

ISSN 1808-8092



Biología-Química-Física
Matemática-Estadística

TECNOCIENCIA



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

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL PEACYT EN LAS ESTRUCTURAS DE PENSAMIENTO DE LOS ESTUDIANTES DEL NIVEL MEDIO SUPERIOR

Eduardo Sáenz, Eduardo Chung y José E. Moreno

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

RESUMEN

Estudios anteriores ponen de manifiesto que un conjunto de actividades encaminadas a la consecución de estructuras de pensamiento formal (según Jean Piaget), benefician el aprendizaje de las ciencias. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de la aplicación de las herramientas del PEACYT (Proyecto Esquemas de Aprendizaje Científico y Tecnológico) en las estructuras de pensamiento de los estudiantes de secundaria. Se aplicó la prueba modificada y estandarizada de Lawson a una muestra de estudiantes que recibieron sus clases con la metodología propuesta por el PEACYT durante tres años y a grupos control que siguieron sus clases de manera tradicional durante el mismo tiempo. Se determinó y se comparó la cantidad de estudiantes que alcanzan los niveles de pensamiento concreto, formal y los que están en transición, en ambos grupos. Después de aplicarles las pruebas estadísticas de análisis de variancia y el test de Student, a los resultados, se pudo concluir que si hay diferencias significativas entre ambos grupos. Los estudiantes que reciben sus clases de manera tradicional continúan en el estadio de pensamiento concreto aún después de pasar el nivel medio superior de educación secundaria, mientras que aquellos estudiantes que siguieron clases diseñadas siguiendo las líneas y utilizando las herramientas del PEACYT, tienen un mayor porcentaje de estudiantes en el nivel de pensamiento formal y en promedio están en transición. Esto nos permite afirmar que este tipo de actividades beneficia el paso del nivel de pensamiento concreto al de transición y nos permite recomendar la utilización de la metodología propuesta por el PEACYT en las clases a nivel secundario.

PALABRAS CLAVES

Estructuras de pensamiento, influencia, herramientas.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de conceptos y por ende el rendimiento académico de los estudiantes se ve influido por sus estructuras de pensamiento. Investigaciones como: “Descripción preliminar de los esquemas básicos de pensamiento formal en estudiantes de primer año de las carreras de Ciencias Básicas en la Universidad de Panamá.” (Guerra, S. et al, 1983), “Correlación entre rendimiento académico y posesión de pensamiento formal” (Sánchez, G. et al, 1984)”; “Elaboración, Aplicación y Ensayos de un paquete de enseñanza experimental dirigido al desarrollo de estructuras lógico formales ” (Pérez, O., 1995), “ Elaboración, Aplicación y Evaluación de Lecciones de Física para estudiantes del Nivel Medio Superior” (Montenegro, A. & Gordón, A., 2001), ponen de manifiesto que un conjunto de actividades encaminadas a la consecución de estructuras de pensamiento formal (según Jean Piaget), benefician el aprendizaje de las ciencias.

Piaget, en sus estudios iniciados desde 1920, propuso una teoría para caracterizar el desarrollo de modelos de pensamientos universal, comunes a todos los individuos. La parte fundamental de su teoría radica en la postulación de la existencia de cuatro estadios (o etapas) de desarrollo, cada una de ellas con modelos de razonamiento que le son muy particulares (Inhelder, B. & J. Piaget, 1958).

De acuerdo con lo propuesto por Piaget, estas etapas se desarrollan sucesivamente, de tal forma que cada etapa es precursora de la siguiente. Las dos primeras son las llamadas *sensorio – motor* y *pre – operacional*; las cuales se completan usualmente en los niños de siete u ocho años. Siguen a éstas dos etapas operacionales, llamadas del *pensamiento concreto* y del *pensamiento formal*, que corresponden a los jóvenes de educación media y los que comienzan su formación universitaria o superior, cabe destacar que las edades asignadas a las diferentes etapas fueron determinadas experimentalmente con niños suizo – franceses.

La elaboración de actividades de enseñanza que propicien el paso de una etapa de pensamiento a otra puede beneficiar el aprendizaje de las ciencias en general y de la Física en particular. En una investigación paralela a ésta, titulada “Evaluación Preliminar de la aplicación del Proyecto Esquemas de Aprendizaje Científico y Tecnológico

(PEACYT), en algunas clases de Física para estudiantes del nivel medio superior" (Sáenz, E. et al. 2002), se encontró que el tipo de actividades de enseñanza propuestas por el PEACYT mejora el aprendizaje de la Física en los estudiantes de secundaria. La presente investigación busca evaluar la influencia que tienen las herramientas propuestas por el PEACYT sobre las estructuras de pensamiento de los estudiantes del nivel medio superior de educación secundaria. Consideramos de importancia que nuestros estudiantes logren mejorar sus estructuras de pensamiento, ya que esto puede llevar a que sean más reflexivos y críticos, a la vez que les puede facilitar el aprendizaje de las ciencias, en donde se utilizan conceptos como conservación de masa, volumen, densidad, control de variables, entre otros. Nuestra hipótesis de investigación fue que las actividades diseñadas siguiendo los lineamientos del PEACYT, influyen de manera positiva en las estructuras de pensamiento de los alumnos que salen del nivel de educación secundaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó la prueba estandarizada de Lawson a un grupo de estudiantes de VI año de enseñanza media, para determinar las estructuras de pensamiento que poseían los mismos después de culminar los estudios de este nivel. Se aplicó esta prueba a dos grupos de estudiantes:

Grupos control (A):

Se escogieron estudiantes de tres grupos del último año del nivel medio superior que habían recibido sus clases de Física de manera tradicional desde que ingresaron a este nivel. Estos conforman el grupo control de 70 estudiantes, que representan aproximadamente el 21% del universo estudiantil de sexto año.

Grupos experimental (B):

Este grupo estuvo constituido por 70 estudiantes (21% del total) a los que se les aplicaron las lecciones elaboradas siguiendo la línea del PEACYT. Estos estudiantes fueron atendidos por el mismo profesor de física desde IV hasta VI año. Dicho profesor recibió previamente un entrenamiento en estrategias de enseñanza de las ciencias y en las elaboraciones de lecciones, como integrante del grupo PEACYT.

El profesor en sus cursos utilizó lecciones para extraer las ideas previas de los estudiantes y confrontar las mismas con el fenómeno. Durante el desarrollo de las lecciones se hace reflexionar constantemente al estudiante y mediante una serie de preguntas relacionadas con las experiencias desarrolladas se persigue que el propio estudiante llegue a las respuestas. Dichas lecciones contienen una guía para el docente y otra para el estudiante.

La prueba de Lawson:

Esta prueba estandarizada ayuda a determinar si los estudiantes poseen los siguientes esquemas de pensamiento: conservación de masa, conservación de volumen, proporcionalidad, equilibrio mecánico, control de variables, combinatoria y probabilidad. En esta prueba, la cual ya ha sido validada y modificada, consta de 15 ítems que determinan si el estudiante tiene o no los conceptos arriba descritos. En cada ítem el estudiante debe elegir una respuesta y explicarla. En caso de que la elección sea la correcta, se le asignan 5 puntos; y en caso de que la explique correctamente, se le asignan 5 puntos adicionales. Si llega a suceder que no selecciona correctamente la respuesta y, sin embargo, la explica correctamente, se le asignan los 10 puntos, ya que lo más importante es la explicación del concepto.

Se utiliza la siguiente escala para determinar el nivel de estructura de pensamiento:

0 - 55	nivel de pensamiento concreto
60 - 110	en transición
115 - 150	nivel de pensamiento formal

A los resultados de la prueba de Lawson, obtenidos por los estudiantes del grupo experimental y del grupo control, se les aplicó el análisis de Varianza y el test de Student para ver si hay diferencia significativa entre estos grupos, y poder aceptar o rechazar nuestra hipótesis de investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para darle un seguimiento a un grupo de 70 estudiantes desde cuarto año hasta sexto año, es indispensable tener apoyo de los directivos a la hora de la confección de horarios. Por otro lado, implementar una

metodología en clases, como la recomendada por PEACYT, requiere hacer fuertes cambios en la manera tradicional del docente al impartir sus clases y hacer ajustes en los programas, ya que se cubren menos contenido pero con mayor profundidad. La distribución de las horas también es un factor importante, ya que al trabajar frecuentemente con experiencias, es difícil desarrollarlas en una sola sesión de 38 minutos. Al conseguir docentes voluntarios que permitan evaluar la metodología, a través de pruebas que se le apliquen a sus estudiantes, también requiere una sensibilización del docente.

A continuación, en la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos por los estudiantes en la prueba de Lawson, tanto para el grupo control (grupo A) como para el grupo experimental (grupo B).

Tabla N°1. Puntuación obtenida, por los estudiantes del grupo control (A) y del grupo experimental (B), en la prueba de Lawson.

A ₁ *	B ₁ *						
10	60	45	25	75	30	35	40
15	30	25	70	20	70	40	40
35	50	45	20	0	55	25	120
20	60	15	55	55	60	25	30
25	20	25	25	20	55	15	60
45	25	40	40	20	75	10	60
30	30	30	40	0	100	30	40
45	135	20	115	60	55	35	45
10	45	30	35	20	70	30	65
45	95	40	55	15	80	25	40
20	25	55	95	55	130	10	30
30	20	25	30	55	55	65	25
25	35	110	30	20	85	30	80
15	60	35	95	30	30	10	35
30	65	50	70	10	30	35	40
15	55	25	25	10	60	45	45
20	40	55	65	45	110		
45	60	25	25	45	90		

* Puntuación sobre 150.

En la tabla 2 se muestra el número de estudiantes y el porcentaje de estudiantes que poseen las estructuras de pensamiento concreto, en transición y formal en los grupos experimental y control.

Tabla N°2. Porcentaje de estudiantes que poseen los niveles de pensamiento concreto, formal y en transición, de acuerdo a la puntuación obtenida en la Prueba de Lawson.

Esquema de pensamiento asociado	Grupo control (A)		Grupo experimental (B)	
	Número de estudiantes	Porcentaje	Número de estudiantes	Porcentaje
Concreto (0 – 55)	66	94%	41	58%
Transición (60 – 110)	4	6%	25	36%
Formal (115-150)	0	0%	4	6%

Se utilizó el programa ORIGIN versión 5.0 para calcular la razón t de Student y el análisis de variancia. la tabla 3 muestra estos resultados.

Tabla N°3. Resultados del análisis de variancia aplicado a las puntuaciones obtenidas en la prueba de Lawson, al grupo control(A) y experimental(B).

One-Way ANOVA on col(A) -> col(B):			
Data	Mean	Variance	N
A	31,35714	340,52277	70
B	55,14286	779,68944	70
F = 35,35331			
t = 5,903			

En la tabla 2 se observa que los estudiantes del grupo control (A) en su gran mayoría (94%) continúan en el estadio de pensamiento concreto, sólo el 6% de estos estudiantes lograron la transición y ningún estudiante de este grupo logró alcanzar el nivel de pensamiento formal; mientras que el 58% de los estudiantes del grupo experimentales (B) permanecen aún en el nivel concreto, el 36 % llegó a la transición y sólo el 6% lograron alcanzar el nivel de pensamiento formal.

Para los resultados de la prueba de Lawson, obtenidas por el grupo experimental y por el control, se calculó la razón t y F para ver si existe diferencia significativa, en las medias de las puntuaciones obtenidas por estos grupos. El cálculo de t da como resultado:

$$t_{\text{experimental}} = 5,903$$

Según Levin, 1979, para 138 grados de libertad y un nivel de confianza 0,01:

$$t_{\text{teórico}} = 2,604$$

como $t_{\text{experimental}} > t_{\text{teórico}}$ debemos aceptar nuestra hipótesis de investigación.

Como muestra la tabla 3 la razón F para la variación entre las muestras y dentro de las muestras:

$$F_{\text{experimental}} = 35,353$$

El valor teórico para este número de estudiantes por muestra debe ser, para una nivel de confianza de 0,01 (según Levin, 1979):

$$F_{\text{teórico}} = 6,781$$

Vemos que como $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórica}}$ por lo que podemos aceptar nuestra hipótesis de investigación.

Estos resultados de la razón t y F nos indican que hay diferencia significativa en la media de las puntuaciones de la prueba de Lawson, obtenida por los estudiantes del grupo experimental, con la media obtenida por los del grupo control.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la presente investigación podemos destacar las siguientes conclusiones:

- Los grupos que siguieron la metodología propuesta por el PEACYT lograron alcanzar en mayor porcentaje el paso del pensamiento concreto a transición y un pequeño porcentaje logró

obtener pensamiento formal, mientras que los estudiantes que no siguieron esta metodología continuaron en su mayoría en el nivel de pensamiento concreto.

- La metodología propuesta por el PEACYT, beneficia mayormente el paso de un nivel de pensamiento concreto a transición y al formal, y en menor escala a la obtención del pensamiento formal.

Entre las recomendaciones que podemos hacer están:

- Expandir el proyecto PEACYT a un mayor número de escuelas del país, para lograr la maduración de las estructuras de pensamiento en los estudiantes de nivel secundario, que es necesario para un mejor rendimiento en las asignaturas del área científica.
- Realizar una investigación en la que se estudie el rendimiento académico global de los estudiantes respecto a sus estructuras de pensamiento en los colegios secundarios.

ABSTRACT

Preliminary studies established that a proper set of activities lead to gain a formal mental structure (according to Jean Piaget) is helpful to understand sciences. The objective of this investigation is to evaluate the influence of the application of PEACYT's tools (Proyecto Esquema de Aprendizaje Científico y Tecnológico) in the mental structure of high schools students. Lawson's modified and standardized test has been applied to a sample group of students that received their classes with PEACYT's methodology during the last three years and controls group that received their class in the traditional way during the same time. The amount of students that reached the formal structure, concrete structure and in transition between the structure have been determined and compared in both group. After the analysis of statistical test of variance analysis and Student test it can concluded that are a significance difference between this two group. The concrete mental structure has been maintained by students who received their classes in the traditional way even after three approve the high school, while other students that received their classes using PEACYT's methodology tools have more percent of students in the formal mental structure and in average is in transition between both structure. This allows us to said that this kind of activities is helpful to achieve the formal structure from concrete structure and we recommend the PEACYT methodology in the classes at high school.

KEYWORDS

Mental structure, influence, tools.

REFERENCIAS

Inhelder, B. & J. Piaget. 1958. The growth of logical thinking from child-hood to Adolescence, New York Basic Books. New York, USA.

Ruiz, A., D. Barnett, F. Bethancourt, B. Fernández, E. Gordón, M. Grijalva, S. Guerra, A. Maturell, V. Moreno, S. Núñez, I. Rodríguez, M. Samudio & G. Sánchez. 1982. Descripción preliminar de los esquemas básicos de pensamiento formal en estudiantes de primer año de las carreras de Ciencias Básicas en la Universidad de Panamá. *ConCiencia*. IX (3):1-5.

Sánchez, G., S. Guerra, M. Samudio & A. Maturell. 1983. Correlación entre rendimiento académico y posición de pensamiento formal. *ConCiencia*. X (1):7-10.

Pérez, O. 1995. Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá.

Montenegro, A. & A. Gordón. 2002. Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá.

Levin, J. 1979. Fundamentos estadísticos en la Investigación Social, Editorial Harla, México.

Recibido octubre del 2002, aceptado diciembre del 2002.



EL GÉNERO *Megistommum* SCHULZ EN PANAMÁ: NUEVOS REGISTROS DE *M. splendidum* Y *M. evansi*, Y PRIMER REGISTRO DE LAS PRESAS UTILIZADAS POR *Megistommum* (HYMENOPTERA: SPHECIDAE: BEMBICINAE)

Roberto A. Cambra T.

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

Estafeta Universitaria, Panamá, República de Panamá.

e-mail: rcambra@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

El género *Megistommum* Schulz se registra por primera vez en Panamá con la captura de cuatro hembras de *M. splendidum* (Handlirsch) y tres hembras de *M. evansi* R. Bohart en cuatro Provincias. Se registran por primera vez presas para el género *Megistommum*. Se presentan caracteres morfológicos y de coloración que permiten diferenciar a *M. splendidum* de *M. evansi*.

PALABRAS CLAVES

Megistommum, hospederos, nuevos registros, Panamá.

INTRODUCCIÓN

El género *Megistommum* (Handlirsch) es un género de avispas esfécidas exclusivo de América. Este género incluye cinco especies: *M. nigriceps* (F. Smith); *M. politum*, (F. Smith), dos especies de Brasil; *M. splendidum* (Handlirsch), de México hasta Costa Rica; *M. evansi* R. Bohart, de Costa Rica; y *M. procerus* (Handlirsch), de Ecuador hasta Argentina (Bohart 2000). Hanson & Menke (1995) mencionan que nada es conocido sobre la biología de *Megistommum*. En este trabajo se presentan los primeros registros del género para Panamá y damos la primera información biológica respecto a cuáles presas utilizan como

hospederos. Los especímenes estudiados se encuentran depositados en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros

Megistommum splendidum (Handlirsch, 1888)

(Fig. 1)

Material examinado - PANAMÁ: Provincia Coclé: El Copé, Parque Nac. Omar Torrijos H., 14 jun 1990, col. A. Mena, 1 hembra; Cerro Cara de Iguana, El Valle de Antón, 2-3 oct. 1988, R. Cambra, 1 hembra. Provincia Bocas del Toro, Parq. Int. La Amistad, Wekso-Teribe, 17-24 oct 1999, col. A. Santos (trampa amarilla), 1 hembra. Provincia Veraguas, Dist. Bahía Honda, Sendero Río Limón – Estac. biol. El Edén, 28 may – 2 jun 2002, cols. R. Cambra, A. Santos, 1 hembra.

Comentarios: Primer registro del género y la especie para Panamá. Esta especie era previamente conocida de México, Guatemala, Honduras, El Salvador y Costa Rica (Bohart 2000, Hanson & Menke 1995). Las cuatro hembras fueron colectadas en la estación lluviosa en áreas boscosas secundarias de tres Provincias de Panamá.

Megistommum evansi R. Bohart, 2000

Material examinado - PANAMÁ: Provincia Darién: P. Nac. Darién, Estación Rancho Frío, 7-16 nov 2000, col. R. Cambra, 1 hembra [capturada con un homóptero adulto paralizado de *Hyalodiction* sp. (Dyctiopharidae)]; P. Nac. Darién, Río Uruseca, cerca a la cascada Torok [8° 01' 33" N., 77° 42' 42" O.] (Fig. 2), 21 ene. 2001, col. R. Cambra, 1 hembra [capturada con un homóptero adulto paralizado e identificado como cercano al género *Prairiana* (Cicadellidae: Gyponinae)]. Provincia Coclé: El Copé, Parque Nac. Omar Torrijos H., vertiente atlántica, camino a San Juan, 1 sep 1990, col. R. Cambra, 1 hembra.

Comentarios: Primer registro de *M. evansi* para Panamá; especie conocida previamente de Costa Rica (Bohart 2000). La captura de dos hembras de *M. evansi* en el Parque Nacional Darién con sus presas paralizadas de *Hyalodiction* sp. (Dyctiopharidae) y de un género cercano a *Prairiana* (Cicadellidae) representan los primeros registros de

las presas utilizadas como hospederos de *Megistommmum*. El género *Megistommmum* pertenece a la tribu Gorytini. Todos los géneros conocidos de esta tribu, a los cuales se les conocen sus presas, utilizan como hospederos ninfas y adultos de homópteros de las familias Membracidae, Cicadellidae, Psyllidae, Fulgoridae, Cercopidae y Cicadidae (Bohart & Menke 1976).

Megistommmum splendidum y *M. evansi* presentan características morfológicas y de coloración muy parecidas. La primera especie presenta el esclerito supraclipeal cerca de igual ancho que alto, en *M. evansi* el esclerito supraclipeal es distintivamente más largo que ancho (Bohart 2000); *M. evansi* presenta una más angosta distancia interocular y el propodeum lateralmente con una mancha negra circular dentro de la mancha cuticular amarilla (Bohart 2000). Los especímenes de *E. evansi* colectados en Panamá presentan una banda tegumentaria amarilla en la parte posterolateral del vértex, entre los ojos y ocelos posteriores; y el surco preescutelar no presenta foveas; mientras que los especímenes de *M. splendidum* colectados en Panamá carecen de las bandas amarillas en las áreas posterolaterales del vértex, y el surco preescutelar es foveado (obs. pers.).

CONCLUSIONES

Dos especies de *Megistommmum* están presentes en Panamá: *M. splendidum* (Handlirsch) 1888 y *M. evansi* R. Bohart. El género *Megistommmum*, al igual que todos los otros géneros de la tribu Gorytini, utilizan como presas homópteros. La distribución más al sur conocida para *M. splendidum* y *M. evansi* en la República de Panamá, en Bahía Honda y el Parque Nacional Darién, respectivamente.

ABSTRACT

Megistommmum Schulz is recorded for first time from Panama with the capture of *M. splendidum* (Handlirsch) and *M. evansi* R. Bohart. First host records for *Megistommmum* are given. Morphological and coloration differences useful for the recognition of *M. splendidum* and *M. evansi* are discussed.

KEYWORDS

Megistommmum, hosts, new records, Panama.

REFERENCIAS

Bohart, R. M. & A. S. Menke. 1976. *Sphecid wasps of the world*. Univ. Calif. Press. 695 pags.

Bohart, R. M. 2000. A Review of Gorytini in the Neotropical Region (Hymenoptera: Sphechidae: Bembicinae). *Contributions on Entomology, International*, 4(2): 111-259.

Hanson, P. & A. S. Menke. 1995. The Sphecid wasps (Sphecidae). págs. 621 - 649. En: Hanson, P. E. & I. D. Gauld, (eds.) *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford University Press. 893 págs.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Diomedes Quintero A. y Paul Hanson, Universidad de Panamá y Universidad de Costa Rica, respectivamente, por los valiosos comentarios y sugerencias para mejorar este manuscrito; a Carolina Godoy, Instituto Nacional de Biodiversidad, por la identificación de el Cicadellidae y corroborar mi identificación del Dyciopharidae; a Alfonso Sanabria y Erick Solís, Proyecto BioDarién y Co-Manejo-ANAM, por proveer parte de los fondos para las giras al Parque Nacional Darién; a Eduardo Flores, Decano de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, por haber apoyado con viáticos parte del costo de las giras al Parque Nacional Darién; a Luis Pizarro, Leonardo Bustamante, Cristian Algis Barrios, Eliceo “Cholo” Pandales y José Contreras, guardaparques de ANAM, por la asistencia brindada durante el trabajo de campo; a Alonso Santos por ayudar en las colectas de campo y por fotografiar el espécimen presentado en esta publicación; a Angel Aguirre, Smithsonian Tropical Research Institute, por la ayuda en localizar las referencias bibliográficas; a Orlando Cambra y Orlando Padilla por el apoyo logístico brindado. El trabajo de campo en el Parque Nacional Darién fue apoyado en parte por fondos de BioDarién (PAN/94/G31) y el Proyecto Co-Manejo-ANAM.

Recibido diciembre del 2002, aceptado marzo del 2003.



Fig. 1. Vista dorsal de *Megistommum splendidum* (Handlirsch), hembra, El Copé, Coclé. Longitud corporal: 13.5 mm.



Fig. 2. Cascada Torok, Río Uruseca: lugar de colecta de *Megistommum evansi* R. Bohart con su presa Cicadellidae.



**MARIPOSAS DEL PARQUE NACIONAL DARIÉN:
NYMPHALIDAE, PAPILIONIDAE Y PIERIDAE (LEPIDOPTERA)
DEPOSITADAS EN EL MUSEO DE INVERTEBRADOS G. B.
FAIRCHILD, UNIVERSIDAD DE PANAMA**

Alonso Santos M. y Roberto A. Cambra T.

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

Estafeta Universitaria, Panamá, República de Panamá.

e-mail: santosa@tivoli.si.edu, rcambra@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

Se presenta un listado de especies de las mariposas Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae del Parque Nacional Darién (PND) que se encuentran depositadas en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá (MIUP). Se registran para el Parque Nacional Darién 65 géneros y 123 especies y subespecies de Nymphalidae; 3 géneros y 14 especies y subespecies de Papilionidae; 9 géneros y 15 especies y subespecies de Pieridae. Se presentan fotografías de las especies más coloridas y llamativas de estas familias de mariposas como un incentivo al desarrollo econurístico del Parque Nacional Darién.

PALABRAS CLAVES

Diversidad, Mariposas, Parque Nacional Darién.

INTRODUCCIÓN

Las mariposas incluyen algunas de los insectos que más atraen la atención de las personas y coleccionistas por su espectacular colorido. Constituyen importante material para la investigación y han sido explotadas en muchos países como un atractivo turístico. Las mariposas pueden ser consideradas un elemento estético del paisaje y también pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad de los

ecosistemas. DeVries (1987) considera que la diversidad de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae es muy parecida entre Costa Rica y Panamá: 543 especies para Costa Rica y cerca de 550 especies para Panamá (estimado basado en el trabajo no publicado del ya fallecido Gordon B. Small).

El presente trabajo da a conocer la diversidad de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae en el Parque Nacional Darién (PND), como un incentivo al desarrollo ecoturístico del área. Esta publicación es el resultado de la identificación de las mariposas colectadas por Gordon B. Small y depositadas en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild de la Universidad de Panamá (MIUP), así como de varias giras realizadas al PND por el personal del MIUP.

MATERIALES Y MÉTODOS

MÉTODO DE COLECTA Y CONSERVACIÓN:

Para atrapar las mariposas se escogieron sitios donde se observaba la florescencia y fructificación de las plantas dentro del bosque, en los senderos, al igual que en áreas abiertas. Las mariposas eran colectadas con redes manuales entomológicas. Una vez capturadas se procedía a inmovilizarlas con un firme apretón a nivel del tórax. Posteriormente se colocaban en sobres de papel de acuerdo al tamaño de la mariposa. Entonces fueron colocadas en cámara húmeda (agua + fenol 10 %) por 48 horas, para que el montaje en los extensores resultara más fácil. Transcurrido este tiempo, las mariposas fueron montadas en alfileres entomológicos sobre extensores de madera. Posterior al secado, las muestras fueron etiquetadas, identificadas y depositadas en la colección del MIUP.

SITIOS DE COLECTA:

El PND se localiza en la parte oriental de la República de Panamá en la Provincia del Darién, colindando en el 90% con la frontera colombo-panameña. Parte de sus límites coinciden con los del Parque Nacional Los Katios en Colombia. Su ubicación exacta en latitud norte es 8° 31' y sur 7° 13' ; longitud este 77° 10' 00'' y oeste 78° 26'. Este parque presenta una extensión de 579.000 hectáreas con elevaciones que van desde los 0 hasta los 1875 m.s.n.m. El clima es húmedo y cálido, con una precipitación anual que varía entre los 2000 a 5000 mm. Las temperaturas varían desde los 16°C. a 27°C.

Todos los especímenes procedentes del área de Cana (PND) fueron colectados en los meses de diciembre y enero de 1984, identificados y donados al MIUP por el Dr. Gordon Small. También se incluyen especímenes colectados en la Estación Rancho Frio (08° 01' 07" N 77° 43' 57" O) por el personal del MIUP. Las giras fueron realizadas del 9-17 abril 2002, del 30 julio-8 agosto 2002 y del 2-18 octubre 2002. Para la identificación de las mariposas colectadas en el área de la Estación de Rancho Frio se utilizó el trabajo de DeVries (1987) y se revisó el trabajo de Lamas & Small (1992) para actualizar los cambios taxonómicos de la Nymphalinae.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se colectaron en el PND 279 especímenes de mariposas distribuidas en 65 géneros y 123 especies y subespecies de Nymphalidae (Cuadro 1), 3 géneros y 14 especies y subespecies de Papilionidae (Cuadro 2), 9 géneros y 15 especies y subespecies de Pieridae (Cuadro 3). De los 279 especímenes, 240 fueron colectados en Cana y 39 capturados en el área de la Estación Rancho Frio, Pirre.

CONCLUSIONES

El PND posee una rica fauna de especies de mariposas de las familias Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae, tal cual lo demuestran las 151 especies colectadas, las cuales representan el 27.5% del total de especies (550) reportadas para Panamá. A pesar de que se ha realizado un gran esfuerzo de colecta en el PND, sólo se han logrado colectar 151 especies, razón por la cual esta publicación debe ser considerada como un listado preliminar, debido al gran número de especies registradas en la literatura con distribución Centro y Suramérica y presentes en Panamá que no han sido colectadas por nosotros en el PND. Por ello, esperamos que esta publicación sirva de incentivo para promover las visitas al parque de personas nacionales e internacionales interesadas en conocer las mariposas, hacer ecoturismo e investigación, y emplearla por los visitantes del parque como una guía de campo práctica para reconocer algunas de las mariposas más coloridas y espectaculares de nuestro país.

ABSTRACT

We present a checklist of Nymphalidae, Papilionidae and Pieridae butterflies collected in the Darien National Park and deposited in the Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, University of Panama. We report for the Darien National Park 65 genera and 123 species and subspecies of Nymphalidae; 3 genera and 14 species and subspecies of Papilionidae; 9 genera and 15 species and subspecies of Pieridae. We present photographs of the most colorful and beautiful butterflies as an incentive for the development of ecotourism in the Darien National Park.

KEYWORDS

Diversity, butterflies, Darien National Park.

REFERENCIAS

DeVries, P. J. 1987. *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 327 págs.

Lamas, G. & G. B. Small. 1992. Catalogue of the Nymphalinae of Panama (Lepidoptera: Nymphalidae), págs. 554-566. *En*: Quintero, D. & Aiello, A. (eds.). *Insects of Panama and Mesoamerica*. Oxford University Press, Oxford. 692 págs.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Alfonso Sanabria y Erick Solís, Proyecto BioDarién y Co-Manejo P.N.D.-ANAM, por proveer parte de los fondos para las giras al Parque Nacional Darién; a Eduardo Flores, Decano de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, por haber apoyado con viáticos parte del costo de las giras al Parque Nacional Darién; a Diomedes Quintero A., Universidad de Panamá, por los valiosos comentarios y sugerencias para mejorar este manuscrito; a todos los guardaparques de la Estación Rancho Frio, en especial a Luis Pizarro y Leonardo Bustamante, por la asistencia brindada durante el trabajo de campo; a Ricardo Rivera y Laura Fernández, de la Dirección de Patrimonio Natural, ANAM, por su apoyo en la gestión de los permisos de colecta y hospedaje en El Real. El trabajo de campo en el Parque Nacional Darién fue apoyado en parte por fondos de BioDarién-ANAM (PAN/94/G31) y el Proyecto Co-Manejo Parque Nacional Darién-ANAM.

Recibido febrero del 2003, aceptado marzo del 2003.

ANEXOS

Cuadro 1. Lista de especies de Nymphalidae colectados en el Parque Nacional Darién.

