

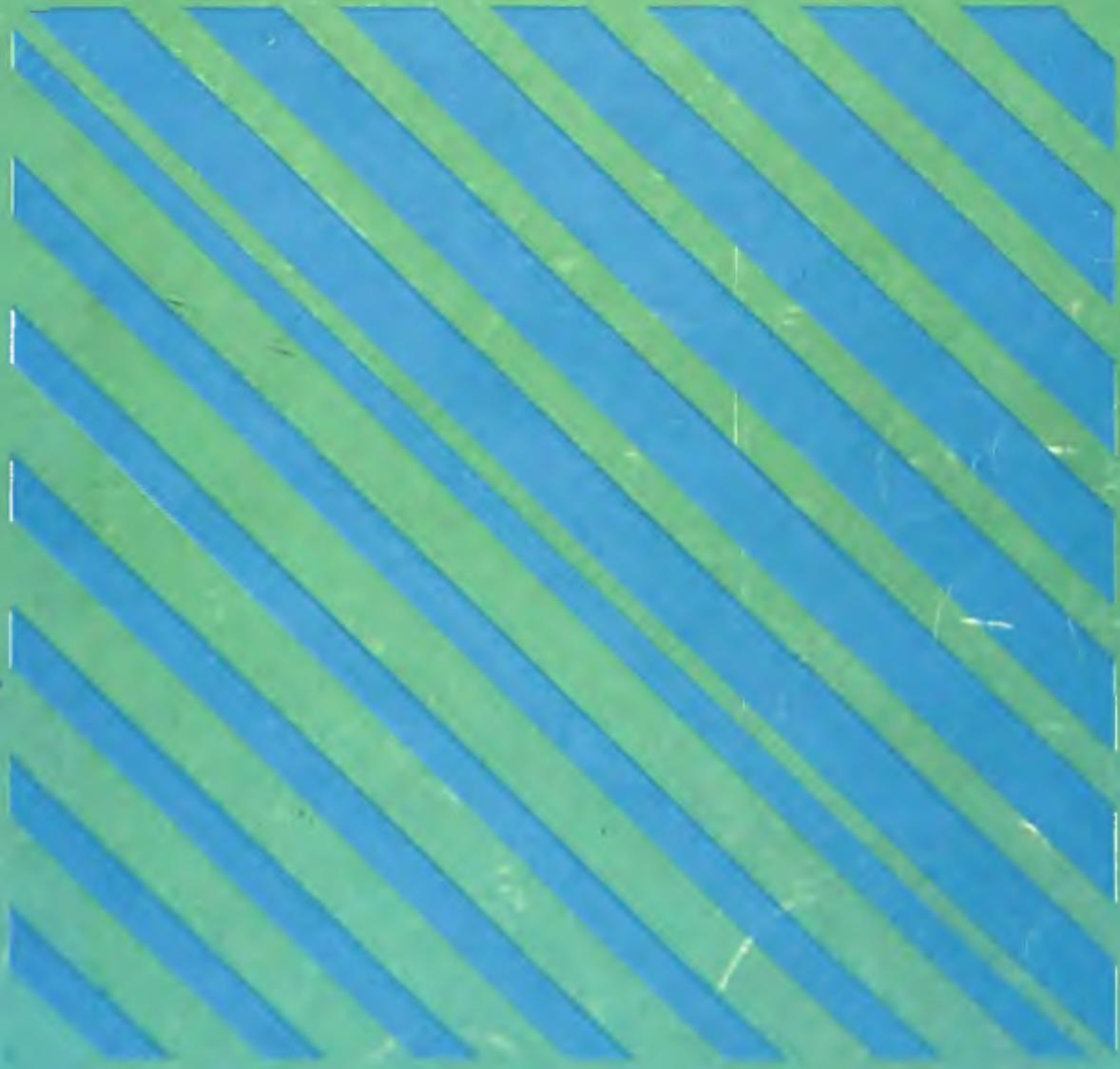
INVENTARIADO

Revisada

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
BIBLIOTECA
SECCIÓN HERMÉTICA

TECNOCIENCIAS

Volumen I, número 1.



Universidad de Panamá
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología

Mayo, 1997

*Vol 1
#1
1997
201
analítica*

DINÁMICA DE CRECIMIENTO

(IPARTE)

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Por: AURELIO APARICIO

I. INTRODUCCIÓN

La biomatemática es una disciplina que data de principios de este siglo y por su propia naturaleza, no es posible delinear un claro desarrollo histórico como ciencia.

Sin embargo, no resulta complicado describir las metas de la biomatemática dentro del desarrollo de la ciencia moderna.

Partiremos del supuesto de que la meta básica de la ciencia moderna, es crear modelos matemáticos que describan o puedan predecir el comportamiento de un fenómeno real.

Si bien es cierto que existen factores que limitan la confiabilidad de un modelo, también es cierto que es posible ajustarlo razonablemente, de manera tal que responda a una situación real. En este caso diremos que el modelo que describe un cierto fenómeno es "bueno" y confiable. Podemos decir entonces, que una de las metas de la biomatemática es crear, en torno a un fenómeno biológico, modelos matemáticos, reglas operacionales o estructuras matemáticas que describan el fenómeno biológico estudiado.

II. DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE UNA SOLA ESPECIE.

Analizaremos este fenómeno bajo las hipótesis siguientes:

- i) X representa el número de individuos de una especie E , que habita en un sistema ecológicamente cerrado.
- ii) El alimento y el hábitat de la especie son abundantes.
- iii) Las condiciones de alimentación y hábitat son óptimas.

Bajo las hipótesis anteriores se tiene que las variaciones con respecto al número de individuos, es directamente proporcional al número presente de individuos en un instante cualquiera. Luego se tiene el modelo

$$\frac{dx}{dt} = ax ; a \in \mathfrak{R}^+ \quad (2.1)$$

Asumiendo que el número inicial de individuos es x_0 , se tiene la solución

$$x(t) = x_0 e^{at} \quad (2.2)$$

El modelo (2.1), llamado también "MODELO DE MALTHUS", no se ajusta a la realidad ya que el crecimiento de individuos es ilimitado (cuando $t \rightarrow \infty$, $x(t) \rightarrow \infty$) mientras que, aunque la cantidad de alimento y el hábitat son abundantes, no deja de ser limitado dado que se trata de un sistema ecológico cerrado. Por este motivo debemos considerar un modelo matemático más cónsono con la realidad.

Para restringir el crecimiento del número de individuos, ensayemos con una aproximación de orden superior dada por el modelo

$$\frac{dx}{dt} = ax - bx^2 ; a, b \in \mathfrak{R}, b > 0 \quad (2.3)$$

Asumiendo que $x(t_0) = x_0$ se tiene

$$\int_{x_0}^x \frac{dx}{ax - bx^2} = \int_{t_0}^t dt$$

y la solución viene dada por

$$x(t) = \frac{a/b}{1 + \left(\frac{a/b}{x_0} - 1\right) e^{-a(t-t_0)}} \quad (2.4)$$

OBSERVACIONES

1. El crecimiento del número de individuos es limitado (cuando $t \rightarrow \infty$, $x(t) \rightarrow x_{\max} = a/b$).
2. Conociendo el tamaño de la población en dos momentos distintos (diferentes a t_0), tales que el tiempo que existe entre t_0 y t_1 sea el mismo que existe entre t_1 y t_2 , podemos calcular la población máxima en término de las poblaciones x_0 , x_1 y x_2 . El número máximo de individuos viene dado por

$$x_{\max} = \frac{x_1(x_0x_2 - 2x_0x_1 + x_1x_2)}{x_1^2 - x_0x_2} \quad (2.5)$$

3. Se puede demostrar matemáticamente que en el intervalo de tiempo

$$\left[t_0, \frac{1}{a} \ln\left(\frac{a/b - x_0}{x_0}\right) + t_0 \right]$$

se da un crecimiento acelerado de la población, mientras que en el intervalo

$$\left[\frac{1}{a} \ln\left(\frac{a/b - x_0}{x_0}\right) + t_0, \infty \right]$$

se da un crecimiento lento de la población tal como se indica en la figura 1.

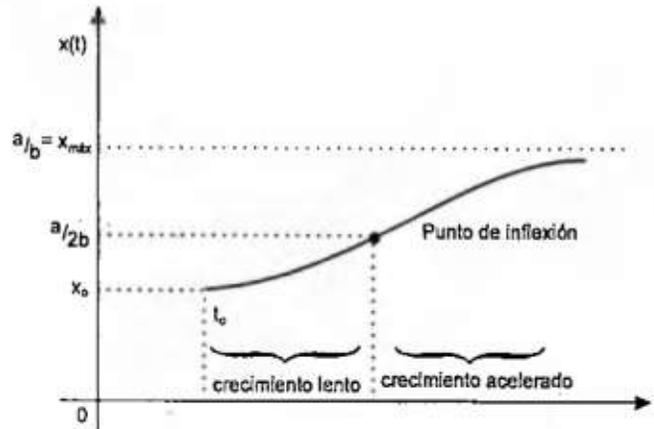


Figura 1. Función logística de crecimiento de la población

Haciendo $t_0 = 0$ en la solución (2.4) se tiene

$$x(t) = \frac{a/b}{1 + \left(\frac{a/b}{x_0} - 1\right) e^{-at}} \quad (2.6)$$

cuyas curvas logísticas se representan en la figura 2.

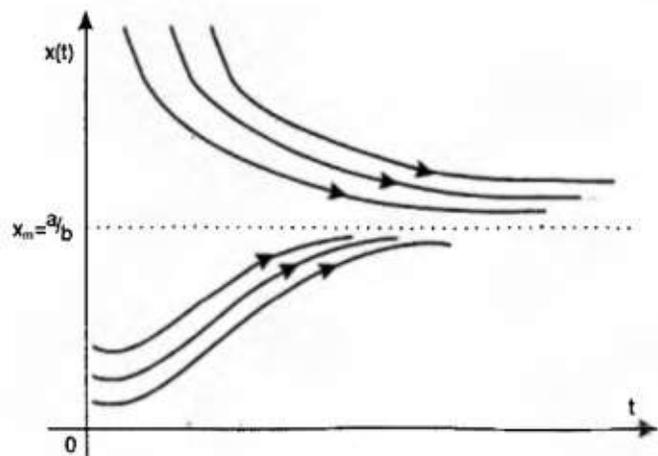


Figura 2. Curvas logísticas para una especie aislada

Si $a < 0$ entonces tendremos un comportamiento como el que se presenta en la figura 3.

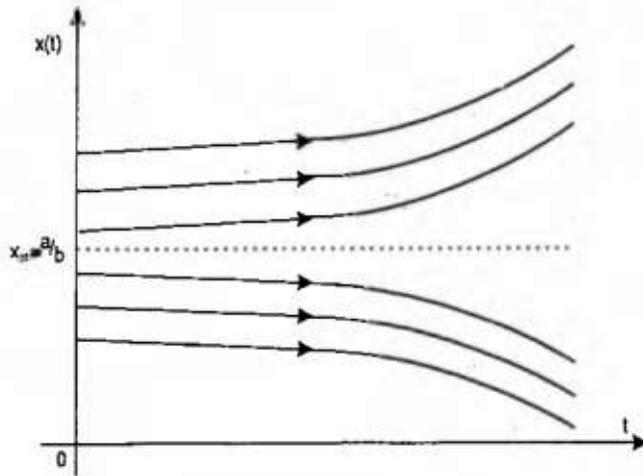


Figura 3. Curvas logísticas para $a < 0$

Podemos observar que si $a < 0$ entonces x_m es una población crítica ya que, si la población inicial es inferior a x_m , la misma tiende a la extinción y si es mayor que x_m la población crecerá sin límite.

Consideremos ahora una población cuya dinámica de crecimiento sea tal que una población inicial subcrítica ($x_0 < x_c$) de E conduzca a la extinción de la especie, y una población inicial supercrítica ($x_0 > x_c$), que desencadene un crecimiento limitado por x_m .

Un comportamiento como el anteriormente descrito viene dado por el modelo matemático

$$\frac{dx}{dt} = (x - x_c) [a + b(x - x_c)] \quad (2.7)$$

en donde a , b y c son parámetros reales no nulos y x_c la población crítica.

El modelo (2.7) tienen una población límite $x_m = x_c - a/b$ para $a > 0$ y $b < 0$.

La solución del modelo (2.7) viene dada por

$$x(t) = \frac{x_c e^{-at} + \delta(a - bx_c)}{e^{-at} - \delta b} \quad (2.8)$$

en donde

$$\delta = \frac{x_0 - x_c}{a + b(x_0 - x_c)}$$

Podemos observar que para un tiempo t lo suficientemente grande, la población tiende a $x_m = x_c - a/b$ ($a > 0$, $b < 0$) siempre que la población inicial sea superior a la población crítica y tiende a desaparecer cuando la población inicial es inferior a la población crítica tal como se indica en la figura 4.

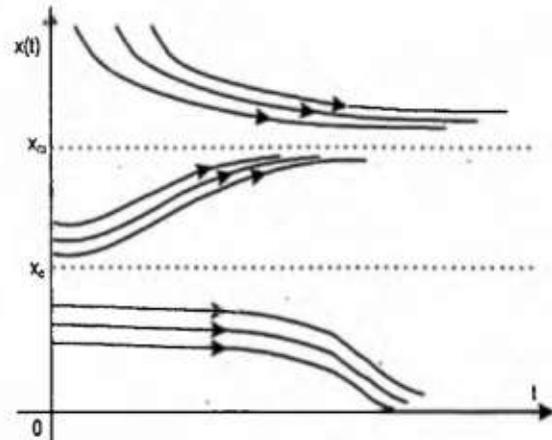


Figura 4. Curvas logísticas de una serie con población crítica y población máxima

III. CASO GENERAL DE LA DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE UNA POBLACIÓN AISLADA.

La dinámica de crecimiento de una población aislada, viene dada por la ecuación diferencial.

$$\frac{dx}{dt} = F(x) \quad (3.1)$$

en donde F es una función que admite un desarrollo en serie de Taylor en la vecindad del origen y tal que $F(0) = F(x_m) = 0$. De lo anterior se deduce que

$$F(x) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k x^k = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_k x^k + \dots$$

con $F(0) = a_0 = 0$ y $F(x_m) = 0$.

Los casos anteriormente estudiados constituyen casos particulares correspondientes a las aproximaciones de $F(x)$ de los tipos

$$a) \frac{dx}{dt} = ax^i, \quad i = 1$$

$$b) \frac{dx}{dt} = ax^i + bx^j \quad (a > 0, b < 0) \quad 0 < i < j$$

$$c) \frac{dx}{dt} = ax^i + bx^j + cx^k$$

en donde a, b y c son parámetros reales no nulos y los exponentes i, j y k enteros positivos diferentes (i, j, k).

IV. INTERACCIÓN ENTRE DOS ESPECIES.

Cuando dos especies conviven en un mismo sistema ecológico, puede ocurrir que los recursos naturales sean tan abundantes que la interacción entre las especies es "despreciable", y en este caso diremos que las especies son independientes. Lógicamente esta situación no puede durar mucho tiempo, dado que los recursos son limitados y por consiguiente, dos especies que viven en un mismo sistema ecológico, pueden interactuar de diferentes maneras.

Algunas formas de interacción entre dos especies podrían ser, entre otras, la depredación, la competencia por alimentos o espacio físico, simbiosis, parasitismo, mutualismo, comensalismo, etc.

Iniciemos nuestro estudio con el caso más simple de interacción por depredación.

Supongamos que un sistema ecológico contiene una especie A de depredadores que se alimenta exclusivamente de una especie B de animales de presa (de depredación absoluta), y que la población de B dispone siempre de alimento abundante.

Sean $y(t)$ y $x(t)$ las poblaciones de las especies A y B respectivamente. Como el recurso alimenticio es abundante, entonces es plausible que la tasa de nacimiento de la especie B sea constante independientemente del tiempo, mientras que la tasa de mortalidad dependerá del número de depredadores.

Por otra parte, la tasa de nacimiento de la especie A se verá afectada por las variaciones en la disponibilidad de su alimento, en tanto que su tasa de mortalidad puede permanecer constante.

Luego la tasa de crecimiento por individuo de la

población de B será $\frac{dx/dt}{x}$ y la tasa de crecimiento

por individuo de la población A será $\frac{dy/dt}{y}$ y estas

tasas de crecimiento vienen dadas por

$$\frac{1}{x} \circ \frac{dx}{dt} = a - by \quad ; \quad \frac{1}{y} \circ \frac{dy}{dt} = \alpha x - \beta$$

de donde se tiene el sistema de ecuaciones diferenciales

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ax - bxy \\ \frac{dy}{dt} = \alpha xy - \beta y \end{cases} \quad (4.1)$$

en donde a, b, , son constantes positivas.

Aunque no hay solución explícita para el sistema (4.1), es posible obtener una relación entre las poblaciones $x(t)$ "y" $y(t)$. De esta manera, aunque no podemos determinar explícitamente la población en función del tiempo, es posible obtener información sobre el flujo que tiene una población sobre la otra.

Aplicando la regla de la cadena se tiene que

$\frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dx} \circ \frac{dx}{dt}$ de donde obtenemos la ecuación diferencial

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\alpha xy - \beta y}{ax - bxy} \quad (4.2)$$

cuya solución es:

$$a \ln y - by = \alpha x - \beta \ln x + c \quad (4.3)$$

Asumiendo que para $t=0$, $x=x_0$ "y" $y=y_0$ se tiene que $c = a \ln y_0 - by_0 - \alpha x_0 + \beta \ln x_0$.

Sustituyendo en (4.3) obtenemos finalmente:

$$\left(\frac{y}{y_0}\right)^\alpha \left(\frac{x}{x_0}\right)^\beta = e^{\alpha(x-x_0)} \circ e^{\beta(y-y_0)} \tag{44}$$

Se puede demostrar que la ecuación (4.4) puede ser escrita en la forma general

$$x^\beta \circ y^\alpha \circ e^{-\alpha x - \beta y} = c$$

en donde C es una constante arbitraria. La ecuación (4.5) representa geoméricamente una familia de curvas cerradas.

