHEZ, N., GUERRA, S. MATURELLI, A., SAMUDIO, H., JORDÁN y ESPINOSA, J.  
Estudio climatológico de los niveles de radiación UV-B, columna de ozono total y cobertura nubosa en Panamá. 109