<i>Actinote melampeplos</i> God. & Salv., 1881 [1], C	<i>Dynamine chryseis</i> (Bates, 1865) [1], CP. (Fig. 7)
<i>Adelpha cytherea marcia</i> Fruhs., 1915 [1], C	<i>D. anubis pieridoides</i> (C. & R. Felder, 1867) [1], C
<i>A. erotta erotta</i> (Hwt., 1847) [1], C	<i>Ephile eriopsis</i> Hwt., 1857 [1], C
<i>A. iphicles</i> (L., 1758) [1], C; [1], CP	<i>E. adrasta</i> Hwt., 1861 sbsp. [1], C
<i>A. justina justina</i> (C. & R. Felder, 1861) [3], C	<i>Eresia poecilina</i> Bates, 1866 sbsp. [2], C
<i>A. leuceria</i> (Druce, 1874) [1], C	<i>Eryphanis aesacus buboculus</i> (Butler, 1872) [2], C
<i>A. leucophthalma leucophthalma</i> (Latr., 1809) [2], C	<i>Eueides aliphera</i> (Godart, 1819) [1], CP
<i>A. phylaca pseudoaethalia</i> Hall, 1938 [1], C. (Fig. 19)	<i>E. isabella</i> (Cr., 1781) sbsp. <i>eva</i> (F.) [1], C
<i>A. zalmona</i> (Hwt., 1871) [1], C	<i>Eunica eurota amata</i> Druce, 1874 [2], C. (Figs. 9-10)
<i>Aeria eurimedia agna</i> God. & Salv., 1879 [1], C; [1], CP	<i>Euptychia arnaea</i> (F., 1777) [1], C
<i>Anartia amathea</i> (L., 1758) [1], CP	<i>E. molina</i> (Hbn., 1818) [1], C
<i>Antirrhoea multiades multiades</i> (F., 1793) [2], C. (Fig. 26)	<i>Eutresis hypereia</i> God. & Salv., 1877 sbsp. [1], C
<i>Archaeoprepona meander amphimachus</i> (F., 1775) [1], C	<i>Godyris zavaleta</i> Hwt., 1854 sbsp. [2], C
<i>A. demophon nason</i> (Fruh., 1905) [1], C	<i>Greta polissena</i> (Hwt., 1863) sbsp. [1], C
<i>Caligo</i> sp. [2], CP	<i>G. andromica</i> (Hwt., 1854) sbsp. [2], C
<i>Callicore pitheas</i> (Latr., 1813) [1], CP. (Figs. 13-14)	<i>Haetera macleaniana</i> Bates, 1965 [2], C
<i>Callithomia hezia</i> (Hwt., 1853) sbsp. <i>smalli</i> Fox [2], C	<i>Hamadryas fornax fornacalia</i> (Fruh., 1907) [3], C. (Fig. 17)
<i>C. lenea</i> (Cr., 1782) sbsp. <i>callipero</i> Bates [2], C	<i>Heliconius charitonius</i> (L., 1767) sbsp. <i>bassleri</i> C. & B. [3], C. (Fig. 25)
<i>Castilia erantes</i> (Hwt., 1857) [3], C	<i>H. clysonymus clysonymus</i> Latr., 1817 [1], C
<i>C. myia</i> (Hwt., 1874) [1], C	<i>H. cydno chioneus</i> Bates, 1864 [2], C. (Fig. 24)
<i>Catoblepia orgetoria</i> (Hwt., 1870) sbsp. [1], C	<i>H. doris</i> (L., 1771) sbsp. <i>eratonius</i> Stdg. [1], C; [1], CP
<i>Catonephele numilia esite</i> (R. Felder, 1869) [1], C. (Fig. 8)	<i>H. eleuchia</i> Hwt., 1853 sbsp. <i>eleusinus</i> Stdg. [3], C; [1], CP
<i>C. nyctimus</i> (Wstw., 1850) [1], C	<i>H. melpomene melpomene</i> (L., 1758) [2], C; [4], CP. (Fig. 21)
<i>Cissta confusa</i> (Stdg., 1888) [1], C	<i>H. sara sara</i> (F., 1793) [1], C
<i>C. gigas</i> (Butler, 1866) [1], C	<i>Historis acheronta acheronta</i> (F., 1775) [1], C
<i>C. ocirrhoe</i> (F., 1777) [1], C	<i>Hyaliris excelsa</i> (God. & Salv., 1878) sbsp. [2], C
<i>C. tiessa</i> (Hwt., 1869) [1], C	<i>Hypanartia lethe</i> (F., 1793) [1], C. (Figs. 11-12)
<i>Cithaeris menander</i> (Drury, 1782) [1], CP. (Fig. 18)	<i>Hypna clytemnestra clytemnestra</i> (Cr., 1777) [3], C
<i>Dione junio huascuma</i> (Reakirt, 1866) [1], C; [1], CP	<i>Hypoleria lavinia libera</i> God. & Salv., 1879 [3], C; [2], CP
<i>Dircenna olyras</i> (Feld. & Feld. 1865) [2], C	<i>Hyposcada illisima aesion</i> (God. & Salv.), [3], C
<i>D. relata</i> Butler & Druce, 1872 sbsp. [5], C	<i>H. virginiana adelphina</i> (Bates, 1866) [2], C
<i>Dulcedo polita</i> (Hwt., 1869) [1], C; [1], CP	<i>Hypothyris euclea philetaera</i> (Hwt.) [2], C

Cuadro 1. Continuación

<i>Hypothyris lycaste lycaste</i> (F., 1793) [4], C	<i>Napeogenes tolosa</i> (Hwt., 1855) sbsp. [3], C
<i>H. ocalea</i> (Dbd. & Hwt., 1847) sbsp. [1], C	<i>Nessaea aglaura</i> (Dbd., 1848) sbsp. [1], C
<i>Ithomia celemia</i> Hwt., 1853 sbsp. [3], C	<i>Nica flavilla</i> (Godart, 1824) sbsp. [1], C
<i>I. diasia huppocrenis</i> Bates, 1866. [1], C; [1], CP	<i>Oleria paula</i> (Weymer, 1884) sbsp. [2], C; [1], CP
<i>I. drymo</i> Hbn., 1816 sbsp. <i>centromaculata</i> Weymer [1], C	<i>Oleria</i> sp. [1], C
<i>I. hyala</i> Hwt., 1855 sbsp. [2], C	<i>Ohyras crathis</i> Dbd., 1847 sbsp. [1], C
<i>I. iphianassa panamensis</i> Bates, 1863 [3], C	<i>O. insignis</i> Salv., 1869 sbsp. <i>praestans</i> God. & Salv. [2], C
<i>Lycorea cleobaea atergatts</i> Dbd., 1847 [1], C; [1], CP	<i>Opsiphanes cassina fabricii</i> (Bsd., 1870) [2], C
<i>Marpesia berania</i> (Hwt., 1852) [1], C. (Fig. 22)	<i>Pareuptychia</i> sp. near <i>metaleuca</i> [1], C
<i>M. chiron martus</i> (Cr., 1780) [2], C; [1], CP	<i>Pierella helvina ocreata</i> God. & Salv., 1868 [2], C. (Fig. 20)
<i>M. coresta</i> (Godart, 1823) [1], C	<i>P. luna luna</i> (F., 1793) [2], CP
<i>M. furcula</i> (F., 1782) [1], CP	<i>Prepona omphale octavia</i> Fruh., 1904 [1], C. (Fig. 15)
<i>M. merops merops</i> (Doyere, 1840) [2], C. (Fig. 23)	<i>Pseudoscada utilla</i> (Hwt., 1865) sbsp. [1], C
<i>Mechanitis lysimnia macrinus</i> Hwt., 1860 [3], C. [1], CP	<i>Pteronymia artena</i> (Hwt., 1854) sbsp. [1], C
<i>Melinaea idae idae</i> C. & R. Felder, 1862 [4], C	<i>P. cotyto</i> (Guerin, 1844) sbsp. [3], C
<i>M. lilis messatis</i> (Hwt.) [3], C	<i>P. donata</i> Haensch, 1909 sbsp. [2], C
<i>Memphis arginussa eubaena</i> (Bsd., 1870) [5], C	<i>P. latilla latilla</i> (Hwt., 1854) [2], C
<i>M. glycertum</i> (Dbd., 1850) [4], C. (Fig. 27)	<i>P. notilla</i> Butler & Druce, 1872 sbsp. [2], C
<i>M. laura</i> (Druce, 1877) sbsp. <i>balboa</i> Hall [2], C	<i>P. tigranes</i> (God. & Salv.) [1], C
<i>M. pithyusa</i> (R. Felder, 1869) [1], C	<i>Pyrrhogyra otolais otolais</i> Bates, 1864 [2], C
<i>M. ryphea ryphea</i> (Cr., 1775) [1], C	<i>Siproeta stelenes biplogiata</i> (Fruh., 1907) [1], CP
<i>M. xenocles xenocles</i> (Wstrw., 1850) [4], C	<i>Scada zibia xanthina</i> (Bates, 1866) [1], C
<i>Metomorpha elissa</i> Hbn., 1819 [3], C	<i>Smyrna blomfieldia datis</i> Fruh., 1908 [3], C. (Fig. 16)
<i>orpha amathonte</i> Deyrolle, 1860 sbsp. <i>centralis</i> Stdg. [1], C	<i>Taygetis andromeda</i> (Cr., 1779) [2], CP
<i>M. peleides</i> Kollar, 1850 sbsp. [1], C; [1], CP. (Figs. 28-29)	<i>T. xenana godmani</i> Stdg., 1888 [1], C
<i>M. theseus aquarius</i> Butler, 1872 [1], C. (Figs. 30-31)	<i>T. mermeria mermeria</i> (Cr., 1779) [1], C
<i>Myscelia cyaniris cyaniris</i> Dbd., 1848 [1], C	<i>Tegosa anieta</i> (Hwt., 1864) [2], C
<i>Napeogenes cranto cranto</i> C. & R. Felder, 1865 [1], C; [1], CP	<i>Temenis laothoe hondurensis</i> Fruh., 1907 [2], C
<i>N. peredia</i> (Hwt., 1854) sbsp. <i>hemimelaena</i> [2], C; [1], CP	<i>Tigridia acesta acesta</i> (L., 1758) [1], C
<i>N. stella</i> (Hwt., 1854) sbsp. [3], C	

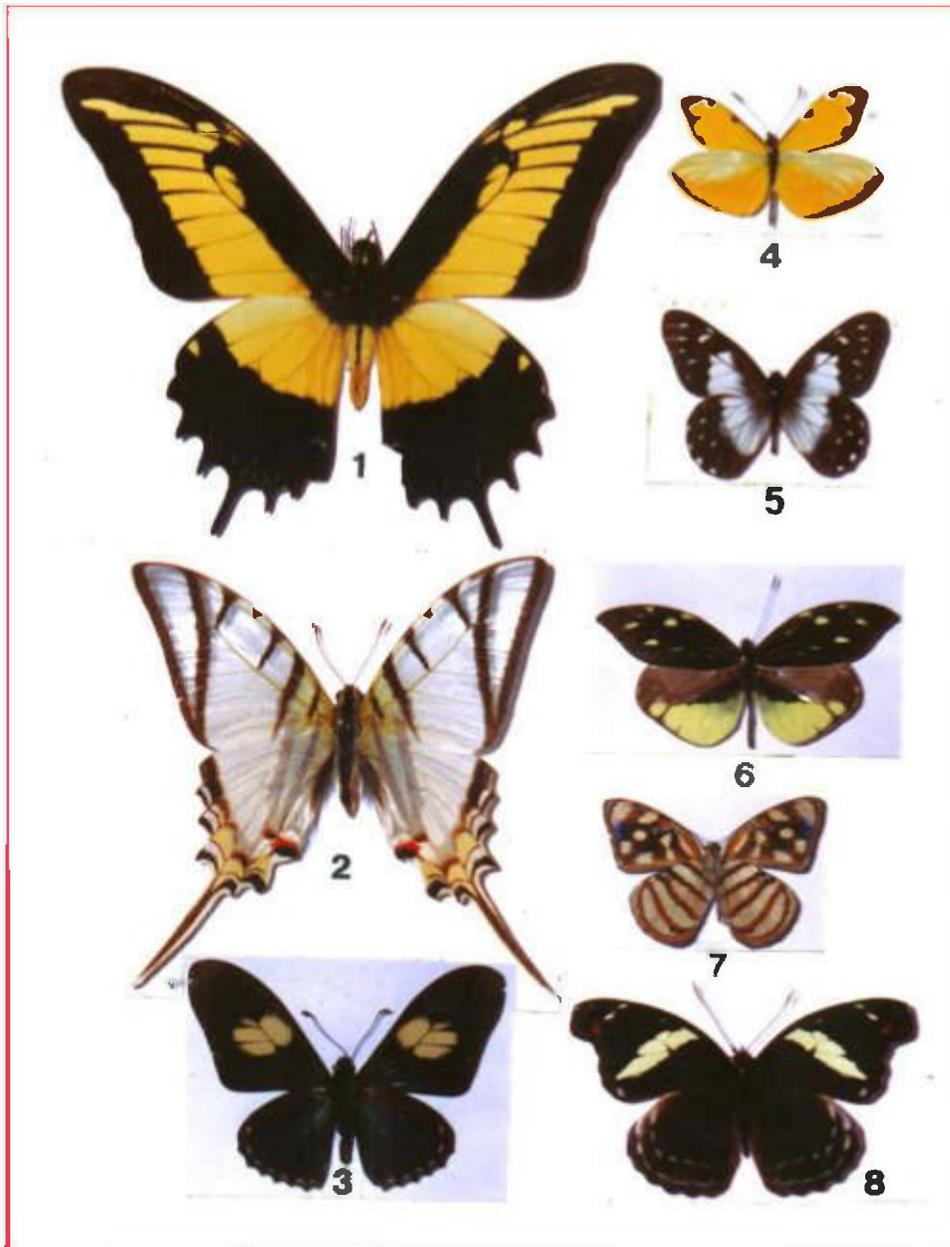
[] = número de especímenes colectados de cada especie; C = Cana, Parque Nacional Darién; CP = Estación Rancho Frio, Parque Nacional Darién.

Cuadro 2. Lista de especies de Papilionidae colectados en el Parque Nacional Darién.

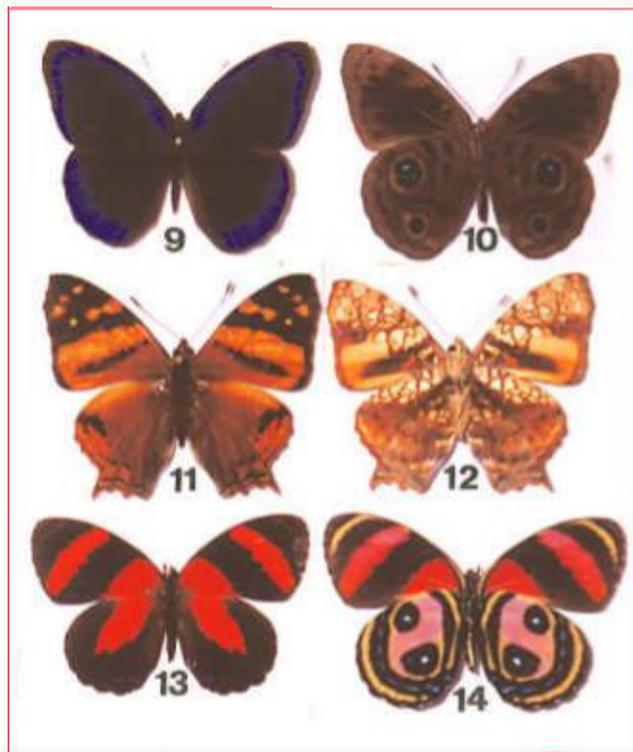
<i>Eurytides agesilaus eimeri</i> (Rths. & Jdn., 1906) [2], C	<i>E. protesilaus dariensis</i> (Rths. & Jdn., 1906) [1], C
<i>E. euryleon chusoculis</i> (Butler, 1872) [1], C	<i>E. telesilaus</i> (Felder, 1864) sbsp. <i>dolius</i> (Rths. & Jdn.) [2], C. (Fig. 2)
<i>E. glaucolaus glaucolaus</i> (Bates, 1864) [2], C	<i>Papilio anchisiades idaeus</i> F., 1793 [1], C
<i>E. ilus</i> (F., 1793) [1], C	<i>P. androgenus androgenus</i> Cr., 1775 [2], C. (Fig. 1)
<i>E. lacandonae</i> (Bates, 1864) [2], C	<i>P. thoas nealces</i> Rths. & Jdn., 1906 [1], C; [1], CP
<i>E. marchandi panamensis</i> (Oberthur, 1880) [3], C	<i>Parides lycimenes-erithalion-iphidamas</i> complex [1], CP
<i>E. pausanias</i> (Hwt., 1852) <i>cleombrotus</i> (Strecker) [2], C. (Fig. 3)	<i>P. eurimedes</i> (Stoll, 1780) sbsp. <i>mycale</i> [3], CP

Cuadro 3. Lista de especies de Pieridae colectados en el Parque Nacional Darién.

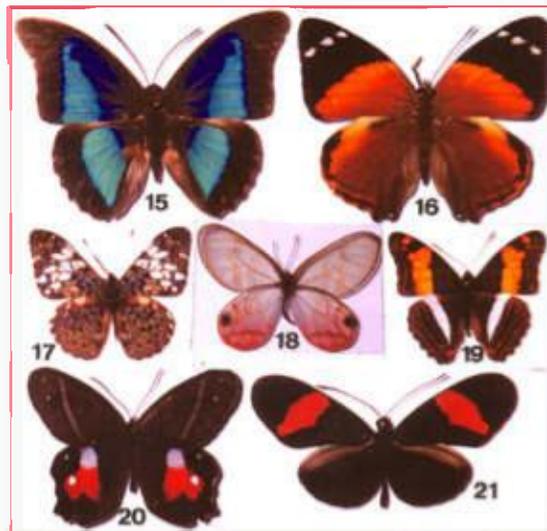
<i>Appias drusilla</i> (Cr., 1777) [1], C	<i>Encantia melite annalia</i> (Stdg., 1884) [2], C. (Fig. 4)
<i>Catacticta sisamnis sisamnis</i> (F., 1793) [2], C. (Fig. 5)	<i>Eurema दौरा दौरा</i> (Godart, 1819) [1], C
<i>Dismorphia amphiona</i> (Cr., 1779) sbsp. <i>beroe</i> (Lucas) [3], C	<i>Itaballia mandela</i> Felder, 1861 sbsp. <i>noctipennis</i> [3], C
<i>D. eunoe desine</i> (Hwt., 1869) [1], C	<i>Itaballia</i> sp. [2], CP
<i>D. eunoe</i> sbsp. [2], C	<i>Lieinix nemesis</i> (Latr., 1813) sbsp. <i>megaera</i> Lamas [1], C. (Fig. 6)
<i>D. theucaria</i> Dbd., 1848 sbsp. <i>siloe</i> (Hwt.) [2], C	<i>Patia orise sororia</i> (Butler, 1872) [1], C
<i>D. zaeta</i> (Hwt., 1858) sbsp. [1], C	<i>Perrhybris pyrria</i> (F., 1775) sbsp. <i>malenka?</i> Hwt. [1], C
<i>D. zathoe demeter</i> Rober [1], C	



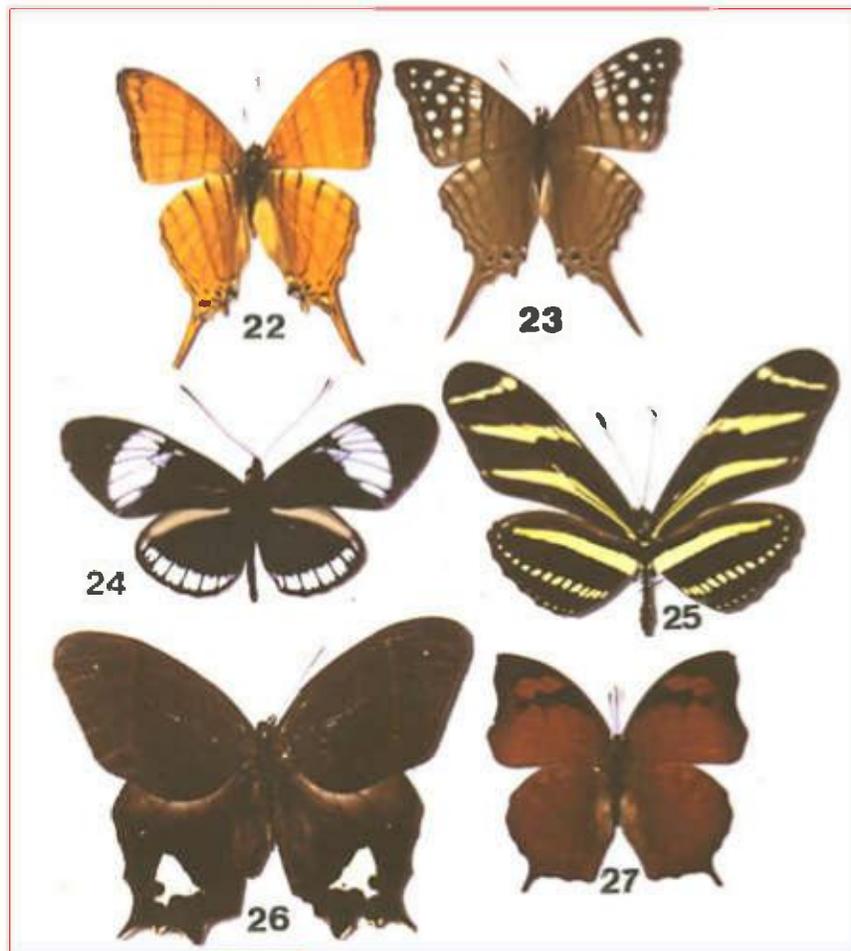
Figuras 1-8. **Papilionidae** (vista dorsal): 1. *Papilio androgenus androgenus*; 2. *Eurytides telesilaus dolius*; 3. *Eurytides pausanias cleombrotus*. **Pleridae** (vista dorsal): 4. *Enantia melite amalia*; 5. *Catastieta sisamnis sisamnis*; 6. *Lieinix nemesis megaera*. **Nymphalidae**: 7. *Dynamine chryseis*, vista ventral; 8. *Catonephele numilia esite*, vista dorsal.



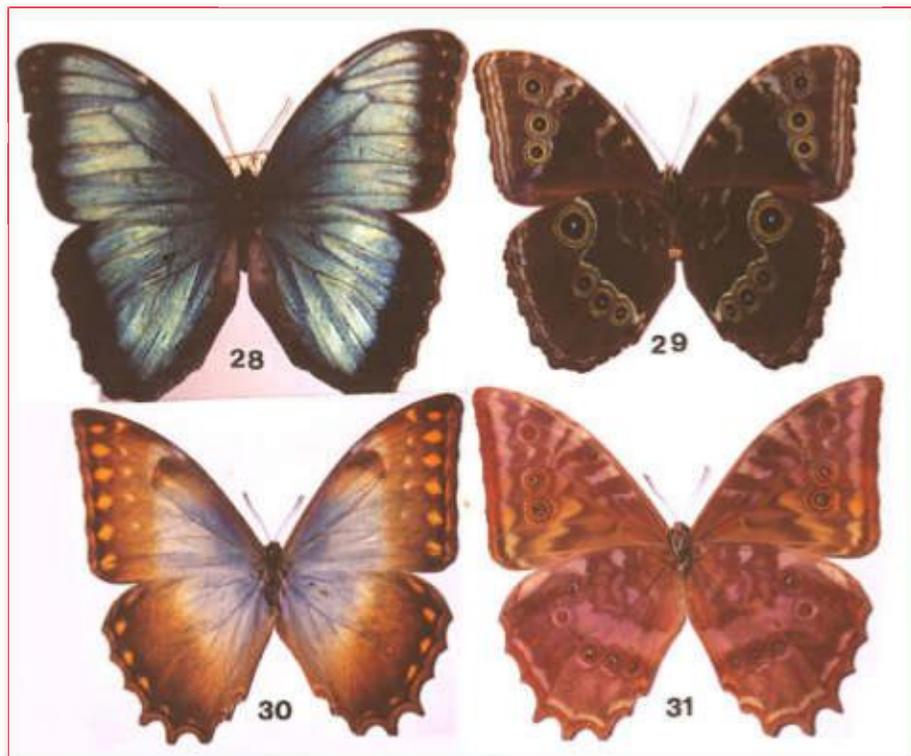
Figuras 9-14. **Nymphalidae**: 9-10. *Eunica europa amata*, 9. vista dorsal, 10. vista ventral; 11-12. *Hypanartia lethe*, 11. vista dorsal, 12. vista ventral; 13-14. *Callicore pitheas*, 13. vista dorsal, 14. vista ventral.



Figuras 15-21. **Nymphalidae** (vista dorsal): 15. *Prepona omphale octavia*; 16. *Smyrna blomfieldia datis*; 17. *Hamadryas fornax fornacalia*; 18. *Cithaerias menander*; 19. *Adelpha phylaca pseudaeathalia*; 20. *Pierella helvina ocreata*; 21. *Heliconius melpomene melpomene*.



Figuras 22-27. Nymphalidae (vista dorsal): 22. *Marpesia berania*; 23. *Marpesia merops merops*; 24. *Heliconius cydno chioneus*; 25. *Heliconius charitonius bassleri*; 26. *Antirrhea miltiades miltiades*; 27. *Memphis glycerium*.



Figuras 28-31. **Nymphalidae**: 28-29. *Morpho peleides* sbsp., 28. vista dorsal, 29. vista ventral; 30-31. *Morpho theseus aquarius*, 30. vista dorsal, 31. vista ventral.



EL AFLORAMIENTO COSTERO Y EL FENÓMENO DE EL NIÑO: IMPLICACIONES SOBRE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS DEL PACÍFICO DE PANAMÁ

Luis D'Cröz^{1,2}, Bogdan Kwiecinski¹, Juan L. Maté², Juan A. Gómez H.¹ y Juan B. Del Rosario³

¹Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Departamento de Biología Marina y Limnología.

Estafeta Universitaria, Panamá, República de Panamá.

²Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Apdo. 2072, Balboa, R. de Panamá.

RESUMEN

La costa del Pacífico panameño está bajo la influencia de cambios ambientales naturales, como el afloramiento costero y las manifestaciones del fenómeno de El Niño, que tienen implicaciones sobre los recursos biológicos. Durante este estudio se caracterizaron las variaciones hidrológicas estacionales e interanuales en el Golfo de Panamá, se estimó la intensidad del afloramiento utilizando los datos de la temperatura superficial del mar y se evaluó preliminarmente la diversidad genotípica de los corales. Se observaron cambios notables en la calidad del agua en el Golfo de Panamá como consecuencia del afloramiento. El análisis histórico de los afloramientos en el Golfo de Panamá indica que éstos son pulsativos y con más de dos periodos y asociados a las temperaturas superficiales del mar. La temperatura representa el mejor estimado cuantitativo de la intensidad de afloramiento periódico en el Golfo de Panamá. El análisis electroforético de las isoenzimas del coral *Pocillopora damicornis* en Panamá sugiere la existencia de una amplia diversidad genética en las áreas térmicamente estables del Golfo de Chiriquí y en áreas de afloramiento moderado como Isla Iguana en el Golfo de Panamá. Lo anterior contrasta con la limitada diversidad de genotipos que tiene la especie en las áreas con fuerte influencia del afloramiento, como en el Archipiélago de Las Perlas y en las islas de la Bahía de Panamá.

PALABRAS CLAVES

Océano Pacífico, afloramiento, Fenómeno de El Niño, nutrientes, plancton, corales.

INTRODUCCIÓN

Los abundantes recursos pesqueros en el Pacífico de Panamá muestran rendimientos que varían significativamente en tiempo y espacio (D'Croz et al. 1994). Las amplias fluctuaciones interanuales en la pesca han sido atribuidas a variaciones en la intensidad del afloramiento anual en el Golfo de Panamá, o a episodios del Fenómeno de El Niño que afectan al Pacífico panameño (Kwiecinski et al. 1988). Los gradientes estacionales del Golfo de Panamá están principalmente relacionados a la temporada seca (enero a abril), cuando los fuertes vientos del norte que soplan a través del istmo desplazan las cálidas y poco densas aguas de la superficie y promueven el afloramiento en el Golfo de Panamá. El afloramiento rompe la estratificación de la columna de agua trayendo hacia la superficie aguas frías, con mayor concentración de nutrientes, lo que estimula la producción planctónica (Smayda 1966, Forsbergh 1969, D'Croz et al. 1991, D'Croz & Robertson 1997). Por el contrario, en el vecino Golfo de Chiriquí no ocurre el afloramiento y las condiciones hidrológicas se mantienen relativamente estables durante todo el año (Kwiecinski & Chial 1983).

Otro cambio ambiental severo se relaciona a las manifestaciones más importantes del Fenómeno de El Niño en Panamá que incluyen: la disminución de las lluvias y el calentamiento de la superficie del mar en el Pacífico. Este evento puede tener importantes repercusiones sobre la biodiversidad marina de la República de Panamá. Durante El Niño 1982-1983 ocurrió una enorme mortandad de corales a lo largo de las costas del Pacífico panameño como consecuencia del calentamiento superficial del mar (Glynn 1984, Glynn & Maté 1997). También, durante El Niño de 1997-1998 se registraron mortandades masivas de corales, aunque solamente en el Golfo de Chiriquí, y la temperatura superficial del mar llegó a 30° C por varias semanas (Glynn et al. 2001). Esta mortandad de corales tuvo menor intensidad que la ocurrida durante El Niño de 1982-1983. Durante el evento de 1997-98 no hubo mortandad de los corales en el Golfo de Panamá, posiblemente porque el afloramiento estacional de las aguas frías atenuó el calentamiento de la superficie del mar (D'Croz et al. 2001). Sin embargo, el patrón en las mortandades masivas de corales durante los últimos episodios de El Niño revela que algunas colonias de la misma especie se blanquean al perder las zooxantelas y eventualmente mueren, mientras que otras no.

Para poder evaluar el impacto de estos amplios cambios ambientales en el Pacífico de Panamá resulta necesario cuantificar la intensidad del episodio natural (sea el afloramiento o El Niño) y también encontrar algún indicador biológico que represente la respuesta del ecosistema. En cuanto al Fenómeno de El Niño, muy frecuentemente se utiliza el Índice de Oscilación Sur (Wolter & Timlin 1998) para intentar predecir y valorar el impacto del cambio climático / oceanográfico sobre los recursos biológicos (visitar www.noaa.gov). Sin embargo, con relación al afloramiento en el Golfo de Panamá, se han hecho varios intentos para cuantificar su intensidad, utilizando principalmente: (a) el desplazamiento de las isotermas e isohalinas; (b) la intensidad de los vientos nórdicos; o (c) la temperatura promedio del periodo del afloramiento (Smayda 1966, Forsbergh 1969). No obstante, ninguno de estos procedimientos ha generado resultados completamente satisfactorios.

En este artículo se presenta un resumen de los resultados de las investigaciones que se realizaron en Panamá como parte del "Proyecto Monitoreo Regional del Impacto del Ciclo de Oscilación Sur El Niño sobre los Recursos Biológicos y sus usos en América Latina" y que fue auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA). Los objetivos del estudio que se discuten en esta publicación son:

- (a) Desarrollo de un nuevo enfoque para estimar la intensidad del afloramiento en el Golfo de Panamá, utilizando registros de la temperatura diaria de la superficie del mar.
- (b) Caracterización de las variaciones hidrológicas estacionales e interanuales en el Golfo de Panamá.
- (c) Reconocimiento preliminar de la diversidad genotípica de la especie de coral *Pocillopora damicornis* como posible explicación a su respuesta diferencial a las elevadas temperaturas del agua durante el Fenómeno de El Niño.

MÉTODOS

Cuantificación del afloramiento en el Golfo de Panamá

La intensidad del afloramiento en el Golfo de Panamá se cuantificó procesando 50 años de promedios diarios de temperatura superficial del mar en Balboa suministrados por la Autoridad del Canal de Panamá y que corresponden a los meses de enero y abril, entre 1951 y el 2000. Se integraron las áreas de los periodos de afloramiento para cada año, usando un planímetro. El criterio de afloramiento incluyó

las temperaturas superficiales del mar por debajo de 24° C. que representa la temperatura del agua en la cercanía de la termoclina en el Golfo de Panamá (Smayda 1966). Para ello, se utilizó una escala arbitraria según las calibraciones del planimetro, agrupando las integrales correspondientes en cinco ámbitos de unidades relativas que corresponden a la intensidad de afloramiento: Muy débil (0.05-0.1); Débil (0.1-0.5); Regular (0.5-1.0); Fuerte (1.0-1.5); Muy Fuerte (> 1.5).

Variaciones hidrológicas estacionales e interanuales

La caracterización de las condiciones hidrológicas en el Golfo de Panamá se realizó en dos localidades:

(a) Estación hidrológica - Canal de Panamá (8° 45' N y 79° 25' W). Ver Fig. 1. Tiene una profundidad de 30 metros y se muestreó semanalmente. Su ubicación geográfica es aproximadamente la misma que históricamente mantuvo la Comisión Interamericana del Atún Tropical entre 1950-1960 (Smayda 1966). Sin embargo, los primeros 4 años de registro (1984-1987) se realizaron desde el muelle del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), en la Isla Naos (8° 55' N y 79° 32' W). Se estudiaron las siguientes variables de calidad del agua: temperatura del agua, salinidad, profundidad del disco Secchi, nutrientes inorgánicos disueltos (nitrógeno, fósforo y silice), clorofila del fitoplancton y densidad de copépodos. Para ello, se tomaron muestras de agua con botellas Niskin de 3 litros entre la superficie y los 20m. Los métodos de campo y de laboratorio están descritos plenamente en D'Croz et al. (1991) y D'Croz & Robertson (1997).

(b) Estación CTD-Archipiélago de las Perlas (8° 18' N y 79° 18' W). Ver Fig. 1. Tiene profundidad de 90 metros y se muestreó en cuatro ocasiones (29 febrero de 2000, 23 noviembre de 2000, 13 diciembre del 2000 y el 29 noviembre de 2001). En esta localidad se obtuvieron perfiles de salinidad, temperatura, oxígeno, sigma-t y clorofila utilizando una sonda CTD General Oceanics Modelo 316.

Diversidad genética del coral *Pocillopora damicornis*

Se recolectaron 20 corales de la especie *Pocillopora damicornis*, el principal constructor arrecifal en el Pacífico de Panamá, en ocho localidades de la costa del Pacífico panameño (Fig.1). Esta recolecta incluyó al Golfo de Panamá (Islas Iguana, Saboga y Urabá), con

influencia del afloramiento estacional y el Golfo de Chiriqui (Islas Uva parte Norte y Sur, Canal de Afuera, Secas y Granito de Oro), sin afloramiento. Los especímenes recolectados fueron usados para el análisis de 7 enzimas que codifican 10 isoenzimas a través de la electroforesis de proteínas en una base de almidón. Para el análisis, cada muestra se procesó según lo descrito en Stoddart (1983). Las muestras se analizaron electroforéticamente de acuerdo a las técnicas de Harris & Hopkinson (1976), Williams (1992) y Weil & Weigt (1996). Los alelos resultantes fueron marcados alfabéticamente de acuerdo a su movilidad. Cuando las enzimas tuvieron dos o más loci, éstas fueron señaladas numéricamente, comenzando con la de migración más rápida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuantificación del afloramiento en el Golfo de Panamá

Los afloramientos en el Golfo de Panamá pueden ser: pulsativos y con más de dos periodos (70%); con periodos dobles (15%); afloramientos continuos (15%). El 70% de los afloramientos comienzan entre enero y febrero; solamente el 30% comienza durante el mes de marzo. Varían en intensidad según el descenso de la temperatura, presentándose tanto afloramientos débiles (28%) y muy débiles (16%), como fuertes (16%) y muy fuertes (14%). El resto, corresponde a los afloramientos moderados (26%). Los años con afloramientos débiles incluyen: 1951, 1957, 1960, 1963, 1964, 1970, 1974, 1978, 1979, 1981, 1984, 1996, 1999 y 2000. Los años con afloramiento muy débiles fueron: 1958, 1969, 1971, 1973, 1982, 1983, 1992 y 1998. Estos, generalmente coinciden con los años de El Niño. Los afloramientos de 1983 y de 1998 resultaron los más débiles de todo el registro existente (Figs. 2a y 2b). Por el contrario, afloramientos fuertes corresponden a los años 1954, 1962, 1967, 1968, 1980, 1994, 1995 y 1997. Los afloramientos más fuertes ocurrieron en los años: 1952, 1961, 1965, 1976, 1985, 1986 y 1989. Casi todos coincidieron con los años de La Niña. Los afloramientos del 1985 y 1989 fueron los más intensos de todo el registro existente (Figs. 2c y 2d). Los índices de integración del afloramiento para el Golfo de Panamá se presentan en la Fig. 3.

Torres (1988) propuso que la intensidad de afloramiento no depende solamente de los vientos nórdicos (ver Fosbergh 1969), sino también

en alto grado de la profundidad de la termoclina, regida por las condiciones en escala oceánica. En consecuencia, pueden presentarse varios escenarios oceanográficos: (a) donde un alto valor de recorrido de los vientos nórdicos en presencia de una termoclina profunda produce un afloramiento regular; (b) lo mismo sucede en el caso de termoclina de poca profundidad y en débil recorrido de los vientos nórdicos; (c) cuando la termoclina es profunda y los vientos nórdicos son débiles, el afloramiento es pequeño y (d) al contrario, cuando la termoclina es poco profunda y los vientos nórdicos son fuertes, el afloramiento es intenso.

En conclusión, se desprende de esta investigación que el mejor estimado cuantitativo de la intensidad de afloramiento periódico en el Golfo de Panamá es a través del efecto (temperatura), con temperaturas más cálidas generalmente durante años de El Niño y temperaturas más frías durante años de La Niña.

Las condiciones hidrológicas en el Golfo de Panamá

Los resultados de las mediciones de campo y de los análisis del agua marina durante la temporada lluviosa indican la presencia de una capa mixta de agua cálida de 28-29° C hasta los 30m de profundidad y la termoclina se ubica entre los 40m y 60m (ver Fig. 4). En el Cuadro 1 se presentan los valores medios de las diferentes variables medidas semanalmente en la estación hidrológica costera, entre octubre 1993 y diciembre 2000. La temperatura superficial del agua en la Bahía de Panamá durante la temporada lluviosa es alta y la salinidad es baja (Cuadro 1). Estas características son normales para el área y para la temporada del año (Smayda 1966, Forsbergh 1969, D'Croz et al. 1991, D'Croz & Robertson 1997). La concentración de los nutrientes durante la temporada lluviosa es baja (Cuadro 1). La precipitación y el drenaje son responsables de la dilución de los nutrientes disueltos en la Bahía de Panamá (Smayda 1966, D'Croz & Robertson 1997). También, la salinidad en la costa se diluye por el aporte de aguas continentales y la transparencia del agua se reduce. La concentración de clorofila *a* es baja, generalmente inferior a 0.5 mg m⁻³ en la superficie (Cuadro 1, Fig. 4).

Notables cambios en los parámetros hidrológicos ocurren durante la temporada seca (enero-abril), como consecuencia del afloramiento en el Golfo de Panamá. La temperatura superficial del mar generalmente

disminuye por debajo de 25° C entre febrero y marzo (Cuadro 1). Por el contrario, la salinidad se incrementa en el mismo periodo. El registro del CTD durante febrero 2000 sugiere que la capa mixta disminuyó notablemente (menos de 10m) y la termoclina se ubica entre los 10m y 20m de profundidad (Fig. 4). La capa superficial del mar queda bien provista de nutrientes debido al afloramiento (Cuadro 1). La concentración de clorofila *a* durante esta época del año alcanza los más altos niveles de todo el año (ver Cuadro 1). Los silicatos muestran un patrón opuesto, la concentración decrece en la medida que progresa la temporada seca (enero-abril) y alcanza su máximo entre agosto y octubre, cuando abundan las lluvias. Esto sugiere que mientras que la renovación del nitrógeno y el fósforo en las capas superficiales está principalmente relacionada al afloramiento costero estacional, el aporte de sílice posiblemente está vinculado a la meteorización de las rocas volcánicas y a la descarga por medio de la escorrentía continental (Forsbergh 1969, D'Croze & Robertson 1997). Terminado el afloramiento y con el inicio de la estación lluviosa (en mayo), las condiciones oceanográficas vuelven a ser las típicas de la temporada lluviosa.