A continuación procedemos a obtener información importante de la ecuación (4.1), sin resolverla, y para ello iniciaremos determinando los puntos de equilibrio de la ecuación diferencial (4.1).

En efecto, $\frac{dx}{dt} = 0$ para $x = 0, y = a/b$ y por otro lado

$$\frac{dy}{dt} = 0 \text{ para } y = 0, x = \beta/\alpha$$

De esta manera se tienen los dos puntos de equilibrio (0,0) y $(\beta/\alpha, a/b)$. En la vecindad del punto de equilibrio (0,0), en donde no hay ni depredadores ni presa, podemos despreciar los segundos términos

bxy “y” αxy obteniendo $\frac{dx}{dt} = \alpha x$; $\frac{dy}{dt} = -\beta y$ cuya solución es

$$x = c_1 e^{\alpha t} ; y = c_2 e^{-\beta t}$$

Como x “y” y son positivas, entonces c_1 y c_2 son positivas y el comportamiento de las soluciones se muestran en la figura 5.

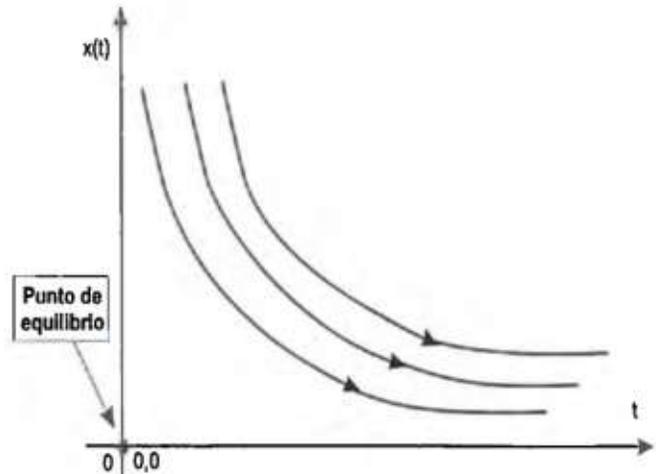


Figura 5. Punto de equilibrio inestable

En el punto de equilibrio $(\beta/\alpha, a/b)$ en donde depredadores y presa están en estado de equilibrio el número de depredadores y presa no cambian puesto que $x = \beta/\alpha, y = a/b$ son soluciones de la ecuación diferencial (4.1) independientes del tiempo.

Lo interesante ahora es saber ¿qué sucede si se produce una pequeña perturbación en la vecindad de este punto de equilibrio? Esta situación se puede dar si por ejemplo cazadores destruyen depredadores y/o presas.

Para responder a esta pregunta procederemos de la siguiente manera:

Mediante la transformación

$$x = \beta/\alpha + u ; y = a/b + v \text{ se tiene que}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{du}{dt} &= -\frac{b\beta}{\alpha} v - buv \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{a\alpha}{b} u + \alpha uv \end{aligned} \right\} \tag{4.6}$$

Eliminando v del sistema (4.6) encontramos la ecuación diferencial

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + a\beta u = 0 \tag{4.7}$$

cuya solución es

$$u = c_1 \cos \sqrt{a\beta} t + c_2 \sin \sqrt{a\beta} t \tag{4.8}$$

La función v está dada por

$$v = \frac{\alpha}{b} \sqrt{\frac{a}{\beta}} (c_1 \operatorname{sen} \sqrt{a\beta} t + c_2 \operatorname{cos} \sqrt{a\beta} t) \quad (4.9)$$

Luego del sistema viene dado por

$$\begin{cases} x = \frac{\beta}{\alpha} + c_1 \operatorname{cos} \sqrt{a\beta} t + c_2 \operatorname{sen} \sqrt{a\beta} t \\ y = \frac{a}{b} + \frac{\alpha}{b} \sqrt{\frac{a}{\beta}} (c_1 \operatorname{sen} \sqrt{a\beta} t + c_2 \operatorname{cos} \sqrt{a\beta} t) \end{cases} \quad (4.10)$$

El sistema de ecuaciones (4.10) representa geoméricamente una familia de elipses concéntricas con centro común $(\beta/\alpha, a/b)$ tal como se indica en la figura 6.

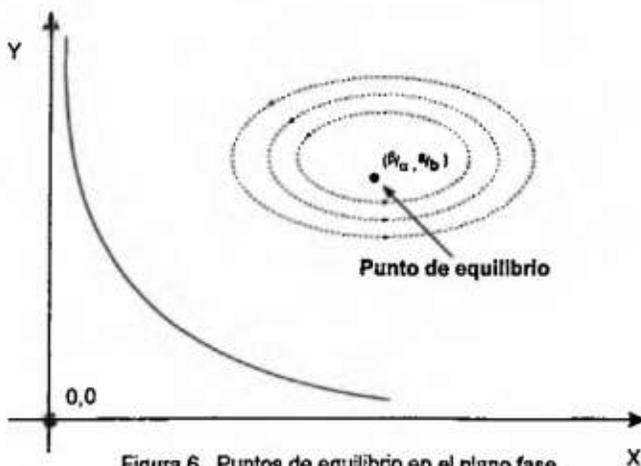


Figura 6. Puntos de equilibrio en el plano fase

CONCLUSIONES

En la primera parte de este trabajo podemos concluir de la siguiente manera:

- (1) Los problemas de crecimiento y decrecimiento natural, constituyen la base para el estudio del comportamiento de una población.
- (2) Cuando en el medio no existen los efectos limitativos, el índice de crecimiento de la población por individuos, se hace constante y máximo en las condiciones microclimáticas existentes.
- (3) El Modelo de Malthus se aleja drásticamente de la realidad y es aplicable con buena aproximación, para un período de tiempo relativamente corto.
- (4) El valor máximo del índice de crecimiento de una población podemos considerarla como el potencial biótico o potencial reproductivo de la población.
- (5) El índice de crecimiento de una población puede calcularse a partir de dos mediciones del tamaño de la población y podemos definirlo como la diferencia entre el índice de natalidad específica y el índice de mortalidad específica.
- (6) Si el crecimiento de una población puede ser descrito por medio de una ecuación, la influencia a otra población podrá expresarse mediante la adición de un término que modifique el desarrollo de la primera población.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRAUN, MARTÍN - 1990 - "Ecuaciones Diferenciales y sus Aplicaciones". Edición original en Inglés.
2. ENGEL, ALEJANDRO B. - 1978 - "Elementos de Biomatemática". Series de matemática, monografía N°. 20, Brasil. Secretaría General de la O.E.A.
3. ODUM, EUGENE P. - 1972 - "Ecología". Nueva Editorial Interamericana, S.A.
4. WILLIS, EDWIN O. - 1982 - "Poblaciones y Extinciones Locales de Aves en la Isla de Barro Colorado en Panamá".

REGISTRO DE *Venefica tentaculata* (Garman, 1899) EN AGUAS DE AMÉRICA CENTRAL

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ - PRADEPESCA
Departamento de Biología Acuática / CCML

Por: RICAURTE L. PACHECO TACK

RESUMEN

Se define la posición Sistemática de un ejemplar perteneciente a la familia NETTATOSMATIDAE colectado durante la campaña de pesca realizada en 1995 a bordo del B/P Orense, en aguas de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) pertenecientes al Pacífico de la República del Salvador. La literatura revisada, permite citar al espécimen como *Venefica tentaculata* (Garman, 1899) y el mismo representaría un nuevo registro para la fauna de peces batipelágicos en la región.

Palabras claves: Peces batipelágicos, Nettastomatidae, *Venefica*, anguilas brujas.

Key works: Bathypelagic fishes, Nettastomatidae, *Venefica*, witch eels

1. Introducción

La bibliografía disponible en el istmo centroamericano sobre la ictiofauna de la región batial es escasa y/o fragmentaria e igual condición revisten las colecciones de referencias en el área. Dicha situación, unida a la falta de recursos financieros que permitan la ejecución periódica de campañas de prospección pesquera, han llevado a un limitado conocimiento de aquellas especies de peces que habitan por debajo de los 600-800 metros.

En la ZEE del Pacífico centroamericano, parte de la información sobre la distribución de peces batipelágicos, ha sido adquirida a partir de los informes

suministrados por los pesqueros que accidentalmente los capturan durante las maniobras de arrastres.

Durante las campañas efectuadas a bordo del B/P Orense, en septiembre de 1995, se capturó un Nettastomátido que fue citado transitoriamente por Pacheco (1995) como Nettastomatidae sp. Consciente de la importancia que reviste el conocimiento acerca de la distribución de las especies de peces, el programa PRADEPESCA facilitó los medios necesarios para proseguir las investigaciones en Instituciones Científicas de los Estados Unidos de América del Norte.

2. Metodología

2.1 En el mar:

La muestra fue colectada con palangre de fondo horizontal provisto con anzuelos correspondientes a los números 3 y 7; como carnada, se emplearon trozos de *Dosidicus gigas* (nv calamar gigante) de unos 5 cm de longitud.

Al ser retirado del palangre, el ejemplar fue lavado con agua de mar y luego pesado en una balanza granataria de 2 Kg. de capacidad (precisión de 0,1 g) marca OHAUS modelo 2000. Una vez determinado el peso, se estimó la longitud total (Lt), al milímetro inferior, mediante un ictiómetro provisto de una regla Tajima de 600 mm de longitud. La muestra se introdujo en una bolsa de poliestireno debidamente rotulada, y se guardó en la bodega del

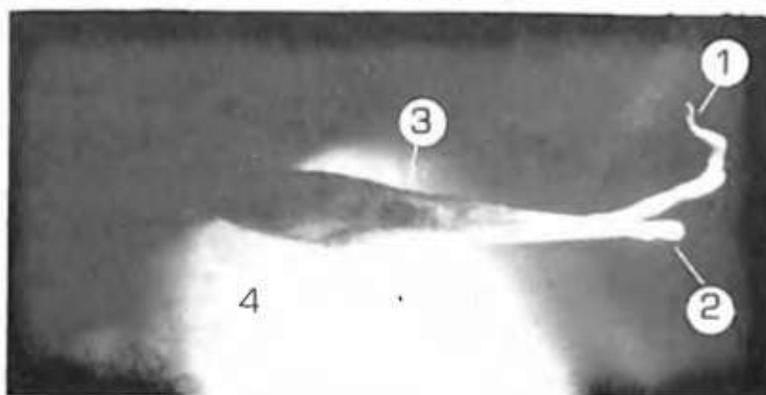


Figura 1. Región cefálica de *V. tentaculata*

Figure 1. Cephalic region of *V. tentaculata*

(1) tentáculo; (2) extremo distal de la mandíbula inferior; (3) ojo
(4) extremo proximal de la mandíbula inferior.

(1) tentacle; (2) distal end of low jaws; (3) eye; (4) proximal end of low jaws.



Figura 2. *V. tentaculata* (Tomado de Garman, 1899)

Figure 2. *V. tentaculata* (from Garman, 1899)

poros más pequeños distribuidos uniformemente. Orificios branquiales pequeños, de posición ventrolateral. En el ejemplar aquí descrito, el orificio branquial izquierdo se hallaba obliterado. La aleta dorsal se origina a nivel de los orificios branquiales, presenta una estructura delicada y está constituida por numerosos radios.

Coloración en fresco (y en alcohol etílico al 95 por ciento) marrón oscura. Figuras 1 y 2.

Fecha: 10/X/1995; Posición: 12° 36,96' N; 89° 42,09' W; Profundidad: 1426 m

Cabe indicar que durante las campañas del B/P Orense, la especie tratada se colectó solo en una ocasión.

Acorde a la procedencia de los ejemplares

comparados, la especie posee un amplio rango de distribución: desde California (San Diego) hasta Chile y Perú.

Ejemplares comparados : USNM No. 087564, USNM No. 077490(San Diego, California); ASPh No. 124979 (fuera de Chile), ASPh No.126394(fuera de Perú).

4. Conclusiones

La muestra corresponde a la especie *Venefica tentaculata* (Garman, 1899) y representaría un nuevo registro para el área estudiada. Debido a los escasos estudios se debe procurar un mayor número de especímenes para dilucidar su relación con *V. ocella* (Garman, 1899).

Summary

The systematic status of a specimen belonging to the Nettastomatidae family, collected during the fishing campaigns made in 1995 aboard the **B/P Orense**, in the waters of the Economic Exclusive Zone (E.E.Z) of the Salvadoran Pacific was established. Literature allowed identification of the individual as *Venefica tentaculata* (Garman, 1899). This is the first record of this batipelagic fish in Central American waters. The sample was compared with those at the reference collection of the National Museum of Natural History (Washington, DC) and The Academy of Natural Sciences (Philadelphia).

Agradecimiento:

La realización de esta investigación fue posible gracias al apoyo recibido de parte de la Coordinación Regional del PRADEPESCA, en especial del Licdo. Mario González R. quien en todo momento mostró interés en su ejecución. La colaboración y actitud crítica de los investigadores David Smith y Kenneth Tighe, del Museo Nacional de Historia Natural (Washington, D.C.) y William G. Saul de la Academia de Ciencias Naturales de Philadelphia ha sido de un valor inestimable.

Panamá, julio de 1996

BIBLIOGRAFÍA

1. **BUSSING, W.A. y LÓPEZ, M. Y.** 1993. Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centro América Meridional: Guía Ilustrada. **Revista de Biología Tropical/Universidad de Costa Rica** Vol. 1. Editorial Universitaria de Costa Rica. p. 1-163.
2. **CHIRINCHIGNO, N. y NAUEN, C.E.** 1982. **Catálogo de especies marinas de interés económico actual o potencial para América Latina.** Parte 2. Pacífico Centro y Suroriental. Roma SIC/82/2 p. 1-588.
3. **HERALD, E. S.** 1971. **Living Fishes of the World.** Doubleday and Company Inc. New York. p. 1-303.
4. **FISCHER, W. et al.** 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental Volumen II Vertebrados (Parte 1). p. 647 - 1200.
— Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental: Volumen III. Vertebrados (Parte 2). p. 1201-1803.
5. **GARMAN, S.** 1899. **Mem.Mus.Comp. Zool. (Harvard University)** Vol. 24. p. 319-320.
6. **GREY, M.** 1956. The Distribution of Fishes Found Below a Depth of 2000 Meters. **Filadelfiana: Zoology** Vol.36, Number 2 p. 109-110
7. **JORDAN, S. D.** 1968. **The Genera of Fishes and a Classification of Fishes.** Stanford University Press. Stanford, California, p. 1-800.
8. **PACHECO, R. L.** 1995. Resultados de las prospecciones pesqueras del B/P ORENSE acerca del *Dosidicus gigas* y *Disosstichus elegiginoides* en aguas de la ZEE del Pacífico Mesoamericano. PRADE - PESCA. Imprenta Boski, Panamá. p. 1-64.
9. **SMITH, M. M. y HEEMSTRA, P.** (Edit.). 1986. **Sea Fishes.** J.L. B.Smith Institute of Ichthyology. Sud Africa. p. 158-192.

buque a una temperatura de -20°C para su posterior traslado a la Universidad de Panamá.

2.2 En el laboratorio:

El ejemplar, antes de ser examinado fue descongelado (por un período de 24 horas) y lavado con agua del grifo. Durante la identificación se utilizó: 1) un calibre vernier SCALA de 160 mm de longitud, provisto de un lector analógico (precisión de 0,05 mm) y 2) un compás con tornillo micrométrico marca ROTRING modelo 530.224 provisto de una extensión lateral.

Para su preservación, el espécimen inicialmente se fijó con formalina al 5 por ciento (neutralizada con CaCO_3) y luego, se introdujo en un frasco de vidrio que contenía alcohol etílico al 95 por ciento.

Las coordenadas geográficas de la estación se determinaron mediante un sistema de posicionamiento global (GPS) marca KODEN (modelo GTD 2000) y luego, se graficaron en cartas confeccionadas por la Agencia de cartografía de la Defensa USA (Nos.21033 y 21500).

Se realizaron comparaciones de la muestra con aquéllas que reposan en las colecciones de referencia del Museo Nacional de Historia Natural (NMNH, de Washington DC) y de la Academia de Ciencias de Filadelfia (ANSPH).

Se analizó la bibliografía correspondiente y se mantuvieron sesiones de trabajo, con especialistas en los grupos citados.

3. Resultados

A una profundidad de 1426 m se colectó un ejemplar perteneciente a la familia NETTATOSMATIDAE que fue referido provisionalmente por Pacheco (1995) como NETTATOSMATIDAE sp. La longitud total, se estimó en 823 mm y el peso en 380 g.

Según la bibliografía, y la comparación con los especímenes preservados en la colección de referencia del Museo Nacional de Historia Natural (Washington, DC) y los especialistas consultados, el ejemplar analizado corresponde a *Venefica tentaculata*

(Garman, 1899). La literatura revisada permite considerar que el mismo, representa un nuevo registro, en aguas de la ZEE del Pacífico Salvadoreño. A continuación se hace una reseña descriptiva del individuo examinado.

Venefica tentaculata (Garman, 1899)

Lt : 823 mm : LCb/Lt 9.59 ; HC/Lt: 2.71 ; Do/LCb : 10.13

Cuerpo alargado, frágil, fusiforme y sin escamas; la región anterior es ligeramente ovoide a diferencia de la caudal que se halla comprimida lateralmente. Sin aletas pares. Línea lateral con poros evidentes. Cabeza pequeña, delicada, de forma triangular, aguzada desde la región nucal a la probóscide muscular o tentáculo. Ojos grandes y ovales en posición lateral y superior sobre el tercio distal de las mandíbulas; al eje horizontal o anteroposterior, le corresponde la mayor longitud la cual equivale al 61 por ciento de la longitud de la probóscide. El hocico es más ancho que alto y se angosta gradualmente hacia delante para ensancharse distalmente, en la base del tentáculo. Mandíbulas delicadas y aguzadas; sobrepasan el borde posterior de la órbita en una distancia aproximada al 75 por ciento del diámetro ocular. La superior, posee una longitud mayor que la inferior y su extremo, de forma triangular, presenta numerosos dientes pequeños y cónicos dirigidos hacia atrás. La mandíbula inferior se ensancha, a nivel de la sínfisis y su extremo distal redondeado, se aloja en una concavidad poco profunda excavada en la cara interna de la mandíbula superior.