Las tendencias hidrológicas interanuales para el periodo 1984-2000 (Fig. 5), demuestran gran variabilidad y posiblemente algunas de ellas relacionadas con el cambio en la ubicación de la estación hidrológica desde Isla Naos (1984-1986), a su posición actual al este de la Isla Taboguilla (1987-2001). Se aprecia mejor calidad del agua para el periodo 1987-2000, que durante los primeros 4 años (1984-1987). Todo esto posiblemente se vincula al contraste entre la calidad del agua en Isla Naos (aguas turbias y con influencia de aguas servidas de la Ciudad de Panamá) y el agua más clara y menos afectada por la contaminación de agua residuales en el sitio actual de la estación hidrológica.

Diversidad genotípica del coral *Pocillopora damicornis* L. en el Pacífico de Panamá

El análisis electroforético de las isoenzimas presentes en el coral *Pocillopora damicornis* colectado a lo largo del Pacífico de Panamá sugiere la existencia de una amplia diversidad genética en las poblaciones de esta especie (Cuadro 2). Este estudio considera los corales en dos ambientes costeros contrastantes: el Golfo de Panamá sujeto a afloramiento estacional vs. Golfo de Chiriqui que es

térmicamente estable a través de todo el año. En las áreas de afloramiento el desarrollo de los arrecifes es limitado y el crecimiento lento, mientras que en las áreas térmicamente estables existen arrecifes de mayor extensión, crecimiento y diversidad (Glynn & Maté 1997). Los estudios *P. damicornis* (Glynn & D'Croz 1990) y con *Porites lobata* (D'Croz et al. 2001), sugieren que los corales que viven expuestos a aguas frías de afloramiento sufren mayor blanqueamiento y mortandad cuando quedan sujetos a elevadas temperaturas. Esta respuesta diferencial puede estar relacionada al tipo de zooxantela que tenga el coral (Glynn et al. 2001), o al genotipo del coral. También, las especies de coral masivo, de lento crecimiento, parecen tener mayor resistencia al calentamiento superficial del mar durante El Niño, que las especies ramificadas de rápido crecimiento (Hueerkamp et al. 2001). Aunque los resultados que se presentan son preliminares, al momento se reconoce que: (a) la mayor diversidad genotípica *Pocillopora damicornis* (6 genotipos) se localizó en Isla Iguana y en la Isla Uva norte; (b) los especímenes de *P. damicornis* del resto del Golfo de Chiriquí tienen al menos tres genotipos diferentes y (c) los especímenes de *P. damicornis* colectados en la Isla Urabá son los que tienen menos diversidad genotípica y sólo se encontraron dos (2), genotipos. Estos resultados indican que la mayor diversidad genotípica de *P. damicornis* ocurre en áreas térmicamente estables (como el Golfo de Chiriquí) y áreas con afloramiento moderado en el Golfo de Panamá (como Isla Iguana) y decrece en las áreas con fuerte influencia del afloramiento, como los son la Bahía de Panamá y Archipiélago de Las Perlas.

ABSTRACT

The Panamanian Pacific is under the influence of natural environmental changes, such as the coastal upwelling and manifestation of El Niño. These events can have severe implications for the biological resources. In this study we characterized the hydrological changes in the Gulf of Panama as related to their seasonality and annual variability. The intensity of the upwelling was assessed using sea surface temperature data. We also evaluated the coral genetic diversity for the coral *Pocillopora damicornis*. There were obvious changes in the hydrological and biological parameters monitored in the Gulf of Panama as result of the upwelling. The historical analysis of upwelling in the Gulf of Panama indicated that the upwelling occurs in pulses related to sea surface temperatures. In conclusion, sea surface temperature is the best quantitative estimate of upwelling intensity in the Gulf of Panama. The electrophoretic analysis of isozymes in the coral *Pocillopora damicornis* in Panama suggest the existence of a wider genetic diversity in the thermally stable water of the Gulf of Chiriquí and in areas of moderate upwelling such as Iguana Island in the Gulf of Panama. This contrast with the limited

genotypic diversity found in areas of strong upwelling such as the Pearl Islands and the Panama Bay.

REFERENCIAS

D'Croz, L., V. Martínez, & G. Arosemena (Eds.). 1994. El inventario biológico del Canal de Panamá. I. El Estudio Marino. *Scientia (Panamá)* 8 (2). 598 pp.

D'Croz, L. & D.R. Robertson. 1997. Coastal oceanographic conditions affecting coral reefs on both sides of the Isthmus of Panama. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.* 2: 2053-2058.

D'Croz, L., J.B. Del Rosario & J.A. Gómez. 1991. Upwelling and phytoplankton in the Bay of Panama. *Rev. Biol. Trop.*, 39(2): 237-245.

D'Croz, L., J.L. Maté & J.E. Oke. 2001. Responses to elevated sea water temperature and UV radiation in the coral *Porites lobata* from upwelling and non-upwelling environments on the Pacific coast of Panama. *Bull. Mar. Sc.* 69 (1): 203-214.

Forsbergh, E.D. 1969. On the climatology, oceanography and fisheries of the Panamá Bight. *Bull. Inter-Amer Trop Tuna Comm* 14:49-259.

Glynn, P.W. 1984. Widespread coral mortality and the 1982/1983 El Niño warming event. *Environm Conserv* 11:133-146.

Glynn, P.W. & L. D'Croz. 1990. Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Niño-coincident coral mortality. *Coral Reefs* 8:181-191.

Glynn, P.W. & J.L. Maté. 1997. Field guide to the Pacific coral reefs of Panamá. *8th Int Coral Reef Symp Panamá.* 1: 145-166.

Glynn, P.W., J.L. Maté, A. Baker & M. Calderón. 2001. Recurrent coral bleaching and mortality caused by the 1997 El Niño-southern Oscillation: far eastern Pacific. *Bull. Mar. Sc.* 69 (1): 79-109.

Harris, H. & D.A. Hopkinson. 1976. Handbook of enzyme electrophoresis in human genetics. American Elsevier Publishing Company, Inc. New York. pp 1-1 to 5-23. Appendices 1-1 to 5-3.

Huerkamp, C., P.W. Glynn, L. D'Croz, J.L. Maté, & S.B. Colley. 2001. Bleaching and recovery of five eastern Pacific coral species in an El Niño-related temperature experiment. *Bull. of Mar. Sc.* 69(1):215-236.

Kwieceński, B. & B. Chial. 1983. Algunos aspectos de la oceanografía del Golfo de Chiriquí, su comparación con el Golfo de Panamá. *Rev. Biol. Trop.* 31: 323-325

Kwieceński, B. & B. Chial. 1987. Manifestations of El Niño in the Gulf of Panamá, *Tropical Oceans-Atmosphere Newsletter*, November.

Kwieceński, B., B. Chial & A. Torres. 1988. El Niño and Post El Niño (1982-1986) in the Gulf of Panamá. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter* 44.

Smayda, T.J. 1966. A quantitative analysis of the Gulf of Panama. III. General ecological condition and phytoplankton dynamics at 8 degrees, 45 minutes N, 79 degrees 23 minutes W. From November 1954 to May 1957. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 11 (5): 353-612 p.

Stoddart, J.A. 1983. Asexual production of planulae in the coral *Pocillopora damicornis*. *Mar Biol* 76:279-284.

Torres, A. 1988. Índices de afloramientos en el Golfo de Panamá. Trabajo de Graduación Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Panamá. 1988.

Weil, E. & L.A. Weigt. 1996. Protein starch-gel electrophoresis in scleractinian corals: a report on techniques and troubleshooting. *CMRC Techl Rep Ser* 96-13:1-35.

Williams, S.T. 1992. Methods for the analysis of genetic variation in the starfish, *Linckia laevigata*, using allozyme electrophoresis. *AIMS Report* 6:34 pp.

Wolter, K. & M.S. Timlin. 1998. Measuring the strength of ENSO events: how does 1997-1998 rank? *Weather* 53: 315-324.

Wooster, W.S. 1959. Oceanographic observations in the Panama Bight, Askoy Expedition, 1941. Amer. Mus. Nat. Hist., Bull. 118 (3): 115-151.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de la Organización de Estados Americanos (OEA), a través del Proyecto Monitoreo Regional del Impacto del Ciclo de Oscilación Sur El Niño sobre los Recursos Biológicos y sus usos en América Latina; al Darwin Initiative for the Survival of Species (Proyecto 162/8/251); al Programa de Ciencias Ambientales Marinas (MESP), del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales; a la Autoridad del Canal de Panamá por facilitar los registros de temperatura superficial de mar en Balboa. Tres revisores anónimos sugirieron cambios que mejoraron el manuscrito.

Recibido agosto del 2002, aceptado marzo del 2003.

ANEXOS

Cuadro 1: Valores promedios de los parámetros de calidad del agua medidos semanalmente en la Bahía de Panamá entre octubre de 1993 a diciembre del 2000. Temporada seca: enero a abril; Temporada lluviosa: mayo a diciembre; SE: error estándar.

Bahía de Panamá	Temporada seca		Temporada lluviosa		Periodo de muestreo	
	Prom. \pm SE	Ambito	Prom. \pm SE	Ambito	Prom. \pm SE	Ambito
Temperatura ($^{\circ}$ C)	25.50 \pm 0.20	18.70-28.80	28.10 \pm 0.10	24.90-30.20	27.40 \pm 0.10	18.70-30.20
Salinidad (o/oo)	32.20 \pm 0.20	27.10-34.90	29.20 \pm 0.10	21.50-33.90	30.10 \pm 0.10	21.50-34.90
Secchi (m)	9.30 \pm 0.40	3.50-15.80	9.30 \pm 0.20	4.80-14.30	9.50 \pm 0.20	3.50-15.80
Nitrato-nitrito (:M)	1.03 \pm 0.05	0.11-2.23	0.27 \pm 0.01	0.06-0.70	0.47 \pm 0.02	0.06-2.23
Fosfato (:M)	0.37 \pm 0.03	0.04-0.99	0.12 \pm 0.01	0.02-0.33	0.19 \pm 0.01	0.02-0.99
Silicato (:M)	3.95 \pm 0.24	1.62-9.10	8.24 \pm 0.33	2.75-18.75	7.13 \pm 0.28	1.62-18.75
Clorofila <i>a</i> (mg m ⁻³)	1.48 \pm 0.07	0.44-2.87	0.59 \pm 0.01	0.10-0.87	0.95 \pm 0.03	0.10-2.87
Fitoplancton (cel. ml ⁻¹)	663.30 \pm 47.30	79.70-2301.10	166.40 \pm 8.30	10.50-953.30	304.10 \pm 18.30	10.50-2301.10
Zooplancton (10 ³ por muestra)	8.76 \pm 1.00	0.64-29.70	7.02 \pm 0.50	1.36-30.76	7.51 \pm 0.50	0.64-30.76

Cuadro 2. Número de individuos con idéntico genotipo en el coral *Pocillopora damicornis* en el Pacífico de Panamá.

Localidad	Número de genotipos	Número de individuos por genotipo					
		1	2	3	4	5	6
Golfo de Chiriquí							
Isla Uva Norte	6	6	4	4	3	2	1
Isla Uva Sur	3	14	5	1	-	-	-
Isla Canal de Afuera	3	15	3	2	-	-	-
Isla Secas	4	12	4	3	1	-	-
Isla Granito de Oro	3	15	3	2	-	-	-
Golfo de Panamá							
Isla Iguana	6	4	4	4	3	3	2
Isla Saboga	3	13	4	3	-	-	-
Isla Urabá	2	18	2	-	-	-	-

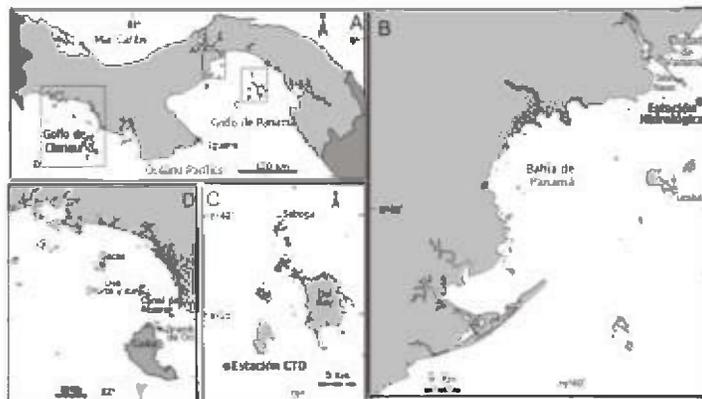


Fig. 1. (A) Mapa de la República de Panamá, (B) Bahía de Panamá, (C) Archipiélago de las Perlas (Golfo de Panamá), (D) Golfo de Chiriquí. Ubicación de la estación hidrológica en la Bahía de Panamá (B); estación CTD en el Archipiélago de las Perlas (C) y sitios de colectas para el estudio de los genotipos del coral *Pocillopora damicornis* (A-D).

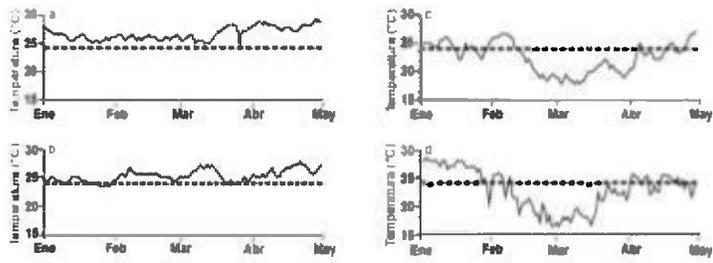


Fig. 2. Variación de la temperatura superficial del mar en Balboa (Bahía de Panamá), durante los afloramientos débiles de 1983 (a) y 1998 (b) y fuertes de 1985 (c) y 1989 (d). La línea punteada representa la temperatura umbral (24° C), para el afloramiento en el Golfo de Panamá (Smayda 1966).

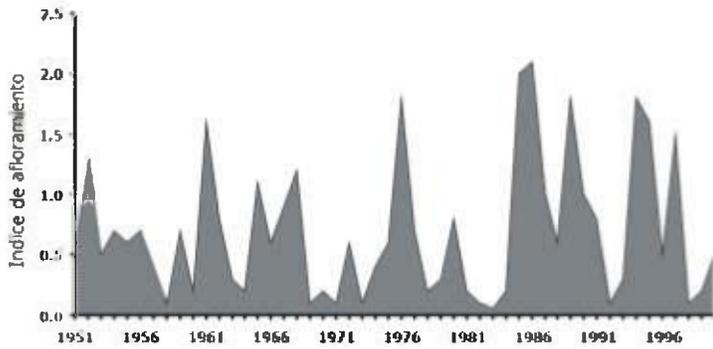


Fig. 3. Índices de afloramiento para el Golfo de Panamá (1951-2000).

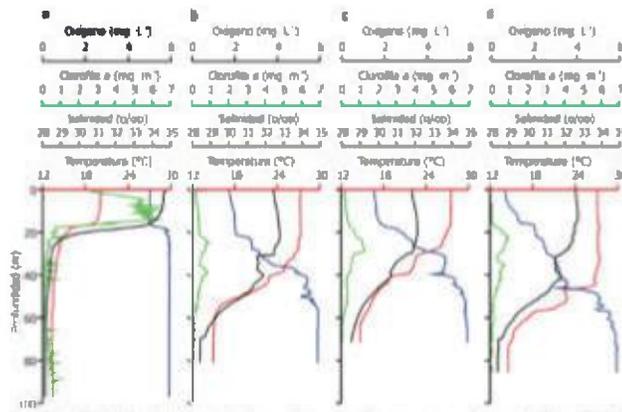


Fig. 4. Perfil hidrológico de la columna de agua en la estación CTD-Atchipléago de las Perlas durante: (a) febrero 2000, (b) noviembre 2000, (c) diciembre 2000, (d) noviembre 2001.

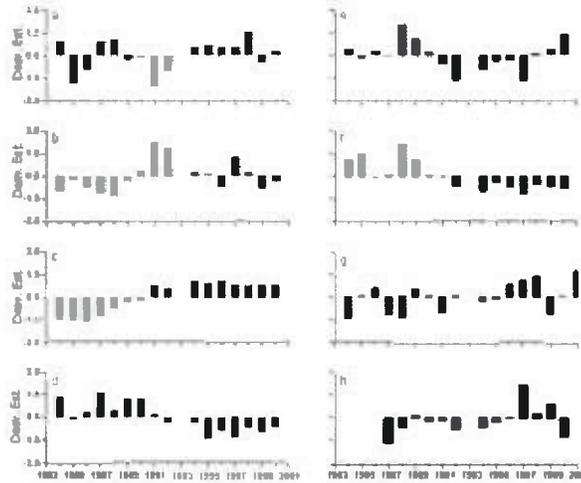


Fig. 5. Desviación estándar de la media anual de: (a) temperatura, (b) salinidad, (c) lectura del disco Secchi, (d) fosfato, (e) nitrato, (f) silicato, (g) clorofila a y (h) abundancia de copépodos calanoides en la estación hidrológica-Canal de Panamá, entre 1984 y el 2000.



PRIMER INFORME ACERCA DE LA COMPOSICIÓN DEL ZOOPLANCTON LIMNÉTICO DEL LAGO FORTUNA COMUNICACIÓN CORTA

Humberto A. Garcés B.

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.
Museo de Biología Marina y Limnología "Dr. Luis Howell Rivero".
e-mail: hgarcés@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

Se presenta por vez primera la caracterización de la comunidad del zooplancton limnético del Lago Fortuna, Provincia de Chiriquí. Muestras en tres zonas (Quebrada Arena, Río Hornito y Sitio de Presa) fueron tomadas en el mes de noviembre de 2001. El plancton se obtuvo mediante arrastres superficiales con redes estándar de 80 y 300 micras. Se determinaron *in situ* los siguientes parámetros ambientales del agua: temperatura, oxígeno disuelto, transparencia, y pH. Ocho especies de zooplancton limnético (un copépodo ciclopoideo, tres pulgas de agua o cladóceros: *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia cornuta*, y *Pseudosida bidentata*, y cuatro rotíferos: *Brachionus spp.* y *Keratella sp.*) fueron los más abundantes hacia el Sitio de Presa. La calidad de las aguas de Fortuna presentó parámetros variables con una transparencia promedio de 2.0 m, oxígeno disuelto mayores a 4.0 p.p.m. hasta los 15 m, y temperatura de 16.0-19.0 °C. La comunidad acuática estuvo representada por un grupo variado de aves(4), mamíferos(1), peces(5), macroinvertebrados(3) y diatomeas(39).

PALABRAS CLAVES

Composición, abundancia, zooplancton, Lago Fortuna, Panamá.

INTRODUCCIÓN

El Lago Fortuna es un cuerpo lacustre artificial o embalse, el cual con sus 10.5 km² de superficie actual (Fase II) se ubicaría como el cuarto mayor embalse nacional de uso hidroeléctrico (Garcés, 1997) y se clasificaría

como uno de tipo mediano (González, 1991). Históricamente, el área que ahora ocupa ha sido estudiada con anterioridad en sus diversos aspectos biofísicos, geológicos, socioeconómicos, etc., principalmente en relación con los estudios debido a la construcción de la hidroeléctrica Edwin Fábrega de Fortuna Fase I y II. Dentro de los estudios biológicos realizados se destacan principalmente los inventarios y estudios ecológicos relacionados a los componentes de flora y fauna terrestre asociada (Adames, 1977; Sousa, 1999), y en mucho menor grado a las comunidades acuáticas (Goodyear *et al.*, 1977; Briceño & Martínez, 1986). Recientemente, se han publicado dos estudios ambientales que describen algunos aspectos del complejo hidroeléctrico de Fortuna y caracterizan su medio ambiente (Castillo, 2002; Zárate, 2002).

El plancton está compuesto por organismos microscópicos de origen vegetal (fitoplancton), y de origen animal (zooplancton), los cuales se encuentran suspendidos en la columna del agua. El zooplancton limnético se ubica en aguas abiertas de la columna del agua de un lago o embalse y está compuesto por unas pocas especies de microcrustáceos (copépodos y cladóceros), rotíferos y otros grupos menores. Cabe destacar la ausencia de estudios adecuados que traten acerca de la composición de las comunidades planctónicas en la gran mayoría de los principales estudios hidroeléctricos o ambientales realizados en Panamá, tales como Fortuna (Adames, 1977; Sousa, 1999). Estí (IRHE-CAURA, 1996), y Bayano (Adames *et al.*, 2001). Sin embargo, vale destacar que los estudios biológicos realizados sobre las comunidades acuáticas del mismo, son aún más escasos, y en el caso del plancton son inexistentes. Por ello, se realizó el presente estudio con el propósito de caracterizar la comunidad del zooplancton limnético de Fortuna, así como el estado de sus comunidades acuáticas y la calidad de sus aguas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una gira de campo durante el mes de noviembre de 2001, en la cual se establecieron tres estaciones limnéticas, entre otras, en Fortuna, y siguiendo la metodología de evaluación ecológica rápida (CAURA, 1994). Fortuna se dividió en tres zonas, a saber: sección final: desembocadura de Quebrada Arena; sección media: desembocadura del Río Hornito, y el Sitio de Presa. Dicha gira incluyó muestreos superficiales de plancton (fitoplancton y zooplancton) de las tres zonas

seleccionadas. Las colectas plancton se realizaron del 23 al 25 de noviembre de 2001 utilizando redes estándar de fitoplancton de 80 micras y de zooplancton de 300 micras. Las colectas consistieron de un arrastre superficial, simultáneo, de 15 minutos a la velocidad más lenta del motor del bote (Garcés, 1994b; Sánchez & Ponce, 1996). Se tomaron aquellos parámetros ambientales más relevantes: temperatura del aire (termómetro graduado), temperatura del agua y oxígeno disuelto (oxigenómetro YSI), transparencia (disco Secchi limnológico), pH (Kit LaMotte y papel pH Merck). Se determinaron la presencia y estado de otras comunidades acuáticas presentes en Fortuna.

Todas las muestras de plancton se colocaron en envases de vidrio de 100 ml, debidamente etiquetadas y marcadas por estación. El material capturado se preservó en una solución de partes iguales de formalina diluida al 10 % y Club Soda. En el laboratorio, se contaron las muestras de zooplancton en una cámara tipo Sedgewick-Rafter de 2.0 ml de volumen con la ayuda de un microscopio compuesto en bajo poder (10X) y los totales de los organismos se estandarizaron a un volumen de 50 ml (Sánchez & Ponce, 1996). Las especies se identificaron al nivel taxonómico más específico posible con la ayuda de algunos trabajos o claves disponibles (Garcés, 1984; Pennak, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo del estudio, el Lago Fortuna registró una elevación de 1,034.0 m con una profundidad estimada en el sitio de presa de más de 80.0 m. La transparencia, medida con la ayuda de un disco Secchi limnológico, no sobrepasó los 2.0 m, lo cual se considera como escasa, correspondiendo a cerca del 2.5 % del volumen total de la columna del agua en el sitio de presa. Se estima que dicha medición constituye la zona límite de distribución de la gran mayoría de las especies fitoplanctónicas encontradas en la totalidad de la columna del agua de un embalse o lago dado (Garcés, 1986 y 2001). Sin embargo, en Fortuna dicha condición no parece limitar en gran medida la presencia de una moderada comunidad planctónica concentrada hacia el área del sitio de presa, área de mayor profundidad y estabilidad relativa, como ha sido informado en Bayano (Garcés, 1983 y 1986).

La comunidad acuática de Fortuna se encuentra en un buen estado de desarrollo con la presencia de abundantes y variadas especies de aves

acuáticas asociadas al mismo, incluyendo paticuervos, gavilán caracolero, martin pescador chico, y águila pescadora, así como de nutrias de agua. En adición, se observaron cinco especies de peces de agua dulce, dos camarones de río y un molusco bivalvo (Garcés & García, 2001). Por otro lado, se pudo constatar la ausencia de aquellas malezas acuáticas que interfieren con la libre navegación encontradas en forma abundante en otros embalses de aguas más cálidas en Panamá (Garcés, 2001). La evaluación preliminar de las diatomeas de las muestras de fitoplancton indica que las mismas siguen los patrones de distribución general del zooplancton, es decir siendo más abundante hacia el Sitio de Presa. Sin embargo, hay una mayor diversidad de especies hacia el área final de Quebrada de Arena con un total de 30 especies y 17 géneros, mientras que en la parte central y Sitio de Presa hay 18 especies y 13 géneros combinados (E. Aguilar, com. pers., 2001).

En lo que concierne al zooplancton, en sus tres zonas (sitio de presa, sección media y final) se determinó una relativa mediana diversidad y abundancia de organismos, totalizando ocho especies (un copépodo ciclopoideo, tres pulgas de agua o cladóceros y cuatro rotíferos) (Cuadro No. 1). Aparentemente, éstos se concentran en el área del sitio de presa en donde se dan las condiciones de mayor estabilidad de la columna del agua para este tipo de organismos a pesar de la relativa poca transparencia del agua de 2.0 m promedio en todo el embalse. En dicha área se encontró el 86 % del total de organismos, del zooplancton y se destaca la observación de una gran cantidad de copépodos adultos, machos y hembras en estado reproductivo, así como de abundantes restos de organismos zooplanctónicos.

Cabe destacar que la presencia de una sola especie de copépodo del grupo ciclopoidea en Fortuna viene a completar la distribución conocida del zooplancton de embalses y lagunas de Panamá (Garcés, 1997). Encontramos que en la Laguna de la Yeguada, y ahora en Fortuna, solamente se encuentra una sola especie de copépodo del grupo ciclopoideo, es decir el grupo calanoideo está ausente. Sin embargo, en Panamá hemos notado que el patrón de distribución de las especies de copépodos limnéticos es otro, ya que en los embalses grandes de Gatún y Bayano aparentemente coexisten dos especies de copépodos, un ciclopoideo y un calanoideo, siendo éste último el dominante (Garcés, 1982, 1984 y 1997). Por otro lado, la presencia de la pulga de agua *Ceriodaphnia cornuta* Sars variedad sin cuernos o *C. rigaudi* (Garcés,

1994a) nos puede servir como especie indicadora de la ausencia de peces filtradores en Fortuna, como ha sido observado en otros lagos de Panamá (Zaret, 1969 y 1980; Garcés, 1984 y 1997). En general, las especies del zooplancton encontradas en el Lago Fortuna son consideradas en su gran mayoría como típicas de las aguas abiertas o limnéticas, las cuales ya han sido previamente informadas para Panamá (Garcés, 1984, 1993, 1997 y 2001), aunque dicho embalse se encuentra a una mayor altitud, posee temperatura del agua más bajas y tiene una transparencia del agua un tanto reducida.

Fortuna se comporta como un sistema lótico represado, ya que se conoce que los niveles del agua fluctúan ampliamente de manera diaria, estacional y anual (ETESA, 2002), con un valor promedio anual de 1,035-1,040 m.s.n.m. y un rango de variación entre 1,010-1,050 m.s.n.m. Cabe destacar, que los caudales observados fueron también muy cambiantes estacionalmente, observándose un amplio margen de variación anual en el 2001 entre 20-60 m³/s, con las fluctuaciones máximas ocurridas entre enero y marzo, y presentando una variación promedio anual del caudal entre los 25-30 m³/s. Estos dos últimos factores presumiblemente conllevan a una mezcla constante de la columna del agua, con el consiguiente aumento de la turbidez. Sin embargo, la calidad de las aguas superficiales de Fortuna se consideran como buenas, ya que los niveles de oxígeno disuelto obtenidos en este estudio se catalogan como óptimos para la vida acuática (mayores de 4.0 p.p.m. hasta los 15 m de profundidad) y no es un factor tan limitante como se observa en el Lago Bayano (Garcés, 2001). Por último, de las observaciones preliminares realizadas de la distribución vertical de la temperatura del agua no se pudo constatar el desarrollo de una termoclina marcada en Fortuna. Según Torres & García (1995), Fortuna se ubica dentro de la clasificación térmica utilizada para lagos como polimíctico cálido continuo, según la cual carece de cubierta de hielo estacional y posee periodos de estratificación que no suelen durar más de unas cuantas horas.

CONCLUSIONES

El zooplancton limnético del Lago Fortuna se encuentra con una moderada diversidad y abundancia de organismos totalizando ocho especies (un copépodo ciclopoideo, tres pulgas de agua o cladóceros y cuatro rotíferos). Se encontró una sola especie de copépodo del grupo

ciclopoidea como dominante y presentando, al igual que el grupo en general, una mayor abundancia hacia el área del sitio de presa. La presencia de la pulga de agua *Ceriodaphnia cornuta* Sars variedad sin cuernos nos da indicios de la ausencia de peces zooplanctívoros en Fortuna. Las condiciones ambientales de la columna del agua de Fortuna presentaron características variables con amplias fluctuaciones del nivel y caudal promedio, ausencia de una termoclina aparente, gran turbidez (transparencia promedio de 2.0 m), adecuados niveles de oxígeno disuelto (mayores a 4.0 p.p.m.) hasta los 15 m, y bajas temperaturas del agua (16.0-19.0 °C). A pesar de todo ello se observó una comunidad acuática representada por un grupo variado de aves, mamíferos, peces, macroinvertebrados y plancton.

ABSTRACT

The limnetic zooplankton community of Fortuna Lake, Chiriqui Province was characterized for the first time. Samples were taken in three zones (Arena Creek, Hornito river and Sitio de Presa) during November 2001. Superficial plankton samples tows were taken with standard nets of 80 and 300 microns. The following water parameters were determined *in situ*: temperature, dissolved oxygen, transparency, and pH. Eight limnetic zooplankton species (one cyclopoid copepod, three water fleas or cladocerans: *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia cornuta*, and *Pseudosida bidentata*, and four rotifers: *Brachionus spp.* and *Keratella sp.*) were the most abundant toward the Sitio de Presa. Fortuna water quality presented variable parameters, with an average transparency of 2.0 m, dissolved oxygen higher than 4.0 p.p.m. within the first 15 m, and temperature of 16.0-19.0 °C. Fortuna aquatic community was represented by a variety group of birds(4), mammals(1), fishes(5), macroinvertebrates(3) and diatoms(39).

KEYWORDS

Composition, abundance, zooplankton, Fortuna Lake, Panama.

REFERENCIAS

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

Adames, A.J., M. de la Rosa, & M. Velásquez, (eds.). 2001. Manejo Integral de la Cuenca del Río Bayano, subcuenca del Río Majé y áreas adyacentes al Embalse. Monografía Revista Scientia (Panamá) No. 1: 1-79.

Briceño, J. & J.A. Martínez. 1986. Ictiofauna del río Chiriquí. En: Hernández, D. & L. D'Croz. (eds), Evaluación ecológica del río Chiriquí en relación a la construcción de la represa hidroeléctrica Edwin Fábrega. Informe Técnico. IRHE-Universidad de Panamá, Panamá. 79 págs.

Castillo, M. De los A. 2002. Auditoria y Plan de Adecuación y Manejo Ambiental del Complejo Hidroeléctrico Fortuna y su Reserva Forestal. *Revista Tecnociencia (Panamá)* 4(1):125-137.

CAURA. 1994. Taller de Evaluación de Impacto Ambiental. Proyecto Hidroeléctrico Estí, Panamá. Material de Apoyo. Ingeniería Caura, S.A., Panamá. págs. var.

ETESA. 2002. Gerencia de Hidrometeorología y Estudios-Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., Panamá. <http://www.hidromet.com.pa>

Garcés B., H.A. 1982. Dinámica del zooplancton limnético en los lagos Gatún y Bayano. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá, Panamá. 86 págs.

Garcés B., H.A. 1983. Observaciones sobre el plancton en el Lago Bayano. En: Candanedo, C. & L. D'Croz. (eds). Ecosistema Acuático del Lago Bayano: Un embalse tropical. Publicación Técnica del IRHE. Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación, Panamá. 38 págs.

Garcés B., H.A. 1984. Estudio preliminar sobre el zooplancton del Lago Bayano, Panamá. *Revista de Biología Tropical* 32(1):17-24.

Garcés B., H.A. 1986. Distribución vertical del zooplancton en el Lago Bayano. *Revista Médica de Panamá* 11(2):134-140.

Garcés B., H.A. 1993. Biodiversidad Acuática del Lago Gatún. *Diario Panorama Católico. Sección Familiar*, pág. B, domingo 19 de diciembre.

Garcés B., H.A. 1994a. Conozca a las Pulgas de Agua. *Diario Panorama Católico. Sección Familiar*, pág. F, domingo 23 de enero.

Garcés B., H.A. 1994b. Estudio de las Comunidades Planetónicas. *Diario Panorama Católico. Sección Familiar*, pág. F, domingo 30 de enero.

Garcés B., H.A. 1997. Distribución de los micro-crustáceos limnéticos en Panamá. *Revista La Antigua (USMA)* (52): 279-291.

Garcés B., H.A. 2001. Historia ambiental del Lago Bayano. *Periódico Crítica Libre. Sección Nacional. Lunes, 2 de julio, página 5.*

Garcés B., H.A. & R. J. Garcia. 2001. Evaluación de las Principales Comunidades Acuáticas del Lago Fortuna y Áreas Cercanas. PAMA-Auditoria Ambiental del Complejo Hidroeléctrico Fortuna, Panamá. Informe Final. Planeta Panamá Consultores S.A., Panamá. 17 p.

González G., R. 1991. Situación actual de los embalses y su manejo piscícola en Panamá. *Boletín Científico Informativo y Bibliográfico (CEDIA, Panamá)* 6(1):10-13.

Goodyear, R., V. Martínez & J.B. Del Rosario. 1977. Apéndice No. 4. Fauna acuática. *Revista Lotería (Panamá)* (254/256):265-334.

IRHE-INGENIERÍA CAURA. 1996. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Estí a nivel de diseño (Caura 1995) Alternativa 2a. Informe Final revisado. Ingeniería Caura, S.A. para IRHE, Panamá. págs. var.

Pennak, R.W. 1989. *Fresh-Water Invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca*. 3a ed. Wiley-Interscience, New York. 628 págs.

Sánchez R., M.P. & Ponce M., M.E. 1996. *Métodos Hidrobiológicos II. Estudio y colecta de organismos marinos, estuarino-lagunares y de agua dulce*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D.F. 208 págs.

Sousa, F. de. 1999. *Fortuna, Reserva Biológica*. Editorial Universitaria, Universidad de Panamá, Panamá. 207 págs.

Torres O., R. & García C., J.L. 1995. *Introducción al Manejo de Datos Limnológicos*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D.F. 130 págs.

Zárate P., M.F. 2002. *El Proyecto Eólico de Generación de Energía Eléctrica dentro del Área protegida de Fortuna: Un caso de energía*

limpia con serios problemas ambientales. *Revista Tecnociencia (Panamá)* 4(2):161-168.

Zaret, T.M. 1969. Predation-balanced polymorphism of *Ceriodaphnia cornuta* Sars. *Limnol. Oceanogr.* 14:301-303.

Zaret, T.M. 1980. *Predation and Freshwater Communities*. Yale University Press, Ann Arbor. 187 págs.