Dientes dispuestos en bandas multiseriadas (viliformes) sobre las mandíbulas y el vómer. Probóscide redonda y recurvada. Narinas anteriores con una pequeña prolongación tubular dirigida hacia delante cerca de la base del tentáculo. Narinas posteriores ovales ubicadas en la parte superior de la cabeza frente al borde de la órbita. Entre las narinas anteriores y el espacio interorbital, se localizan 7 pares de poros en posición lateromedial de tamaño moderado a su vez, en las mandíbulas se observan

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN DEL MODELO DE ANGSTRÖM-PAGE PARA LA PROVINCIA DE PANAMÁ

DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y TECNOLOGÍA

*ESPINOSA, JORGE A.; GUERRA, SERGIO; PINO, ALFONSO; SÁNCHEZ, NÉSTOR.

ABSTRACT

In this paper, we present the results of the analysis of the data of global solar radiation, collected by the meteorology section of the Panama Canal Commission, in the years between 1985 and 1995 at the Balboa FAA station, located on the Pacific coast, at the entrance of the Panama Canal, and sunshine data collected at the Tocumen Station by the Department of Hydrometeorology of the Institute of Hydraulics Resources and Electrification (IRHE). Based on this information, it has been possible to determine the relative solar radiation and the relative sunshine level, which are related in a linear form by the Angström-Page model. This made possible the calculation of the coefficients **a** and **b** for this model applied to the Panama province, during the period from 1985 to 1995. The mean values of **a** and **b** corresponding to the highest correlation coefficients are 0.29 and 0.40, respectively.

It was also possible to compute the monthly clearness index for the years between 1985 and 1995, information that will be of importance for future computations.

RESUMEN

En este trabajo, se presentan los resultados del análisis de la data de radiación solar global colectada

por la sección de meteorología de la Comisión del Canal, en el período comprendido entre 1985 y 1995 en la estación de Balboa FAA, situada en la costa del Pacífico, a la entrada del Canal de Panamá y data de brillo solar, colectada en la estación de Tocumen, por el Departamento de Hidrometeorología del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE). En base a esta información se han podido determinar la radiación solar relativa y el brillo solar relativo, los cuales están relacionados en forma lineal en el modelo Angström-Page. Esto ha permitido determinar el valor de los coeficientes **a** y **b** para este modelo, aplicado a la Provincia de Panamá durante el período de 1985 a 1995. Los valores medios correspondientes a los más altos coeficientes de correlación son 0.29 y 0.40, respectivamente.

En este trabajo también fue posible determinar el índice de claridad mensual del cielo para cada año entre 1985 y 1995, información importante que más adelante se utilizará para realizar futuros cálculos.

* Meteorólogo (Sección de Meteorología de la Comisión del Canal de Panamá)

Introducción

El Grupo de Física de la Atmósfera del Departamento de Física de la Universidad de Panamá, se encuentra en proceso de implementación de una

investigación cuyo objetivo general es la caracterización de los niveles tanto de radiación UVB (280-320 nm) como de radiación global en Panamá, de forma tal que se pueda estudiar la evolución de dichos niveles a lo largo de cada año. Los objetivos específicos de dicha investigación son los siguientes:

1. Estudiar la disponibilidad de energía solar en nuestro país, (para el estudio de paneles solares, celdas fotovoltaicas, etc.)
2. Elaborar un modelo matemático que permita correlacionar la irradiancia ultravioleta B con parámetros atmosféricos y meteorológicos.
3. Investigar la relación existente entre la dosis de radiación UVB que se registran a nivel local y fenómenos fotobiológicos (daños en el DNA, interferencia en el mecanismo de fotosíntesis, cánceres de piel, etc.).
4. Predecir el valor de la columna de Ozono estratosférico a partir de los niveles de irradiancia UVB registrados.

El presente artículo aborda el problema concerniente a la disponibilidad de energía solar en Panamá. Dicha disponibilidad en un lugar dado es función de los parámetros siguientes:

- a) La irradiancia global promedio (incrustar Equation.2).
- b) El brillo solar promedio (incrustar Equation.2).

La banda de longitud de onda correspondiente a la radiación solar recibida en la superficie terrestre, se encuentra comprendida, aproximadamente, entre 2×10^{-7} m y 4×10^{-6} m (200 nm a 4000 nm).

En una superficie horizontal inciden tanto la radiación solar directa como la radiación difusa. La suma de ambas constituyen la radiación global (Hg). Cabe señalar que el brillo solar, Ni, se define como el número de horas durante las cuales el sol se encuentra sobre el horizonte y su energía es capaz de quemar la cinta de un heliógrafo. Este parámetro se mide en horas/día.

Para el estudio de la disponibilidad de energía solar en el área de la provincia de Panamá, se empleó

el Modelo de Angström-Page, el cual establece que la radiación solar relativa es una función lineal del brillo relativo. Dicha función puede ser planteada de la manera siguiente:

$$\frac{\overline{Hg}}{\overline{Ho}} = a + b \left(\frac{\overline{No}}{\overline{Nd}} \right) \quad (1)$$

donde $\overline{H_o}$ es la radiación solar extraterrestre promedio, sobre una superficie horizontal, mientras que \overline{Nd} es el promedio de la duración astronómica del día. La ecuación anterior también podría plantearse en términos de la irradiancia relativa en la forma siguiente:

$$\frac{\overline{I_g}}{\overline{I_o}} = a + b \left(\frac{\overline{Ni}}{\overline{Nd}} \right) \quad (2)$$

Donde $\overline{I_o}$ es la irradiancia promedio extraterrestre en superficie horizontal.

El objetivo del presente estudio consiste en la determinación de los coeficientes "a" y "b" locales correspondientes al modelo de Angström-Page. La información de irradiancia analizada en el presente trabajo corresponde a una de las estaciones meteorológicas que maneja el Departamento de Meteorología e Hidrografía de la Comisión del Canal de Panamá (CCP). Dicha información, que abarca el período comprendido de 1985 a 1995, fue obtenida en la estación de Balboa FAA. El clima para la estación de Balboa FAA, está dominado primordialmente por una temporada seca que va desde mediados de diciembre a finales de abril y una temporada lluviosa entre mayo y mediados de diciembre, siendo los meses de octubre y noviembre los más lluviosos.

Según la clasificación de Koeppen (Critchfield, H., 1974), las estaciones de Balboa y Tocumen tienen un clima tropical de sabana (Aw); el cual se caracteriza por tener una precipitación anual menor que 2500 mm; una estación seca prolongada (meses

con lluvia menor de 60 mm) en el invierno del hemisferio norte; temperatura media del mes más fresco superior a 18° C y con una diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco inferior a los 5° C. (Instituto Geográfico Nal., 1988)

La información de brillo solar analizada corresponde a la estación meteorológica ubicada en Tocumen, Panamá, para el mismo periodo 1985 - 1995. Dicha estación es operada por el Departamenteo de Hidrometeorología del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE). Tanto la estación meteorológica de Balboa FAA como la de Tocumen poseen el mismo tipo de clima (Awi) según la clasificación de Koeppen, (Instituto Geográfico "Tommy Guardia", 1988).

Para la evaluación de los coeficientes de regresión del modelo de Angström-Page, se requieren cuatro parámetros a saber:

$\overline{I_g}$ = irradiancia global promedio medida

$\overline{I_o}$ = irradiancia extraterrestre en superficie horizontal

$\overline{N_i}$ = brillo solar promedio

$\overline{N_d}$ = promedio de la duración astronómica del día (Ver Tabla No. 1)

De estos cuatro parámetros dos fueron medidos directamente: $\overline{I_g}$ y $\overline{N_i}$. Los otros dos, $\overline{I_o}$ y $\overline{N_d}$, fueron evaluados mediante las ecuaciones que han sido deducidas para tal efecto.

Determinación de la Duración Astronómica del Día

La duración astronómica del día, que se define como el intervalo de tiempo transcurrido entre la salida y la puesta del sol, se encuentra dada por la siguiente ecuación:

$$N_d = \frac{2}{15} W_{ss} = \left(\frac{2}{15}\right) \cos^{-1}(-\tan \delta \tan \phi) \quad (3)$$

Definición de parámetros astronómicos requeridos:

W_{ss} = ángulo con que se oculta el sol

δ = declinación solar

ϕ = latitud del lugar de observación

La declinación solar δ , es el ángulo entre la posición del sol y el plano ecuatorial celeste (proyección del plano ecuatorial terrestre) cuando dicho astro pasa por el meridiano astronómico del lugar (mediodía verdadero). El máximo valor de δ corresponde a +23.45° en el solsticio de verano (21 de junio), mientras que su valor mínimo corresponde a -23.45° en el solsticio de invierno (21 de diciembre). La declinación pasa por 0° en los equinoccios de primavera y otoño.

Una expresión razonable para δ es la siguiente (Madronich, S., 1993)

$$\delta = b_0 + b_1 \cos \theta_n + b_2 \text{sen} \theta_n + b_3 \cos 2\theta_n + b_4 \text{sen} 2\theta_n + b_5 \cos 3\theta_n + b_6 \text{sen} 3\theta_n \quad (4)$$

donde θ_n es el ángulo asociado al día del año y se determina mediante la relación siguiente:

$$\theta_n = 2\pi d_n / 365 \quad (5)$$

(en donde el 1 de enero = 0 y 31 de diciembre = 364)

Los valores de las constantes b_i se muestran en la Tabla 1a.

TABLA No.1

Días	DURACIÓN ASTRONÓMICA DEL DÍA EN HORAS											Estación:	Balboa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	11.49	11.63	11.84	12.10	12.33	12.49	12.51	12.39	12.17	11.93	11.69	11.52	
2	11.49	11.64	11.85	12.11	12.33	12.49	12.51	12.39	12.17	11.92	11.68	11.51	
3	11.49	11.64	11.86	12.11	12.34	12.50	12.51	12.38	12.16	11.92	11.67	11.51	
4	11.50	11.65	11.87	12.12	12.35	12.50	12.51	12.37	12.15	11.91	11.67	11.51	
5	11.50	11.66	11.87	12.13	12.35	12.50	12.51	12.37	12.14	11.90	11.66	11.50	
6	11.50	11.66	11.88	12.14	12.36	12.50	12.50	12.36	12.13	11.89	11.65	11.50	
7	11.50	11.67	11.89	12.15	12.37	12.51	12.50	12.35	12.13	11.88	11.65	11.50	
8	11.51	11.68	11.90	12.15	12.37	12.51	12.50	12.35	12.12	11.87	11.64	11.49	
9	11.51	11.69	11.91	12.16	12.38	12.51	12.50	12.34	12.11	11.87	11.63	11.49	
10	11.51	11.69	11.92	12.17	12.38	12.51	12.49	12.33	12.10	11.86	11.63	11.49	
11	11.52	11.70	11.92	12.18	12.39	12.51	12.49	12.33	12.09	11.85	11.62	11.49	
12	11.52	11.71	11.93	12.19	12.40	12.52	12.49	12.32	12.09	11.84	11.61	11.49	
13	11.53	11.72	11.94	12.19	12.40	12.52	12.48	12.31	12.08	11.83	11.61	11.48	
14	11.53	11.72	11.95	12.20	12.41	12.52	12.48	12.31	12.07	11.83	11.60	11.48	
15	11.53	11.73	11.96	12.21	12.41	12.52	12.48	12.30	12.06	11.82	11.60	11.48	
16	11.54	11.74	11.97	12.22	12.42	12.52	12.47	12.29	12.05	11.81	11.59	11.48	
17	11.54	11.75	11.97	12.22	12.42	12.52	12.47	12.29	12.05	11.80	11.58	11.48	
18	11.55	11.75	11.98	12.23	12.43	12.52	12.46	12.28	12.04	11.79	11.58	11.48	
19	11.55	11.76	11.99	12.24	12.43	12.52	12.46	12.27	12.03	11.79	11.57	11.48	
20	11.56	11.77	12.00	12.25	12.44	12.52	12.45	12.26	12.02	11.78	11.57	11.48	
21	11.56	11.78	12.01	12.25	12.44	12.52	12.45	12.26	12.01	11.77	11.56	11.48	
22	11.57	11.78	12.02	12.26	12.45	12.52	12.44	12.25	12.01	11.76	11.56	11.48	
23	11.58	11.79	12.02	12.27	12.45	12.52	12.44	12.24	12.00	11.76	11.55	11.48	
24	11.58	11.80	12.03	12.28	12.46	12.52	12.44	12.24	11.99	11.75	11.55	11.48	
25	11.59	11.81	12.04	12.28	12.46	12.52	12.43	12.23	11.98	11.74	11.54	11.48	
26	11.59	11.82	12.05	12.29	12.47	12.52	12.42	12.22	11.97	11.73	11.54	11.48	
27	11.60	11.83	12.06	12.30	12.47	12.52	12.42	12.21	11.96	11.72	11.53	11.48	
28	11.60	11.83	12.06	12.31	12.48	12.52	12.41	12.20	11.96	11.72	11.53	11.48	
29	11.61		12.07	12.31	12.48	12.52	12.41	12.20	11.95	11.71	11.52	11.48	
30	11.62		12.08	12.32	12.48	12.52	12.40	12.19	11.94	11.70	11.52	11.48	
31	11.62		12.09		12.49		12.40	12.18		11.70		11.49	
PROM.	11.55	11.73	11.97	12.21	12.41	12.51	12.47	12.29	12.06	11.81	11.6	11.49	

TABLA No. 1a
 Coeficientes para el cálculo de la declinación solar (b_i)^a

i	b_i
0	0.006918
1	-0.399912
2	0.070257
3	-0.006758
4	0.000907
5	-0.0002697
6	0.001480

^a Valores tomados de Spencer (1971)

Determinación de la Irradiancia Extraterrestre en Superficie Horizontal

Tal como se indicó anteriormente, el otro parámetro que debió ser evaluado es la irradiancia extraterrestre total diaria en superficie horizontal. El valor de este parámetro es de suma importancia en todo modelo de radiación solar. Si I_b corresponde a la irradiancia local extraterrestre instantánea, H_o a la radiación o flujo extraterrestre total diario, se tiene que:

$$H_o = \int_{t_o}^{t_o+\Delta t} I_{bn}(t) dt \tag{6}$$

donde: $I_{bn} = I_b \cos\theta$, siendo θ el ángulo de zenith solar.

Por consiguiente:

$$H_o = \int_{t_o}^{t_o+\Delta t} I_b(t) \cos\theta dt \tag{7}$$

es posible también emplear el ángulo de altura solar α que es el complementario de θ . En tal caso la integral anterior quedaría expresada como:

$$H_o = \int_{t_o}^{t_o+\Delta t} I_b(t) \text{sen}\alpha dt \tag{8}$$

H_o es el flujo solar global, en superficie horizontal evaluado fuera de la atmósfera terrestre, en un intervalo de tiempo Δt . Dicho flujo fue evaluado para un tiempo correspondiente a un día solar N_d . Por otro lado, el valor de $I_b(t)$ fuera de la atmósfera terrestre varía con la excentricidad de la órbita que sigue el planeta tierra en torno al sol.

Se tiene:

$$I_b(t) = e(\theta_n) I_{sc} \tag{9}$$

donde I_{sc} es la constante solar y $e(\theta_n)$ es el factor de excentricidad. Dicho factor está dado por la siguiente expresión:

$$e(\theta_n) = 1 + 0.034 \cos \theta_n \tag{10}$$

En consecuencia, el integral planteado anteriormente, queda expresado de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} H_o &= \int_{t_o}^{t_o+\Delta t} I_{sc} e(\theta_n) \text{sen}\alpha dt \\ &= I_{sc} e(\theta_n) \int_{t_o}^{t_o+\Delta t} \text{sen}\alpha dt \end{aligned} \tag{11}$$

Al integrar con respecto a ω , el integral anterior queda expresado así:

$$\begin{aligned} H_o &= e(\theta_n) \left(\frac{180}{\pi}\right) I_{sc} \int_{-\infty}^{\infty} (\cos\delta \cos\phi \cos\omega + \text{sen}\delta \text{sen}\phi) d\omega \\ &= \left(\frac{24}{\pi}\right) I_{sc} (1 + 0.034 \cos\theta_n) (\cos\delta \cos\phi \text{sen}\omega_{\omega} + \omega_{\omega} \text{sen}\delta \text{sen}\phi) \end{aligned} \tag{12}$$

El flujo H_o se encuentra expresado en $\frac{\text{watt} \cdot \text{hr}}{\text{m}^2}$

El valor de la constante solar I_{sc} con el que se ha trabajado es:

$$I_{sc} = (1372 \pm 2) \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

que corresponde a la medición directa efectuada por el satélite Nimbus 7 entre 1978 y 1991 (Hoyt et al., 1992).

La irradiancia extraterrestre es el flujo extraterrestre por unidad de tiempo. Como el intervalo de tiempo considerado es $\Delta t = 1$ día (24 h), la expresión para I_0 es de la forma:

$$[I_0] = \frac{\Delta H}{\Delta t} = \left(\frac{1}{24}\right) \left(\frac{\text{watt}}{\text{m}^2}\right) [H_0]$$

Esta expresión fue utilizada para calcular la irradiancia extraterrestre en superficie horizontal correspondiente a cada día del año en la estación de Balboa FAA. Para tal efecto se elaboró un programa en Basic. De esta información se obtuvo la irradiancia extraterrestre promedio diaria, correspondiente a cada mes del año. En la Tabla No. 2 se muestran los valores de dicho parámetro en Langley/día.

TABLA No.2

IRRADIANCIA EXTRATERRESTRE EN SUPERFICIE HORIZONTAL
(Langleys/día)

Estación: Balboa

Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Júlio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	766.28	816.83	876.18	913.04	910.08	890.08	883.37	895.82	904.28	882.85	827.40	773.72
2	767.13	819.01	878.01	913.50	909.53	889.53	883.52	896.33	904.13	881.51	825.34	772.51
3	768.04	821.20	879.79	913.91	908.95	889.00	883.71	896.83	903.95	880.13	823.28	771.36
4	769.02	823.40	881.54	914.28	908.36	888.48	883.91	897.33	903.73	878.71	821.22	770.26
5	770.07	825.61	883.25	914.61	907.76	887.99	884.13	897.82	903.48	877.25	819.17	769.23
6	771.17	827.83	884.93	914.89	907.14	887.52	884.38	898.30	903.19	875.76	817.13	768.25
7	772.34	830.05	886.56	915.13	906.51	887.06	884.65	898.78	902.86	874.23	815.09	767.33
8	773.57	832.27	888.15	915.33	905.86	886.63	884.94	899.24	902.49	872.67	813.06	766.48
9	774.85	834.50	889.71	915.49	905.21	886.22	885.25	899.69	902.09	871.07	811.05	765.69
10	776.20	836.72	891.22	915.60	904.54	885.83	885.58	900.12	901.64	869.44	809.05	764.96
11	777.59	838.93	892.69	915.68	903.87	885.47	885.92	900.55	901.16	867.77	807.06	764.30
12	779.05	841.15	894.12	915.71	903.19	885.12	886.29	900.95	900.63	866.07	805.10	763.70
13	780.55	843.35	895.50	915.71	902.51	884.81	886.67	901.34	900.07	864.35	803.15	763.17
14	782.11	845.55	896.84	915.67	901.82	884.51	887.06	901.72	899.46	862.59	801.23	762.71
15	783.71	847.73	898.13	915.59	901.13	884.24	887.47	902.07	898.82	860.81	799.33	762.32
16	785.37	849.90	899.38	915.48	900.44	884.00	887.90	902.40	898.13	859.00	797.45	761.99
17	787.07	852.06	900.58	915.33	899.75	883.78	888.34	902.72	897.40	857.16	795.60	761.73
18	788.81	854.20	901.74	915.14	899.05	883.58	888.79	903.01	896.63	855.29	793.79	761.55
19	790.60	856.32	902.85	914.93	898.36	883.41	889.25	903.28	895.82	853.41	792.00	761.43
20	792.43	858.42	903.91	914.67	897.68	883.27	889.73	903.52	894.96	851.50	790.25	761.38
21	794.30	860.50	904.93	914.39	896.99	883.15	890.21	903.75	894.07	849.57	788.53	761.41
22	796.20	862.56	905.90	914.08	896.31	883.06	890.70	903.94	893.13	847.62	786.85	761.50
23	798.14	864.59	906.83	913.74	895.64	882.99	891.20	904.11	892.15	845.65	785.21	761.67
24	800.11	866.60	907.70	913.37	894.98	882.95	891.70	904.25	891.13	843.67	783.62	761.90
25	802.11	868.57	908.53	912.97	894.33	882.93	892.21	904.36	890.07	841.67	782.06	762.21
26	804.15	870.52	909.32	912.55	893.68	882.94	892.72	904.44	888.97	839.66	780.55	762.58
27	806.20	872.44	910.05	912.10	893.05	882.98	893.24	904.50	887.82	837.63	779.08	763.03
28	808.29	874.33	910.74	911.63	892.43	883.04	893.75	904.52	886.64	835.60	777.67	763.54
29	810.40		911.38	911.14	891.82	883.12	894.27	904.51	885.42	833.56	776.30	764.12
30	812.52		911.98	910.62	891.22	883.23	894.79	904.46	884.15	831.51	774.98	764.77
31	814.67		912.53		890.64		895.31	904.39		829.45		765.49
PROMED.	787.19	846.26	897.58	914.21	900.41	885.03	888.42	901.58	896.96	857.97	799.39	764.72

Instrumentación

Tal como fue señalado anteriormente, para el presente estudio se utilizó la información correspondiente a irradiancia global recopilada por el Departamento de Meteorología e Hidrografía de la CCP en la estación de Balboa FAA, así como también,

la información de brillo solar colectada por el Departamento de Hidrometeorología del IRHE en la estación de Tocumen. La Tabla No. 4 muestra la localización geográfica y elevación en metros sobre el nivel medio del mar (msnmm) de cada una de las estaciones.

TABLA No. 4

Localización geográfica y elevación de las estaciones meteorológicas

Estación	Latitud	Longitud	Elevación
Balboa FAA	8° 58' N	79° 33' W	10 msnmm
Tocumen	9° 03' N	79° 22' W	20 msnmm

La estación de Balboa FAA está equipada con un piranómetro Modelo No. 100507 fabricado por la Compañía Matrix, Inc., instalado horizontalmente para medir la radiación global. La respuesta espectral del instrumento está entre 350 nm y 1150 nm con sensibilidad pico aproximadamente a los 850 nm, con una precisión de campo de $\pm 5\%$. La información colectada por el piranómetro se almacena en la memoria de un sistema de adquisición de datos automático programado para recibir información cada diez segundos. Dicha información es procesada y el total para cada hora es guardado.

Resultados

La Tabla No. 3 muestra los valores de brillo solar medio \overline{N}_i , para la estación de Tocumen para el período 1985 - 1995 (exceptuando los años 90 y 91 para los cuales no hay información). Uno de los objetivos de este trabajo es la determinación de los coeficientes **a** y **b** del modelo de Angström-Page, el cual exige información de brillo solar medio e

irradiancia para la misma localidad. Como la estación de Balboa sólo mide irradiancia global, se decidió utilizar la información de brillo solar de la estación de Tocumen que es la estación más cercana a la de Balboa FAA, a una distancia aproximada de 11 km de ésta, con características climáticas similares y poca diferencia en elevación (Ver Tabla No. 4).

El análisis de la información de irradiancia relativa versus brillo solar relativo (Ver Tabla No. 4A a Tabla No. 4E) demuestra una tendencia de tipo lineal como indica la literatura (Kreith y Kreider, 1978). La información de las Tablas 4A a 4E muestran coeficientes de correlación (r^2) comprendidos entre 0.46 y 0.99. Cinco de los coeficientes, correspondientes a los años 1985, 1986, 1987, 1992 y 1995 son relativamente altos. Los valores promedio de los coeficientes del modelo Angström-Page para toda la información son:

$$a = 0.32 \quad b = 0.34$$

TABLA No.3

BRILLO SOLAR MEDIO DIARIO
(Horas/día)

Estación: Tocumen

Meses	1985	1986	1987	1988	1989	1992	1993	1994	1995
Enero	8.06	7.75	7.68	7.60		7.73	3.01	3.25	8.42
Febrero	7.48	6.09	6.76	7.19	6.60	7.90	8.53	6.74	8.56
Marzo	6.65	7.26	6.07	7.91	7.21	6.09	5.97	6.79	7.85
Abril	7.14	5.47	4.58	6.18	6.02	4.96	5.15	5.97	6.35
Mayo	4.24	5.71	3.84	3.64	3.41	4.82	0.61	4.17	4.11
Junio	2.67	3.36	2.16	3.00	3.01	4.51	3.02	3.45	
Julio	3.12	3.89	1.78	1.32	2.55	3.42	3.57	3.96	
Agosto	3.55	3.21	3.74	3.57		3.51	3.50	3.69	
Septiembre	5.05	3.93	4.24	0.61	1.46	3.31	2.42	3.84	
Octubre	3.12	3.30	3.23	2.78	2.01	3.37	3.93	4.18	
Noviembre	5.47	4.29	5.09		4.20	2.74	4.15	4.24	
Diciembre	6.09		5.83	4.59	1.89	6.75	6.81	7.46	

El modelo de Angström-Page es una herramienta simple y conveniente para la estimación de la radiación global. Sin embargo, su utilidad depende de la confiabilidad de los estimados. Dicha confiabilidad se encuentra determinada por dos indicadores: a) el error estándar de los estimados, el cual está asociado a la ecuación de regresión; b) la consistencia de los coeficientes obtenidos al efectuar regresiones sobre la data procedente de diversos períodos de tiempo. El primer indicador es de fácil obtención en cualquier método estadístico convencional. El segundo indicador, que determina la posibilidad de generalizar la extrapolación del patrón de data sobre diferentes períodos de tiempo, se encuentra dado por altos índices del coeficiente de correlación ($r^2 > 0,80$). Este segundo indicador es de suma importancia y ha sido escasamente estudiado por los investigadores, debido

fundamentalmente a la carencia de data correspondiente a intervalos de tiempo mayores de dos años (Goh, T.N., Tan, K.J., 1978).

En virtud de lo planteado anteriormente, se seleccionaron aquellos años con índices más altos del coeficiente de correlación ($r^2 > 0.8$). Los resultados para este período de cinco años (Ver Tabla No. 6B) son:

$$a = 0.29 \quad b = 0.40$$

Que son los valores que se recomiendan usar para el cálculo de disponibilidad de energía para la provincia de Panamá. Se espera realizar un análisis similar para otras regiones del país en futuros artículos.

La relación entre la radiación difusa y la total se encuentra correlacionada por un parámetro meteorológico denominado índice de claridad mensual

TABLA No. 4C

Meses	AÑO 1987		Estación: Balboa	
	Irradiancia Medida	Irradiancia Extraterrestre Promedio	Brillo solar Relativo	Irradiancia Relativa
	(Langley/día)	(Langley/día)		
Enero	495.07	787.19	0.67	0.63
Febrero	490.54	846.26	0.58	0.58
Marzo	488.43	897.58	0.51	0.54
Abril	419.06	914.21	0.38	0.46
Mayo	402.90	900.41	0.31	0.45
Junio	350.55	885.03	0.17	0.40
Julio	348.68	888.42	0.14	0.39
Agosto	396.71	901.58	0.30	0.44
Septiembre	386.17	896.95	0.35	0.43
Octubre	376.22	857.97	0.27	0.44
Noviembre	372.09	799.39	0.44	0.47
Diciembre	394.68	764.72	0.51	0.52

TABLA No. 4D

Meses	AÑO 1992		Estación: Balboa	
	Irradiancia Medida	Irradiancia Extraterrestre Promedio	Brillo solar Relativo	Irradiancia Relativa
	(Langley/día)	(Langley/día)		
Enero	389.28	787.19	0.67	0.49
Febrero	414.86	846.26	0.67	0.49
Marzo	433.47	897.58	0.51	0.48
Abril	367.84	914.21	0.41	0.40
Mayo	365.95	900.41	0.39	0.41
Junio	351.60	885.03	0.36	0.40
Julio	322.89	888.42	0.27	0.36
Agosto	336.18	901.58	0.29	0.37
Septiembre	301.92	896.95	0.27	0.34
Octubre	305.70	857.97	0.29	0.36
Noviembre	288.47	799.39	0.24	0.36
Diciembre	311.79	764.72	0.59	0.41

TABLA No. 4E

Meses	AÑO 1995		Estación: Balboa	
	Irradiancia Medida (Langleys/día)	Irradiancia Extraterrestre Promedio (Langleys/día)	Brillo solar Relativo	Irradiancia Relativa
Enero	433.46	787.19	0.73	0.55
Febrero	459.53	846.26	0.73	0.54
Marzo	463.44	897.58	0.66	0.52
Abril	425.78	914.21	0.52	0.47
Mayo	357.42	900.41	0.33	0.40
Junio	331.26	885.03		0.37
Julio	304.06	888.42		0.34
Agosto	376.12	901.58		0.42
Septiembre	367.72	896.95		0.41
Octubre	321.04	857.97		0.37
Noviembre	287.20	799.39		0.36
Diciembre	291.73	764.72		0.38

del cielo (Liu y Jordan, 1960), KT , el cual se define como:

$$KT = \frac{\overline{H_g}}{\overline{H_o}} = \frac{\overline{I_g}}{\overline{I_o}} \quad (13)$$

En vista que para futuros estudios de la radiación ultravioleta, la “transmitancia” (que se define como la relación entre la radiación directa y la extraterrestre, I_d/I_o) juega un papel importante, se deben realizar evaluaciones de la radiación directa, para lo cual será necesario calcular la radiación difusa, empleando el índice mensual de claridad del cielo antes mencionado. De la Gráfica 4A y la tabla 5A se observan valores altos de índice de claridad del cielo en los meses de enero a abril para el año de 1985 que corresponden a la temporada seca y una depresión en el período de mayo a diciembre. También podemos mencionar que el índice de claridad mensual, promedio, calculado para este año, es de: 0.49 ± 0.02 .

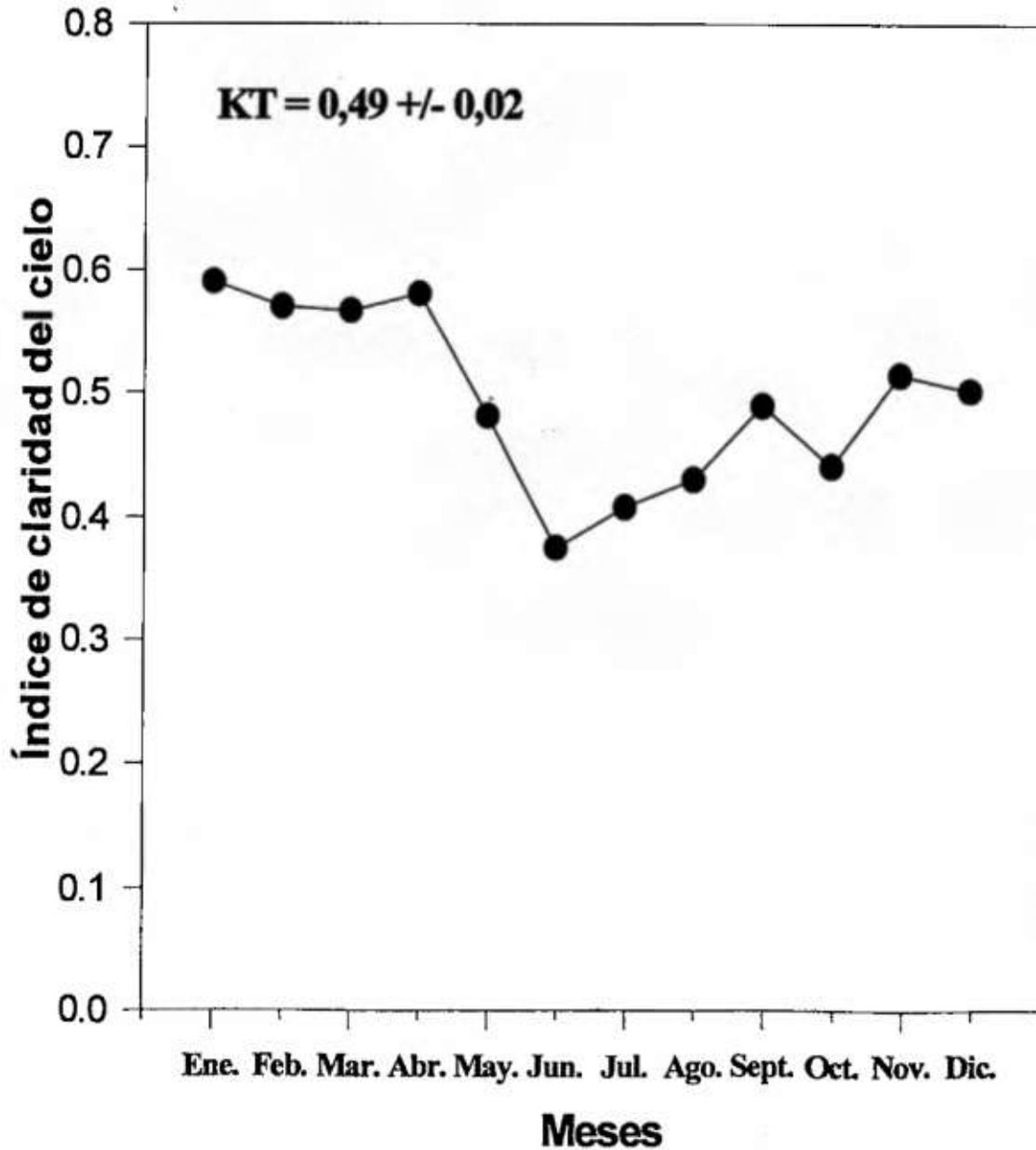
Podemos explicar el comportamiento de este índice por aumentos en la nubosidad y precipitación con la consecuente disminución de días claros en los meses de la estación lluviosa.

TABLA N° 5A
ESTACIÓN: BALBOA 1985

Meses	Índice de Claridad del Cielo
Enero	0.59
Febrero	0.57
Marzo	0.57
Abril	0.58
Mayo	0.48
Junio	0.38
Julio	0.41
Agoño	0.43
Septiembre	0.49
Octubre	0.44
Noviembre	0.51
Diciembre	0.50

Índice de claridad del cielo vs Tiempo

Balboa 1985



GRÁFICA N°. 4A

TABLA No. 6a

COEFICIENTES DE ANGSTROM
PAGE (1985 - 1995)

AÑOS	A	B	Coefficiente de Correlacion
1985	0.31	0.42	0.93
1986	0.29	0.44	0.83
1987	0.31	0.44	0.92
1988	0.38	0.26	0.55
1989	0.40	0.23	0.58
1992	0.28	0.31	0.82
1993	0.33	0.23	0.47
1994	0.28	0.34	0.50
1995	0.27	0.38	0.99
PROMEDIOS	0.32	0.34	
ERROR STD.	0.02	0.03	

TABLA No. 6b

COEFICIENTES DE ANGSTROM- PAGE

AÑOS	A	B	COEF. DE CORRELAC.
1985	0.31	0.42	0.93
1986	0.29	0.44	0.83
1987	0.31	0.44	0.92
1992	0.28	0.31	0.82
1995	0.27	0.38	0.99
PROMEDIOS	0.29	0.4	
ERROR STD.	0.008	0.03	

Conclusiones

Las gráficas de irradiancia relativa vs. brillo relativo muestran un comportamiento lineal, tal como se reporta en la literatura. Los valores promedio de los coeficientes correspondientes al modelo de Angström-Page, se encuentran dentro del rango esperado para las condiciones climáticas y topográficas características de las estaciones meteorológicas de Balboa y Tocumen, tal como reportan Löf et al (Kreith, F. y Kreider, J.F., 1978).