AGRADECIMIENTOS

A Gloria Manfredo y Manuel Zarate, y por el acceso al área de estudio y todo el apoyo de logística recibido. A Jorge García, por todo el apoyo de campo recibido en la toma de muestras. A Edilberto Aguilar, por la comunicación personal de la identificación de las muestras de fitoplancton. A todo el personal de E.G.E. Fortuna S.A. que colaboró durante las colectas de campo, en especial al guía Alexis Samudio.

Recibido noviembre del 2002, aceptado abril del 2003.

ANEXO

Cuadro 1. Parámetros ambientales y abundancia relativa del zooplancton limnético encontrado en el Lago Fortuna, Provincia de Chiriquí, noviembre de 2001.

Parámetro/Zona:	Quebrada Arena	Río Hornito	Sitio de Presa
Parámetros ambientales:			
Temperatura Agua (°C) 1 m	18.0	18.5	19.0
5 m	16.8	---	19.0
10 m	16.5	---	17.0
15 m	---	---	16.0
pH Agua	6.0	6.0	6.0
Transparencia-Secchi (m.)	2.0	2.0	2.0
Oxígeno disuelto (p.p.m.) 1 m	---	---	9.0
5 m	---	---	8.7
10 m	---	---	5.8
15 m	---	---	5.8
Abundancia de Zooplancton:			
COPEPODA	(54.0)	(1.4)	(496.3)
Ciclopoidea			
Adultos	14.0	0.5	454.4
Copepoditos	12.7	0.0	13.8
Nauplius	27.3	0.9	28.1
CLADOCERA	(0.0)	(2.3)	(11.9)
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0.0	2.3	10.0
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	0.0	0.0	1.3
<i>Pseudosida hidentata</i>	0.0	0.0	0.6
ROTIFERA	(20.0)	(10.0)	(26.3)
<i>Brachionus sp. A</i>	16.0	0.0	0.0
<i>Brachionus sp. B</i>	1.3	0.0	0.0
<i>Brachionus sp. C</i>	0.7	0.0	0.0
<i>Keratella sp.</i>	2.0	10.0	26.3
TOTAL DE ORGANISMOS	74.0	13.7	534.5
Observaciones (+: Abundancia relativa):			
Algas	++	+	++
Detritus	+	+++	+++
Material vegetal	+	+	++
Masas de huevos	+	+	++
Restos de organismos	+	++	+++



RECOPILOCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ATAQUES DE TIBURONES REGISTRADOS PARA LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

Aramis Armando Averza Colamarco

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

e-mail: colamarco27@yahoo.com

RESUMEN

Luego de analizar 31 incidentes, en los cuales se documentaron ataques de tiburones ocurridos en aguas panameñas, que involucraron a 43 personas desde 1883 hasta 1995, se concluye que los mismos se producen a través de todos los meses del año, tanto en el Pacífico (16), Caribe (14) y el Canal de Panamá (1), localizándose mayormente hacia el área central y este de Panamá. De éstos, el 44% (19) resultó fatal, el 93% (40) de los mismos fueron no provocados y en su mayoría no se pudo identificar al agresor. Sin embargo, se cuenta con evidencia de ataques producidos por tiburones: blanco, toro, martillo, punta blanco, gata y gris, en nuestro país. Las actividades desarrolladas durante el ataque mayoritariamente fueron: natación, naufragios y cacería submarina (principalmente de langostas), esta última, presenta el mayor porcentaje (75%) de los ataques reportados desde 1989 al presente. Finalmente, 31 incidentes en 112 años (0.28 por año) nos indican que las probabilidades de los mismos es relativamente baja en aguas panameñas.

PALABRAS CLAVES

Ataques, tiburones, provocados, no-provocados, fatal, naufragio, cacería submarina, Panamá.

INTRODUCCIÓN

Anualmente a nivel mundial, se producen alrededor de 100 reportes de ataques de tiburones (con aproximadamente un 30% de fatalidades)

a bañistas, buceadores, corredores de olas, etc. (Baldrige & Williams, 1969; Gilbert, 1982; Hawthorne, 1997; ISAF, 2002). Localizándose mayormente a profundidades menores de 1.5 m (Schultz et al. 1961; Schultz, 1963), entre los 43° de latitud norte y 43° de latitud sur (Rodríguez, 1982), e incluso en áreas templadas, en las cuales los ataques ocurren durante los meses más calurosos del año, junio a agosto hacia el norte y diciembre a febrero para el sur (Dennis, 1976).

De las 350 a 400 especies de tiburones vivientes que habitan los mares, ríos y lagos del mundo, el 80% mide menos de 1.6 m de longitud, la mayoría de los cuales, debido a sus hábitos (aguas profundas y/o oceánicas) o por su tamaño, no se les considera peligroso para los humanos. Por otro lado, existen alrededor de 36 especies que, debido a su envergadura, se les considera potencialmente peligrosas, y en adición existen 32 especies de tiburones que definitivamente se encuentran implicadas en ataques a humanos (las cuales miden entre 2 a 8 metros, o más); si combinamos ambas, podemos afirmar que aproximadamente el 20% de todas las especies de tiburones, representan o pueden representar algún nivel de peligrosidad para los humanos (Garriek & Schultz, 1963; Compagno, 1982).

El por qué de muchos de estos ataques, aún ofrece muchas dudas y las respuestas aunque a veces concluyentes, como en el caso de naufragios o desastres marítimos, durante los cuales los ruidos discontinuos de baja frecuencia, movimientos abruptos en la superficie así como sangre en el agua, favorecen el despertar del comportamiento agresivo. En otras circunstancias, como el ataque producido en el río Karum al conductor de una ambulancia, que se daba a la tarea de lavarla, a una profundidad menor 0.3 m y a 150 kilómetros del Golfo Pérsico, no se justifica (Gudger, 1937; Llano, 1957).

Algunos autores atribuyen estos ataques a formas de protección o agresión, al sentir la presencia de un enemigo potencial dentro de su territorio inmediato y/o a la interrupción del proceso de apareamiento (Baldrige & Williams, 1969; Johnson & Nelson, 1973). Por otro lado, se cuenta con suficiente evidencia que justifica ataques con el fin de alimentación (Klimley, 1974), además de ataques provocados, sea que se hiciera, trate de capturar o encierre al animal (Wright, 1948; Klimley, 1974). Quizás uno de los mayores errores que se cometen, es tratar de analizar a todas las especies de tiburones, como si fueran una

misma, con hábitos similares y sin tomar en cuenta la amplia variabilidad que se observa entre ellas (Averza-Colamarco, 1991).

Entre las especies de tiburones que han provocado la mayoría de los ataques a nivel mundial, podemos mencionar las siguientes: blanco (*Carcharodon carcharias*), tigre (*Galeocerdo cuvieri*), martillo (*Sphyrna* sp.), toro (*Carcharhinus leucas*), punta blanca oceánico (*Carcharhinus longimanus*), etc. (Gilbert & Gilbert, 1973). Vale la pena recalcar que dichos tiburones los encontramos en aguas panameñas, en adición a aproximadamente 90 especies más (Averza-Colamarco & Gómez, 1986). Lo cierto es que no importa el tipo de estímulo que lo produzca (eléctrico, visual, olfatorio, químico o bioeléctrico), los ataques de tiburones a seres humanos son un hecho. Las víctimas normalmente no ven al tiburón, siendo mordidas principalmente en los pies y muslos (56%), brazos y manos (24%) y 20% en el torso (Miller & Collier, 1980). Resultando posible la identificación del tiburón agresor en menos del 5% de los casos (Atz, 1960).

Nuestro país, que se encuentra localizado dentro del cinturón de mayor peligrosidad, presenta características climatológicas y marinas, que favorecen la utilización de nuestras áreas costeras, para el esparcimiento y diversión; no ha escapado de la visita incidental de los llamados devoradores de hombres. El primer reporte del cual tenemos constancia, se remonta a 1883-1889 (Schultz & Malin, 1963) y el más reciente fue en 1995, en Jaqué, Darién (Crooks et al, 1999).

Los datos que a continuación se exponen son producto de las investigaciones que, desde enero de 1982, realizamos, sobre distintos aspectos (Archivo de Ataques de Tiburones en Panamá) relacionados con los tiburones, en el Centro de Ciencias del Mar y Limnología (CCML), Museo de Biología Marina y Limnología "Dr. Luis Howell Rivero" y el Departamento de Biología Marina y Limnología de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología de la Universidad de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

La compilación de la presente información se basa en diferentes fuentes: el archivo mundial sobre ataques de tiburones (Schultz & Malin, 1963; ISAF, 2002), reportes de ataques de peces a humanos en *Tecnociencia*, Vol. 5, N° 2

la costa del Caribe de Panamá (Loflin, 1967), recopilación de ataques en Panamá (Averza-Colamarco, 1984; Crooks et al, 1999), revisión de diferentes hemerotecas (Torrero, 1982; Anónimo, 1989; González, 1993), entrevistas con pescadores o personas relacionadas, a nivel nacional en: cooperativas, clubes de yates, capitanes de barcos, cazadores submarinos, tiendas de buceo, "surfers", residentes de playas e islas, así como la experiencia personal del autor, obtenida durante los últimos 35 años de practicar cacería submarina y el buceo "SCUBA".

Luego de compactar la información en orden cronológico, se procedió al análisis de la misma, siguiendo los criterios utilizados por Gilbert et al, (1960), Schultz et al, (1961), Schultz (1963) e ISAF (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar la información existente para Panamá, nos podemos percatar de la existencia de 31 reportes (debidamente documentados) de incidentes entre humanos y tiburones, los cuales se reportan desde 1883-89, hasta el más reciente ocurrido durante 1995, en Jaqué, Provincia de Darién (Cuadro N° 1). Los mismos se han producido a lo largo de todo el año; tanto en el Pacífico (16), como en el Caribe (14) e incluso uno dentro del Canal de Panamá (Corte Culebra). En otras palabras, no existe estacionalidad en cuanto a los ataques, debido a que las aguas marinas se mantienen generalmente entre los 20-30°C, descendiendo raramente más, aun durante el afloramiento (Glynn, 1972), lo que favorece la presencia de personas y tiburones, dentro del área de posible contacto.

Los 31 incidentes implican a 43 personas, que estuvieron involucradas principalmente en tres tipos de actividades: natación, naufragios y cacería submarina, dentro de las cuales se incluyen 19 casos fatales (44%) y en su mayoría (40 casos) no medio ningún tipo de provocación (Cuadro N° 1). Como era de esperarse, en la mayoría de los casos, no se pudo identificar al tiburón; sin embargo, contamos con registros de ataques confirmados por tiburones: blanco, martillo, toro, gata y gris.

Debemos recalcar, que en los últimos años, desde 1989 al presente, la mayoría (75%) de los ataques reportados (8), se dio sobre personas que

estaban practicando la cacería submarina, principalmente sobre la langosta (quizás tenga algo de validez lo que nos dijera un cazador submarino, que el ruido que producen las langostas, al frotar sus articulaciones, cuando uno las captura, atrae a los tiburones para que las defiendan). De hecho, durante los 35 años que hemos practicado la cacería submarina, principalmente de peces, tuvimos algunos incidentes con tiburones dada la actividad que desarrollábamos (movimiento discontinuos de peces, sangre en el agua, agitación, etc.). Sin embargo, contadas las excepciones, los tiburones siempre atacaron (mordieron) a los peces y no a los buzos, indistintamente de las especies involucradas (toro, martillo, punta blanco, punta negro, oso, gris, etc.). Si observamos las áreas de distribución (Cuadro N°1), podemos percatarnos que la mayoría de los mismos se sitúan hacia la parte central y este de Panamá, con ausencia de incidentes para las provincias de Bocas del Toro y Veraguas (Caribe) y las provincias de Coclé, Herrera y Los Santos (Pacífico). Sin embargo, pensamos que la ausencia de reportes para estas provincias pueda deberse al hecho, de no haber podido contactar a la persona precisa, durante las reiteradas visitas que hemos efectuado a lo largo de toda la República de Panamá, en busca de información.

Otro hecho con el cual nos hemos encontrado, consiste en el suministro de información que no pudo ser debidamente documentada, como ciertos incidentes en las cercanías del muelle de Puerto Armuelles, en el cual se hundió un bote con cuatro personas y a una se la llevo "el tigre". Incidentes similares nos han sido referidos en: Isla Burica, el Majagual, estuario río Chiriquí, Punta Entrada, Islas Montuosa, Ladrones, etc. Adicionalmente, para ser considerados como ataques, los tiburones deben haber tenido injerencia directa en el acontecimiento; por lo tanto, aquellos incidentes en los cuales no se ha podido corroborar que el fallecimiento fue producido directamente por tiburones, no fueron considerados, ya que se presentan casos en que la persona fallece por inmersión y posteriormente su cuerpo puede ser mordido por tiburones, como los incidentes ocurridos a estudiantes universitarios en la Playa el Lobo de Las Lajas, Provincia de Chiriquí el 8 de agosto de 1982 (Anónimo, 1982; Urriola, 1982; Lezcano, 1982; Oro, 1982). Estos casos, según la reglamentación existente en Schultz & Malin (1963) e ISAF (2002) deben ser documentados, más no incluidos en las estadísticas.

CONCLUSIONES

Luego de lo anteriormente expresado, podemos concluir que en la República de Panamá si se han dado incidentes entre tiburones y personas, en ambas costas (incluso dentro del Canal), la mayoría asociado con naufragios, bañistas y la cacería submarina, cuya actividad presenta el mayor número de ataques en los últimos años. Los mismos se han producido en cualquier época del año; en su gran mayoría no han sido provocados, ni se pudo identificar al tiburón agresor y en mayor porcentaje las personas han podido sobrevivirlos.

Si tomamos en cuenta que en 112 años se han producido 31 incidentes (0.28 por año), debemos concluir que las posibilidades de ataques de tiburones a personas en nuestro país es muy baja, más aún si tomamos en cuenta que la participación de personas en deportes acuáticos (bañistas, "surfers", cacería submarina, buceo "scuba" y "snorkeling", pesca, uso de botes, etc.) es masiva y se practica en ambas costas panameñas durante todo el año.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las personas que, desinteresadamente, contribuyeron con el autor, con sus comentarios, en la obtención de la evidencia necesaria para la consolidación del presente trabajo. Al Centro de Ciencias del Mar y Limnología (CCML), al Departamento de Biología Marina y Limnología y al Museo de Biología Marina y Limnología "Dr. Luis Howell Rivero" toda la ayuda para la realización de la presente investigación. Al Profesor Edgardo Muñoz, por su participación y ayuda en diferentes giras de campo y comentarios sobre el manuscrito final, al igual que al Dr. Humberto Garcés y al Magister Luis D'Cross. A la Sra. María Teresa de Averza, mi esposa, y al Dr. Jerónimo Averza, mi padre, su permanente apoyo e inspiración para seguir adelante. El trabajo fue financiado por 3AC-MTA-JA-Campo Verde-Lab.

ABSTRACT

After analyzing 31 shark attacks incidents in panamanian waters that included 43 people from 1883 to 1995, it looks like these attacks happens year long in the Pacific (16), the Caribbean (14) and the Panama Canal (1); the majority of the reports appear to be in the central and eastern regions of Panama. Fortyfour percent of the attacks (19) were fatal, ninety-three percent (40) were non provoked and in the majority of

the cases studied there were no positive identification of the aggressor, however there's evidence of attacks from white, bull, hammer, white tip and grey sharks. The activities performed during the attacks were swimming, shipwrecks and spear fishing (primarily for lobster). This activity represents from 1989 up to date the greatest percentage (75%) of the reported attacks. Finally, 31 incidents in 112 years (0.28 per year) indicate a very low possibility of a shark attack in Panamanian waters.

KEYWORDS

Shark attacks, provoked, non provoked, fatal, shipwreck, spear fishing, Panama.

REFERENCIAS

Anónimo. 1982. Devorados por tiburones mueren tres universitarios. *La Critica*, 10 de agosto 1982, primera plana y pág. 19.

Anónimo. 1989. Tiburones atacan a 4 buzos. *La Estrella de Panamá*. Lunes 19 de junio, CXXXVI: A1 (portada).

Atz, J;W: 1960. Shark attack. *Animal Kingdom* 63(1): 19-24.

Averza-Colamarco, A. 1984. Recopilación y análisis de los ataques de tiburones registrados para Panamá. Informe. Centro de Ciencias del Mar, Universidad de Panamá, 14 p.

Averza-Colamarco, A. 1991. El tiburón: impredecible o "incomprensible". *El Panamá América*, Segunda Época (520): 4B.

Averza-Colamarco, A. & J.A. Gómez. 1986. Los tiburones de los mares panameños, ¿recurso pesquero o amenaza?. *Revista Lotería* (358): 123-133.

Baldrige, D. & J. Williams. 1969. Shark attack: feeding or fighting. *Military Medicine* 134(2): 130-133.

Compagno, L.J.V. 1982. Legend versus reality: the jaws image and shark diversity. *Oceanus* 24(4): 5-16.

Crooks, V., M. Zambrano, D. Urrutia & J. Magallón. 1999. Recuento de ataques de tiburones registrados para Panamá. Trabajo Final

Biología de Tiburones. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, 26 p.

Dennis, F. 1976. Man-eating sharks. Castle Books, 110 Enterprise Ave., N.J., 95 p.

Garrick, J.A.F., & L.P. Schultz. 1963. A guide to kinds of potentially dangerous shark. IN: Sharks and Survival, pages 3-60, Gilbert, P. W. eds., Heath and Company, Boston, 578 p.

Gilbert, P.W. 1982. Introduction of shark. *Oceanus* 24(4): 3-4.

Gilbert, P-W., & C. Gilbert. 1973. Sharks and shark deterrents. *Underwater Journal* 5(2): 69-79.

Gilbert, P.W., L.P. Schultz & S. Springer. 1960. Shark attacks during 1959. *Science* 132(3423): 323-326.

Glynn, P.W. 1972. Observations on the ecology of the Caribbean and Pacific coast of Panama. *Bull. Biol. Soc. Wash.* (2): 13-30.

González, B. 1993. Tiburón ataca a boxeador en región de Bahía Honda. *La Estrella de Panamá*, sábado 18 de diciembre, CXL: A15

Gudger, E.W. 1937. Will sharks attack human beings. *Nat. Hist.* 40(1): 417-418.

Hawthorne, P. 1997. Man bites shark. *Science* 170(3904): 50-51.

ISAF, 2002. <http://www.flmnh.ufl.edu/fish/shark/ISAF/ISAF.htm>

Johnson, R.H. & D.R. Nelson. 1973. Agonistic display in the gray reef shark *Carcharhinus menisorrhali* and its relationship to attacks on man. *Copeia* 1973(1): 76-84.

Klimley, A.P. 1974. An inquiry into the causes of shark attacks. *Sea Frontiers* 20(2): 67-76.

Lezcano, O. 1982. Encuentran un estudiante. Sigue búsqueda en Playa de Las Lajas. *La República*, 10 de agosto de 1982, Primera Plana-pág. 10.

- Llano, G. 1957. Sharks vs men. *Sci. Am.* 196(6): 54-61.
- Loflin, H. 1967. Fish attacks on humans on the Caribbean coast of Panama. *Carib. J. Sci.* 7(3-4): 159.
- Miller, D.J. & R.S. Collier. 1980. Shark attacks in California and Oregon 1926-1979. *Calif. Fish and Game* 67(1): 76-104.
- Oro, A. 1982. Se dan por perdidos dos jóvenes que fueron arrastrados al mar: David. *La Estrella de Panamá*, 12 de agosto 1982, C-4.
- Rodriguez, A. 1982. ¿Son realmente tan peligrosos los tiburones? *Mar y Pesca* (204): 34-39.
- Schultz, L.P. 1963. Attacks by sharks as related to the activities of man. IN: *Sharks and Survival*, pages 425-452, Gilbert P.E. eds., Heath and Company, Boston, 578 p.
- Schultz, L.P. & M.H. Malin. 1963. A list of shark for the world. IN: *Sharks and Survival*, pages 507-567, Gilbert P.W. eds., Heat and Company, Boston, 578 p.
- Schultz, L.P., P.W. Gilbert & S. Springer. 1961. Shark attacks. *Science* 134(3472): 87-88.
- Torrero, M. 1982. Farallón despedazado por un tiburón. *El Matutino*, lunes 22 de noviembre, pag. 1.
- Urriola, T. 1982. Sigue búsqueda en playa de Las Lajas, *Crítica* 11 de agosto 1982, pag. 2.
- Wright, B.S. 1948. Releasers of attacks behavior pattern in shark and barracuda. *J. Wild. Mgmt.* 12(2): 117-123.

Recibido febrero del 2003, aceptada abril del 2003.

ANEXO

Cuadro N° 1: Recuento de Ataques de Tiburones en Aguas de la República de Panamá

Rpt	Año	Mes	Día	Localidad	Área	N°PI	Nombre de la Víctima	F/NF	A-P/NP
1	1883-89	-	-	Bahía de Panamá, Panamá (8°N-79°O)	P	1	Patterson Jules	F	NP
2	1924	N	24	Isla Taboga, Panamá (8°48'N-79°33'O)	P	1	Hombre	NF	NP
3	1929	N	4	Isla Taboga, Panamá (8°48'N-79°33'O)	P	1	Moreno Abraham	F	NP
4	1935	Jl	5	Corte Culebra, Canal Panamá, Panamá (9°3'N-79°40' O)	Ca	1	Valentin Alonso	F	NP
5	1940	S	-	Isla Otoque, Panamá (8°36'N-79°39'O)	P	1	Penacho Roberto	F	NP
6	1942	-	-	Playa Bella-Vista, Panamá (8°57'N-79°30'O)	P	1	Hombre	F	NP
7	1943	S	23	Isla del Rey, Golfo de Panamá, Panamá (8°20'N-78°50'O)	P	1	Marino	F	NP*
8	1945	-	-	Desembocadura del Río Dudio, 50 millas Oeste de Colón (9°N-80°45'O)	C	1	Asista Maria	NF	NP
9	1947	A	-	Bahía de Panamá, Panamá (8°N-79°O)	P	1	Kaufman Charles	NF	NP
10	1950	-	-	Desembocadura del Río Chagres, Colón (9°14'N-80°55'O)	C	1	Hombre	NF	NP
11	1952	E	25	Punta Prieta, Panamá (8°57'N-79°32'O)	P	1	Videguard Costa	F	NP
12	1953	Ja	30	Bahía de Panamá, Panamá (8°N-79°O)	P	1	Gonzalves José	NF	NP
13	1958	-	-	Balboa, Zona del Canal, Panamá (8°57'N-79°33'O)	P	1	Niño	NF	P
14	1959	Jl	2	Cerca del Rompeolas, Colón (9°30'N-80°O)	C	2	Brijon Teresa y Hombre	2F	NP/Nau
15	1958-59	-	-	Playa Lajas, Chiriquí	P	1	Roberto Villareal	F	NP
16	1960	M	29	Isla Porvenir, Kuna Yala (9°34'N-78°58'O)	C	1	Dawkins Eddie	NF	NP
17	1961	E	1	Banco Roncador (13°35'N-80°4'O)	C	2	Chaney Joe y Gebhard Pete	2NF	NP/NauUR-2

18	1961	E	6	Este de Isla Grande, Colón (9°35'N-79°35'O)	C	6	Marinos (Naufrago.)	3F/3NF	NP/NauPacific Seafarer
19	1963	Jl	-	4 millas de Tubunla, Cerca de Mulatupo, Kuna Yala (8°57'N-77°43'O)	C	2	Kunas Adultos	2F	NP/CS
20	1964	M	-	Isla Achutuppu, Kuna Yala (9°12'N-77°59'O)	C	3	Kunas Jóvenes	3F	NP/CS
21	1964	A	-	Isla Achutuppu, Kuna Yala (9°12'N-77°59'O)	C	2	Kunas	2NF	NP/CS
22	1982	N	21	Playa Farallón, Coclé (8°21'N-80°8'O)	P	2	Celso Eduardo	2NF	NP
23	1985	-	-	Isla Taboga, Panamá (8°48'N-79°33'O)	P	1	Rodríguez Pedro	NF	P
24	1989	M-Jn	-	Ogobucum, Kuna Yala (8°08'N-77°43'O)	C	1	Green Edilberto	NF	NP/CS
25	1989	M-Jn	-	Nargana, Kuna Yala (9°28'N-78°35'O)	C	1	Hurtado Nicolás	NF	NP/CS
26	1989	M-Jn	-	San Ignacio de Tupile, Kuna Yala (9°16'N-78°08'O)	C	1	García Arnulfo	NF	NP/CS
27	1989	M-Jn	-	Cuebdi, Kuna Yala	C	1	Kuna Adulto	NF	NP/CS
28	1990	-	-	Kuna Yala	C	1	Kuna Joven	F	NP/CS
29	1990	-	-	Puerto María, Veraguaz (9°56'N-81°04'O)	P	1	Herrera Alberto	NF	P
30	1993	-	-	Punta Miel, Bahía Honda, Veraguaz (7°45'N-81°31'O)	P	1	Camarena Patricio	NF	NP/CS
31	1995	-	-	Jaque, Darién (7°30'N-78°10'O)	P	1	Agente Torres	NF	NP
31	1883-1995	E-N			16P-14C-1Ca	43		1924	3/40

RPT: Número de Reporte

Area: Pacífico, Canal, Caribe

*: Ataque tiburón blanco confirmado

CS: Cacería Submarina

A-P/NP: Ataque Provocado-No Provocado

Tecnociencia, Vol. 5, N° 2

N.I.: No Identificado

Nau: Naufragio

N°PI: Número de Personas Involucradas

F/NF: Fatal-No Fatal

Ca: Canal



RECUBRIMIENTOS CATÓDICOS DE COBRE SOBRE MATRICES DE ACERO, A PARTIR DE SOLUCIONES DE DIFOSFATO A pH 9

J. L. Rodríguez, S. Vásquez B., A. F. Bósquez
Universidad de Panamá, Departamento de Química Física.

RESUMEN

Se ha examinado el efecto de varios parámetros experimentales sobre la calidad y rendimiento de los electrodepósitos catódicos de cobre sobre acero inoxidable y acero de bajo contenido de carbono, a partir de soluciones difosfáticas a pH 9. El estudio se centró en la influencia del potencial del electrodo, la temperatura del electrolito, la duración de la electrolisis y la agitación mecánica, sobre el rendimiento y el aspecto físico. Se ubicó, mediante voltametría lineal, una meseta correspondiente a la deposición de cobre entre los potenciales de -1125 y -1275 mV (E.S.C.). Posteriormente, se realizaron electrólisis a diferentes valores de potencial, dentro del rango mencionado, encontrándose como valor óptimo -1175 mV, a temperatura ambiente y sin agitación mecánica. Se observó a -1175 mV, una relación lineal entre la cantidad de cobre depositado y el tiempo transcurrido. El alza de la temperatura aceleró la reacción, pero ya desde 30° C se observó en algunos casos el desmejoramiento de la capa catódica. Además el ánodo de cobre se cubrió con una sustancia de color pardo, presumiblemente Cu_2O . La agitación mecánica acelera notablemente la velocidad de la reacción. Para elucidar cuál es el factor que influye realmente sobre las propiedades del recubrimiento, se llevaron a cabo algunos ensayos en régimen galvanostático, con y sin calentamiento, con y sin agitación y en combinación de los dos parámetros. Se dedujo que, en parte, el aumento de la densidad de corriente, causada por diferentes factores, influye negativamente en la calidad del recubrimiento; sin embargo, aún a baja densidad de corriente, el aumento de la temperatura produce un efecto parecido.

PALABRAS CLAVES

Electrodeposición catódica, cobre, difosfato, cronoamperometría, rendimiento de electrolisis.

INTRODUCCIÓN

La electrodeposición del cobre sobre láminas de acero es una práctica conocida desde hace mucho tiempo [Blum & Hogaboom (1985)], actualmente ha cobrado una importancia especial con el desarrollo de los circuitos impresos [Ye et al (1992)], debido a la excelente conductividad del cobre y por la posibilidad de obtener capas delgadas y uniformes sobre una gran variedad de materiales [Bonou et al (1994), Michailova et al (1993)]. La calidad del electrodeposición depende de muchos factores, tales como: la composición química del baño, el pH, la temperatura, la presencia de ciertos aditivos, la agitación de la solución, el potencial de trabajo, la densidad de corriente, entre otros [Croussier & Bimaghra (1989), Delplancke et al. (1992), Fabricius et al. (1994), Janssen (1988), Konno & Nagayama (1978), Pavlovic et al. (1992), Radovici, et al. (1973 a,b,c), Stoychev et al. (1992), Tam & Taylor (1986), Uceda & O'Keefe (1990)]. Además de influir en la calidad y el rendimiento del depósito catódico, estas condiciones deben mantener el ánodo de cobre activo durante la electrólisis [Souto et al. (1994), Fonseca et al. (1992), Laz et al. (1992), Ling et al. (1994), Ozalinya et al. (1978)].

En el presente trabajo, se buscan aquellas condiciones experimentales que aseguren un electrodeposición de apariencia satisfactoria y un buen rendimiento [Rodríguez (2002)]. El punto de partida de este trabajo ha sido una investigación desarrollada en nuestros laboratorios, donde se encontraron las condiciones más favorables para mantener el ánodo activo [Vásquez (2001)]. Los objetivos principales son:

1. Encontrar el potencial de reducción (o la densidad de corriente) más adecuado.
2. Verificar la uniformidad de la velocidad de deposición en el transcurso del tiempo.
3. Encontrar la temperatura de trabajo óptima.
4. Observar el efecto de la intensidad de la agitación mecánica.

PARTE EXPERIMENTAL

A. Reactivos

Las soluciones se prepararon con reactivos de calidad analítica, utilizando agua destilada:

- Solución saturada de KCl, CuSO_4 1 M, H_2SO_4 1 M, NaOH 1 M, acetona, pegamento a base de plata.

- Solución electrolítica: cuya concentración final debe contener 0.05 M de CuSO_4 y 0.188 M de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, ajustado a un pH 9.

B. Materiales

- Para los electrodos: Acero inoxidable (AISI 316), acero al carbón (SAE 1020), cobre 99% puro, papel lija "Silicon Carbide" de diferentes tamaños de grano (80, 150, 240, 320, 500, 600), pinza pequeña, secador marca "OSTER", barniz impermeable marca "Glidden" (Woodmaster Y-300).
- Para la celda: Vasos químicos de 250 ml, puente salino de tres vías, electrodo de calomel saturado (E.S.C.) marca "Corning", contactos eléctricos, tapones de caucho (#13) propipeta, magneto, termómetro.

C. Equipo e instrumentación

Potenciostato: marca *Radiometer* de fabricación danesa, equipado por mando computacional, mediante el "software" *Voltmaster 2*, elaborado en Francia.

Potenciómetro: digital de alta impedancia, marca "*Bantex*".

Electrodos: Los electrodos de trabajo (cátodos) se prepararon con láminas de acero (inoxidable y al carbón) y los electrodos auxiliares (ánodos) con láminas de cobre puro. Estas láminas se cortaron en forma de bandera, se pulieron con lijas y se pintaron con un barniz impermeable, dejando sin pintar una cara del cuadrado (el cual estará sumergido en la solución electrolítica) y el extremo del asta (en donde habrá contacto eléctrico). Antes de iniciar las electrólisis, la parte descubierta de los electrodos de trabajo y auxiliar fueron pulidos con lijas finas (hasta obtener a simple vista una superficie brillante y sin manchas), luego se enjuagaron con abundante agua destilada, se secaron con un secador y finalmente se pesaron en una balanza analítica.

Celda: La celda se montó sencillamente con dos vasos químicos de 250 ml. En el primer vaso se colocó la solución de difosfato, con los electrodos de trabajo (acero) y auxiliar (cobre) separados aproximadamente de 1 cm; mientras que en el segundo vaso se colocó el KCl saturado con el electrodo de referencia (ESC). Ambos vasos se conectaron con un puente salino.

Otros Equipos: Microscopio electrónico de barrido (MEB): marca "JEOL", plato calentador (marca "Thermolyne"), balanza analítica (marca "Sartorius"), desecador.

D. Procedimiento

1. Ubicación del potencial de reducción:

Para encontrar el potencial de trabajo, se hizo un barrido potenciodinámico, desde el potencial de reposo del acero hasta -2000 mV, con una velocidad de 20 mV/s, a temperatura ambiente y sin agitación mecánica. Una vez ubicada la "meseta" de deposición de cobre, se escogieron distintos valores de potencial constante y se hicieron varios ensayos cronoamperométricos, para obtener el rendimiento de la electrólisis.

2. Cantidad de cobre depositado en función del tiempo:

Para este ensayo, se llevaron a cabo varias electrólisis durante periodos de tiempo diferentes (15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos), a potencial constante, temperatura ambiente y sin agitación mecánica, registrándose la masa depositada como función del tiempo. El interés de esta función era simplemente verificar que la reacción de deposición no se modifica cuando en la capa subyacente se acumula más y más cobre.

3. Efecto de la temperatura:

En estos ensayos, se realizaron varias electrólisis a diferentes temperaturas (22, 31, 40, 47, 55 y 62° C) durante una hora, a potencial constante y sin agitación mecánica. Luego se calculó el rendimiento y se observó el aspecto de los depósitos.

4. Efecto de la agitación mecánica:

El efecto de la agitación se evaluó sólo cualitativamente, debido a la falta de instrumentos para cuantificarla. Se llevaron a cabo varias electrólisis a temperatura ambiente, a potencial constante, durante una hora variando la intensidad de la agitación mecánica. En cada caso, se midió la cantidad de carga total y se calculó el rendimiento, además, se inspeccionó el aspecto del depósito.

5. Ensayos galvanostáticos:

Estos se llevaron a cabo para verificar el efecto de la temperatura y de la agitación en la electrólisis, al mantener la densidad de corriente

constante. Se ajustó la intensidad de corriente a 3 mA, un valor cercano al obtenido en los ensayos potencioestáticos (sin calentamiento y sin agitación). Se tomaron cuatro electrodos de trabajo, los cuales se sometieron a una electrólisis durante una hora, variándose las condiciones de temperatura y agitación; se calculó el rendimiento y se inspeccionó el aspecto de la superficie, a simple vista y por MEB.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Ubicación del potencial de reducción:

1. Barrido potenciodinámico:

En la figura siguiente se presenta un voltamograma, tomado a temperatura ambiente, sin agitación y con una velocidad de barrido de 20 mV/s. Se distingue una meseta, aproximadamente entre -1125 y -1275 mV (la cual se le atribuye a la deposición de cobre).

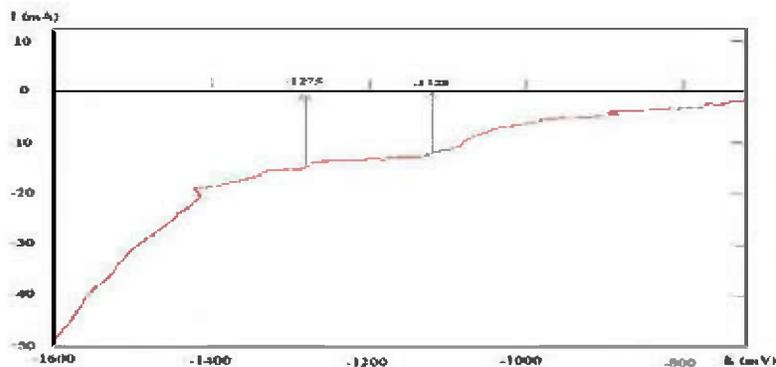


Fig. 1. Voltametría lineal tomada a temperatura ambiente, sin agitación mecánica y con una velocidad de barrido de 20 mV/s.