Los coeficientes antes mencionados pueden ser utilizados para calcular la disponibilidad de energía solar a nivel de la provincia de Panamá. Esto implica que si se conoce el brillo solar promedio mensual para dicha provincia, se puede predecir la irradiancia global promedio mensual en superficie horizontal.

Posteriormente, se espera efectuar un análisis similar de la data proveniente de otras regiones del país, a objeto de determinar los coeficientes de la ecuación de regresión correspondientes al modelo de Angström-Page, característicos de las mismas.

Se estudió la evolución del índice mensual de claridad del cielo, correspondiente a la estación de Balboa durante el período comprendido entre enero y diciembre de 1985. Se espera investigar la evolución de dicho índice para otros períodos, a fin de estimar tanto la radiación difusa como la radiación directa en superficie horizontal, a nivel local. De este modo se podrá estimar la transmitancia mensual promedio y estudiar la correlación entre ésta y otros parámetros atmosféricos y meteorológicos.

Irradiancia Relativa vs Brillo Relativo

Balboa 1985

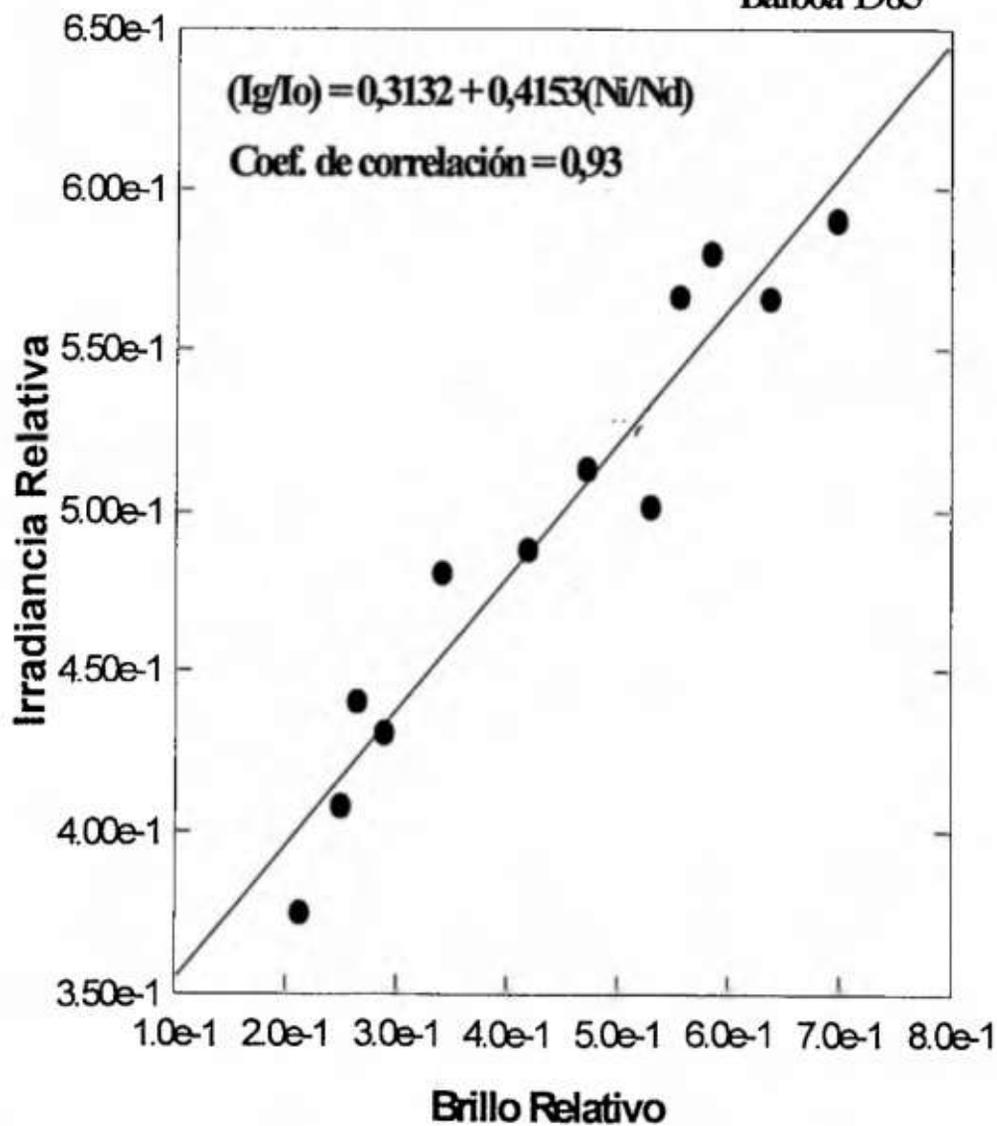


Fig 1A

Irradiancia Relativa vs Brillo Relativo

Balboa 1986

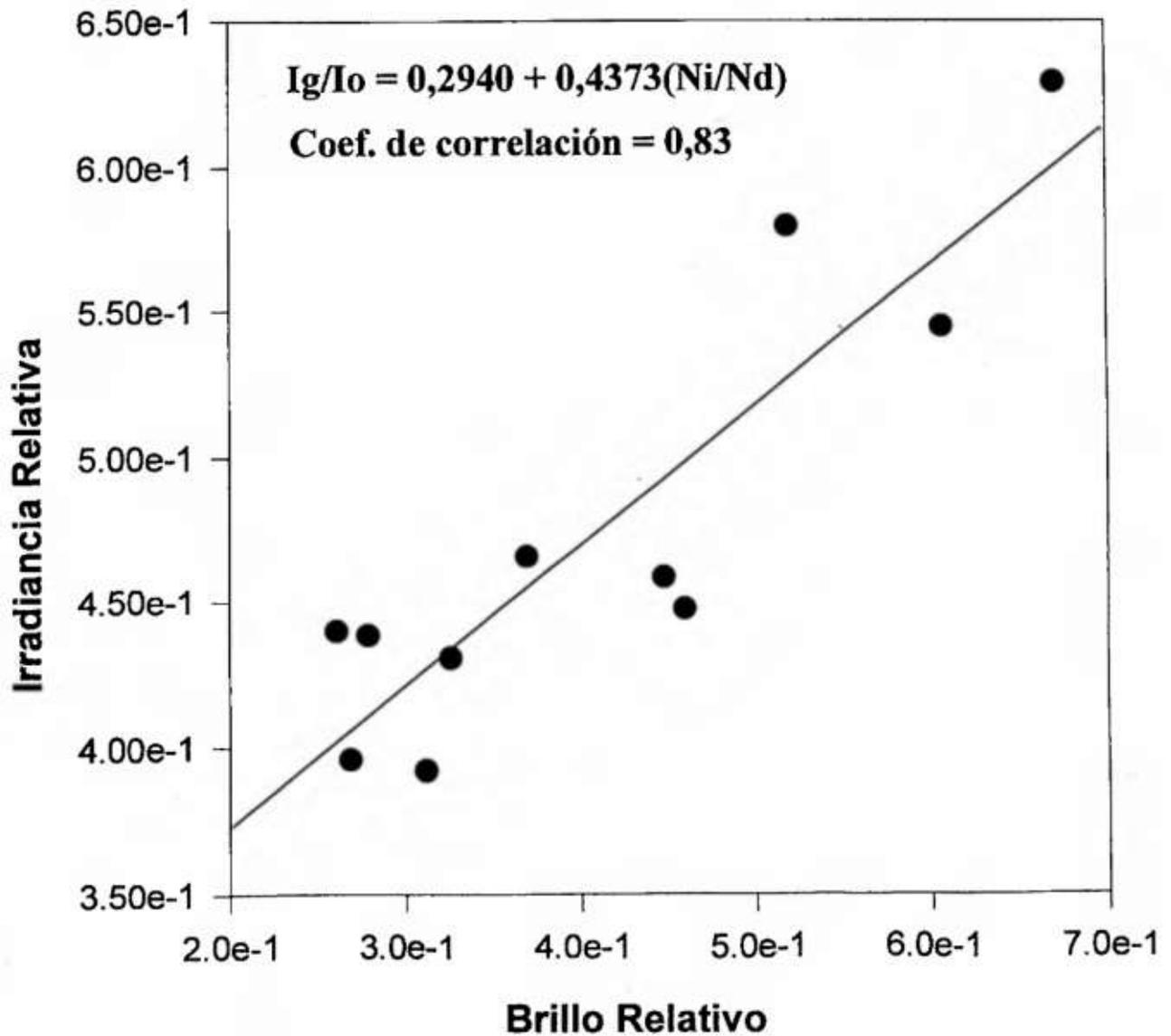


Fig. 1B

Irradiancia Relativa vs Brillo Relativo

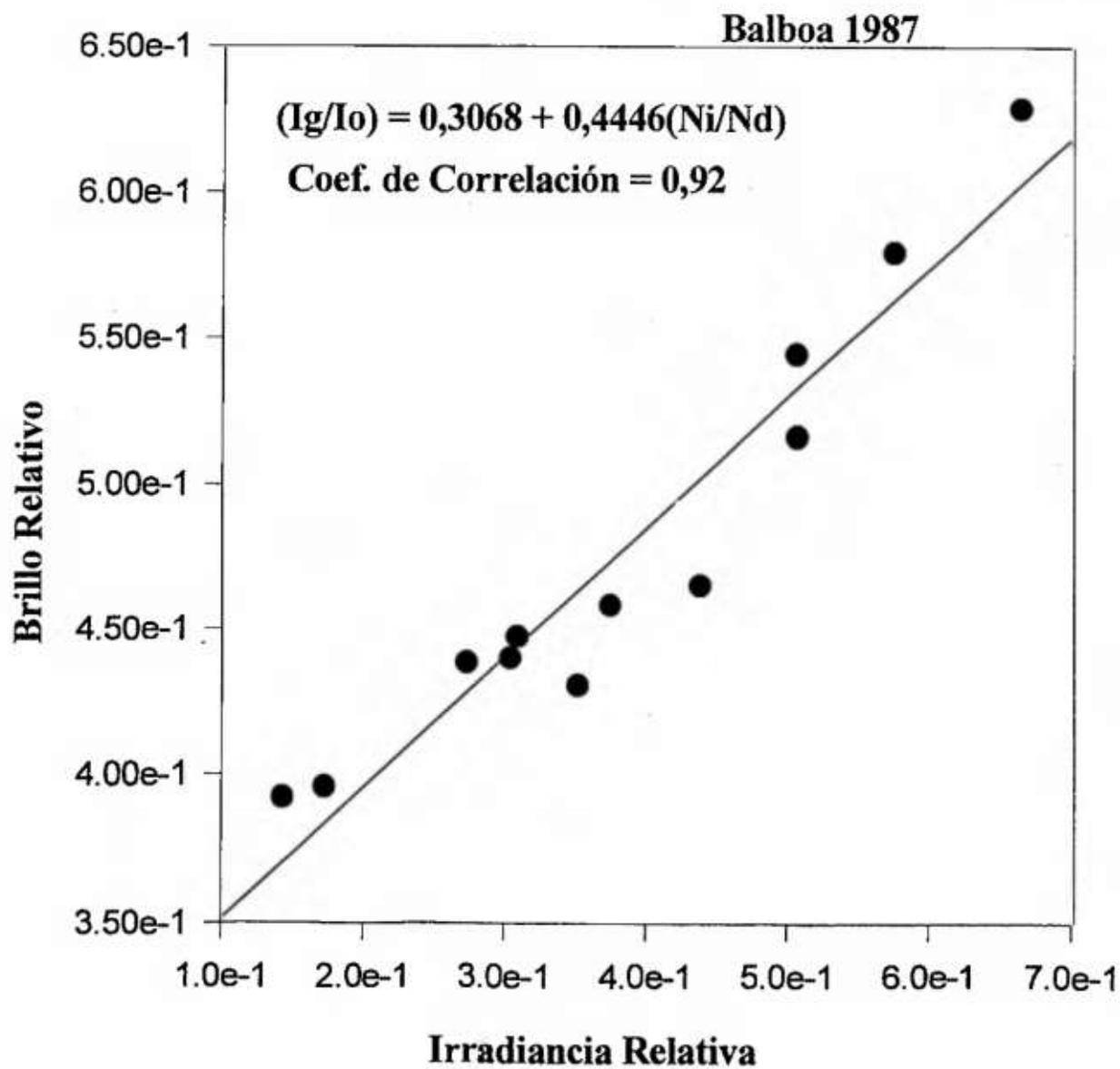


Fig. 1C

Irradiancia Relativa vs Brillo Relativo

Balboa 1992

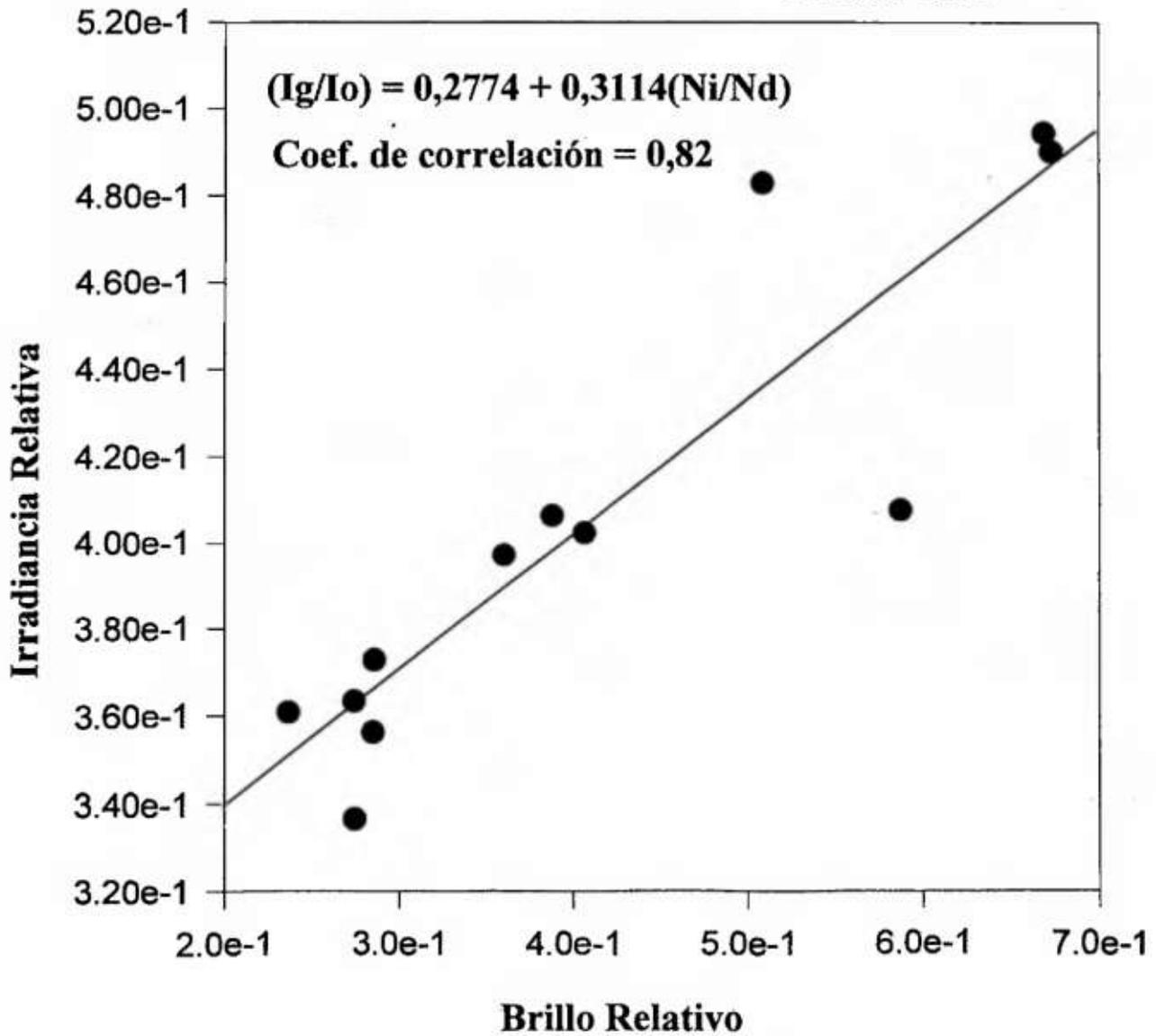
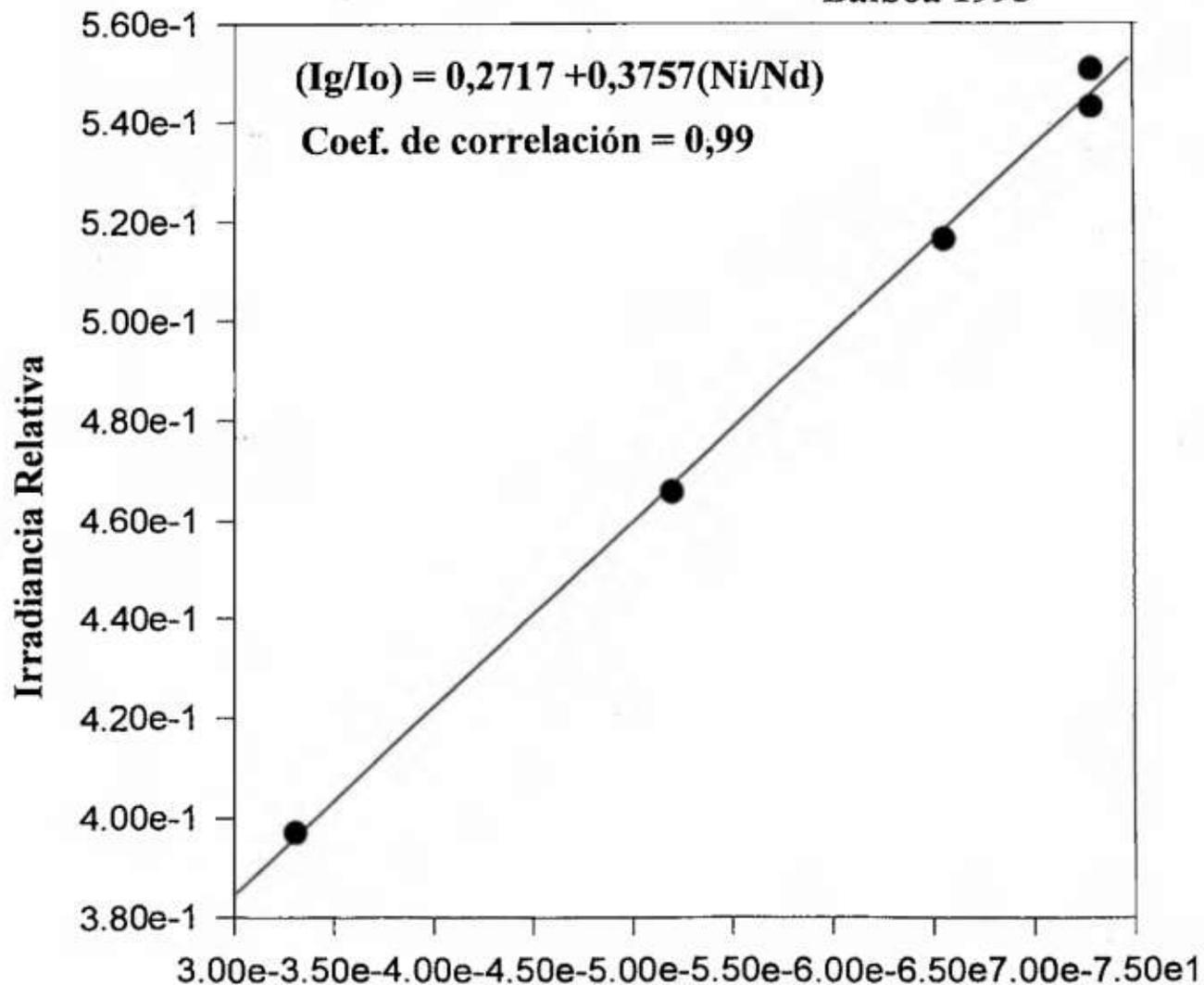


Fig. 1D

Irradiancia Relativa vs Brillo Relativo

Balboa 1995



Brillo Relativo

Fig. 1E

Referencias

1. **CRITCHFIELD, HOWARD J.**, 1974. *General Climatology*, p. 446. Prentice-Hall International, Inc., London, Third edition.
2. **GOH, T.N., TAN, K.J.**, 1978. Solar Radiation Studies for utilization of Flat-Plate collectors in an Equatorial Region. *Proceedings of the International Solar Energy Society Congress, Vol 1*, p. 443. Editado por Francis de Winter y Michael Cox.
3. **HOYT, D.V., KYLE, H.L., HICKEY, H.R., y MASCHHOFF, R.H.**, 1992, The Nimbus 7 Solar total irradiance: a new algorithm for its derivation, *J. Geophys. Res.* 97: 51-63.
4. **ATLAS NACIONAL DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ**, 1988. Panamá, Tercera Edición, Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia".
5. **KREITH, F. y KREIDER, J.F.**, 1978. *Principles of Solar Radiation*, p. 778. McGraw-Hill, Book Company, New York.
6. **LIU, J.K. y JORDAN, R.C.**, 1960. The inter-relationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation, *Solar Energy*, Vol. 4, 1-9.
7. **MADRONICH, S.**, 1993. The Atmosphere and UV-B Radiation at Ground Level, tomado de *Environmental UV Photobiology*, Cap. 1, p. 1-5. Editado por Antony R. Young et al., Plenum Press, New York.
8. **SPENCER, J.W.**, 1971. Fourier series representation of the Sun, *Search* 2:172.

TABLA No.4A

AÑO 1985		Estación: Balboa		
Meses	Irradiancia Medida (Langley/día)	Irradiancia Extraterrestre Promedio (Langley/día)	Brillo solar Relativo	Irradiancia Relativa
Enero	464.65	787.19	0.70	0.59
Febrero	478.83	846.26	0.64	0.57
Marzo	508.50	897.58	0.56	0.57
Abril	530.32	914.21	0.58	0.58
Mayo	432.94	900.41	0.34	0.48
Junio	332.35	885.03	0.21	0.38
Julio	362.68	888.42	0.25	0.41
Agosto	388.23	901.58	0.29	0.43
Septiembre	437.79	896.95	0.42	0.49
Octubre	377.78	857.97	0.26	0.44
Noviembre	410.09	799.39	0.47	0.51
Diciembre	383.46	764.72	0.53	0.50

TABLA No. 4B

AÑO 1986		Estación: Balboa		
Meses	Irradiancia Media (Langley/día)	Irradiancia Extraterrestre Promedio (Langley/día)	Brillo solar Relativo	Irradiancia Relativa
Enero	467.70	787.19	0.67	0.59
Febrero	483.68	846.26	0.52	0.57
Marzo	495.14	897.58	0.61	0.55
Abril	388.88	914.21	0.45	0.43
Mayo	443.46	900.41	0.46	0.49
Junio	379.82	885.03	0.27	0.43
Julio	380.31	888.42	0.31	0.43
Agosto	373.64	901.58	0.26	0.41
Septiembre	405.62	896.95	0.33	0.45
Octubre	350.47	857.97	0.28	0.41
Noviembre	355.35	799.39	0.37	0.44
Diciembre	435.85	764.72		0.57

ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN DIFERENTES ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DEL CANAL DE PANAMÁ.

BERTALÍA VILLAR URIBE.

Licenciada en Estadística

&

RAMÓN C. GUERRA UMANZOR.

Licenciado en Estadística

Asesores: José del C. Ochoa (Universidad de Panamá - Esc. de Estadística)

Steven R. Paton (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales)

RESUMEN

Como a lo largo y ancho del canal están situadas alrededor de 26 estaciones meteorológicas, las cuales difieren no sólo en su ambiente local sino también en su latitud y longitud, utilizamos varios métodos de agrupación jerárquica con el fin de obtener grupos o zonas donde las estaciones tienen patrones de precipitación similar. De los métodos utilizados con el denominado *average*, obtuvimos cinco zonas o grupos.

De las zonas formadas escogimos las estaciones con mayor número de registros anuales, para continuar con el estudio de la tendencia a largo plazo donde utilizamos el modelo de regresión lineal y el procedimiento de Lowes. Con los resultados de la regresión lineal aceptamos la hipótesis de que las tendencias generales a disminuir de la precipitación observadas por el Dr. Windsor no han cambiado.

Sobre el efecto del fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) en la precipitación hemos obtenido que según la magnitud con que se presente el ENOS, éste causa una reducción en la precipitación pluvial anual para la zona ubicada en el centro del Istmo (zona D, representada por las estaciones de Gamboa y Alhajuela). Además, al utilizar los datos diarios de Barro Colorado, encontramos que el ENOS tiene un efecto de reducción sobre la precipitación en la estación lluviosa en Barro Colorado. Por el contrario, para la estación seca no hay un efecto significativo.

INTRODUCCIÓN

En la República de Panamá se ha construido una de las más grandes hazañas realizadas por el hombre: el Canal de Panamá, el cual ha contribuido grandemente al progreso de las naciones a nivel mundial; y representa indudablemente un aporte económico muy significativo para el país.

Su Cuenca hidrográfica es de gran importancia ya que es allí donde se recoge y almacena el agua, el recurso más importante para el Canal. La capacidad de embalse de los lagos Gatún y Alhajuela hace posible la continua y eficiente navegación a través del Canal de Panamá (Alvarado, 1985). Además, garantiza el abastecimiento de agua potable para las ciudades de Panamá (aproximadamente 492 millones de litros de agua potable que se distribuye desde la planta de Chilibre; IDDAN 1995) y Colón, así como la generación de energía eléctrica.

Este hecho nos ha motivado a realizar el presente trabajo y además por las publicaciones realizadas por el Dr. Windsor (Investigador del Instituto Smithsonian) y colaboradores en 1985 y 1990 referente al comportamiento de la precipitación pluvial que indicaban una tendencia a disminuir a lo largo de la Cuenca del Canal y a través de América Central.

Sin embargo, los registros tomados después de esas investigaciones muestran que la tendencia puede estar cambiando hacia un aumento de la precipitación anual. (S. Paton, 1995, Comunicación Personal).

Además, la tendencia de la precipitación, ya sea de aumentar o de disminuir, puede estar afectada por factores variables como el clima de Panamá, la ocurrencia del fenómeno ENOS y la deforestación en el ecosistema de la Cuenca del Canal. Todas estas observaciones serán analizadas en este trabajo.

En base a estas observaciones, realizamos esta investigación con el objetivo de determinar el comportamiento espacial y temporal de la precipitación pluvial en diferentes estaciones pluviométricas a lo largo del Canal e investigar si el ENOS afecta la precipitación pluvial en esta zona.

Procedencia y Naturaleza de los Datos.

Los datos que se han utilizado fueron obtenidos en su mayoría a través del Departamento de Meteorología e Hidrología de la Comisión del Canal (Sr. Jorge Espinosa) y por Steven Paton del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI). Además, algunos datos, como el Índice de la Oscilación del Sur, fueron obtenidos de varias fuentes a través de la red de computadoras conocida como INTERNET.

Los registros pluviométricos corresponden a 26 estaciones meteorológicas situadas a lo largo del Canal de Panamá, desde las costas del Pacífico hasta las del Atlántico. En algunas estaciones meteorológicas los

registros datan hacia finales del siglo XIX, en la época en que los franceses iniciaron la construcción del Canal (Alhajueta, Balboa Heights, Gamboa y Salamanca).

Agrupación de las Estaciones Meteorológicas.

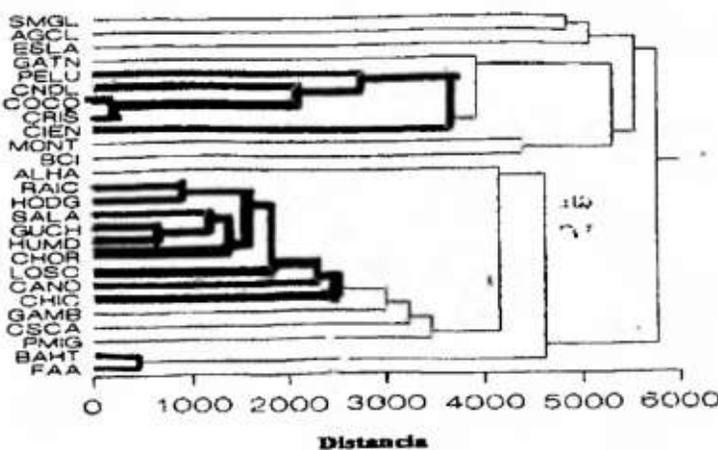
Como a lo largo y ancho del Canal están situadas alrededor de 26 estaciones meteorológicas las cuales difieren no sólo en su ambiente local sino también en su latitud y longitud, podríamos considerar que también se pueden dar diferencias en los patrones de precipitación; y si existiesen tales diferencias, podríamos suponer que se pueden dar grupos de estaciones con precipitación similar.

Aplicando los procedimientos del análisis del "cluster" obtuvimos que para el método centroid hemos identificado tres zonas en donde las estaciones presentan una precipitación anual similar. Para el método single linkage se identificaron tres zonas en donde las estaciones meteorológicas también presentan una precipitación anual similar. Sin embargo, este método introduce en los grupos, estaciones que no habían sido incluidas por el método centroid.

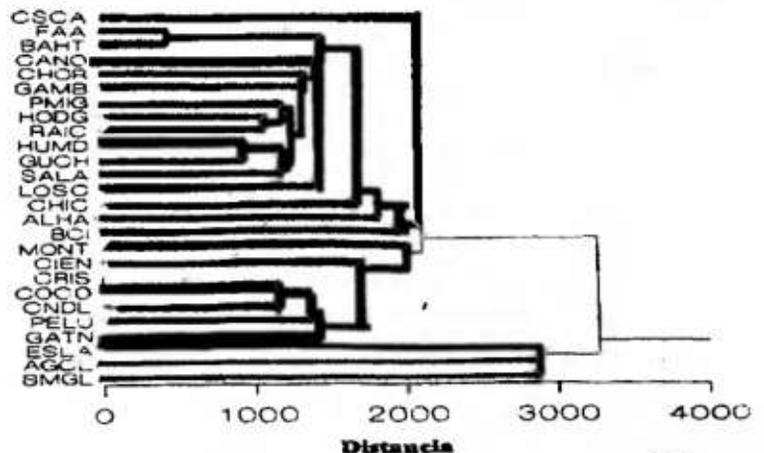
A diferencia de los métodos anteriores, el método average presenta cuatro grupos o zonas, los cuales están representados en el dendograma por los colores rojo (grupo A), verde (grupo B), amarillo (grupo C) y azul (grupo D). Sin embargo, en el grupo representado

GRÁFICA #1

Dendograma del Método Centroid



Dendograma del Método Single Linkage

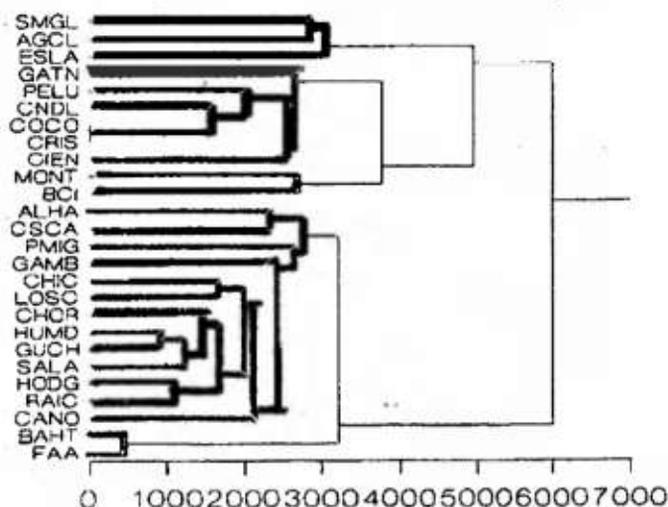


por el color azul tomaremos a las estaciones de FAA y BAHT como un grupo aparte, representado por el color púrpura (grupo E), debido a que estas dos estaciones también se mantienen unidas en los métodos

anteriores. Por lo tanto, de acuerdo con este método, tenemos cinco grupos o zonas en donde las estaciones meteorológicas presentan una precipitación pluvial anual similar. Véase la siguiente gráfica:

GRÁFICA # 3

Dendograma del Método Average



Como los tres métodos de agrupación presentan grupos o zonas donde las estaciones meteorológicas registran una precipitación anual similar entre sí y que difieren con respecto a otras zonas, podemos indicar que existe evidencia de la diferencia que hay en la precipitación pluvial anual entre las estaciones y, además, que existen zonas donde las estaciones presentan una precipitación anual similar.

Para continuar con el desarrollo de la investigación escogimos, de estos tres métodos, el average. Esta selección se hizo porque, a nuestro juicio, la zonificación que presenta este método es consistente con las zonas que se presentan en el mapa de precipitación anual del Atlas 1988 del Instituto Tomy Guardia.

De las cinco zonas formadas en este método se tomaron las estaciones que tienen una mayor cantidad de años de registros, las cuales son: Agua Clara que representa al grupo A; Cristóbal y Gatún que representa al grupo B; Monte Lirio y Barro Colorado

que representa al grupo C; Alhajuela y Gamboa que representa al grupo D y la estación de Balboa Heights que representa al grupo E.

Estudio de la Tendencia de la Precipitación Pluvial.

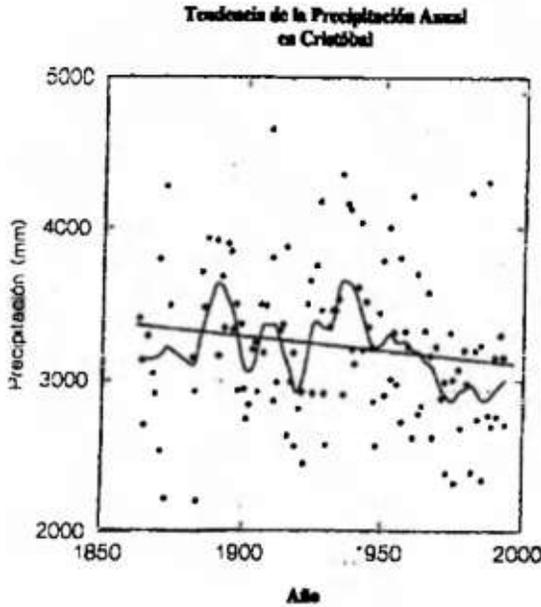
En publicaciones más recientes (Windsor, 1990) analizó sitios ubicados en la cuenca del canal, donde sus resultados fueron que aún continuaba en los sitios de Monte Lirio y Barro Colorado el descenso en la precipitación y, además, en casi todas las estaciones ubicadas en el centro del Istmo.

Sin embargo, registros recientes (aprox. 10 años) muestran un relativo aumento en la precipitación anual en varias de las estaciones ubicadas en la cuenca del Canal (Steve Paton, com. per.). Llevándonos a preguntar si la tendencia de la precipitación anual de las estaciones meteorológicas de la cuenca del Canal descritas por Windsor y colaboradores puede estar cambiando.