En el intervalo señalado la corriente es casi constante, lo cual hace pensar que la reducción de cobre se rige por la rapidez de la difusión. A potenciales menos negativos la reducción se lleva a cabo muy lentamente; y a potenciales más negativos, la densidad de corriente crece rápidamente, pero gran parte de la carga se utiliza para reducir los protones (se observa liberación de H_2). La corriente de reducción en esta zona crece rápidamente con el potencial, pero no se usa para la reducción de cobre.

2. Electrólisis a diferentes potenciales:

Se hicieron ensayos cronoamperométricos para obtener la carga total durante la electrólisis y se calculó el porcentaje de carga utilizada para la reducción de cobre. Por ejemplo, si el incremento de masa sobre el cátodo fue 1.9 mg y la carga total que pasó por la celda 6.87 C, el % de eficiencia, considerando para el cobre las valencias 2 y 0, se calcula así:

$$\% \text{ eficiencia} = \frac{(0.0019 \text{ g}) \times (2) \times (96485 \text{ C/mol})}{(6.87 \text{ C}) \times (63.55 \text{ g/mol})} \times 100 = 83.98\%$$

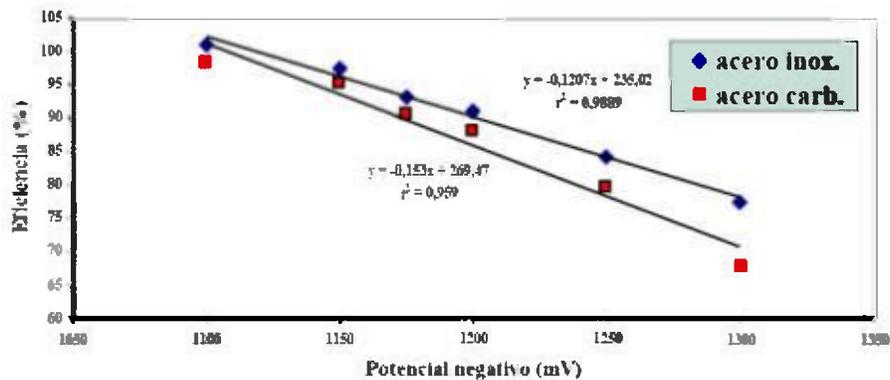


Fig. 2. Rendimiento de la electrólisis en función del potencial de reducción, sobre acero inoxidable y acero al carbón.

En la figura 2 se plasman los resultados obtenidos, para depósitos sobre acero inoxidable y sobre acero al carbón. Sobre ambas matrices se observa un desmejoramiento del rendimiento a medida que el potencial se hace más negativo, posiblemente ocasionado por la reducción simultánea de los protones sobre el cátodo. En base a estos resultados, se escogió el potencial de -1175 mV como valor óptimo de trabajo, porque a este potencial todos los depósitos presentaron un buen rendimiento y un aspecto satisfactorio.

B. Cantidad de cobre depositado en función del tiempo

La figura 3 muestra la relación lineal que existe entre la masa de cobre depositado y el tiempo de la electrólisis. Se pudo observar que la

velocidad de la reacción de deposición permanece constante en el transcurso del tiempo.

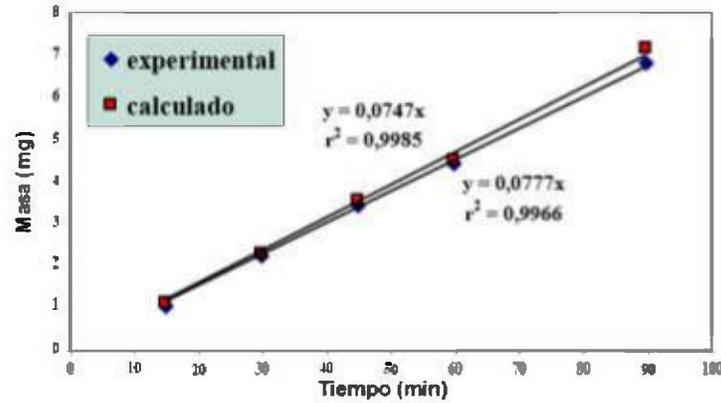


Fig. 3. Masa de cobre depositada en función del tiempo de deposición.

C. Efecto de la temperatura

En la figura 4 se presenta la relación que existe entre la temperatura y cantidad de cobre depositado a -1175 mV. Conforme aumentó la temperatura, aumentó la densidad de corriente y por ende la cantidad de cobre depositado. En toda la gama de temperatura explorada (es decir, entre 20 y 60 °C aproximadamente), el rendimiento permaneció alrededor de 95%. Más adelante se retomará la discusión sobre este resultado, mediante los ensayos realizados en régimen galvanostático.

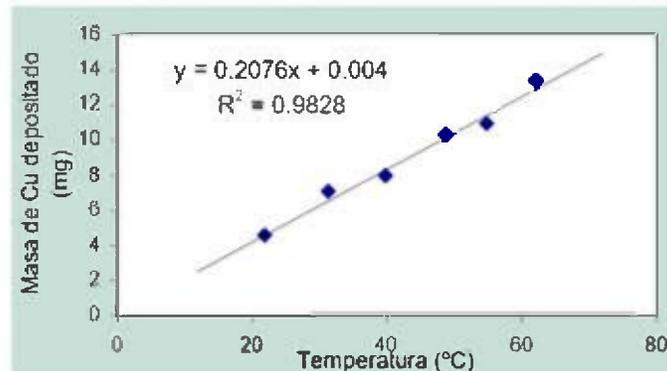


Fig. 4. Cantidad de cobre depositado a diferentes temperaturas ($E = -1175$ mV, sin agitación mecánica).

D. Efecto de la agitación mecánica

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en las electrólisis a diferentes intensidades de agitación mecánica, a -1175 mV. Como se

puede observar, el aumento en la intensidad de la agitación aumentó la cantidad de cobre depositado, no obstante, no se notó influencia alguna de esta sobre el rendimiento. Para esclarecer el efecto de la agitación, también se complementó la serie con algunos ensayos galvanostáticos.

Tabla 1. Electrólisis a diferentes intensidades de agitación, a potencial constante y temperatura ambiente.

Agitación	Masa de cobre depositada (mg)	Carga calculada (C)	Carga total medida (C)	% eficiencia
Nula (0)	4,6	14,0	14,2	98,6
Leve (1)	15,3	46,4	45,7	101
Moderada (3)	17,9	54,3	55,9	97,1
Fuerte (5)	24,6	74,7	77,6	96,3

E. Ensayos galvanostáticos

La tabla 2 muestra los resultados que se obtuvieron en estos ensayos a corriente constante. No se pudo evitar que el potencial corriera hacia valores menos negativos. También se observan los rendimientos obtenidos en cada ensayo, calculados en base a la forma divalente del ion cobre.

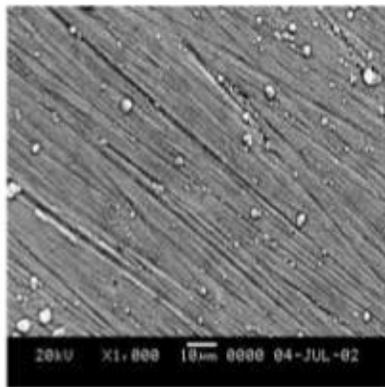
Tabla 2. Ensayos galvanostáticos: efecto de la temperatura y de la agitación.

Muestra	I (mA/cm ²)	T (°C)	Agitación	Pot.medio (mV)	Rendim. %	Aspecto
23sa	1.61	22	No	-1175	≈100	brillante
40sa	1.28	43	No	-727	135	oscuro, con brillo
23ca	1.28	22.5	Sí	-853	95.5	brillante
40ca	1.29	43.5	Sí	-572	118	manchado, sin brillo

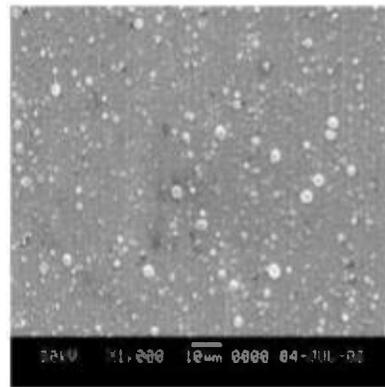
Los resultados indican que a temperatura ambiente, el rendimiento se mantuvo muy cerca del 100%; lo más notable en estos resultados es el incremento del rendimiento a alta temperatura. De hecho los valores obtenidos (118% y 135%) son tan altos que no se le puede atribuir a errores experimentales. Creemos que a alta temperatura el complejo

difosfático de cobre puede existir en forma de cobre (I), el cual necesitaría menor cantidad de energía eléctrica para ser reducido, de allí entonces que se hayan obtenido estos elevados rendimientos [Rodríguez (2002)]. Esta explicación necesita todavía comprobaciones más directas. Aunque algunos autores como Radovici (1973) & Vásquez (2001) hacen alusiones sobre ese tipo de complejo, gran parte de la literatura considera la forma divalente como estable. Es importante recordar que los experimentos potencioestáticos a alta temperatura no mostraron rendimientos superiores a 100%, quizás porque la densidad de corriente elevada favoreció la liberación de hidrógeno. Ambos efectos antagonistas (es decir, la disminución de rendimiento por producción de hidrógeno y el aumento por la reducción de los iones monovalentes de cobre), pudieron compensarse y anular el efecto total. En los ensayos galvanostáticos, debido a la baja densidad de corriente, esto no pudo ocurrir, observándose el aumento del rendimiento. Con respecto a la agitación mecánica, se pudo comprobar que ésta, al igual que la temperatura, disminuye la polarización, pero no tiene influencia alguna sobre el rendimiento.

En cuanto al aspecto de la superficie en las muestras obtenidas en estos ensayos, se pudo observar que a simple vista, aquellos recubrimientos que se obtuvieron a temperatura ambiente ($\approx 23^{\circ}\text{C}$) presentan mejor aspecto que los obtenidos a altas temperaturas. También se observó que las altas temperaturas provocan el recubrimiento parcial del ánodo de cobre, con una sustancia color pardo, presumiblemente óxidos de cobre. Sin embargo, las fotografías del MEB no muestran mucha diferencia en la morfología de las superficies depositadas en todos los depósitos; se presentan determinadas manchas blancas esparcidas sobre la superficie, las cuales parecieran ser sales cristalizadas que se incorporan a la red metálica. Se mencionan en algunos artículos [Konno & Nagayama (1978)] la posibilidad de la incorporación de cristales de difosfato en el recubrimiento de cobre. Se pensó también en la posibilidad de que estas manchas fueran otras sales adsorbidas sobre el cátodo, huellas dejadas por las burbujas de hidrógeno, o incluso partículas adheridas de óxidos, las cuales se desprenden del ánodo y se dispersan en la solución al ser agitada [Rodríguez (2002)]. A temperatura ambiente (Fig. 5a y b), se nota una menor cantidad de manchas blancas en la superficie de la muestra obtenida en una solución agitada. Sin embargo, el efecto de la agitación se manifiesta en el sentido contrario a altas temperatura (Fig. 6a y b).

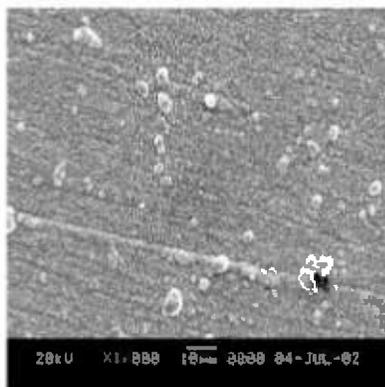


a

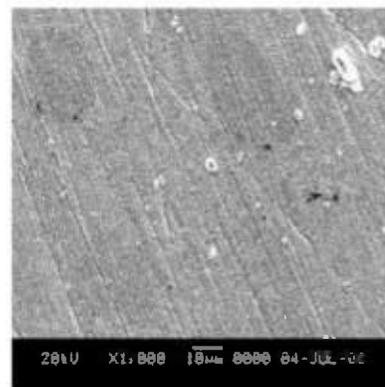


b

Fig. 5. Fotografías de MEB tomadas en muestras depositadas a 23°C: a) con agitación; b) sin agitación.



a



b

Fig. 6. Fotografía de MEB tomadas en muestras depositadas a 40°C: a) con agitación; b) sin agitación.

CONCLUSIONES

A temperatura ambiente y sin agitación mecánica el potencial de reducción más adecuado para la electrodeposición del cobre es -1175 mV. A este potencial, tanto el rendimiento de la electrólisis como el aspecto de las muestras son satisfactorios.

Se pudo comprobar que, a potencial constante ($E = -1175$ mV), temperatura ambiente, con y sin agitación mecánica, la velocidad de deposición del cobre sobre el acero inoxidable es uniforme y constante a través del tiempo.

A potencial constante, el aumento de la temperatura y/o la intensidad de la agitación mecánica aumenta la densidad de corriente catódica, sin embargo, las altas temperaturas perjudican el aspecto de los depósitos y provocan el recubrimiento del ánodo.

Mediante régimen galvanostático, con el aumento de la temperatura, además de perjudicar el aspecto de los depósitos de cobre, se obtienen rendimientos muy elevados (calculados según el Cu^{2+}), lo cual sugiere que las altas temperaturas promueven la estabilización del complejo monovalente de cobre en la solución. Esto indica que las electrólisis llevadas a cabo a temperatura ambiente parecen ser las más adecuadas para obtener depósitos de muy buen aspecto y de rendimientos cercanos a 100%.

ABSTRACT

The effect of several experimental parameters has been examined on the quality and yield of the cathodically deposited copper on stainless and low carbon steel, from diphosphatic solutions at pH 9. The study was centered on the influence of the cathodic potential, the current density, the temperature of the electrolyte, the duration of the electrolysis and the mechanical agitation. A plateau, corresponding to the copper deposition was located by means of linear voltammetry, between -1125 and -1275 mV (S.C.E.), being the better potential of reduction -1175 mV, when the experiment carried out without heating y stirring. It was observed a linear relation between the amount of the deposited copper and the time. The rise of temperature accelerate the reaction, nevertheless, already from 30°C was observed in some cases the decline the cathodic layer's aspect, with incorporation of gas bubbles underneath the covering, particularly when the electrolysis was carried out without stirring. In addition, the copper anode was covered with a brown substance, presumptively Cu_2O . The mechanical stirring has a remarkable accelerating effect on the speed of the reaction. In order to clarify, which is the factor that really influences the mechanism and properties of the covering, it was carried out some experiments in galvanostatic regime, with and without heating, with and without stirring and in combination of both parameters. It could be deduce, that the increase of the current density is the main responsible for the covering's spoil, nevertheless also at low current density the high temperature have a negative influence on the electrodeposited copper.

KEYWORDS

Cathodic electrodeposits, copper, diphosphate, chronoamperometry, yield of electrolysis.

REFERENCIAS

Blum, W., & G. Hogaboom. 1985. *Galvanotecnia y galvanoplastia*, C.E.C.S.A. 350 págs.

Bonou, L., M. Eyraud & J. Coussier. 1994. *Journal of Applied Electrochemistry*. 24(9): 906-910.

Coussier, J. & I. Bimaghra. 1989. *Electrochimica Acta*. 34(8): 1205-1211.

Delplancke, J.-L., M. Ongaro & R. Winand. 1992. *Journal of Applied Electrochemistry*. 22(9): 843-851.

Fabricius, G., K. Kontturi & G. Sundholm. 1994. *Electrochimica Acta*. 39(16): 2353-2357.

Fonseca, I., A. Cristina, S. Marin & A.C. Sa. 1992. *Electrochimica Acta*. 37(13): 2541-2548.

Janssen, L. J. J. 1988. *Journal of Applied Electrochemistry*. 18(3): 339-346.

Konno, H. & N. Nagayama. 1978. *Electrochimica Acta*. 23(2): 1001-1007.

Laz, M.M., R.M. Souto, S. González, R.C. Salvarezza & A.J. Arvia. 1992. *Electrochimica Acta*. 37(4): 655-663.

Ling, X., Z.H. Gu & T.Z. Fahidy. 1994. *Journal of Applied Electrochemistry*. 24(11): 1109-1115.

Michailova, E., I. Vitanova, D. Stoychev & A. Milchev. 1993. *Electrochimica Acta*. 38(16): 2455-2458.

Ozalinya, B.O., A. Ozola & B.A. Purin. 1978. *Latvijies PSR Zinatium Academy Vestis. Serijie Kimijas*. 6: 664-668.

Pavlovic, M. G., S. Kindlova & I. Rousar. 1992. *Electrochimica Acta*. 37(1): 23-27.

Radovici, O., C. Vass & I. Solacolu. 1973a. *Revue Roumain de Chimie*. 18(7): 1105-1109.

Radovici, O., C. Vass & I. Solacolu. 1973b. *Revue Roumain de Chimie*. 18(8): 1325-1331.

Radovici, O., C. Vass & I. Solacolu. 1973c. *Revue Roumain de Chimie*. 18(12): 2021-2029.

Rodríguez C., J. L. 2002. Estudio de la electrodeposición catódica de cobre en medio difosfático. Tesis. Universidad de Panamá. Panamá, Panamá. 95 págs.

Souto, R.M., S. González, R.C. Salvarezza & A.J. Arvia. 1994. *Electrochimica Acta*. 39(17): 2619-2628.

Stoychev, D., I. Vitanova, R. Bujukliev, N. Petkova, I. Popova & I. Pojarliev. 1992. *Journal of Applied Electrochemistry*. 22(10): 978-986.

Tam, T.M. & R. Taylor. 1986. *Journal of the Electrochemical Society*. 133(6): 1101-1106.

Uceda, D. A. & T. J. O'Keefe. 1990. *Journal of Applied Electrochemistry*. 20(2): 327-334.

Vásquez, S. 2001. Estudio cinético de la disolución anódica del cobre en medio difosfático. Tesis. Universidad de Panamá. Panamá, Panamá. 96 págs.

Ye, X., M. De Bonte, J. P. Celis & J. R. Roos. 1992. *Journal of the Electrochemical Society*. 139(6): 1592-1600.

Recibido febrero del 2003, aceptado abril del 2003.



RELACIÓN DEL DESARROLLO GONADAL DE LA ALMEJA BLANCA (*Protothaca asperrima*) (Pelecypoda: Veneridae) CON LA TASA DE CONSUMO DE OXIGENO

Irina E. López, Iván Gustavo Luna, Aura Gutiérrez, Janzel Villalaz
Universidad de Panamá, Escuela de Biología.

RESUMEN

La reproducción afecta la fisiología del organismo produciendo gran cantidad de tejidos que requiere de energía, por lo tanto, el desarrollo gonadal puede afectar el consumo de oxígeno de un organismo. Por esta razón, este trabajo tiene el propósito de determinar la relación entre el desarrollo gonadal y el consumo de oxígeno en la almeja blanca *Protothaca asperrima*. Para esto, durante el periodo de enero de 1995 a enero de 1996, se llevó a cabo un estudio en Playa Bique, Arriján. En este trabajo se colectaron animales, los cuales se aclimataron y se les midió el consumo de oxígeno mediante el método de Winkler, estimándose su desarrollo gonadal usando análisis histológico. Como resultado, obtuvimos en el mes de abril la mayor tasa de consumo de oxígeno, la cual fue descendiendo paulatinamente hasta octubre, donde se incrementó nuevamente. Los parámetros físicos no estuvieron correlacionados con el consumo de oxígeno ni con el largo de los ovocitos y el estadio gonadal. Por lo que, en esta especie, no se observa relación entre el consumo de oxígeno y el desarrollo gonadal.

PALABRAS CLAVES

Consumo de oxígeno, desarrollo gonadal, Mollusca, Pelecypoda, Veneridae, *Protothaca asperrima*.

INTRODUCCIÓN

La almeja blanca, *Protothaca asperrima*, representa un producto marino muy apetecido por la población panameña. Para muchas poblaciones humanas costeras, ella constituye una fuente importante de proteína en su dieta; representando, asimismo, una forma de

ingreso económico para dichos hogares, ya que este producto es muy cotizado en los restaurantes.

Este bivalvo prefiere playas con un sustrato arenoso fangoso con mucha materia orgánica. Varias son las playas en nuestro país con las condiciones adecuadas para su desarrollo. Entre éstas tenemos: Puerto Caimito, Bique, Punta Chame, en la provincia de Panamá; Garachiné y Taimiti en Darién, y Farallón en Coclé. En los dos primeros lugares se extrae este molusco; sin embargo, es Bique en donde esta actividad es mayor, supliendo los requerimientos de este bivalvo en la ciudad de Panamá.

Playa Bique representa un área ubicada a 22.8 km de la ciudad de Panamá (Águila et al., 1978; Muñoz & Díaz, 1984). En ella la población aledaña extrae grandes cantidades de esta almeja. El primer reporte de la extracción de este producto en esta playa se remonta al trabajo de Águila et al. (1978), donde observaron cómo los habitantes del lugar extraían grandes cantidades de este molusco. Desde este momento se han continuado los estudios en el área, como los de Muñoz & Díaz (1984), Telesca & Visuetti (1985), Grajales & Vergara (1996), Morales & Green (1997), López & Gutiérrez (1998), en los cuales se ha seguido reportando la explotación de este producto en dicha playa. Esto nos lleva a sugerir que la población de *P. asperrima*, a pesar de esta explotación, se ha mantenido estable.

Como la extracción de ella se realiza de manera artesanal, para el consumo de los habitantes de este poblado y de la ciudad de Panamá, no existen registros de la intensidad de dicha actividad. A pesar de todos los estudios llevados a cabo en el área, no se conocen muy bien los aspectos de la biología de esta especie, como es la reproducción. Por ejemplo, no se conoce la época de desove de esta especie. Los estudios histológicos realizados por López & Gutiérrez (1998) sugieren su periodo de desove en los meses de enero y octubre, lo cual debe ser confirmado.

La reproducción y desove en los animales marinos son actividades que demandan energía. Por ejemplo, Ansell (1973) reportó que la actividad de desove provoca un incremento en el Q_{O_2} . Vooy (1976) encontró que éste es más alto cuando ocurre el desove entre marzo a julio que en el otoño. Mann (1979) observó una marcada disminución

en el peso seco de la almeja *Tapes philippinarium* asociada con el periodo de desove. Asimismo, Bricelj et al. (1987) encontraron esta misma asociación entre la actividad gametogénica y el consumo de oxígeno en la conchuela *Argopecten irradian irradian* (Lamarck). De esta manera, la medición del consumo de oxígeno de las especies marinas puede ser empleada para la determinación del ciclo gametogénico y el momento de desove.

Así, este estudio tiene como propósito determinar la asociación entre el ciclo gametogénico de *P. asperrima* y el consumo de oxígeno. De tal manera que nos permita usar esto como un medio indirecto de determinar el periodo de desove de la población en esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en Playa Bique, Arraiján, entre los 8° 53' 27" y 9° 53' 01" de latitud Norte y los 70° 39' 44" y 79° 40' 00" de longitud de Oeste (Águila et al., 1978; Muñoz & Díaz, 1984). Las colectas se realizaron cada 15 días durante la marea más baja del mes, de enero de 1995 a marzo de 1996. Una cantidad de 50 individuos fueron colectados en dos cuadrantes de un metro cuadrado establecidos en la playa. Junto con las colectas se tomaron la temperatura del aire, sedimento y agua con un termómetro de 0.1°C de precisión. De igual manera, se midió la salinidad con un refractómetro (AREA). Las almejas fueron transportadas a las instalaciones del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), en Isla Naos, donde se dejaron aclimatando en estanques aireados con agua de mar circulante por cinco días. De allí se trasladaron al laboratorio de Fisiología de la Universidad de Panamá, tomando el cuidado de mantener la misma temperatura que las instalaciones de Isla Naos. Antes de empezar el experimento a las almejas, se le removió la epibiota que estaba sobre las conchas, descartándose las almejas muertas. La morfometría de cada individuo se determinó haciendo mediciones de la longitud, altura y amplitud de la concha con un calibrador vernier de 0.01 cm de precisión, así como su peso con una balanza semianalítica.

Para el análisis de oxígeno se utilizaron siete recipientes medidos con tapa de la siguiente manera: en cinco de ellos (réplicas) se colocaron tres ejemplares de *P. asperrima* y los dos restantes se dejaron sin almejas (control). Las tallas de las almejas de cada recipiente fueron

seleccionadas al azar. Estos recipientes se colocaron dentro de una pecera con agua de mar filtrada y aireada. Los animales se dejaron aclimatando por uno o dos días con las peceras cubiertas con una bolsa negra. En el momento de la determinación del consumo de oxígeno, los frascos fueron tapados por 16 horas (aproximadamente entre las 7:00 pm a 1:00 pm). Pasado este tiempo, el consumo de oxígeno se determinó empleando el método de Winkler. Este análisis se realizó por triplicado a cada botella. Para efecto de los análisis, se trabajó con el Q_{O_2} ajustado mediante covarianza.

De cada colecta se tomaron diez individuos al azar, a los cuales se extrajo el animal de la concha. El material fue seccionado en dos o tres partes, según el tamaño de la almeja. En los casos en que ellas eran muy pequeñas se dejaban enteras. Cada sección fue fijada individualmente en 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, luego de lo cual, estos se colocaron 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. La sección de cada individuo fue colocada en porta-tejidos. Éstas fueron deshidratadas través de una serie de alcoholes, aclaradas con xilol y bloqueadas en Paraplast. Los cortes se realizaron con un espesor de 5 μ m y fueron teñidos con Hematoxilina-Eosina (Hematoxilina de Harris y Eosina Metanólica) (López & Gutiérrez, 1998). Las gónadas femeninas se ubicaron a escala de madurez sexual descrita por Palacios et al. (1986), utilizándose 30 ovocitos al azar para medir su largo y ancho.

El consumo de oxígeno se evaluó estadísticamente mediante un análisis de covarianza, empleando como covariable el peso de las almejas debido a su relación inversa con el Q_{O_2} . De esta manera, para efecto de los análisis se emplearon las medias mensuales de los Q_{O_2} ajustados. El largo y ancho de los ovocitos fue analizado mediante un ANOVA de una vía con el fin de determinar las diferencias en estas medidas a través de los meses.

RESULTADOS

La figura 1 compara el comportamiento del Q_{O_2} ajustado con el largo de los ovocitos, mostrando cierta relación entre ellos. En ella se

muestra que el Q_{O_2} está retrasado dos meses, lo que explica la baja correlación entre ambos ($r = 0.15$, $P > 0.05$).

La relación entre la biomasa, el Q_{O_2} y el tamaño de los ovocitos que se muestra en la figura 2 indica que el primero fue más alto cuando los ovocitos estuvieron en su máximo tamaño y la biomasa a la mitad. Asimismo, la comparación entre el estadio de los ovocitos con el consumo de oxígeno ajustado de la figura 3 no revela relación entre ellas ($r_{desove, 15, 5\%} = -0.10$; $p = 0.56$; $r_{maduro, 15, 5\%} = -0.20$, $p = 0.71$).

DISCUSIÓN

El consumo de oxígeno es una medida que está afectada por muchos factores. Ellos han sido agrupados por Newell (1970) en tres tipos: los endógenos, los exógenos o ambientales y los que conservan la energía durante la exposición al aire. Dentro de los factores endógenos se encuentra la actividad de los individuos, y uno de las más importantes de este grupo es la llegada de la reproducción, la cual provoca cambios en el consumo.

En este estudio, se ha podido determinar que la presencia de un consumo de oxígeno ajustado alto durante el mes de abril se puede deber al hecho que la época más apreciable de la actividad de desove de estas almejas fue en enero, lo que provocó la baja en el Q_{O_2} durante este mes y el siguiente, para recuperarse en abril. En trabajos realizados por Ansell (1973) & Vooy's (1976) en *Donax vittatus* y *Mytilus edulis*, respectivamente, se observa un descenso de Q_{O_2} en la época de desove, el cual aumenta con la recuperación del animal. Prueba de esto es lo reportado por Bricelj *et al.* (1987) en *Argopecten irradian irradians*, al observar un incremento del 50% del consumo de oxígeno debido a una alta demanda reproductora.

Otro factor que pudo afectar el consumo de oxígeno de *P. asperrima* en nuestro periodo de estudio, fue la temperatura. El valor alto de Q_{O_2} en abril se puede explicar en relación con la temperatura del agua o la salinidad, que son dos factores que muchos científicos asumen como los mayores causantes de los cambios en el consumo de oxígeno en bivalvos marinos (Vooy's, 1976; Dhamne & Mane, 1976). En nuestro estudio, la salinidad y la temperatura se mantuvieron constantes durante los meses de mayor consumo de oxígeno.

Otro factor que no podemos dejar a un lado, fue la gran acumulación de sedimentos en la playa que se dio en septiembre y octubre debido a trabajos de dragado en la entrada del canal. Esto pudo producir una crisis de oxígeno disuelto en el área, lo que provocó muerte masiva, disminución de la tasa de crecimiento somático y pudo acelerar la maduración de los gametos. Alarcón & Zamora (1993) observaron en *Crassostrea rhizophorae* que los únicos individuos de la población que pudieron soportar el estrés de oxígeno disuelto fueron aquellos que se encontraban en los estadios tempranos de la gametogénesis. Probablemente este mismo proceso ocurrió con *P. asperrima*.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados indican un retraso de dos meses entre el Q_{O_2} y el largo de los ovocitos. Asimismo no se observó asociación significativa entre esta variable fisiológica y el desarrollo gonadal.

ABSTRACT

The reproduction season affects the organism physiology producing a great of deal of tissue which affect the energy requirement; so, the gonadal development influences on the oxygen uptake. Therefore, the propose of this work is the determination of the relationship between the gonadal development and the oxygen consumption in the raplike clam *Protothaca asperrima*. So, a study was carried out from January 1995 to January 1996 at the Bique beach, Arraijan. This work consisted in the determination of the oxygen consumption by Winkler method and the gonadal development by histology. Our results reveal a higher oxygen uptake in April, decreasing from this up to October where it increases again. There was not correlation between oxygen consumption and physical factors. There was not relationship with the ovocite length nor with gonadal stage. Therefore, apparently there is not relationship between oxygen uptake and gonadal development in this specie.

KEYWORDS

Oxigen consumption, gonadal development, Mollusca, Pelecypoda, Veneridae, *Protothaca asperrima*.

REFERENCIAS

Águila, Y., I. G. Luna & J. R. Villalaz. 1978. Zonación de una playa arenosa fangosa. Universidad de Panamá. Tesis de Licenciatura, 135 págs.

Alarcón, F. & E. Zamora. 1993. Ciclo de maduración sexual y hermafroditismo en las poblaciones de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en Estero Negro y Estero Vizcaya, Limón, Costa Rica. *En: Gunther, J. & K. Kleijn (eds.) Investigación acuícola en Centroamérica.*

Ansell, A.D. 1973. Oxygen consumption by the bivalve *Donax vittatus* (da Costa). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 11: 311-328.

Bricelj, V.M., J. Epp & R.E. Malouf. 1987. Comparative physiology of young and old cohorts of bay scallop *Argopecten irradians irradians* (Lamarck): mortality, growth, and oxygen consumption. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 122:73-91.

Dhamne, K.P. & U.H. Mane. 1976. Respiration in the clam, *Phapia laterisulca*. *J. Mar. Biol. Ass. India.* 18(3): 499-508.

Grajales, G. & C. Vergara. 1996. Ecología de la infauna bentónica de Playa Bique, Enero a Junio 1995. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad de Panamá, 125 págs.

López, I. & A. Gutiérrez. 1998. Estudio de la biomasa y reproducción de la aleja blanca *Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) en Playa Bique, Arraiján, 1995-1996. Universidad de Panamá, Tesis de Licenciatura, 87 págs.

Mann, R. 1979. The effect of temperature on growth, physiology and gametogenesis in the manila clam *Tapes philippinarum* (Adam & Reeve, 1850). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 38: 121-133.

Morales, N. & A. Green. 1997. Estudio Ecológico de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos durante la estación lluviosa en Bahía Bique (Arraiján) (julio-diciembre, 1995). Universidad de Panamá, Tesis de Licenciatura, 102 págs.

Muñoz, E.A. & C.A. Díaz. 1984. Algunos aspectos sobre la maduración sexual y producción de *Protothaca asperrima* en la Bahía de Panamá. Universidad de Panamá. Tesis de Licenciatura, 89 págs.

Newell, R.C. 1970. Factors affecting the rate of oxygen consumptions. pp. 605-673. En: R. Ch. Newell (eds.). *Biology of intertidal animals*. New York, N.Y. Amer. Elsevier Publ.Co. Inc.

Palacios, J. S., R. A. Cruz, J. Bolaño & J. A. Rodríguez. 1986. Estudio sobre la biología de *Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae). *Brenesia*. 27: 23-34.

Telesca, A.T & I.A. Visuetti. 1985. Estudio del crecimiento y la migración horizontal de *Protothaca asperrima* Sowerby, 1835 (Lamellibranchia: Veneridae) en la Bahía de Bique, Panamá. Universidad de Panamá. Tesis de Licenciatura, 65 págs.

Vooyo, C. G. N. De. 1976. The influence of temperature and time of year on the oxygen uptake of the sea mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 36: 25-30.

Recibido febrero del 2003, aceptado abril del 2003.

ANEXOS

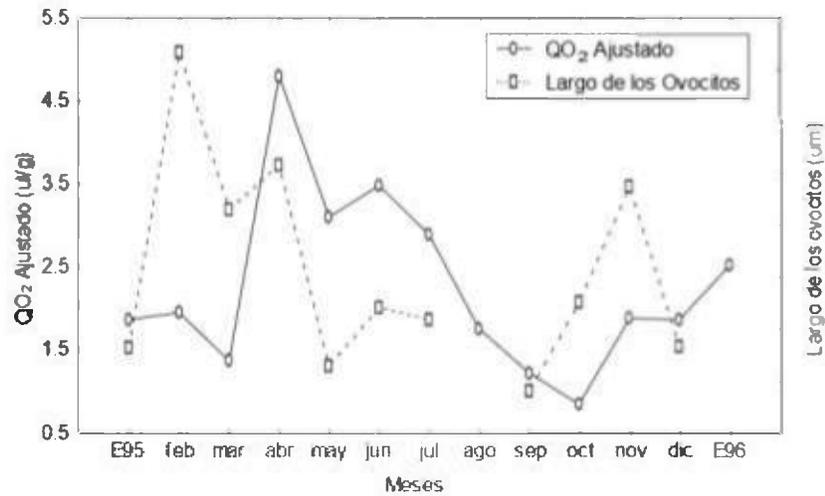


Fig. 1. Comparación del Q_{O_2} con el largo de los ovocitos durante el período del estudio donde se puede apreciar una alta asociación entre ambas variables.

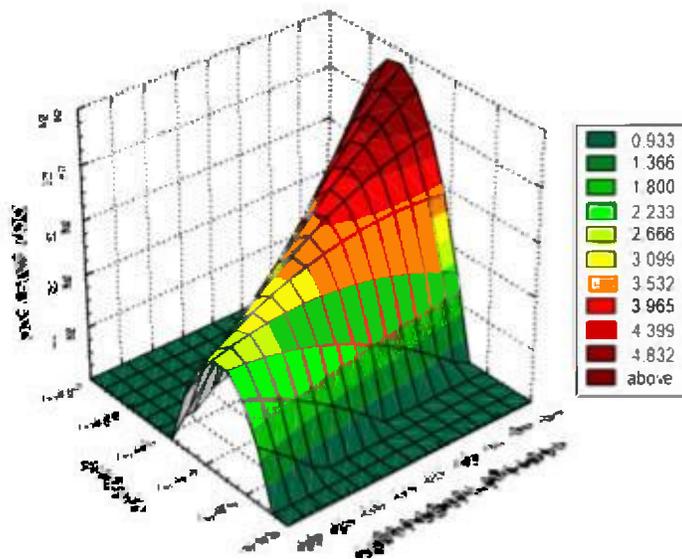


Fig. 2. Relación entre el Q_{O_2} , la biomasa y el largo de los ovocitos que muestra que cuando los ovocitos están en su máximo tamaño aumenta el Q_{O_2} y la biomasa se encuentra en la mitad de su valor.