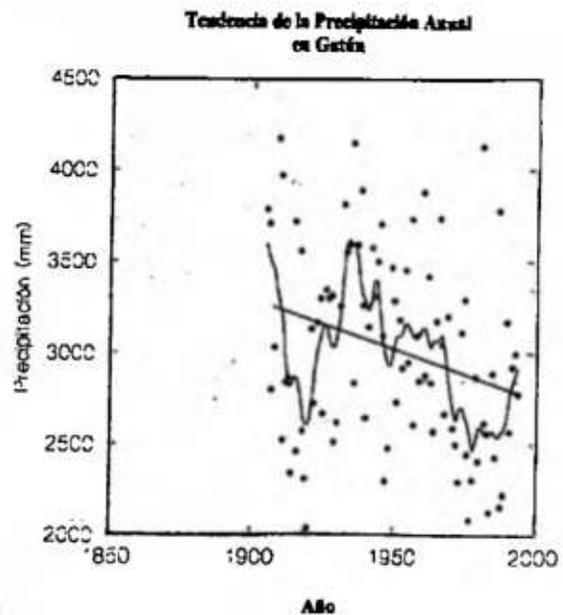
Para este estudio de la tendencia de la precipitación pluvial anual utilizamos el método de regresión lineal para comparar nuestros resultados con

los del Dr. Windsor y complementarlo con el método de LOWES para visualizar la tendencia de una forma más detallada. Véase las siguientes gráficas

GRÁFICA #4

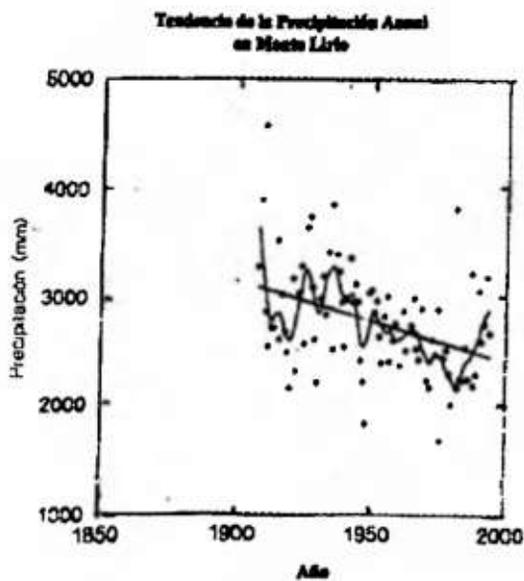


GRÁFICA #5

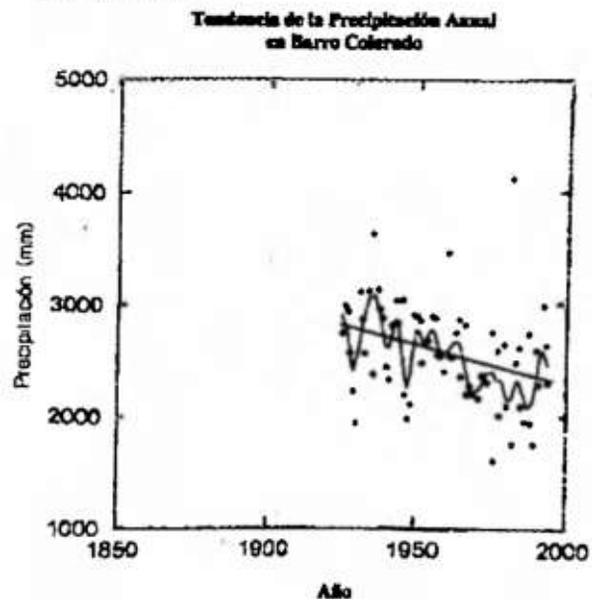


Para la zona B que está representada por las estaciones de Gatún y Cristóbal se presenta una tendencia general negativa que es más marcada en Gatún (pendiente = -5.4 mm; $r = -0.266$) que en Cristóbal (pendiente = -1.89 mm; $r = -0.137$)

GRÁFICA #6

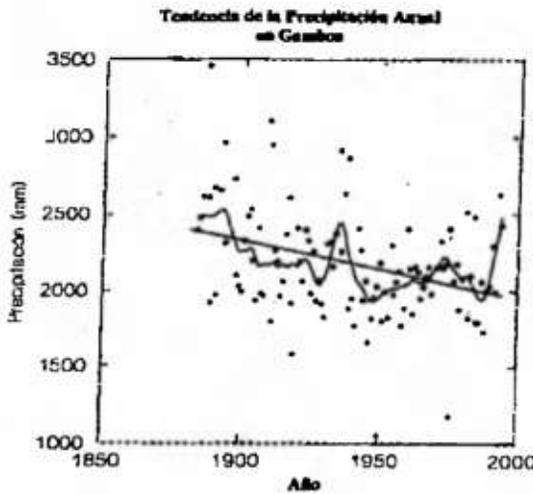


GRÁFICA #7

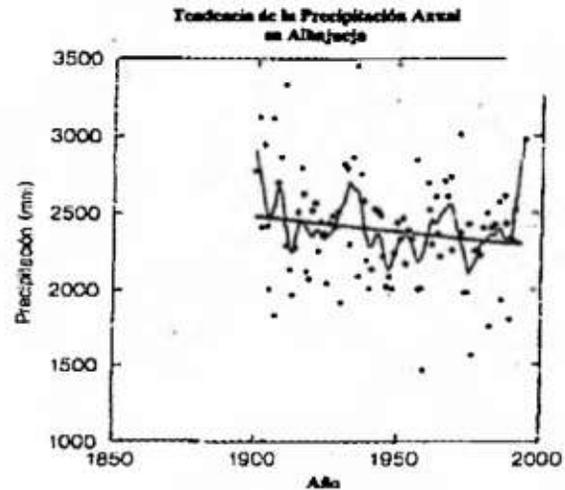


En las estaciones de Monte Lirio (pendiente = -7.98 mm; $r = -0.407$) y Barro Colorado (pendiente = -7.45 mm; $r = -0.321$) que son las estaciones representativas de la zona C, también se muestra una tendencia general negativa.

GRÁFICA#8

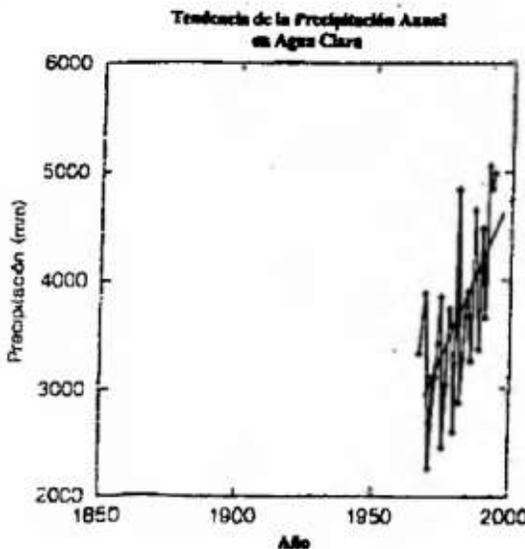


GRÁFICA#9

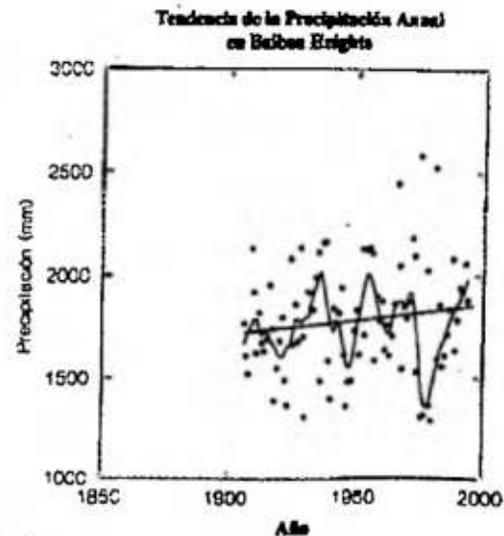


Al igual que las otras zonas mencionadas anteriormente, la zona D, Gamboa (pendiente = -3.77 mm; $r = -0.354$) y Alhajuela (pendiente = -1.89 mm; $r = -0.140$) presenta también una tendencia general negativa. Además, al utilizar el procedimiento de LOWES estas zonas ya descritas presentan un aparente aumento entre los últimos 10 y 15 años aproximadamente.

GRÁFICA#10



GRÁFICA#11



En cambio las zonas A y E, la estación de Agua Clara (pendiente = 60.46 mm; $r = 0.609$) y Balboa Heights (pendiente = 1.39 mm; $r = 0.133$) presentan una tendencia general positiva, donde la tendencia que se presenta en la zona A puede ser un indicador del aumento que hemos mencionado con respecto a las zonas cuya tendencia general es negativa, ya que las estaciones de la zona A tienen una cantidad a lo sumo de 27 años de registros.

En la tabla siguiente mostramos los resultados de las pruebas estadísticas:

Tabla # 1
Resultados de la Tendencia de la Precipitación Anual

Zona	Estación	Pendiente	R	Probabilidad del Estadígrafo (p)
A	Agua Clara	60.46 mm	0.609	0.0004**
B	Gatún	-5.44 mm	-0.266	0.006*
B	Cristóbal	-1.89 mm	-0.137	0.071
C	Monte Lirio	-7.98 mm	-0.407	0.001**
C	Barro Colorado	-7.45 mm	-0.321	0.002*
D	Gamboa	-3.77 mm	-0.354	0.001**
D	Alhajuela	-1.89 mm	-0.140	0.092
E	Balboa Heihts	1.39 mm	0.133	0.107

Nota: Los valores con (*) son inferiores a un nivel de 1% al igual que los valores con (**) sólo que estos últimos son más significativos.

Con los resultados de la regresión lineal aceptamos la hipótesis de que las tendencias generales a disminuir de la precipitación observadas por el Dr. Windsor no han cambiado. No obstante, los resultados con el procedimiento de Lowes que utilizamos, no indican que la precipitación seguirá disminuyendo; además, observamos que la tendencia de la precipitación no es lineal, ya que se presentan variaciones en el comportamiento de la precipitación; y que en los últimos registros se está presentando un aumento que podría ser el inicio de una nueva fase o ciclo de la precipitación en la cuenca. Al comparar ambos métodos simultáneamente, se visualiza que el modelo de regresión lineal no es el más adecuado ya que los datos no siguen un patrón lineal, inclusive dando inicio a posibles ciclos; y que modelos no lineales pueden ser más aptos para la descripción de la tendencia que es lo que se observa con el Lowes. Por lo tanto, hay que ser, por lo menos, un poco escéptico cuando interpretamos los resultados del análisis de regresión lineal.

Estudio del Efecto del "ENOS" en la Precipitación Pluvial en la Cuenca.

Hemos podido observar que en los registros de precipitación pluvial de las distintas estaciones se observan variaciones, las cuales podrían ser efectos del ENOS en sus distintas magnitudes y fases, el cual puede estar contribuyendo en la tendencia general negativa de la precipitación. Con el fin de contrastar esta hipótesis, realizamos tres tipos de análisis.

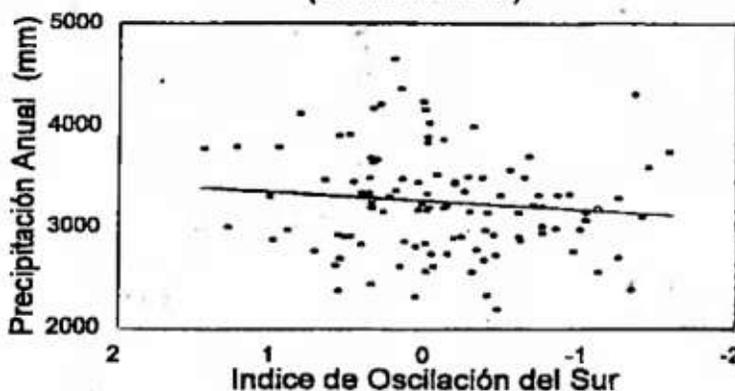
En el primer análisis utilizamos los datos de precipitación pluvial anual para verificar la hipótesis de que si el ENOS afecta la precipitación pluvial anual de las diferentes zonas o grupos, utilizándose el método de regresión lineal entre la precipitación pluvial anual de las estaciones meteorológicas con más años de registros (Cristóbal, Gatún, Monte Lirio, Isla Barro Colorado, Alhajuela, Gamboa y Balboa Heights) y el Índice de Oscilación del Sur (I.O.S.) promedio anual. De esta regresión se realizó la prueba correspondiente para el coeficiente de regresión. Esta prueba no se efectuó para las estaciones de Agua Clara, San Miguel

y Escandalosa, ya que presentan a lo sumo 27 años de registros, lo cual no se considera suficiente para realizar esta clase de análisis, dado que este período

incluye pocos eventos del ENOS. Véase las siguientes gráficas:

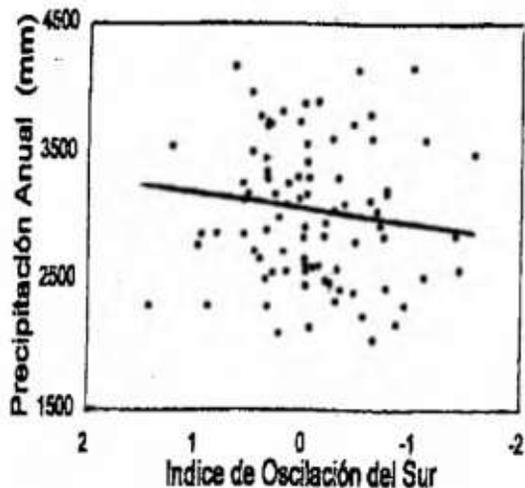
GRÁFICA # 12

Efecto de ENOS sobre Precipitación (CRISTOBAL)



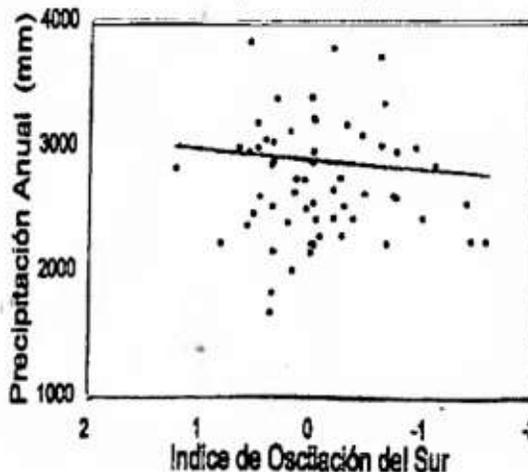
GRÁFICA # 13

Efecto de ENOS sobre Precipitación (GATUN)



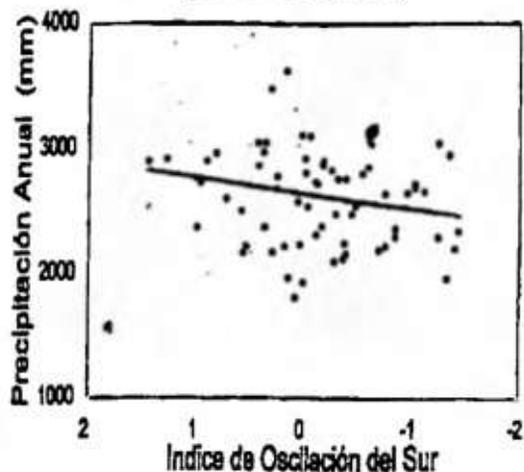
GRÁFICA # 14

Efecto de ENOS sobre Precipitación (Monte Lirio)



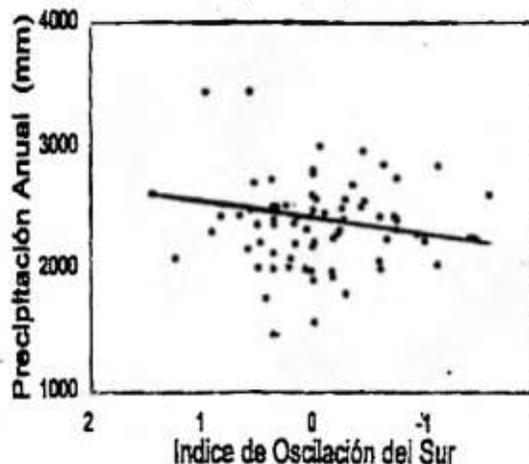
GRÁFICA #15

Efecto de ENOS sobre Precipitación
(Isla Barro Colorado)



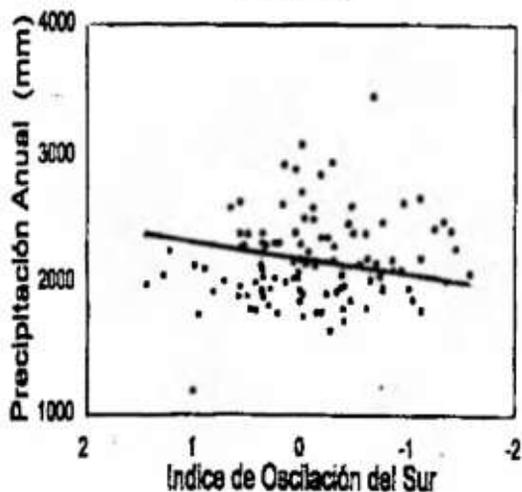
GRÁFICA #16

Efecto de ENOS sobre Precipitación
(Alhajuela)



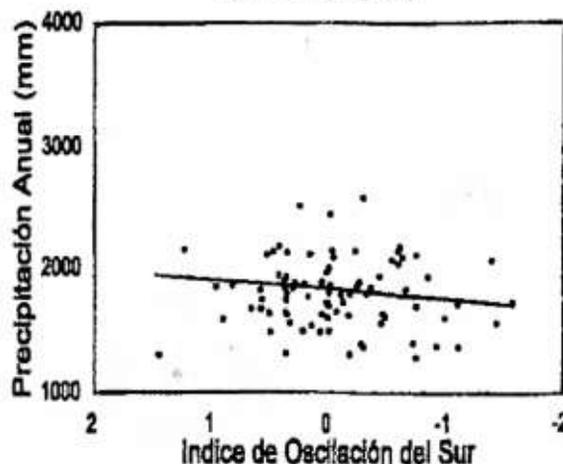
GRÁFICA #17

Efecto de ENOS sobre Precipitación
(GAMBOA)



GRÁFICA #18

Efecto de ENOS sobre Precipitación
(Balboa Heights)



En la tabla siguiente presentamos los resultados del coeficiente de regresión, la probabilidad de ocurrencia del estadígrafo (para una prueba bilateral colas) y el valor de r :

Tabla # 2
Resultados del ENOS en la Precipitación Anual

Estación	Coefficiente de Regresión	r	Probabilidad del Estadígrafo (p)
BAHT	90.0	0.213	0.089
Gamboa	127.6	0.260	0.006**
Alajuela	125.4	0.242	0.019*
Barro Colorado	134.6	0.209	0.092
Monte Lirio	118.8	0.170	0.123
Gatún	127.2	0.174	0.102
Cristóbal	94.2	0.129	0.179

Nota: Los valores con (*) son inferiores a un nivel de 5%, los valores con (**) son inferiores a un nivel de 1%.