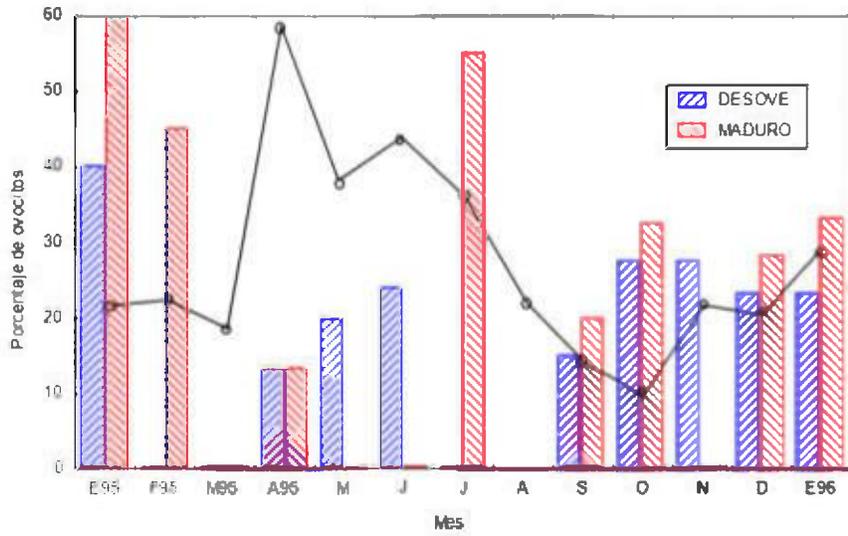


Fig. 3. Comparación de la distribución del consumo de oxígeno ajustado con respecto al porcentaje de ovocitos maduros y el desove durante el periodo de estudio



NIVEL DE RUIDO EN LA CIUDAD DE PANAMÁ

Villarreal, Y.¹, Castillo, M. de los A.¹, Muñoz, A.¹, Toral, J.¹, Flores, E.¹

¹ Departamento de Física, FCNET, Universidad de Panamá.

² Planeta Panamá Consultores.

RESUMEN

En este trabajo se estudian los niveles sonoros en un sector del área urbana de la Ciudad de Panamá (5,0 km²), que concentra gran cantidad de centros hospitalarios, educativos, habitacionales y religiosos. Se midieron los niveles sonoros y sus frecuencias en 100 puntos durante un año. Además, se realizaron encuestas a los transeúntes para determinar su percepción sobre el ruido. Se pudo comprobar que el área de estudio está expuesta desde las 7:00 de la mañana hasta las 9:00 de la noche, durante todo el año, a un valor promedio de 74 dBA.

PALABRAS CLAVES

Contaminación, acústica, ruido, nivel sonoro, frecuencia, Ciudad de Panamá.

INTRODUCCIÓN

El ruido es el contaminante más común, y puede definirse como el conjunto de fenómenos vibratorios aéreos, percibidos e integrados por el sistema auditivo, que provocan en el ser humano, bajo ciertas condiciones, una reacción de rechazo en forma de molestia, fatiga o lesión [1]. En un sentido más amplio, ruido es todo sonido percibido no deseado por el receptor [2].

En general, el campo de audición del hombre está comprendido entre 20 Hz y 20 000 Hz. Cada frecuencia tiene su propio umbral de audición. El umbral del dolor o nivel sonoro cuya intensidad produce dolor está alrededor de los 120 dBA [3].

En la Unión Europea se ha estimado una pérdida anual del 0,2% del producto interno bruto en cada uno de los países que la conforman, que debido a las consecuencias del ruido (enfermedades, tardanzas y ausencias de los trabajadores, baja eficiencia, etc.) [4]. Si proyectamos, conservadoramente, esta estimación a Panamá, estaríamos perdiendo anualmente cerca de 10 millones de balboas.

Este estudio busca determinar los principales focos de ruido en un sector de la Ciudad de Panamá, para así elaborar un mapa de isocóncas de intensidad acústica. Además, se determinan las frecuencias típicas de los ruidos más intensos. A través de una encuesta se indaga sobre la percepción y molestias que sienten los transeúntes a consecuencia del ruido. Por último, se presentan recomendaciones para disminuir los niveles de contaminación acústica en la ciudad de Panamá.

MÉTOD0 EXPERIMENTAL

Para este estudio se escogió una de las áreas de alta concentración de hospitales, escuelas, edificios de apartamentos e iglesias de la Ciudad de Panamá. En este sector se seleccionaron 100 puntos de medición en forma de rejilla (ver Fig. 1).

MEDICIÓN DE NIVELES SONOROS

Los niveles sonoros se midieron utilizando un sonómetro portátil marca Radio Shack Cat N° 33-2055, con filtro de atenuación A y respuesta lenta. Las medidas se realizaron en tres horarios del día: 6:00 a.m. – 7:00 a.m. (mañana), 12:00m – 1:00 p.m. (tarde) y de 9:00 p.m. – 10:00 p.m. (noche), en los 100 puntos seleccionados. El tiempo de medición fue de 3 minutos en cada ocasión, obteniéndose el valor promedio, el valor máximo y el valor mínimo del nivel sonoro.

El protocolo de medición se hizo utilizando la normativa internacional de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.). El trabajo experimental, se dividió en tres partes: medición de los niveles sonoros, medición de las frecuencias y aplicación de la encuesta.

La información recopilada se superpuso sobre el mapa del área en estudio; y mediante el método de interpolación de alta resolución (kriging) se generaron las isocóncas de nivel sonoro, utilizando el programa Surfer 7.

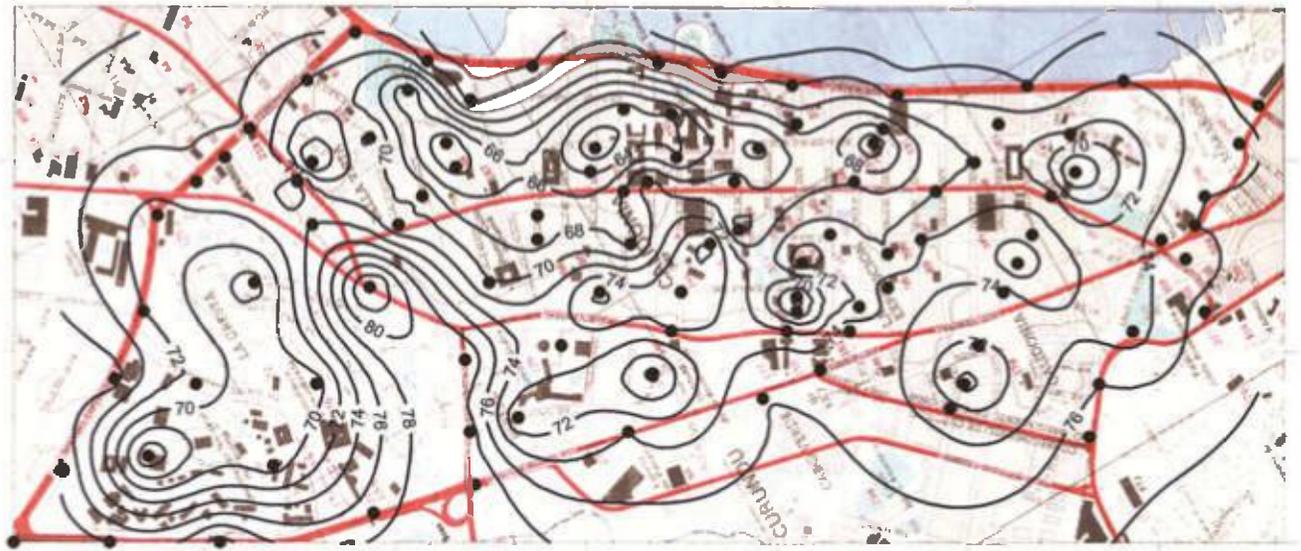


Fig. 1. Área de estudio mostrando los 100 puntos de medición y las isolas de nivel sonoro durante el mediodía.

Se escogieron cuatro lugares estratégicamente ubicados en las principales avenidas. Ellos fueron: el Hospital de la Caja de Seguro Social Dr. Arnulfo Arias Madrid (H.C.S.S.), la Iglesia del Carmen, el Centro Médico Nacional y el Hospital del Niño. En cada uno de estos lugares se midieron, en un día en particular, los niveles sonoros durante 24 horas. Además, en los 7 días de la semana de la que forma parte el día seleccionado, se midieron los niveles sonoros en la mañana, la tarde y la noche.

En el punto ubicado en los predios del Hospital de la Caja del Seguro Social se midieron los niveles sonoros una vez al mes, en el transcurso de doce meses, durante la mañana, la tarde y la noche, para así tener una referencia de las variaciones del ruido durante un año.

MEDICIÓN DE FRECUENCIA

Los espectros de frecuencia se midieron utilizando un programa especializado denominado Spectra Plus, instalado en una computadora portátil con un micrófono. Se seleccionaron 25 puntos de medición, en el área de estudio. Las medidas se realizaron en tres momentos del día (mañana, tarde y noche), con una duración de tres minutos cada una.

ENCUESTA REALIZADA A LOS TRANSEÚNTES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se aplicaron 300 encuestas a los transeúntes del área de estudio. Estas encuestas fueron distribuidas de tal manera que tres de ellas estuvieran en las cercanías de cada uno de los 100 puntos seleccionados. Los datos fueron analizados estadísticamente, para tener una cuantificación de las molestias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

NIVEL SONORO

En el Hospital de la Caja del Seguro Social, el día 21 de junio de 2001, se determinó que los valores más altos del nivel sonoro estaban comprendidos entre 6:00 horas y las 21:00 horas. Mientras que sus niveles más bajos estaban entre las 22:00 horas y las 5:00 horas. El nivel sonoro día-noche o nivel sonoro equivalente a 24 horas fue de 78 dBA (Fig. 2). Los resultados obtenidos en la semana del 18 al 24 de junio, y las pruebas estadísticas (ANOVA) realizadas, revelan que no hay diferencias significativas en el comportamiento de los niveles sonoros

en los siete días de la semana (Fig. 3). De igual forma, las pruebas estadísticas realizadas a los resultados obtenidos durante el año de estudio revelan que los niveles sonoros se mantienen prácticamente sin cambios significativos durante todo el año (Fig. 4). En términos generales, podemos señalar que este lugar está expuesto durante todo el año, desde las 6:00 de la mañana hasta las 10:00 de la noche, a un promedio 78 dBA.

En la Iglesia del Carmen, el día 21 de septiembre de 2001, se determinó que los valores más altos del nivel sonoro estaban comprendidos entre las 7:00 horas y las 24 horas. En tanto que sus valores más bajos estaban entre las 1:00 horas y las 5:00 horas. El nivel sonoro día-noche fue de 76 dBA. Las mediciones realizadas durante la semana del 17 al 23 de septiembre, y las pruebas estadísticas realizadas, revelan que no hay diferencias significativas en el comportamiento de los niveles sonoros en los siete días de la semana.

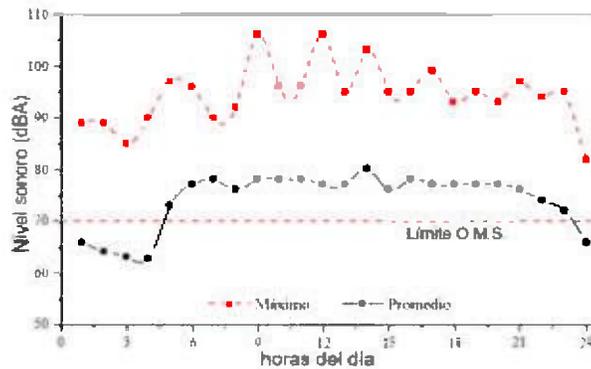


Fig. 2 Nivel sonoro en la H.C.S.S., el 21 junio de 2001.

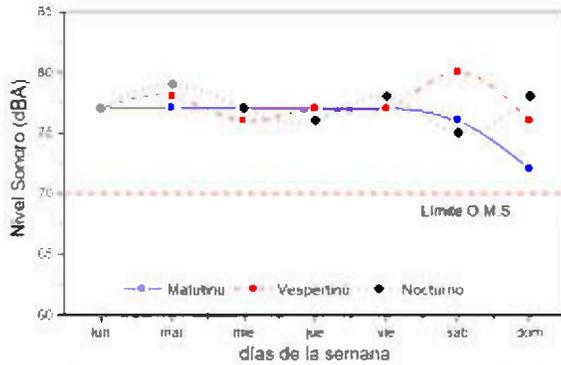


Fig. 3. Niveles sonoros en el H.C.S.S., semana del 18 al 24 del junio de 2001.

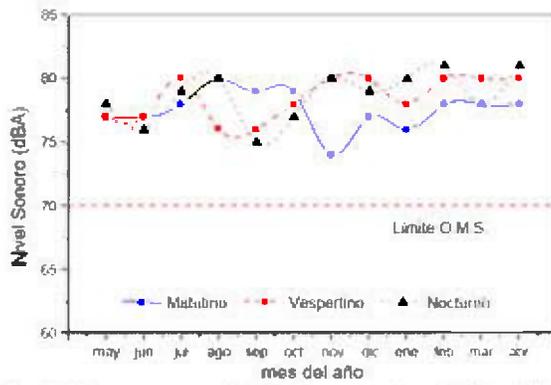


Fig. 4. Niveles sonoros en el H.C.S.S., un año (mayo 2001 - abril 2002).

En el Hospital del Niño, el día 22 de abril de 2002, se determinó que los valores más altos del nivel sonoro estaban comprendidos entre las 6:00 horas y las 21 horas. Mientras que sus niveles más bajos estaban entre las 22:00 horas y las 5:00 horas. El nivel sonoro día-noche fue

de 74 dBA. Los resultados obtenidos en la semana del 22 al 28 de abril, y las pruebas estadísticas, revelan que hay un significativo aumento del nivel sonoro en horas de la tarde durante la semana.

En el Centro Médico Nacional, el día 10 de diciembre de 2001, se determinó que los valores más altos del nivel sonoro estaban comprendidos entre las 7:00 horas y las 19:00 horas. En tanto que los niveles más bajos estaban entre las 20:00 horas y las 6:00 horas. El nivel sonoro día-noche fue de 72 dBA. Las mediciones realizadas durante la semana del 10 al 16 de diciembre, y las pruebas estadísticas, revelan que no hay variaciones significativas en el nivel sonoro durante los días de esta semana.

En la figura 1 se muestran las isolíneas de nivel sonoro, en horas de la tarde, superpuestas al mapa del área de estudio. En las Figuras 5, 6 y 7 se presentan los mapas de superficie de los niveles sonoros promedios del área de estudio en la Ciudad de Panamá. Para el origen de coordenadas se escogió el puente vehicular ubicado entre la vía Transistmica y la vía Ricardo J. Alfaro, y las unidades están en metros. En la mañana, el nivel sonoro promedio más alto (88 dBA) se registra en la entrada principal de la Universidad de Panamá. El segundo lugar de mayor nivel sonoro promedio en este periodo del día se detectó en la Calle 44 Oeste (Templo Hossana), correspondiendo a 81 dBA.

El nivel sonoro promedio mínimo, en horas de la mañana, se registró en la Calle 44 Este (Templo Talmud Torah Har Sina), correspondiendo a 54 dBA, seguido de 55 dBA en la Calle Juan A. Duque (predios del edificio Torre la Cresta).

En el horario comprendido entre las 12:00 y 13:00 horas, el nivel sonoro promedio máximo (85 dBA) fue captado en la Vía España (los predios del edificio del IFARHU), ver Figuras 1 y 6. El segundo lugar de mayor nivel sonoro promedio fue de 81 dBA, en la entrada principal de la Universidad de Panamá.

El nivel sonoro promedio mínimo, en horas del mediodía, se captó en la Avenida 4ª. Sur (Colegio Nacional de Abogados), correspondiendo a 60 dBA, seguido de 62 dBA en la Calle 43 Este (Funeraria la Auxiliadora).

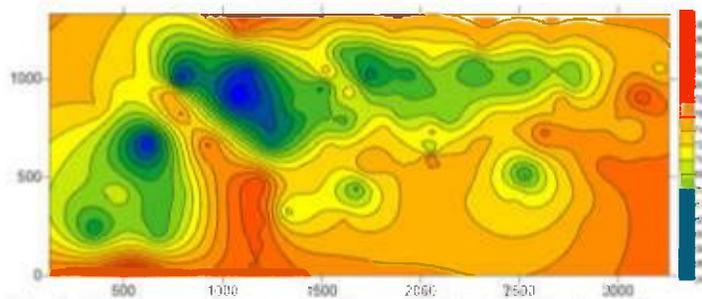


Fig. 5. Niveles sonoros promedios medidos durante la mañana.

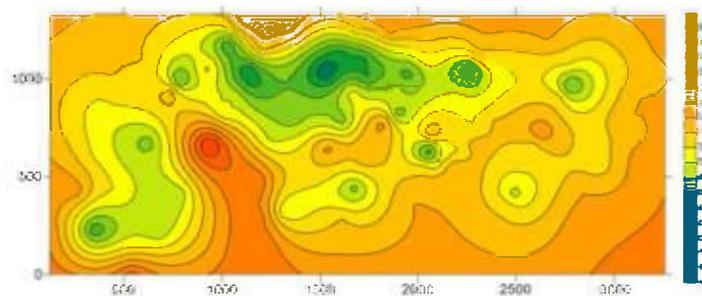


Fig. 6. Niveles sonoros promedios medidos durante la tarde.

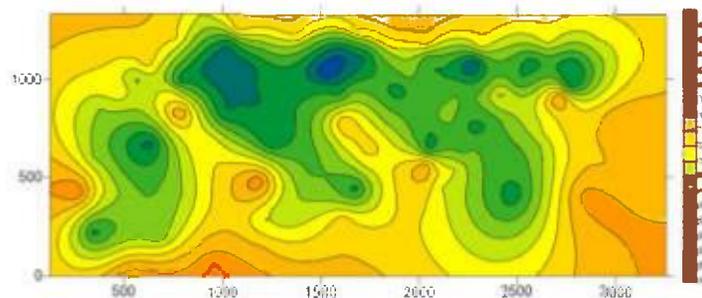


Fig. 7. Niveles sonoros promedios medidos durante la noche.

*

Entre las 9:00 p.m. y las 10:00 p.m., el nivel sonoro promedio más alto (79 dBA) fue captado en la entrada principal de la Universidad de Panamá. Mientras que el segundo nivel sonoro más alto fue captado en la Calle 44 Oeste (Templo Hossana), correspondiendo a 78 dBA.

El nivel sonoro promedio mínimo, en horas de la noche, se captó en la Avenida 4ª. Sur (Colegio Nacional de Abogados), correspondiendo a 58 dBA. El segundo nivel sonoro más bajo fue medido en la Avenida 5ª. Sur (detrás de la Embajada de E.U.A.), correspondiendo a 60 dBA.

FRECUENCIAS DEL RUIDO

De los resultados de la medición de las frecuencias en los 25 puntos dentro del área de estudio, en los tres momentos del día, se obtuvieron los valores de frecuencia que corresponden a los picos de mayor nivel sonoro. A través de un análisis estadístico de varianza, se determinó que no hay diferencias significativas entre las frecuencias sonoras asociados a los picos de mayor nivel, captados durante la mañana, la tarde y la noche. El valor más bajo de frecuencia asociado a los picos de nivel sonoro fue de 54 Hz, mientras que el valor más alto de frecuencia fue de 226 Hz. El valor promedio de las frecuencias asociadas a los picos de nivel sonoro más elevados, medidas en todos los puntos durante los tres periodos del día, fue de 83 Hz.

ENCUESTA

Se realizó la encuesta a una población de 300 transeúntes del área de estudio. La edad de los encuestados se distribuye de la siguiente manera: menos de 20 años 18 %, entre 20 y 39 años 40 %, entre 40 y 60 años 29 % y mayores de 60 años 13 %.

El 44 % de las personas encuestadas señalan que uno de los ruidos más molestos es ocasionado por el tráfico rodado (troneras, bocinas, alarmas, etc.). El 25% lo atribuye a equipos de sonido y televisión. Un 13%, lo relaciona con reparaciones de calles y construcciones, pero igualmente consideran esto necesario. Las personas que sienten molestias por el ruido proveniente de cantinas y bares representan el 8 %. El 7 % señalaron sentir molestias por el ruido ocasionado por los vendedores ambulantes. El 2% expresaron que les molesta los camiones recolectores de basura y el 1% de los encuestados les molesta los gritos y llantos de los niños.

Para el 41% de los encuestados, la intensidad sonora se hace más molesta de las 12:00 horas hasta 18:00 horas. El 19 % asegura sentir más molestias de las 6:00 horas hasta 12:00 horas. El 13 % de los transeúntes manifestaron sentir mayor molestia sonora de las 18:00 horas hasta las 24:00 horas. Por otro lado, sólo el 10 % de los encuestados manifestaron mayores molestias de las 24:00 horas a las 6:00 horas. Mientras que el 13 % expresó percibir ruidos no deseados durante todo el día.

Del total de los encuestados, sólo un 4 % expresó no sentir ningún tipo de molestia por el ruido existente. No está demás recordar que a partir de exposiciones a niveles de 80 dBA aparece la fatiga auditiva, ocasionando una disminución de la agudeza auditiva, y lo que hace creer al individuo que se ha habituado al ruido [1].

El 16 % de las personas encuestadas manifestaron tener familiares con problemas de salud debido al ruido, mientras que un 5 % no están seguras. En otro sentido, el 34 % de los encuestados manifestaron desconocer los daños que causa el ruido a la salud. Por último, el 65 % piensan que es una pérdida de tiempo el presentar quejas por algo que no se les va a prestar atención.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los niveles sonoros promedios de mayor valor se midieron de 6:00 a 7:00 de la mañana en los predios de la Universidad de Panamá, correspondiendo a 88 dBA. Los niveles sonoros promedios de menor valor se midieron, durante este mismo horario, en los alrededores del Templo Talmud Rorah Har Sina, siendo este valor de 54 dBA.

Los niveles sonoros medidos en la parada de autobuses del Hospital de la Caja de Seguro Social durante el año de estudio se mantuvieron en términos promedio en 78 dBA, nivel sonoro que rebasa las normativa de la Organización Mundial de Salud que recomienda 70 dBA como nivel máximo para el tráfico [4].

En términos promedios, el área de estudio de la Ciudad de Panamá está expuesta desde las 7:00 de la mañana hasta las 9:00 de la noche a 74 dBA; situación ésta que pone de manifiesto el alto grado de contaminación por ruido al que estamos sometidos. Durante las horas

del medio día se tienen los mayores niveles, mientras que en la noche el valor promedio de los niveles sonoros son los más bajos.

Los Centros Educativos, Religiosos y de Salud existentes en el área de estudio están expuestos a elevados niveles de contaminación sonora durante los siete días de la semana, situación que afecta la concentración, salud y el normal desenvolvimiento de las personas que allí se encuentran rutinariamente.

La evolución de los niveles sonoros, el rango de las frecuencias medidas (83 Hz está en el rango de frecuencia del ruido de las ciudades) y la encuesta realizada indican que la mayor fuente de ruido y molestia es debido al tránsito rodante [5].

Se hace necesario revisar los reglamentos actuales concernientes a la contaminación acústica, para ajustarlos de acuerdo a las normas internacionales en beneficio de la comunidad [6]. Se debe instruir y concienciar a la población, en especial a la niñez y juventud, sobre los efectos que causa el ruido a la salud.

Se deben evaluar los centros educativos, hospitalarios y de trabajo con el fin de mantenerlos, en la medida de lo posible, dentro de los márgenes permitidos para los niveles sonoros. Es obligante exigir a los propietarios de automóviles, autobuses y camiones, el mantenimiento que asegure el buen estado de sus componentes mecánicos. De igual forma, es necesario regular el tiempo de activación de las alarmas sonoras contra robo en automóviles, viviendas y comercios.

En función que el tránsito rodante es la mayor fuente de ruido en nuestras calles, una de las formas de reducir la población de automóviles, y así disminuir la contaminación acústica y del aire, y a la vez mejorar la eficiencia y comodidad del transporte público, es la construcción de un tren subterráneo.

Como comentario final de este trabajo, deseamos señalar que el Reglamento Técnico del Ministerio de Comercio e Industria de Panamá, DGNTI-Copanit 44-2000 (Higiene y Seguridad en Ambientes de Trabajo donde se Genere Ruido), nos parece extremadamente flexible. Por ejemplo, señala que un trabajador puede estar expuesto a 100 dBA una hora al día, durante 220 días al año.

ABSTRACT

This paper studies the sound levels in a sector of the urban area of the city of Panama (5.0 km²), where a great number of hospitals, educational facilities, residential and religious centers are concentrated. The sound levels and their frequencies were measured at 100 points during one year. Surveys were also conducted with pedestrians in order to determine their noise perception. We were able to verify that the area under study is exposed during the entire year to an average value of 74 dBA from 7:00 in the morning to 9:00 at night.

KEYWORDS

Contamination, acoustics, noise, sound level, frequency, City of Panama.

REFERENCIAS

Querol, I.N. (1994). Manual De Mesurament I Avaluació del sorroll. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Barcelona.

Sociedad Española de Acústica (1990). El ruido en la Ciudad, Gestión y Control, Madrid.

Harris, C.M. (1995). Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. Editorial McGraw Hill, Madrid.

Recuero, M. (2000). Ingeniería Acústica. Editorial Paraninfo, México.

Berghund, B., T. Lindvall & D. Schwela. (2000). "Guidelines for Community Noise". Organización Mundial de la Salud.

Castillo, M. de los A. (1997). Propuesta de Política de Control de Ruido Ambiental para Países de Grado Medio de Desarrollo Industrial: Aplicación a Panamá. Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya. España.

Reglamento Técnico DGNTI-Copanit 44-2000 Higiene y Seguridad en Ambientes de Trabajo donde se Genere Ruido. Gaceta Oficial N° 24,163. Panamá.

Recibido abril del 2003, aceptado mayo del 2003.

ENTOMOFAUNA ACUÁTICA ASOCIADA AL RÍO AGUÉ, EN LA MESA, VERAGUAS, PANAMÁ

Viterbo E. Rodríguez y Mirena Mendoza

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas.
e-mail: viterbor@yahoo.com

RESUMEN

El estudio se realizó en el Río Agué, Distrito de La Mesa, Provincia de Veraguas, con el propósito de determinar las familias y géneros de insectos acuáticos existentes. A lo largo del río se ubicaron seis estaciones muestreadas dos veces al mes, en horas de la mañana, desde febrero hasta agosto de 2002: la duración del muestreo fue de una hora, para cada estación. Los métodos de captura variaron de acuerdo al sustrato: se utilizó una red acuática (D-Net) para realizar barridos en el fondo, en la vegetación marginal sumergida, y en el sustrato arenoso, con la ayuda de pinzas entomológicas se desalojaron a los insectos del sustrato fangoso-rocoso. Como resultados, obtuvimos 81 géneros de insectos acuáticos distribuidos en 50 familias y 10 órdenes. El orden mejor representado fue Hemiptera con 22 géneros y 10 familias. Otros órdenes fueron: Odonata con 20 géneros y 8 familias; Coleoptera 13 géneros y 12 familias; Ephemeroptera con 11 géneros y 6 familias; Trichoptera 13 géneros y 7 familias; Diptera con 3 géneros y 3 familias. Lepidoptera, Plecoptera, Neuroptera y Blattaria estuvieron representados por un género y una familia cada uno.

PALABRAS CLAVES

Insectos Acuáticos, Río Agué, Veraguas.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos continentales, lóticos y lénticos, más que ningún otro ecosistema, son los que han sufrido mayormente los impactos causados por la actividad humana en las últimas décadas. Los desechos industriales y domésticos de una población, cada vez más creciente, tienen como destino final los ríos y, en último término,

el mar. Por ello, el uso de macroinvertebrados acuáticos, como indicadores de calidad biológica, tiene cada vez más aceptación entre los ecólogos y es uno de los métodos usados en la evaluación de los impactos ambientales causados por el desarrollo de la ingeniería, que de alguna forma, afecta los ecosistemas acuáticos (Roldan, 1988; Power *et al.*, 1988; Wallace & Webster, 1996). Por lo tanto, es importante conocer el valor que tienen las comunidades acuáticas como indicadoras de la calidad biológica del agua, dado que la presencia de una determinada comunidad en un medio acuático es un índice inequívoco de las condiciones biológicas imperantes. (Roldan, 1988; Roldán en prep.).

En la actualidad, el conocimiento de la fauna de macroinvertebrados acuáticos que se tiene para la región de Veraguas no permite aún refinar la técnica del uso de las comunidades acuáticas como indicadoras de la calidad biológica del agua; es por eso que estudios que brinden información sobre las condiciones biológicas de los recursos hídricos adquieren suma importancia. Son pocos los trabajos realizados en la región sobre la temática, entre los cuales podemos citar: Rodríguez & Bonilla, 1999; Rodríguez *et al.*, 2000; Rodríguez & Sánchez, 2001; y Rodríguez & León, 2003.

El propósito primordial de este trabajo fue determinar la comunidad de insectos acuáticos asociada al Río Agué, en el Distrito de La Mesa, Provincia de Veraguas, República de Panamá, con miras a aumentar el conocimiento sobre las condiciones biológicas de los recursos hídricos de la región.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El Río Agué se encuentra localizado en el corregimiento de Llano Grande, distrito de la Mesa, en la vertiente del Pacífico, entre 81° 5' y 81° 10' de longitud oeste y 8° 0,5' de latitud norte. Corre en dirección sur-este y curva hacia el sur-oeste hasta desembocar en el Río Aclita; la longitud de su curso es de 15 km aproximadamente. El lugar de muestreo se encuentra ubicado en una zona de vida correspondiente a un bosque húmedo tropical (INGETG, 1985); presenta mucha vegetación marginal, un sustrato arenoso, y fangoso-rocoso.

Recolección y procesamiento de las muestras

La recolección de insectos se realizó dos veces al mes, en cada una de las seis estaciones de muestreo ubicadas a lo largo del Río Agué, durante los meses comprendidos entre febrero y agosto del 2002, lo que equivale a doce giras para cada estación.

Para la colecta de insectos se utilizó una red acuática (tipo D-Net) para realizar los barridos en las márgenes del río, capturando los insectos que estaban adheridos a tallos, hojas y raíces de plantas sumergidas y en el fondo del sustrato arenoso. También se capturaron manualmente, con la ayuda de pinzas, los insectos que se encontraban en el sustrato fangoso-rocoso. El tiempo designado para la recolecta en cada estación de muestreo fue de una hora y la misma se realizó en horas de la mañana.

Una vez capturados los insectos, se depositaron en recipientes de vidrio con alcohol al 95% y se le añadieron 3 ó 4 gotas de glicerina para mantener blandas y flexibles las estructuras de los organismos (Roldán, 1988). Posteriormente, las muestras se trasladaron al Centro Regional Universitario de Veraguas, donde se determinaron las familias y géneros con la ayuda de las claves de Roldán, 1988; Westfall, 1988; Edmunds, 1988; Wiggins, 1988; White *et al.*, 1988; Polhemus, 1988; Evans & Neuzing, 1988; Novelo- Gutiérrez, 1997a y 1997b.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se capturaron representantes de 81 géneros de insectos acuáticos distribuidos en 50 familias y 10 órdenes, en donde los más abundantes fueron: Hemiptera con 22 géneros y 10 familias, Odonata con 20 géneros y 8 familias, Coleoptera con 13 géneros y 12 familias, Ephemeroptera con 11 géneros y 6 familias, Trichoptera con 10 géneros y 7 familias y Diptera con 3 géneros y 3 familias; Lepidoptera, Plecoptera y Neuroptera estuvieron representados por un género y una familia; de Blattaria se encontró una familia y un género no determinado (Cuadro N°1).

En estudios realizados en el Río La Villa, Provincia de Los Santos, se observaron 33 géneros de insectos, agrupados en 17 Familias y 6 Ordenes (Wittgreen & Villanero, 1998). Al igual que el estudio

realizado en el Río Chico, Provincia de Coclé (Arosemena, 1995), en el cual se reportaron 26 géneros de insectos en 19 familias y 7 órdenes. Además, los de la Provincia de Veraguas, para el área de Los Corrales, Distrito de San Francisco, (Rodríguez & Bonilla, 1999) reportaron un total de 47 géneros de insectos en 27 familias y 8 órdenes; en la Quebrada El Salto, Distrito de Las Palmas (Rodríguez *et al.*, 2000) encontraron 59 géneros de insectos en 38 familias y 9 órdenes; en el Ciruelito, Distrito de Atalaya, (Quirós & Villar, 1999) reportan un total de 61 géneros de insectos agrupados en 34 familias y 8 órdenes; y en el Río Tribique, Distrito de Soná, (Rodríguez & León, 2003) reportaron 98 géneros con 48 familias y 11 órdenes.

Se observa en los estudios realizados que la Provincia de Veraguas presenta mayor cantidad de géneros y familias en relación a las Provincias de Los Santos y Coclé. Quizás esta diferencia se deba a que los ecosistemas acuáticos de la Provincia de Veraguas han sufrido, en menor escala, los impactos causados por la actividad humana.

Hemiptera representado por 22 géneros y 10 familias, fue el más abundante, en géneros y familias, coincidiendo con Quirós & Villar (1999); Rodríguez & Bonilla (1999); Rodríguez *et al.* (2000); Rodríguez & Sánchez (2001) y Rodríguez & León, (2003). Esto parece indicar que Hemiptera es el orden mejor representado en la región.

En este estudio se encontraron especímenes de Blattellidae (Blattaria); observados también en los Ríos Tribique y Los Chorros (obs. pers.), aunque no ha sido reportado por Rodríguez & Bonilla (1999), Quirós & Villar (1999), Rodríguez *et al.* (2000), Rodríguez & Sánchez (2001); y Rodríguez & León, (2003). No hemos encontrado antecedentes de que representantes de este orden puedan desarrollarse o estar asociados a los ambientes acuáticos.

CONCLUSIONES

La comunidad de insectos acuáticos asociada al Río Agué, y colectada con el método antes descrito, en el Distrito de La Mesa, Provincia de Veraguas, presentó 81 géneros incluidos en 50 familias y 10 órdenes. El orden mejor representado, en cuanto al número de géneros, fue

Hemiptera con 22 géneros en 10 familias, seguido de Odonata con 20 géneros y 8 familias y Coleoptera con 13 géneros y 12 familias.

ABSTRACT

This study was carried out in Ague river, La Mesa District, Province of Veraguas. The main purpose of this research was to determine the families and genera of aquatic insects. Six stations were located along the river. These ones were collected twice a month in the morning from February to August 2002. The samples were collected in a period of one hour per station where the capture methods varied in accord to the substrate. In addition, we used an aquatic net (D-Net) in order to sweep the bottom of the river and submerged marginal vegetation. Besides, the insects located in the muddy-rocky substrate were removed with the help of entomological pincers. As a result, we obtain 81 genera of aquatic insects distributed in 50 families and 10 orders. Hemiptera was the best represented with 22 genera and 10 families. By other insects were distributed as follow: Odonata with 20 genera and 8 families; Coleoptera 13 genera and 12 families; Ephemeroptera with 11 genera and 6 families; Trichoptera 13 genera and 7 families; Diptera with 3 genera and 3 families, while Lepidoptera, Plecoptera, Neuroptera and Blattaria were represented by one genus and one family.

KEYWORDS

Aquatic Insects, Agué River, Veraguas.

REFERENCIAS

Araúz, B.E., 1995. Abundancia y distribución de Macroinvertebrados acuáticos en el Río Chico, Provincia de Chiriquí, República de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Escuela de Biología, Tesis, Universidad de Panamá. 113 págs.

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

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

IGNTG. 1985. Atlas Nacional de la República de Panamá. 22 pp.

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

Novelo-Gutiérrez, R. 1997b. Clave para la determinación de familias y géneros de náyaes de odonata de México Parte I. Zygoptera. *Dugesiana*, 4(1):1-10.

Polhemus, J. T. 1988. Aquatic and Semiaquatic Hemiptera. In *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Second Edition. Eds: Merritt R. W. & Cummins, K. W. Deduque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company. pp 231-260.

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

Quirós T. L. M. & E. L. Villar. 1999. Estudio taxonómico de los insectos acuáticos del Ciruelito del Distrito de Atalaya, Provincia de Veraguas, República de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Escuela de Biología. Tesis, Universidad de Panamá. 77 pp.

Rodriguez, V. & E. Bonilla. 1999. Estudio taxonómico de la comunidad de insectos acuáticos en Los Corrales, Distrito Cabecera de San Francisco, Provincia de Veraguas, República de Panamá. *Scientia*. 14(2), 65-77.

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

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

Rodriguez, V., & H. León. 2003. Insectos acuáticos Asociados al Río Tribique, en el Distrito de Soná, Provincia de Veraguas. *Tecnociencia*. 5(1), 51-61.

Roldan, G. 1988. Guía para el estudio de los macro invertebrados acuáticos. Dep. de Antioquia, Fondo para la Protección del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 220 pp.

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

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

White, D. S., W. N. Brighan & J. T. DoyeN. 1988. In *An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Second Edition.* Eds: Merritt R. W. and Cummins, K. W. Deduque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company. pp 361-437.

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

Wittgren, Z. & S. Villanero. 1998. Inventario de Macroinvertebrados en el Río La Villa, Península de Azuero. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. 89 pp.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Familia Canto, en Llano Grande de la Mesa, por hacer nuestra estadía en el lugar más agradable. A Enrique Salvador Canto, quien fue nuestro guía en el lugar.

Recibido abril del 2003, aceptado junio del 2003.

ANEXO

Cuadro N° 1. Entomofauna acuática asociada al Río Agué, en el Distrito de La Mesa, provincia de Veraguas, República de Panamá.

Orden	Sub - orden	Familia	Género
Hemiptera	Gerromorpha	Gerridae	<i>Eurygerris</i> <i>Limnogonus</i> <i>Brachymetra</i> <i>Trepobates</i>
		Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>
		Mesoveliidae	<i>Mesoveloidea</i>
		Hebridae	<i>Merragata</i> <i>sin determinar</i>
		Velidae	<i>Rhagovelia</i> <i>Stridulivelia</i> <i>Paravelia</i>
	Nepomorpha	Nepidae	<i>Curicta</i> <i>Ranatra</i>
		Belostomatidae	<i>Belostoma</i> <i>Lethocerus</i>
		Gelastocoridae	<i>Gelastocoris</i>
		Naucoridae	<i>Ambrysus</i> <i>Limnocoris</i> <i>Pelocoris</i> <i>Heleocoris</i>
		Notonectidae	<i>Buenoa</i> <i>Martarega</i> <i>Notonecta</i>
Odonata	Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Argia</i> <i>Telebasis</i> <i>Hesperagrion</i>
		Platystictidae	<i>Palaemnema</i>
		Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>
		Protoneuridae	<i>Protoneura</i>
	Anisoptera	Aeshnidae	<i>Coryphaeschna</i>
		Corduliidae	<i>Epicordulia</i>
		Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i> <i>Progomphus</i> <i>Agriogomphus</i> <i>Erpetogomphus</i> <i>Aphylla</i> <i>Phyllocycla</i>

Continuación Cuadro N°1.

Orden	Sub - Orden	Familia	Género
Odonata	Anisoptera	Libellulidae	<i>Libellula</i> <i>Dythemis</i> <i>Perithemis</i> <i>Erythrodiplax</i> <i>Macrothemis</i> <i>Erythemis</i>
Coleoptera	Polyphaga	Psephenidae	<i>Psephenus</i>
		Elmidae	<i>sin determinar</i>
		Hygrobiidae	<i>sin determinar</i>
		Dryopidae	<i>Pelonomus</i> <i>Dryops</i> <i>sin determinar</i>
		Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>
		Staphylinidae	<i>sin determinar</i>
		Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i> <i>Derallus</i> <i>Hydrobiomorpha</i> <i>sin determinar</i>
		Linnichidae	<i>Linnichus</i>
		Hydraenidae	<i>Hydraena</i>
	Adephaga	Dytiscidae	<i>sin determinar</i> <i>Cybister</i>
		Gyrinidae	<i>Gyretes</i>
		Noteridae	<i>sin determinar</i> <i>Notomicrus</i> <i>Hydrocanthus</i>

Continuación Cuadro N° 1.

Orden	Sub - Orden	Familia	Género
Ephemeroptera	Schistonota	Baetidae	<i>Baetis</i> <i>Moribaetis</i> <i>sin determinar</i>
		Leptophlebiidae	<i>Traverella</i> <i>Tranlodes</i> <i>Terpides</i> <i>Choroterpes</i> <i>sin determinar</i>
		Heptagenidae	<i>sin determinar</i> <i>Leucrota</i>
		Oligoneuridae	<i>Lachlania</i>
	Pannota	Tricorythidae	<i>Tricorithodes</i> <i>Leptolophes</i>
		Caenidae	<i>Caenis</i>
Trichoptera	Annulipalpia	Hydropsychidae	<i>Smicridae</i> <i>Leptonema</i>
		Polycentropodidae	<i>Policentropus</i> <i>sin determinar</i>
		Philopotamidae	<i>Chimarra</i>
		Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>
		Hydroptilidae	<i>sin determinar</i>
	Integrepalpia	Leptoceridae	<i>Triplectides</i> <i>Atanathia</i> <i>Oecetis</i> <i>Nectopsyche</i>
		Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>
Diptera	Nematocera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i> <i>Tipula</i>
		Chironomidae	<i>Chironomus</i>
	Brachycera	Muscidae	<i>sin determinar</i>
Lepidoptera	Ditrysia	Pyralidae	<i>Petrophylla</i>
Plecoptera		Perlidae	<i>Anacroneturia</i>
Neuroptera	Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>
Blattaria		Blattellidae	<i>sin determinar</i>



EVOLUCIÓN DE LA NOCIÓN DE MEDICIÓN DE NEWTON A MANDELBROT

¹Diego O. Fernández y ²Bernardo Fernández G.

¹Universidad de Paris VI, Pierre et Marie Curie

²Universidad de Panamá, Centro de Investigaciones con Técnicas Nucleares, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.

e-mail: fisicabfg@yahoo.es

RESUMEN

Se presentan los elementos formales de la evolución de la noción de medición desde Newton hasta Mandelbrot. De comparar con un patrón invariante por cambio de sistema de referencia inercial, se pasa a hacerlo con un patrón que varía con la rapidez relativa del referencial y luego, a comparar con uno que varía con la escala. Esto conduce a buscar nuevos invariantes: el intervalo de universo en relatividad de Einstein y los exponentes críticos en el caso de los fractales.

PALABRAS CLAVES

Medida, paradoja de Zenón, fractales, escala, invariación.

INTRODUCCIÓN

¿Es legítimo preguntarse, a esta altura de la historia, sobre la noción de medición en física?. Para un “físico” pos-galileano no hay duda de ello, es necesario percatarse que la medición está subordinada a la “veracidad” de las proposiciones.

1. De la medida, como resultado de la medición, depende la veracidad de las proposiciones

Ejemplo: Sea una proposición P: “Pedro es más grande o igual de tamaño que Pablo”; $P_{\text{pedro}} \geq P_{\text{ablo}}$.

Para determinar si P es verdadera o falsa debemos darnos una “regla” (graduada):

- 1.1. Con una regla graduada en metros, la proposición es verdadera pues la cifra cierta, en el proceso de medición, es 1 y la incierta, la que sigue, que sólo es apreciable por medios o tercios de metro: $P_{\text{edro}} = 1,7 \text{ m}$ y $P_{\text{ablo}} = 1,7 \text{ m}$. El primer decimal es pues dudoso, es decir, no podemos distinguir entre ambas medidas y se enuncia $P_{\text{edro}} = P_{\text{ablo}}$.
- 1.2. Con una regla graduada en centímetros, la proposición es falsa pues el proceso de medición conduce a $P_{\text{edro}} = 175,0 \text{ cm}$ y $P_{\text{ablo}} = 176,0 \text{ cm}$ donde los enteros son ciertos y los ceros decimales son dudosos.
- 1.3. Con una regla graduada en nanómetros nos daremos cuenta que las alturas de Pedro y Pablo varían con el tiempo (una ráfaga de viento, etc.); y si la medición no se fija dentro de un intervalo de tiempo tendremos que decir que la proposición es indecidible.

La paradoja de Zenón de Eleas es un ejemplo histórico que nace de la incomprensión del principio de Galileo cuyo enunciado es el siguiente: “La experiencia es el criterio de verdad en Física”.

2. La paradoja de Zenón

Permitásenos evacuar de la paradoja de Zenón la presencia de Aquiles, así como la obscura cuestión lógica del tiempo como parámetro de evolución. Reformulemos el enunciado de la paradoja de la siguiente manera; proposición P : “Para ir de A a B , una tortuga va en línea recta de A hacia B primero, al punto que se encuentra a una distancia de $\frac{1}{2} AB$ de A , después, al punto que se encuentra a $\frac{3}{4} AB$ para luego ir al punto que se encuentra a una distancia de $\frac{7}{8} AB$ de A , y así sucesivamente.”

El enunciado de Zenón establece que:

- 2.1. $P \Rightarrow$ (implica) la tortuga nunca llega (matemática)
 - 2.2. P es verdad. (lógica)
 - 2.3. (Luego) La tortuga no llega nunca (matemática)
 - 2.4. Sin embargo, la tortuga si llega (experiencia)
- Entonces hay una paradoja.

La etapa (i) es dudosa, al menos de acuerdo a los conocimientos matemáticos de la época. Para mejorar la situación podríamos agregar algunas hipótesis suplementarias (por ejemplo, uniformidad de la rapidez de la tortuga) con las cuales podríamos mostrar que P implica que la tortuga llega a su destino. Pero no serían hipótesis en concordancia con la matemática de la época. Además, debemos rechazarle a Zenón el estatus de físico (la experimentación nace con el dúo Galileo-Newton) y no es porque cinco siglos antes de nuestra era no se conocía el cálculo diferencial e integral, si no porque la física no tenía el estatus de Ciencia.

Modifiquemos P para que (i) sea matemáticamente correcta. Para ello, razonemos por etapas: la primera será “la tortuga llega hasta la mitad de la totalidad del camino”. En ese caso, ¿cuántas etapas necesita la tortuga para llegar a su destino? Con ello superamos la cuestión del tiempo como parámetro de evolución.

La falla de Zenón está en (ii): “que una proposición sea lógica no significa que sea físicamente verdadera”.

“Para ir de A a B la tortuga va primero a $2/3 AB$, vuelve a B ” y así sucesivamente. Sin embargo, si B está sobre el borde de un precipicio la tortuga no llega a su destino. Cualquier lógico griego le hubiese concedido la primacía del razonamiento por reducción al absurdo y negado la validez lógica. P puede ser una verdad lógica pero no física.

3. ¿Suministra la matemática un criterio de verdad en Física?

A partir de Galileo, el criterio de verdad en física es la experimentación. Sin embargo, debemos reconocer que son correctos los resultados que nos brinda la matemática. ¿Es esto paradójico? En un primer tiempo aceptamos que la matemática nos brinda las proposiciones que son lógicamente verdaderas. Aceptemos la hipótesis formalista que nos dice que la matemática se construye con un conjunto de proposiciones verdaderas a priori, llamadas axiomas. Toda proposición que se deduce de esos axiomas, gracias a la lógica matemática (por lo menos aristotélica), se llama teorema. Es cierto que podríamos tomar otro conjunto de axiomas y obtener otro cuerpo de teoremas, no necesariamente compatibles con los primeros. La adecuación de la lógica matemática a la física es materia de otro análisis. En cuanto al estatus operativo, los físicos verifican los

axiomas a través de la experiencia, para asegurarse de su validez. Un ejemplo lo constituyen las geometrias (Euclidiana, Riemanniana o de Lobachevski). La utilización de la geometría plana en vez de la esférica en una región de la superficie de la Tierra se justifica si los instrumentos de medición no son suficientemente precisos para detectar la esfericidad de la Tierra.

4. La medición según Newton

Para Newton, medir es comparar con un patrón y la medida es el resultado del límite de número de veces que el patrón cabe en el objeto u ; cuando el patrón r tiende a cero, tenemos:

$$M = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{u}{r}$$

4.1. Imposibilidad del método para medir fractales.

Benoît Mandelbrot mostró que existen objetos que no responden a la medición según el método de Newton y son más numerosos de lo esperado. Para esos objetos, la relación establecida por Newton no admite límite finito. Se tiene para ellos la relación

$$\lim_{r \rightarrow 0} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\ln u}{\ln r} \right) = 1 - D, \text{ donde } D \text{ designa la dimensión fractal.}$$

4.2. Cambio de escala

Se llamará distancia sobre el conjunto E a toda aplicación f de $E \times E$ en $[0, \infty]$ que satisface a:

(EC₁) para todo $x \in E$, $f(x, x) = 0$

(EC₂) para todo $x \in E$ y $y \in E$, $f(x, y) = f(y, x)$, (simetría)

(EC₃) para todo $x \in E$, $y \in E$ y $z \in E$, $f(x, y) \leq f(x, z) + f(z, y)$
(desigualdad triangular)

Las diferentes medidas que resultan de medir con un patrón cada vez más pequeño se entienden como distancias diferentes. Para los objetos usuales esas distancias definen una estructura uniforme de espacio medible para los cuales la distancia es la medida "absoluta" (es decir, el límite de la familia de distancias).

Para los fractales se deben aceptar propiedades más débiles.

4.3. Condiciones para una medida “conveniente”

Las condiciones habituales impuestas a una medida conveniente son:

- i) Continuidad
- ii) Invariación por cambio de sistema de referencia

La existencia de la continuidad es para permitir acercarse tanto como se quiera a su valor, lo que significa

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a), \text{ i.e. } \forall \varepsilon > 0, \exists V \varepsilon V(a), \forall x \in V, |f(x) - f(a)| \leq \varepsilon$$

La exigencia (ii) responde al grupo de biyecciones del espacio que

- (T₁) Conservan la homogeneidad del espacio (linealidad)
- (T₂) Conservan la isotropía
- (T₃) Conservan la causalidad (grupo no compacto y que se denomina grupo de Galileo)

4.3.1. Grupo que opera sobre un conjunto

Se dice que un conjunto Ω con una estructura Σ , opera sobre E con estructura θ si existe un Σ -morfismo de Ω en $\text{End}_{\theta}(E)$.

Para nosotros el grupo Ω opera sobre E si a todo elemento α de Ω se asocia la aplicación f_{α} de E en E tal que:

$$(GE) \quad \forall \alpha, \beta \in \Omega, \forall x \in E, f_{\alpha+\beta} = f_{\alpha} \circ f_{\beta}$$

Para toda α , f_{α} es una biyección de E . Si tomamos como Ω con estructura Σ el grupo de Galileo tenemos:

$$\forall \alpha \in \Omega, \forall x, y \in E, M(x, y) = M[f_{\alpha}(x), f_{\alpha}(y)].$$

4.3.2. ¿Por qué invariación?

El primer principio de la relatividad se enuncia de la forma siguiente: "Todas las leyes de la física tienen la misma forma en los sistemas de referencia inerciales".

En todo referencial inercial un cuerpo no sometido a fuerzas externas se mueve en línea recta a velocidad constante, o bien las geodésicas del espacio son rectilíneas y parten en todas las direcciones (isotropía y homogeneidad del espacio).

La tercera propiedad indica que un lazo eventual de causalidad debe señalarse con una medida, y debe ser invariante por cambio de sistema de referencia.

5. Los límites de la medida de Newton

5.1. **Michelson y Morley** construyeron un dispositivo con el cual las longitudes no son estables por cambio de sistema de referencia (sistemas que se mueven a rapidez v cerca de c).

5.2. **Einstein** introdujo el espacio de Minkowski, pseudoeuclidiano, donde el tiempo mantiene algún grado de privilegio (que se expresa en el signo). Esto condujo a definir el grupo de transformaciones del espacio como el grupo de biyecciones del espacio de Minkowski que verifican (T_1) , (T_2) y (T_3) . El grupo se denomina Grupo de Poincaré.

Esto implica que la operación de medición de longitudes toma tiempo. La medida pasa a ser:

$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$ (que es un invariante llamado intervalo de universo) en lugar de $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$ para Galileo.

El cambio del sistema de referencia corresponde a las isometrías del espacio de Minkowski.

5.2.1 El espacio usual es proyección del espacio de Minkowski

Todo grupo diferenciable, en biyección con una parte C conexa de R admite un parámetro aditivo.

$$\exists \psi: G \rightarrow \mathbb{R}, \forall f_\lambda, f_\mu \in G, f_\lambda T f_\mu = f_{\psi(\lambda) + \psi(\mu)}$$

Para la relatividad de Einstein ese parámetro aditivo no es la rapidez; como ya vimos, v está acotada por c (las rapidezces no se adicionan como los números reales). El parámetro aditivo del grupo de Poincaré es un ángulo φ (cuya proyección está asociada a la rapidez) y es el ángulo de rotación del espacio de Minkowski (que incluye el eje del tiempo) asociado al cambio de sistema inercial $v = c \tanh \varphi$

5.2.2. La causalidad

Un suceso precede a otro si se puede enviar una señal para iniciarlo; es decir, si la distancia temporal es superior a la distancia espacial. O sea, si el signo de ds^2 es positivo.

6. Medidas usuales de fractales

La dimensión fractal es insuficiente como magnitud para caracterizar un fractal usual; podemos citar las magnitudes como ramificación, lagunaridad, explayamiento, etc. que informan sobre la conectividad y la distribución de materia en un fractal. La dimensión fractal informa sobre la forma por cambio de escala.

Para la invariación en el espacio de Minkowski tenemos que, para un cambio de escala de parámetro λ ,

$$x^\mu = (ct, x, y, z) \rightarrow x'^\mu = (\lambda ct, \lambda x, \lambda y, \lambda z)$$

engendra en la distancia un cambio final $\lambda^2 ds^2$.

Sin embargo, en la distancia ds' se debe reflejar un cambio por el hecho de que $ds' = dx'^\mu$

$$dx'^\mu = f dx^\mu$$

donde $f(ct, x, y, z)$ debe ser de la forma $f(ct, x, y, z) = Ax^\mu$ con las siguientes propiedades

- i) A complejo
- ii) $ff^* = 1$
- iii) $x \rightarrow \lambda x \Rightarrow f = Tf$ con $T = x^\mu \partial_\mu$

Con esas propiedades vemos que el cambio $x'^{\mu} = \lambda x^{\mu}$ induce en f el cambio $f' = \lambda f$ de manera que

$$ds'^2 = f' \circ f' ds^2$$

$$ds'^2 = \lambda^2 f \circ f ds^2$$

y si $f \circ f = 1$ tenemos que el signo de ds^2 se conserva y con ello la causalidad. Vemos que se conserva la forma del objeto, que se traduce por la invariación de λ , que es el valor propio del operador T aplicado a las funciones f (homogéneas) y se denomina exponente crítico. Los fractales se caracterizan por ser invariantes por cambio de escala, no así por rotación y por traslación.

ABSTRACT

Formal features of the development of the measurement notion from Newton to Mandelbrot are presented. From comparing with a pattern that is invariant with a change of the inertial referencial system, it turns into comparing with a pattern that varies with the relative speed of the referencial, and again into a pattern that varies with the scale. This leads to the search of new invariants: The universe interval in Einstein's relativity and critical exponents in the case of fractals.

REFERENCIAS

- Gouyet J.F. 1992. *Physique et Structures fractales*. Masson, Paris.
- Guyon E. & H. E. Stanley. 1991. *Les formes fractales*. Elsevier Science Publishers.
- Peitgen I. & O. Heinz. 1992. *Fractal for the room*, part Two. Editorial Springer – Verlag New York, Inc.

Recibido agosto del 2002, aceptado mayo del 2003.



LA FORMACIÓN CIENTÍFICA Y DOCENTE: INFLUENCIA EN LA ACTUACIÓN DEL DOCENTE DE FÍSICA EN LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

Omayra Janeth Pérez Castro

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

RESUMEN

Existen cuestionamientos sobre la enseñanza de la Física, considerándose ineficaz. Se esgrimen varios factores, entre los cuales se mencionan la baja calidad de la formación previa de los estudiantes, la poca aplicabilidad de los contenidos enseñados, la calidad del docente, etc. Es necesario hacer un estudio sistemático de las distintas variables para tomar medidas que realmente resulten en una mejoría de los índices apropiados de medición de la eficacia de la Enseñanza de la Física. En este trabajo presentamos los resultados de un estudio de caso que permite elaborar un perfil del docente en servicio frente a la actividad experimental. Con base en este perfil, se hacen recomendaciones para la formación inicial y la formación continua de docentes de Física. Estos resultados sirven también para elaborar una encuesta que dé información estadística y a la vez que orienten la investigación hacia la medición de parámetros pertinentes en un problema a n variables.

PALABRAS CLAVES

Actividad experimental, estudio de caso, necesidades profesionales, física, Ciencia.

De forma generalizada la formación del profesorado del área científica se ha caracterizado por estar dominada sólo por contenidos (Woolnough & Allsop (1985)), sin relación alguna con las formas de ver, hablar, hacer y de enseñar la Ciencia actualmente. Ello ha llevado a los docentes, en primer lugar, a promover una enseñanza científica fundamentada sólo en la lógica de los contenidos; en segundo lugar, a no darle valor a la necesidad de manejar, de forma adecuada, un

contenido didáctico que le ayude a lograr los objetivos de la enseñanza científica. Y por último, el docente carece de herramientas que le permitan valorar de manera crítica, entre otras cosas, el papel de la Ciencia en la sociedad, su desarrollo, su naturaleza, el papel del trabajo experimental como elemento para su enseñanza, etc. Todo esto nos dirige a reflexionar sobre las carencias y necesidades que tiene y pueda tener la estructura curricular que sustenta la formación tanto inicial como continua del profesorado del área científica.

¿Qué pasa con las propuestas curriculares referentes a la formación de los profesores del área científica? En este sentido, Pesa y Cudmanni (1999) señalan que *las propuestas curriculares para la formación de profesores se han caracterizado por estar estructuradas como procesos acumulativos de saberes no relacionados*. Es decir, que los profesores de Ciencias, arman un conjunto de referentes teóricos en función de saberes no relacionados y fundamentan su práctica docente en los mismos. Por lo tanto, la pregunta es: *¿se da realmente esta desintegración o no relación de saberes en la formación del profesorado de Ciencias?*

El estudio de la actuación de un profesor en el aula, puede llevar a encontrar algunas posibles respuestas a esta cuestión. En este trabajo reporto la información referente a la actuación de un profesor de media, que fue recopilada a través de la observación de unas sesiones de *Trabajo Experimental* y la grabación en video de las mismas, así como de entrevistas realizadas a este profesor antes, durante (entre una hora-clase y otra) y después del desarrollo de la experiencia. El método fue previamente validado con varios casos utilizados como control (Pérez, 2001).

1. Actuación de un profesor de Física durante la actividad experimental vs la concepción que tiene sobre su formación científica y su formación docente

Luis es profesor, licenciado en Física y ejerce como profesor de Física en secundaria desde 12 hace años. Siempre ha impartido los cursos de Física a alumnos cuyas edades oscilan entre los 15 y 18 años, y actualmente tiene grupos-clases de 40-45 alumnos, a los cuales imparte tres horas de clases y dos horas de actividad experimental. La escuela de Luis cuenta con un pequeño laboratorio de Física con lo mínimo indispensable para el desarrollo de actividades experimentales. En

cuanto al grupo-clase utilizado para la observación estaba formado por 42 estudiantes (17-18 años). El tema a desarrollar en estas sesiones fue *“Carga de un Condensador.”* El objetivo de Luis era: *“que los estudiantes comprendieran la función de un condensador en un circuito.”* Unos días antes a la observación y grabación de las sesiones de trabajo experimental se proporcionó a Luis distintas preguntas, en formato de cuestionario. Presentamos a continuación cada una de las preguntas, seguidas de las respuestas que dio a las mismas.

¿Qué es Ciencia? *“La Ciencia investiga “fenómenos”, “hechos” a través de la observación, experimentación y análisis de la naturaleza, sus cambios propios y sus alteraciones”. “La Ciencia permite develar el orden de la naturaleza. Cada vez se sabe más cómo funcionan las cosas. Y cada vez más nos acercamos a la verdad”. “Para mí, la Ciencia es... Investigar “fenómenos”, “hechos” a través de la observación, experimentación y análisis de la naturaleza, sus cambios propios y sus alteraciones”.*

¿Qué función tiene el “Trabajo Experimental” en la Enseñanza de la Física? *“El trabajo experimental permite mediante la manipulación de objetos “ver” fenómenos y cuantificarlos. Permite generar poco a poco ideas, posibles explicaciones y volver a “ver” el fenómeno cuantas veces sea necesario y haciendo “ver” variantes”.*

¿Cómo te han enseñado Física? *“En la universidad y en secundaria la forma en que me enseñaron Física fue muy similar. Dentro de un enfoque muy mecánico, orientado a la resolución de problemas de forma muy automática: el profesor definía un concepto de manera expositiva; presentaba una ecuación que representaba dicho concepto; presentaba uno o dos ejemplos de aplicación de la fórmula para resolver problemas; y asignaba problemas de prácticas. Claro está en la universidad.... Se promovía un poco más la reflexión y había asignaturas con laboratorio”.*

¿Cómo has aprendido Física? *“Utilizando textos, trabajando en grupo con mis compañeros, haciendo preguntas a los profesores fuera de las horas de clases. También he aprendido mucho al tener que enseñar, preparar mis clases todos los días en sí es una experiencia de aprendizaje”.*

¿Cómo te enseñaron a enseñar Física? *“No me enseñaron a enseñar Física. Nos indicaban como debíamos organizar y planificar el trabajo partiendo de un objetivo a seguir. Nos indicaron la importancia de la utilización de técnicas audiovisuales. Esto no es necesariamente que me enseñaron a enseñar Física, sino más bien que cosas debemos hacer para prepararnos para enseñar Física”.*

Explica cómo desarrollas tus clases de Física en estos momentos. *“Asigno trabajos que los estudiantes exponen oralmente... asigno problemas para resolver... Luego estos problemas se resuelven en el tablero (la pizarra) para que los estudiantes aprendan de sus errores. Realizo experiencias de laboratorio”.*

Luis explicó su planificación de la sesión de trabajo experimental a observar: *“Los alumnos encontrarán el material listo. Antes de ir al laboratorio, doy una descripción muy general de lo que se va a hacer... Inmediatamente pasamos al laboratorio. Cuando comienzan ellos parten con la información que les acabo de dar o con un diagrama... Observo lo que hacen... Los voy interrumpiendo a medida que trabajan para hacer alguna aclaración... Después, comienzan a recopilar datos... Los dejo trabajar... Puede ser que a la primera vez algo les salga mal, pero no deben desechar esa información... Entonces, en otro momento les pido, por ejemplo como primera tarea, que traigan la información graficada... Que grafiquen voltaje con respecto al tiempo... corriente con respecto al tiempo... Eso quedaría pendiente para la siguiente clase. Todos tienen que tener sus datos. Es una regla. Todos tienen que graficar sus datos individualmente. De modo que cuando regresan, ya vienen con sus gráficas hechas. Bueno a partir de allí, se sigue analizando el tipo de curva que se obtuvo. Hago más énfasis en esta parte. Siempre planifico, a grosso modo, lo que voy a hacer. Lo fino no. Eso depende de lo que va saliendo en el aula”. Y agregó: “No uso guiones de práctica, pues para que un guión de práctica quede bien, de manera tal que los estudiantes trabajen individualmente necesitaría mucha redacción.... mucha preparación para que tengan el estilo que pienso que deben tener para que el alumno trabaje sólo. Es decir, para que pueda leerlo, ir haciéndose preguntas, para que vaya redactando sus respuestas... No sé cómo te explico... Un guión de laboratorio como tal, tiene que llevar al estudiante a trabajar lo más independiente posible.”*

Luis colocó el material a utilizar sobre la mesa. Entregó instrucciones escritas sobre todo lo que debían hacer, organizó los grupos y presentó el condensador como un elemento desconocido. Hizo hincapié en el trabajo individual y en la sincronización de las acciones, además señaló continuamente la lectura de las instrucciones escritas. Luis daba indicaciones precisas del procedimiento y hacía comentarios tales como: *“Esa gráfica es producto de datos experimentales. Existe una expresión teórica relacionada con este comportamiento. Lo que voy a presentar ahora es la expresión teórica. Vamos a generar los datos y luego a graficarlos. Lo siguiente será comparar ese resultado teórico con los resultados experimentales....”*.

Luis explicó cómo generar datos de una ecuación, construir un gráfico a partir de los datos obtenidos. Además, destacó las diferencias de altura entre la gráfica experimental y la gráfica teórica, pero no explicó a qué se debían. De esta forma finalizó la sesión de clase.

Al preguntarle a Luis cómo iba a evaluar los resultados de aprendizaje de sus estudiantes, respondió: *“Analizaremos de nuevo la experiencia, el tipo de función que sale. Usarán una hoja semi-logarítmica, para tratar de linearizar y hallar algún parámetro. Le doy otros valores de la capacitancia o de la resistencia y les pido que generen una curva teórica a partir de la ecuación teórica, que grafiquen la curva teórica, que grafique la curva experimental y que comparen los resultados. La evaluación estará dada en función de la manipulación de los datos. Le doy una tabla de datos y ellos tienen que buscar toda la información de lo que se ha hecho anteriormente”*. En la siguiente sesión, Luis promovió que los alumnos generaran la gráfica teórica de la corriente a partir de la ecuación correspondiente. Y con la comparación de las gráficas experimental y generada de la corriente Luis dio por terminada la actividad experimental. Por último, al cuestionar a Luis sobre el cumplimiento de sus objetivos, respondió: *“El comportamiento de los alumnos impide hacer todo lo que uno ha dispuesto... Pero si logre hacer todo lo que había planeado... Se hace lo mejor que se puede”*.

2. Análisis de la actuación del profesor

El análisis de la actuación de Luis a lo largo de la actividad experimental, se presenta en dos partes: 1) la relación Visión sobre lo que es Ciencia y su relación con la Práctica docente. 2) la relación

Visión sobre su formación científica / Visión sobre su Formación docente / Práctica docente.

Visión sobre lo que es Ciencia y su relación con la práctica docente

Para Luis, la Ciencia busca la verdad a través de la experimentación, y el conocimiento científico se adquiere a través de la observación de los hechos. Este punto de vista sobre lo que es Ciencia se ve claramente integrado a su actuación en el aula. Por ejemplo, inició la clase sin investigar en sus alumnos los modelos explicativos de los fenómenos a los cuales se enfrentarían (en Ciencia se llama estado de la cuestión y en didáctica exploración de las ideas previas) que sirven de referencia para orientar las acciones que debían realizar. Esto me lleva a afirmar que Luis:

- Parece desconocer que la observación no está libre de un modelo explicativo de la naturaleza. Puede ser que crea que, al observar, los alumnos tienen un conjunto de referentes o conocimientos innatos que activan ciertos mecanismos cognitivos en ellos que le permiten inducir un modelo. Esta concepción es empirista.
- Al presentar el condensador como un elemento desconocido, señala que cree que sus alumnos comprenden lo que es y la función que tiene dentro del circuito a través de un *aprendizaje por descubrimiento*.

Para el empirismo, el conocimiento científico se descubre aplicando el método científico. Las actuaciones de Luis iban dirigidas a que los alumnos siguieran un procedimiento, observaran, tomaran datos, construyeran representaciones gráficas y generaran la comprensión del funcionamiento del dispositivo que estudiaban. En otras palabras, que generaran una teoría de funcionamiento del dispositivo, como una forma de garantizar el acercamiento del conocimiento científico a los alumnos.

La visión de Luis sobre lo que es Ciencia está, a su vez, integrada a la visión que tiene sobre la actividad de enseñanza: el trabajo experimental permite generar poco a poco ideas, posibles explicaciones y volver a “ver” el fenómeno cuantas veces sea necesario y haciendo “ver” variantes. Esta visión es identificada en su actuación en el aula, pues redujo el trabajo experimental a un conjunto

de procedimientos. Todo esto con el objetivo, aparente, de asegurar una buena toma de datos. ¿Qué significado tienen los datos para Luis? Son los hechos a observar. Los hechos que llevarán a los alumnos a generar una teoría.

La visión de Luis del papel del guión de práctica dentro del trabajo experimental es de un instrumento pensado para promover el trabajo individual e independiente del alumno. Los guiones de práctica tienen como función, proporcionar a los estudiantes una idea global de lo que tienen que hacer, pero no la de promover que estos trabajen sin interaccionar con los que le rodean, pues los estudiantes necesitan de la interacción con otros para acercar los conocimientos que se les presentan a los que ya tienen. Todo lo argumentado, hasta el momento, señala de manera directa hacia la visión de Ciencia que tiene Luis y la forma que está integrada a su práctica docente: la dirige, orienta y operativiza.

Relación entre la visión sobre su formación científica / visión sobre su formación docente / práctica docente

La formación de Luis se caracterizó porque sus profesores seguían un mismo modelo de enseñanza, basado en las siguientes características: definir un concepto, presentar la ecuación relacionada a ese concepto, utilizar esta ecuación para resolver un problema y proponer una práctica de resolución de problemas.

La *imagen* de Luis con respecto a la Física que se enseña en la escuela media o en la universidad es la de *una Física reducida a una ecuación* y resolución de ejercicios cuantitativos. La Física es una Ciencia natural que estudia todos aquellos fenómenos naturales que tienen una estructura matemática. La formación científica de Luis lo llevó a percibir la Física como Matemática y la redujo a ecuaciones o a hacer ejercicios cuantitativos. Pero, la Matemática no es sólo ecuaciones, por lo tanto, Luis parece haber construido una visión simplista de ambas Ciencias.

La imagen que tiene Luis de la Física, que aprendió durante su formación, parece orientar su práctica docente. Es decir, el modelo de enseñanza que este profesor parece criticar en sus comentarios es el que sigue en su actuación en el aula, eso sí con pequeñas variantes. En lugar de comenzar sus clases definiendo un concepto, como sus

profesores, él comienza con una experiencia, donde promueve en primer lugar la toma de datos y seguido promueve el análisis de los datos obtenidos entorno a una ecuación. Utiliza la ecuación como medio para que los alumnos comprendan el concepto que estudian. Pasa de una visión deductiva a una visión inductiva.

El lector puede decir, que éste no es un elemento lo suficientemente fuerte para afirmar que Luis sigue el modelo de enseñanza que utilizaban sus profesores de Física. Ante esto, los refiero a la forma en que señaló que evaluaría el aprendizaje de sus alumnos: "... *Posteriormente la evaluación de eso va a ser en función de la manipulación de los datos. Les doy una tabla y ellos tienen que buscar toda la información de lo que se ha hecho*". Los alumnos tendrán que aplicar las ecuaciones aprendidas para reproducir las características del fenómeno, lo que implica darles una fórmula para resolver un ejercicio.

La imitación del modelo de enseñanza dentro del cual se aprende, se expresa también cuando Luis explicó la forma en que desarrolla sus clases de Física, dijo: "Periódicamente asigno problemas para resolver... Se resuelven en el tablero... para que los estudiantes aprendan de sus errores". La resolución de ejercicios implica la utilización de un conjunto de ecuaciones. Es clara, entonces, la imitación de un modelo de enseñanza donde la Física es reducida a la resolución de ejercicios cuantitativos.

Las ideas expresadas en los dos párrafos precedentes nos llevan a señalar que este profesor piensa que para aprender Física es necesario repetir una misma acción o conjunto de acciones varias veces a través de la resolución de ejercicios: "*Asigno problemas...*". En igual forma evalúa el aprendizaje de sus alumnos por medio de una tarea de reproducción de lo que han hecho.

Luis expresó que *no le enseñaron a enseñar Física que aprendió a enseñar enseñando a sus alumnos*. Recuerda de su formación docente que le enseñaron a organizar y planificar el trabajo partiendo de un objetivo. Pero a la vez señala *que eso no es enseñar a enseñar, sino más bien enseñar qué cosas se deben preparar para el momento de enseñar*. Este trabalenguas me lleva a señalar que la visión que tiene Luis, con respecto a su formación docente está muy relacionada con la

planificación de su trabajo y la elaboración de objetivos. Y esto es sólo una parte de todo lo que conlleva la compleja tarea de enseñar.

Luis dio mucha importancia al lugar donde iba a desarrollar el trabajo experimental, a la preparación del material, al tiempo que iba a invertir en el desarrollo de esta experiencia y a las indicaciones que iba a dar a los alumnos para organizar su trabajo. Para él, no parecía tener importancia la gestión y manejo de los distintos elementos a tomar en cuenta dentro de cada actividad para promover el aprendizaje del concepto a enseñar. Es decir, ha integrado el saber adquirido en su formación docente a la gestión de sus acciones diarias, pero él mismo está desligado de la componente científica representada en el concepto a enseñar.

Luis expresó que la planificación que llevó a cabo fue una planificación realizada a *grosso modo*, que lo fino dependía de lo que iba saliendo en el aula. Lo fino es, la forma de introducir el concepto, es decir, el conocimiento científico a enseñar. Por lo tanto, su formación docente estuvo centrada en aspectos de planificación de una clase cualquiera y no, específicamente para una clase de Física.

3. Características de la actuación del profesor

- *Tiene una visión empirista (inductivista) de la Ciencia.* El saber científico nace de la observación, y la actividad experimental pasiva lleva a la construcción de un modelo.
- *Maneja un modelo de aprendizaje por descubrimiento.*
- *Maneja una visión de la Ciencia que fundamenta su concepción acerca de lo que los alumnos deben aprender.* Los estudiantes deben aprender a seguir procedimientos para tomar datos, generar datos de una ecuación, construir representaciones gráficas (o su equivalente) y cómo generar modelos a través de los datos obtenidos.
- *Maneja una visión sobre su formación científica que orienta y operativiza su práctica docente.* Limita la Física a buscar un modelo a través de la actividad experimental y posteriormente a manejar ecuaciones o sus expresiones gráficas.
- *Maneja una visión sobre su formación científica que lo conduce a suponer que el modelo que se deriva de la actividad experimental se plasma en ecuaciones, las cuales deben saber manejarse al resolver ejercicios cuantitativos.*

- *Maneja una visión de la Física que cuestiona la naturaleza de los aprendizajes que le enseñaron.* Lo que lleva a cuestionar la naturaleza de lo que enseña a sus alumnos.

4. Necesidades profesionales

Las necesidades profesionales de los profesores deben ser abordadas por la formación continua y la misma debe hacer hincapié en:

- La reflexión sobre la visión contemporánea de lo que es Ciencia desde el punto de vista de la filosofía de la Ciencia y la Historia de la Ciencia.
- La integración entre *cómo se hace Física, cómo se enseña y como se aprende.*
- La integración de los modelos de enseñanza de la Ciencia y los modelos de la Ciencia.
- La integración adecuada de la formación Científica y la Didáctica de la Ciencia.
- La reflexión sobre la Ciencia y su enseñanza, unida a una formación científica.
- El conocimiento de las concepciones o ideas de los alumnos y cómo diagnosticarlas.
- El papel específico de los recursos didácticos que se tiene a disposición.
- El manejo de conocimiento que facilite seleccionar y organizar los contenidos a enseñar.
- El papel de la evaluación en el proceso de enseñanza y aprendizaje pero dentro de las nuevas tendencias.

CONCLUSIÓN

Lo presentado hasta el momento nos permite señalar que:

- Los encargados de la formación científica inicial que se imparte a los futuros profesores de Física deben tomar en cuenta, que al formarlos no sólo transmiten un conocimiento específico, sino que también transmiten una modelo de enseñanza y una visión sobre lo que es la Ciencia.
- La formación docente del estudio presentado no tomó en cuenta la importancia de *una formación en didáctica de la Ciencia.* Es necesario establecer, en la formación inicial, una formación docente fundamentada en una didáctica de la Ciencia.

- Las necesidades profesionales de este profesor deben ser tomadas en cuenta en la formación inicial de los profesores de Física. Pero para ello se debe tomar en cuenta: los conocimientos y contenidos específicos de la Física como Ciencia, la componentes sociales y psicológicas que están a la base de la Ciencia como una construcción social desde la visión contemporánea de la misma, la historia y filosofía de la Ciencia y todos los elementos que se manejan actualmente desde la Didáctica de la Ciencia.
- La necesidad de jornadas de reflexión de equipos de especialistas sobre los distintos aspectos que hay que integrar en la curricula de profesores de Física.
- La necesidad de introducir *la evaluación como un proceso de autorregulación* de todo el sistema de formación de docentes de Física, a nivel inicial como continuo.
- La formación continuada de profesores debe fundamentarse en las necesidades profesionales reales de los docentes en servicio. No podemos pretender producir cambios en estos docentes, si no tomamos en cuenta sus necesidades profesionales, pues de lo contrario estaremos proporcionando un remedio para un mal que no conocemos.

ABSTRACT

The teaching of physics is being questioned and is considered ineffective. Various reasons are offered as an explanation, among which the following are mentioned: Low quality in the previous training of students, the scarce applicability of the contents taught, the quality of teachers, etc. There is a need to engage in a systematic study of the different variables, in order to take steps which will actually result in the improvement of the rates of the index considered appropriate to measure the effectiveness of teaching physics. In this paper we present the results of a case study which allows us to develop an active physics teacher's profile in relation to experimental activity, all which should allow for some recommendations in relation to both the initial and continuous training. These results are also useful to develop a survey for gathering statistical information, as well as guiding the research for the relevant parameters in a problem dealing with n variables.

REFERENCIAS

Pesa, M., & L. C. Cudmani. 1999. La integración de saberes en la formación de formadores de profesores en Ciencias. Educación Científica. Conferencias, mesas de debate y secciones. *Congreso*

Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales.
Formación Permanente de Profesores.

Woolnough, B. & T. Allsop. 1985. *Practical Work in Science.*
Cambridge: University Press.

Pérez, O. 2001. El uso de experimentos en tiempo real: Estudios de casos de profesores de Física de Secundaria. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Recibido febrero del 2003, aceptado junio del 2003.

SISMOTECTÓNICA DEL EXTREMO NORTE DE LA ZONA DE FRACTURA DE PANAMÁ

Eduardo Camacho Astigarrabia

Universidad de Panamá, Laboratorio de Geofísica e Hidrogeología.

e-mail: ecamacho@ancon.up.ac.pa

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan los principales elementos estructurales, sismicidad y mecanismos focales del extremo norte de la Zona de Fractura de Panamá, en la parte suroccidental de la República de Panamá. Esta es una de las principales fuentes sísmicas del Istmo y de la región Centroamericana. Con base en los mecanismos focales del sismo del 31 de julio de 2002, y sus réplicas principales y la distribución espacial de los mismos, se confirma que la Zona de Fractura de Panamá se introduce en tierra firme siguiendo el eje de la península de Burica. Esta fuente sísmica constituye un importante elemento a considerar al momento de evaluar la amenaza sísmica en el Occidente de Panamá y la Zona Sur de Costa Rica.

PALABRAS CLAVES

Zona de Fractura de Panamá, sismotectónica, mecanismos focales, sismicidad, amenaza sísmica.

INTRODUCCIÓN

En el extremo sur de la zona fronteriza entre Costa Rica y Panamá se encuentra un punto triple difuso en el que coinciden las placas tectónicas del Caribe, del Coco y Nazca, el cual se ha sugerido que está ubicado bajo la península de Burica o al sur de ella, en la intersección de la zona de subducción de Centroamérica y la Zona de Fractura de Panamá. Esta es una de las zonas sísmicas más activas de Centroamérica y la mayor del Istmo de Panamá.

Esta zona ha originado sismos destructivos a lo largo de la historia. Un ejemplo de estos terremotos lo constituye el gran terremoto de Puerto Armuelles del 18 de julio de 1934, que tuvo una magnitud de momentos M_w 7.6 y un mecanismo focal lateral derecho (ver Fig. 1) causando considerables daños en las ciudades de Puerto Armuelles y David, Provincia de Chiriquí, tal como puede observarse en las Fig. 2 y 3.

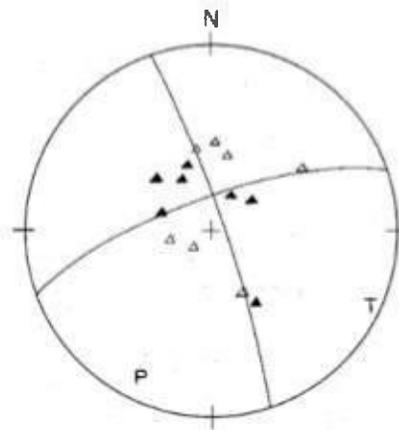


Fig. 1. Mecanismo focal del terremoto de Puerto Armuelles del 18 de julio de 1934 (Camacho, 1991).

En el presente trabajo examinaremos las principales características sismotectónicas de esta zona, haciendo especial énfasis en el más reciente sismo ocurrido en la misma, el sismo de Burica del 31 de julio de 2002, $M_w = 6.5$, ya que una comprensión adecuada de las mismas es crucial para una estimación más exacta de la amenaza sísmica en el Suroeste de la República de Panamá.

TECTONICA REGIONAL

En el Sur Occidente de Chiriquí, bajo la península de Burica o al sur de ella coinciden las placas de Nazca, el Coco y del Caribe en forma de un punto triple difuso (PTNCC). Entre los elementos estructurales de este punto triple tenemos la Cresta del Coco, que subduce bajo Costa Rica, y es una traza boyante del punto caliente de las Islas Galápagos.

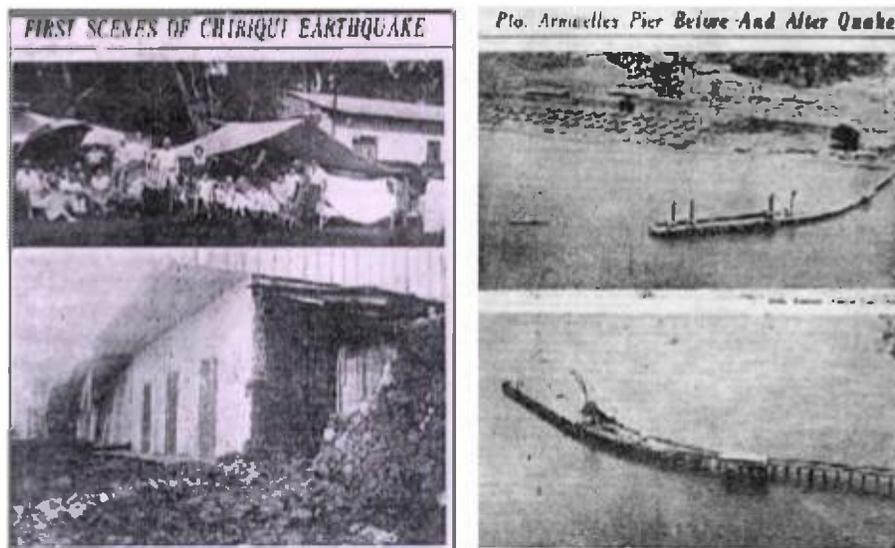


Fig. 2 y 3. Daños en David y Puerto Armuelles causados por el sismo de Puerto Armuelles del 18 de julio de 1934 (Star & Herald, 1934).

El flanco oriental de la Cresta del Coco está truncado por la Zona de Fractura de Panamá (ZFP). Esta es una gran falla de transformación, con rumbo Norte-Sur, que sirve de límite entre las placas de Nazca y del Coco, que se extiende desde la zona de extensión de Costa Rica, en el Sur hasta la península de Burica y parte occidental del Golfo de Chiriquí en su extremo Norte. Esta zona de fractura acomoda movimientos laterales derechos, a una tasa de 57 mm/año (Kellog et al., 1995). En la porción más septentrional de esta zona de falla, alrededor de los 6° de latitud Norte, la misma se ramifica en tres zonas de fracturas más pequeñas con igual tipo de desplazamiento lateral derecho (Lonsdale y Klitgord, 1978; Heil, 1988; Kolarsky y Mann, 1995). Estas son, de Este a Oeste, la Zona de Fractura de Coiba, la Zona de Fractura de Balboa y la Zona de Fractura de Panamá, las cuales subducen oblicuamente, bajo el Bloque de Panamá, al sur y Sureste de la península de Burica, en el Cinturón Deformado del Sur de Panamá (Heil, 1988; Corrigan et al., 1990; Kolarsky et al., 1995^a; Moore & Sender, 1995).

Las extensiones de la Zona de Fractura de Panamá continúan en tierra firme (Camacho, 1991), a lo largo del eje de la península de Burica, y al llegar al anticlinal de Madre Vieja, se curvan hacia el Noroeste.

Las placas del Coco y del Caribe parece que están débilmente acopladas cerca del Punto Triple (PTNCC), tal como sugiere el hecho de que las réplicas del sismo de abril de 1983 Ms 7.3, un sismo con mecanismo inverso asociado a la subducción de la placa del Coco bajo Costa Rica, migraron hacia el sureste bajo la Península de Burica (Adamek et al., 1987).

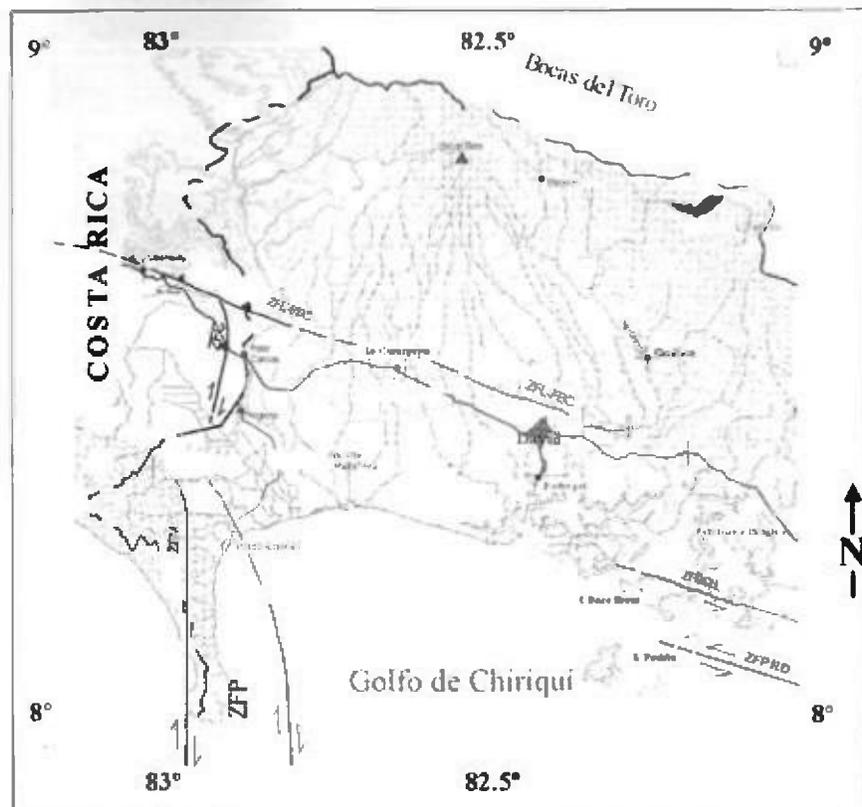


Fig 2. Principales fallas activas de Chiriquí, Suroeste de Panamá (adaptado de Cowan et al 1999), en donde se muestran la Zona de Falla de las Paridas (ZFPRD), Zona de Falla Boca Chica (ZFBC), Zona de Fractura de Panamá (ZFP), Zona de Falla Canoas (ZFC), Zona de Falla Longitudinal (ZFL) y la Zona de Falla Media (ZFM).

Las principales estructuras asociadas con el extremo Norte de la Zona de Fractura de Panamá se muestran en la Fig. 2 y se detallan a continuación

Fallas Relacionadas con la Zona de Fractura de Panamá

Las siguientes fallas están íntimamente relacionadas con los esfuerzos generados por la Zona de Fractura de Panamá:

Zona de Falla Media de Burica

Esta es una falla de corrimiento lateral derecho que se extiende a lo largo del eje de la Península de Burica y la frontera con Costa Rica. La Falla Media es una zona de debilidad que se extiende al Norte de la Zona de Fractura de Panamá y probablemente refleja la presencia de elementos de la misma, subducidos bajo la Península de Burica.

Elementos de la Falla Media fueron cartografiados por geólogos petroleros en la década de 1950, pero la interpretación de esta zona fue realizada por primera vez por Corrigan et al., (1990).

Zona de Falla de Canoas (ZFC)

Cowan (1997) reportó la existencia de la Falla Canoas y la interpretó como una extensión del límite de Placas Cocos-Nazca, al Norte de la Península de Burica. Su traza superficial se extiende ininterrumpidamente a lo largo de 15 Km. desde el Norte de la península de Burica hasta el pie de monte de la Cordillera Talamanca. Esta es una zona de falla de desplazamiento de rumbo lateral derecho, localizada unos 5 km al Oeste de la frontera entre Panamá y Costa Rica, cerca de la población de Paso Canoas, que parece haber generado su último gran evento el 21 de julio de 1934, a raíz del sismo del 18 de julio de 1934 ($M_w 7.6$).

Fallas de la Región de Progreso

Un reciente vigilancia de la sismicidad de esta zona (Cowan et al., 1995) muestra una marcada alineación de microsismos que se extienden desde el Golfo de Chiriquí hasta las Tierras Bajas de Progreso, cerca de la desembocadura del Río Chiriquí Viejo. La alineación de la sismicidad se interpreta como un elemento de la Zona de Fractura de Panamá, el cual probablemente termina cerca del extremo Sur de la Zona de Falla de Canoas. La estructura tectónica bajo la región de Progreso parece ser geoméricamente compleja e inestable, reflejando la dinámica de deformación de un punto triple activo (Andrews, 1989). La inestabilidad de esta área es reflejada por los niveles de alta sismicidad, que incluye el terremoto de julio de 1979 $M_s 6.4$, que tiene un mecanismo focal de tipo normal.

No han sido documentadas evidencias de fallamiento superficial en las tierras bajas de Progreso, pero la sismicidad registrada coincide con un domo pequeño (elevación 10 m) en las tierras bajas aluviales cerca de La Esperanza.

En la Tabla 1 aparecen el potencial sísmico de las fallas asociadas con la Zona de Fractura de Panamá. Para su cálculo se emplearon las relaciones de Wells y Coppersmith (1994), que ligan la magnitud de momentos M_w con la longitud de ruptura L , de la falla en km.

Tabla 1. Potencial Sísmico de las Fallas Relacionadas con el Extremo Norte de la Zona de Fractura de Panamá.

Fuente Sísmica	Tipo de Falla y Longitud (km)	Tasa Inferida de Deslizamiento (mm/año)	Período de Retorno (años) y Deslizamiento por evento (m)	SMC*	Comentarios:
Zona de Falla Media	Corrimiento Lateral Derecho (>20)	>15	60-130 1-2	7.3	Elemento activo del límite de placas Nazca-Coco (ZFP), que se extiende a lo largo del eje de la Península de Burica Corraán et al., (1990). Esta falla probablemente se conecta en profundidad con la Falla Canoas.
Zona de Falla de Progreso	Mixta (>50)	>15	60-130 1-2	7.6	Elemento activo del límite de placas Nazca-Coco, ubicado al este de la Península de Burica y que se extiende bajo las llanuras de Progreso. Esta asociada a rupturas históricas (Jhuo de 1934, M7.6 y 1979, M6.4. Probablemente se conecta en profundidad con las zonas de falla Media y de Canoas.
Zona de Falla de Canoas	Corrimiento Lateral Derecho (15)	>15	30-100 0.5-1.5	6.9	Falla de transferencia entre la ZFP y la Zona de Falla Longitudinal (ZFL), que muestra trazas superficiales prominentes a través de accidentes del terreno de origen Holoceno (Cowan et al., 1996). Sus desplazamientos probablemente están asociados a los otros elementos activos de la Zona de Fractura de Panamá (ZFP) o la Zona de Falla Longitudinal (ZFL).

● Sismo Máximo Creíble

SISMICIDAD Y MECANISMOS FOCALES

La mayor parte de la sismicidad en el Occidente de Chiriquí (ver Fig. 3), se observa a lo largo del eje de la Zona de Fractura de Panamá, en la Península de Burica y alrededores (Wolters, 1986; Vergara, 1988; Adamek et al., 1988, Cowan et al., 1995). En la porción Norte de la

Zona de Fractura de Panamá, en la península de Burica y alrededores la sismicidad, es somera y en su mayor parte presenta un carácter lateral derecho.

La sismicidad en la corteza y más profunda decrece rápidamente al Este del Río Chiriquí. El decrecimiento de la sismicidad en dirección Este ha sido interpretado por Cowan et al., (1995) como un reflejo del cambio de estructura cortical, que posiblemente está relacionado con la geometría de la Placa de Nazca que está subducida. Esta región ha sido sacudida en tiempos históricos por sismo fuertes. Un listado de los principales eventos asociados a la Zona de Fractura de Panamá aparece en la Tabla 2.

El primer estudio detallado que se ha hecho de mecanismos focales en el occidente de Chiriquí fue realizado por Cowan et al. (1995). En este estudio se encontró que las fallas en las tierras bajas de Chiriquí son principalmente de cabalgamiento, mientras que la deformación en el Golfo de Chiriquí es del tipo normal. Durante este estudio no se observó sismicidad alrededor de la península de Burica, por lo cual no aparecen mecanismos de esta zona.

Tabla 2. Sismos Históricos Sentidos en la Región Fronteriza Panamá-Costa Rica, Originados en la Zona de Fractura de Panamá (ZFP).

EVENTO Nº	FECHA	FUENTE	OBSERVACIONES	MAGNITUD M_w
1	1854		Sentido Fuerte	> 6.5
2	1859	ZFP	Grietas en Boquerón, Chiriquí.	> 6.5
3	1871	ZFP	Sentido en David	> 6.5
4	1933	ZFP	Daños en Puerto Armuelles	6.6
5	1934	ZFP	Causó graves daños en David y Puerto Armuelles	7.6
6	1934	F. Canoas	Rajaduras en Bongo, Distrito de Puerto Armuelles	6.7
7	1949	ZFP	Daños en Puerto Armuelles	6.6
8	1962	ZFP	Daños en David y Puerto Armuelles	6.7
9	1979	ZFP	Daños en Puerto Armuelles	6.4
10	2002	ZFP	Daños importantes en Puerto Armuelles	6.5

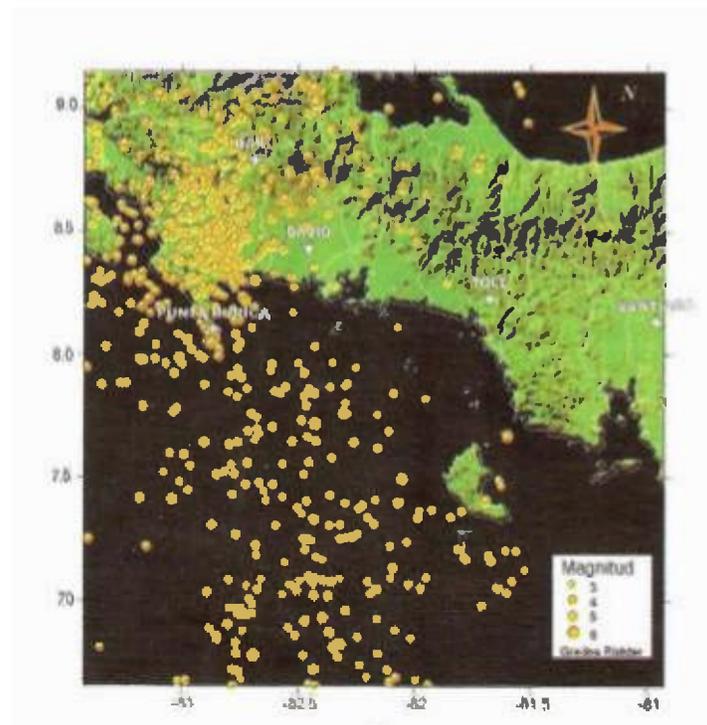


Fig. 3. Sismos con magnitudes mayores a 4.0 registrados en Chiriquí, Suroccidente de Panamá (1995-2000). Nótese como la mayoría de la sismicidad está relacionada con la Zona de Fractura de Panamá.

Nuevamente, el 30 de julio de 2002 la zona fronteriza entre Costa Rica y Panamá fue sacudida por un sismo de magnitud M_w 6.5, con epicentro en las coordenadas 7.9° N y 82.9° O, una profundidad de 12.3 km y que también se conoce como el sismo de Burica. Este sismo causó daños a estructuras mal construidas o con pobre mantenimiento en poblaciones fronterizas ubicadas en la margen Pacífica de la zona fronteriza entre Costa Rica y Panamá. Empleando registros de las redes sísmicas de Colombia, Costa Rica y Panamá se lograron localizar el sismo principal y sus réplicas más importantes. En la Tabla 3 aparece la localización de estos nueve eventos y sus respectivos mecanismos focales. Nótese como los eventos 1 y 9 tienen epicentros coincidentes.

Tabla 3. Parámetros focales del sismo de Burica del 31 de julio de 2002 y sus principales réplicas.

Evento N°	Fecha	h m s	Lat. (°N)	Long. (°O)	Prof. (km)	M_w	Plano de Falla 1		Plano de Falla 2	
							δ ϕ λ	δ ϕ λ		
1	20020731	001646.0	7.955	82.838	12.3	6.5	170.90 67.48 159.64	269.00 71.25 23.86		
2	20020731	015424.6	8.192	82.896	1.1	5.3	189.41 86.60 160.28	280.63 70.32 3.62		
3	20020731	023155.1	8.308	82.863	6.5	4.8	176.01 71.25 156.14	274.10 67.48 20.36		
4	20020731	044517.9	8.050	82.821	10.0	5.3	305.73 60.50 101.51	103.26 31.47 70.57		
5	20020731	073826.4	7.810	82.884	9.5	4.7	300.79 48.44 131.93	67.24 56.17 53.00		
6	20020731	130815.0	8.205	82.820	2.1	4.8	302.61 79.68- 151.68	207.09 62.17 -11.69		
7	20020801	191012.4	7.810	82.886	10.0	5.1	345.41 52.84 -163.99	245.58 77.30 -38.26		
8	20020803	023906.2	8.346	82.925	10.0	5.9	350.00 60.00 180.00	80.00 90.00 30.00		
9	20020807	235915.6	7.954	82.879	2.8	6.0	16.10 55.15- 176.51	284.10 87.13 -34.90		

Rumbo ϕ Buzamiento δ Deslizamiento λ

El estudio de la distribución espacial de las réplicas mejor localizadas indican que la más grande de ellas tuvo una magnitud de $M_w = 6.0$ y que la ruptura de la falla se propagó de Sur a Norte, extendiéndose hasta tierra firme, a lo largo de las extensiones de la Zona de Fractura de Panamá en la península de Burica (Fig. 4), lo cual confirma lo propuesto por Camacho (1991). Como puede observarse, a excepción de un evento que muestra un carácter inverso, el resto de los mecanismos focales son del tipo lateral derecho.

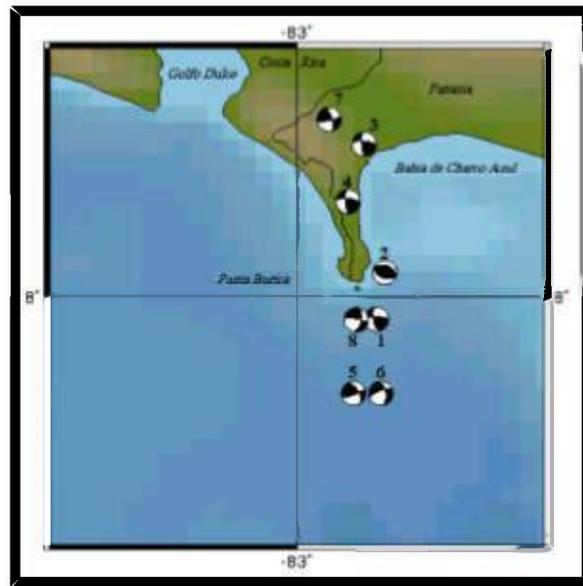


Fig. 4. Evento del 31 de julio de 2002 (M_w 6.2) y réplicas principales.

La intensidad máxima observada para este sismo fue de VII MM y la red de acelerógrafos del Laboratorio de Ingeniería Sísmica de la Universidad de Costa Rica registró una aceleración máxima de 32.6 gales en la componente transversal, en Golfito a 86.5 km del epicentro (comunicación personal de Victor Schmidt, 2002).

El estudio de los efectos del sismo indica que ocurrió licuación de terrenos en Puerto Balsa, al sur de la península de Burica y que los daños a edificaciones y estructuras ocurrieron en aquellas mal construidas o con mantenimiento deficiente (ver Figs. 5 y 6).



Figs. 5 y 6. Daños a estructuras en Puerto Armuelles, Panamá.

CONCLUSIONES

- Los sismos fuertes en el suroeste de Panamá son producidos por la Zona de Fractura de Panamá.
- Del estudio del sismo del 31 de julio de 2002 y sus réplicas se comprueba que las extensiones de la ZFP son sísmicamente activas y las mismas se extienden al Norte y Noroeste de Puerto Armuelles, Panamá.
- Daños observados durante el sismo del 31 de julio de 2002, ocurrieron en edificaciones mal construidas, con ausencia de elementos estructurales esenciales para la estabilidad de las edificaciones y/o que fueron mantenidas deficientemente.
- Es necesario fortalecer el monitoreo sísmico de esta región transfronteriza y hacer cumplir de forma más estricta las normas sísmoresistentes de diseño y construcción de edificaciones.
- Es fundamental, para garantizar un desarrollo más seguro de esta región transfronteriza, hacer estudios, como el que ya se hizo para David, Chiriquí, de microzonificación sísmica de sus principales poblaciones y preparar mejor a la población.

ABSTRACT

The main structural elements, seismicity and focal mechanisms from the northern terminus of the Panama Fracture Zone, Southwestern Panama, are analyzed. This is one of the main seismic sources of the Isthmus of Panama and the Central American region. Based on the focal mechanisms of the July 31, 2002 Earthquake and its

main aftershocks, plus their spatial distribution it is confirmed that the Panama Fracture Zone extends inland along the axis of the Burica peninsula. This seismic source is a very important element to be taken into account for every seismic hazard evaluation at Western Panama and Southern Costa Rica.

KEYWORDS

Panama Fracture Zone, seismotectonics, focal mechanisms, seismicity, seismic hazard.

REFERENCIAS

Adamek, S., C., Frohlich, & W., D., Pennington, (1988): Seismicity of The Caribbean Nazca Boundary: Constraints On Microplate Tectonics of The Panama Region, *J. Geophys. Res.* 93, 2053-2075.

Adamek, S., H., F., Tajima & D., Wiens. 1987. Seismic Rupture Associated With Subduction Of The Cocos Ridge, *Tectonics* 6, 757-774.

Andrews, D.J. 1989. Mechanics of Fault Junctions, *J. Geophys. Res.*, 94, 9389-9397.

Camacho, E. 1991. The Puerto Armuelles Earthquake of July 18, 1934, *Rev. Geol de Amer. Central* 13, 1-13.

Corrigan, H.A., P. Mann & J.C. Ingle. 1990. Forearc response to subduction of the Cocos Ridge, Panama-Costa Rica, *Geol Soc. Am. Bull.*, 102, 628-652.

Cowan, H.A., M.N. Machette, K.M. Haller, & R.L. Dart. 1998. Map of Quaternary Faults and Folds of Panama and its Offshore Regions, U.S. Geological Survey Open-File Report 98-779.

Cowan, H.A. L. Sánchez, E. Camacho, J. Palacios, A. Tapia, D. Irving, D. Esquivel & C. Lindholm. 1995. Seismicity and tectonics of Western Panama from new portable seismic array data, Final Report to the Research Council of Norway, NTN-NORSAR, Kjeller, Norway.

Heil, D. 1988. Response of an accretionary prism to transform ridge collision, south of Panama, *Tesis de Maestría, University of California at Santa Cruz*, 156 p.

Kellog, J.N. V., Vega, T.C. Stallings & C. Aiken. 1995. Tectonic development of Panama, Costa Rica and the Colombian Andes: constraints from Global Positioning System geodetic studies

and gravity, en Mann P., (Ed.) Geological and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America, *Geol. Soc. Am., Special Paper 295*, 75-90.

Kolarsky, R.A., Mann, P., & W. Montero. 1995. Island Arc response to shallow subduction of the Cocos Ridge, Costa Rica, *in* Mann P. (Ed.) Geological and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America, *Geol. Soc. Am., Special Paper 295*, 235-262.

Kolarsky, R.A., & P. Mann (1995) Structure and neotectonics of an oblique-subduction margin, southwestern Panama, *in* Mann P. (Ed.) Geological and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America, *Geol. Soc. Am., Special Paper 295*, 131-157.

Lonsdale P. & K.D. Klitgord. 1978. Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin, *Geol Soc. Am. Bull.*, 89, 981-999.

Moore, G.F., & K.L. Sender. 1995. Fracture zone collision along the South Panama margin, *in* Mann P. (Ed.) Geological and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America, *Geol. Soc. Am., Special Paper 295*, 201-212.

Star & Herald. 1934. 19 y 20 de julio, Biblioteca de la Comisión del Canal de Panamá, Panamá.

Vergara, A. 1998. Tectonic pattern of the Panama Block deduced from seismicity, gravitational data and earthquake mechanism: Implications to the seismic hazard. *Tectonics*, 154, 253-267.

Wells, D.L., & K.J. Coppersmith (1994) New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 84, 974-1002.

Wolters, B., 1986: Seismicity and Tectonics of Southern Central America and Adjacent Regions with Special Attention to the surroundings of Panama: *Tectonophysics*, 128, 21-46.

Recibido junio del 2003, aceptado junio del 2003.