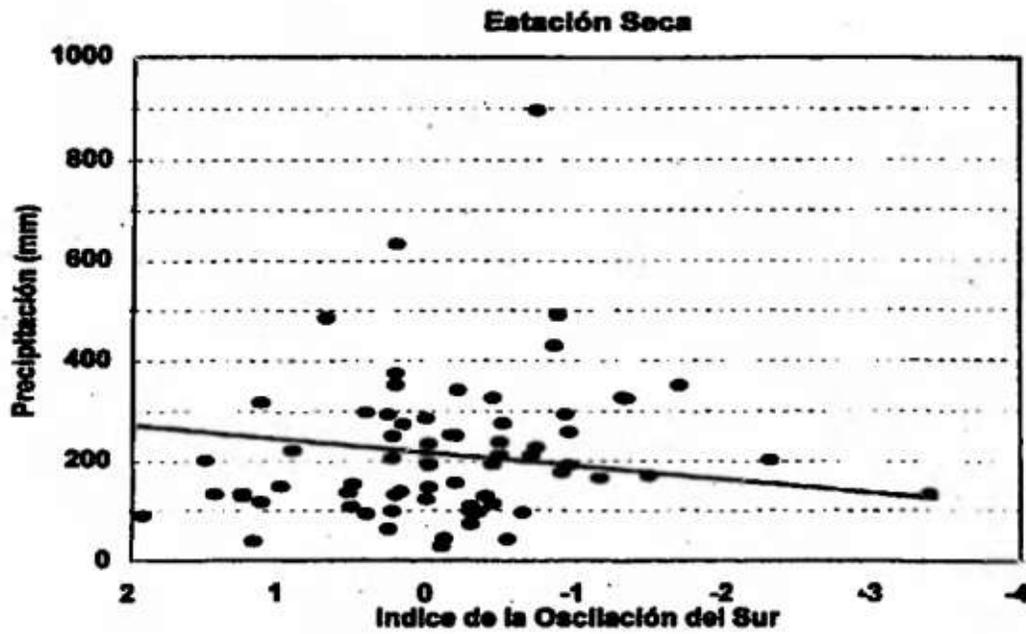
De lo anterior hemos obtenido que en la precipitación anual hay una relación lineal entre el ENOS y el efecto de reducción de la precipitación sólo para las estaciones ubicadas en el centro de la cuenca, lo que hemos denominado la zona D (representada por las estaciones de Gamboa y Alajuela con mayor cantidad de años de registros para esta zona).

En el segundo análisis de Barro Colorado, utilizamos la precipitación total para cada cuatro meses en la contrastación de las hipótesis nulas, que consiste en que la precipitación pluvial en la estación seca y en la estación lluviosa (lluvial 1 y lluvia 2) no está siendo afectada por el ENOS; y utilizamos aquí el método de regresión lineal entre la precipitación total para cada uno de los tres intervalos versus el I.O.S. promedio para cada cuatro meses, seguido de las pruebas correspondientes para cada uno de los coeficientes de regresión.

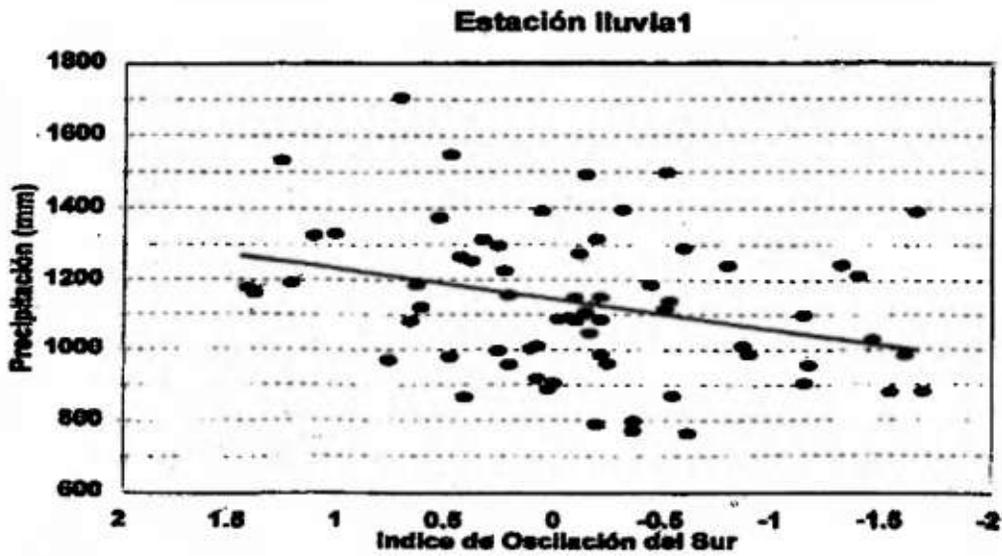
Para este segundo análisis, utilizamos solamente los registros de precipitación de la estación

meteorológica de Barro Colorado, porque la misma, además de ser una de las estaciones con mayor cantidad de años de registros, cuenta, además, con los registros mensuales y totales de precipitación, situación que no logramos en las demás estaciones. Estos registros diarios fueron divididos en intervalos de cuatro meses los cuales son: de enero a abril (estación seca); de mayo a agosto (lluvial 1) y de septiembre a diciembre (lluvia 2). Esta división la hicimos a manera de exploración, ya que en nuestro país se presentan dos estaciones climáticas muy marcadas, y como la estación lluviosa dura aproximadamente ocho meses, se dividió en dos intervalos: el primero cuando inicia la estación, y el segundo, cuando se presentan las mayores precipitaciones, para tener una mejor resolución del posible efecto del ENOS. Esta división la realizamos para explorar la posibilidad que el ENOS afecta en una manera distinta la primera y segunda mitad de la estación lluviosa. Véase las siguientes gráficas:

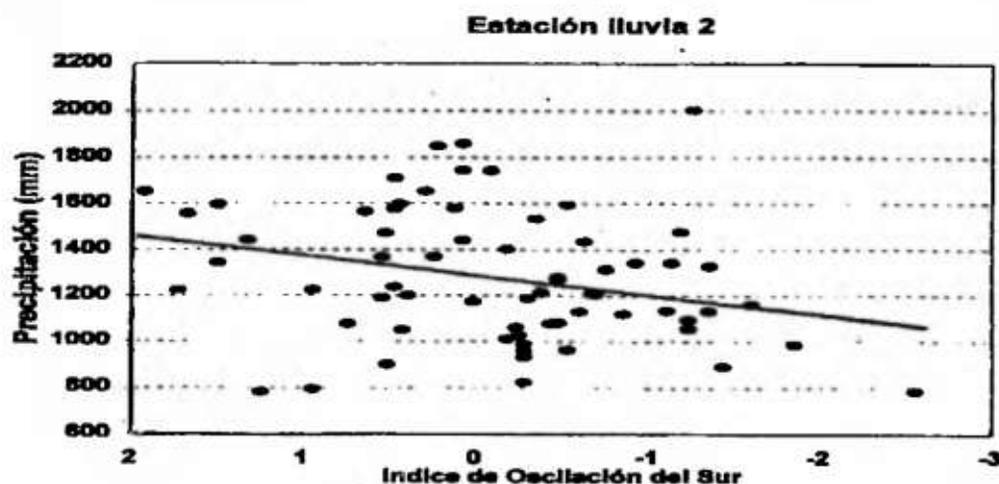
GRÁFICA #19



GRÁFICA #20



GRÁFICA #21



Además, en el tercer análisis, para contrastar la hipótesis de la diferencia del efecto del ENOS en lluvia1 y lluvia 2, utilizamos el estadístico correspondiente para la comparación de dos coeficientes de regresión, obteniéndose que el valor del estadígrafo para la comparación de los coeficientes de regresión de lluvia1 y lluvia2 es igual a -0.2119 con una probabilidad menor de 0.01.

De éstos resultados podemos decir que en cuanto a la precipitación en las estaciones climáticas (lluviosa y seca) en Barro Colorado se presenta el efecto sólo para la estación lluviosa. Sin embargo, para la Isla de Barro Colorado, no encontramos una relación significativa en cuanto al ENOS y la precipitación anual. Esta ausencia puede estar dándose, ya que la no relación del ENOS y la precipitación de la estación seca puede estar contrarrestando la relación que existe entre el ENOS y la precipitación de la estación lluviosa, lo cual podría estar ocurriendo de una manera similar para las zonas que no presentan una relación del ENOS y la precipitación anual.

Discusión.

Quizás surja la pregunta ¿ qué ha afectado los registros para que tengan una tendencia negativa con

respecto a la precipitación? Pues, los factores pueden ser varios. Uno de los que pueden estar influyendo en esta tendencia general negativa que se presenta en tres de las cinco zonas, es la forma en que se han recolectado los datos, ya que hasta el 1° de septiembre de 1971 los datos de precipitación se extraían de registros gráficos de 0.25 mm (0.01 pulg). Desde entonces, la precipitación se mide en unidades de 2.5 mm(0.1 pulg) a intervalos de 15 minutos mediante equipos automáticos. Al hacer este cambio de sistemas se podría estar sobreestimando la precipitación acumulada.

Otro factor que podría estar contribuyendo en la tendencia es la influencia del hombre con la deforestación en el ecosistema de la Cuenca del Canal. También cabe la posibilidad del factor aleatorio de la precipitación anual o de factores que no hemos contemplado en esta investigación.

Podríamos mencionar también como otro factor el calentamiento global o "efecto invernadero" que está afectando hoy día el clima global. Según el cuaderno de Educación Ambiental Todos se calcula que las actividades industriales vierten cada año a la atmósfera casi 20.000 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO_2) y ciento de millones de toneladas de

otros "gases invernaderos". Todo esto hace que la temperatura de la corteza terrestre aumente por encima de los márgenes naturales de variación, contribuyendo a posibles cambios en la circulación del océano y la atmósfera; estos cambios por sí mismos pueden estar alterando los patrones de precipitación.

Por último nos queda la interrogante ¿cuál de los factores que hemos mencionado afecta en un mayor grado la tendencia? No somos especialistas en meteorología; pero para nosotros todos los factores que hemos mencionado tienen su influencia, ya que ellos forman parte, ya sea del sistema atmosférico o del sistema oceánico, donde la alteración natural o provocada por el hombre causa que también se alteren los componentes de estos sistemas.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado los análisis estadísticos para la precipitación pluvial anual, podemos indicar lo siguiente:

1. Debido a las diferentes condiciones geográficas y climáticas de nuestro país, existen cinco zonas

dentro del Canal, donde las estaciones meteorológicas muestran patrones de precipitación similares.

2. Cuando la serie de tiempo corresponde a una variable climatológica y utilizamos el modelo de regresión lineal, la pendiente de ésta sólo nos podría explicar posibles condiciones del pasado; y como el clima sufre cambios constantemente, el método de regresión lineal es ineficiente para predecir la tendencia a largo plazo de este tipo de serie.
3. Según la magnitud con que se presente el ENOS, éste causa una reducción en la precipitación pluvial anual para la zona ubicada en el centro del Istmo (zona D, representada por las estaciones de Gamboa y Alhajuela).
4. Además, al utilizar los datos diarios de la estación de Barro Colorado, encontramos que el ENOS tiene un efecto de reducción sobre la precipitación en la estación lluviosa en Barro Colorado. Por el contrario, para la estación seca no hay un efecto significativo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO, LUIS A. 1985. **La sedimentación en el Lago Alhajuela**. En, *Agonía de la Naturaleza: Ensayo sobre el costo ambiental del desarrollo panameño*. Stanley Heckadon Moreno y Jaime E. Gonzáles (editores). Impretex S. A. Panamá. 103 pp.
2. ASOCIACIÓN NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. 1995. **Evaluación Ecológica de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá**. ANCÓN. Panamá. 98 pp.
3. CENTRE UNESCO DE CATALUNYA. 1993. **TODOS**. Cuadernos de Educación Ambiental. Centre UNESCO de Catalunya. Barcelona, España. No.2. s./p.
4. HART, MICHAEL S. 1992. **Analysis of Rainfall Data in the Panama Canal for the Presence of a trend**. Meteorological and Hidrographic Branch Engineering Division Panama Canal Commission. Balboa Heights, Panamá. 205 pp.

<http://naulu.soest.hawaii.edu/index.html>

<http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/paleo.html>

5. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL TOMY GUARDIA. 1988. **Atlas Nacional de la República de Panamá**. IGNTG. 232 pp.
6. JOHNSON, RICHARD A. Y D.W. WICHERN. 1982. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. 594 pp.
7. KENDALL, MAURICE G Y J.K. ORD. 1990. **Time Series**. 3ª edición. Oxford Univesity Press. Gran Bretaña. 296 pp.
8. NARANJO, PLUTARCO. 1985. **El Fenómeno El Niño y sus Efectos en el Clima del Ecuador**. En, **El Niño en las Islas Galápagos. El Evento de 1982-83**. Gary Robinson y Eugenia M. del Pino (Editores). Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos. Quito, Ecuador. 3-27 pp.
9. PATON, STEVEN R. Y COLABORADORES. 1994. **Introducción a la Bioestadística de Campo**. Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos. Ecuador. 143 pp.
10. PHILANDER, GEORGE S. 1990. **El Niño, la Niña and the Southern Oscillation**. Academic Press, Inc. San Diego, California. 293 pp.
11. RASMUSSEN, EUGENE M. Y M.J. HALL. 1983. "El Niño: Great Equatorial Warming Event of 1982-83". **Weatherwise**. 36: 167-175 pp.
12. REPORTS TO THE NATION ON OUR CHANGING PLANET. 1994. **El Niño and Climate Prediction**. Spring. No.3. 23 pp.
13. WINDSOR, DONALD M. 1990. **Climate and Moisture Variability in a Tropical Forest: Long-Term Records from BCI**. Smithsonian Institution, Press. Washington D.C. 145 pp.
14. WINDSOR, DONALD M Y S. RAND. 1985. **Cambios Climáticos en los Registros de Lluvias en Panamá y Costa Rica**. En, **Agonía de la Naturaleza, Ensayos sobre el Costo Ambiental del Desarrollo Panameño**. Stanley Heckadon Moreno y Jaime Espinosa G. (Editores). Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá y Smithsonian Tropical Research Institute. Panamá. 147-164 pp.

RESPUESTAS OSMOADAPTATIVAS DEL GUAPOTE JUVENIL (*Dormitator latifrons*, Richardson, 1837) DURANTE TRANSFERENCIA DIRECTA AL AGUA DE MAR

LABORATORIO DE FISIOLÓGIA DR. ERICH GRAETZ.
DEPARTAMENTO DE FISIOLÓGIA Y COMPORTAMIENTO ANIMAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS.
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ.

POR: CÉSAR A. VILLARREAL
GILBERTO E. BECERRA

RESUMEN

El guapote juvenil (*Dormitator latifrons*) presenta un porcentaje de supervivencia muy elevado al ser transferido directamente a diferentes concentraciones de agua dulce, al agua de mar (AD-AM), lo cual demuestra que el mismo es capaz de hipoosmorregular desde etapas muy tempranas de su ciclo de vida. El estudio de la tasa de agua perdida (TAP, mg/día) a diferentes concentraciones AD:AM (V:V) de 0%, 50%, 75%, 100%; demostró que el guapote juvenil muestra **fase de crisis** solamente cuando la concentración fue de 100%. Esta última, describe un comportamiento similar al del pez adulto, lo que indica el carácter **anfriadromo** del guapote, toda vez que es capaz de emigrar desde y hacia medios marinos durante todo su ciclo de vida.

PALABRAS CLAVES: *Dormitator latifrons*, osmorregulación, hipoosmorregulación, anfriadromía, juveniles, porcentaje de supervivencia.

INTRODUCCIÓN

El estudio del desarrollo ontogenético de las capacidades osmorreguladoras de los teleósteos es considerado de enorme importancia para el debido entendimiento de sus diferentes historias de vida y patrones evolutivos (Myer, 1949; Hoar, 1976;

McDowall, 1988). Los análisis más detallados se han centrado en el estudio de los problemas osmóticos a los que están sometidos los huevos y alevines (embriones con bolsa vitelina) (Alderdice, 1988). Estos estados de la historia de vida del grupo han demostrado ser capaces de sobrevivir por periodos relativamente largos en medios hiperosmóticos (Parry, 1960, 1966; Hoar, 1976; Talbot *et al.*, 1982; Alderdice, 1988, Banks *et al.*, 1991). Adicionalmente se ha comprobado que en las formas juveniles, el órgano osmoefector por excelencia es la piel, función que en la forma adulta es transferida al intestino, riñones y branquias (Hoar, 1976; Alderdice, 1988; Li *et al.*, 1995). No obstante, observaciones recientes demuestran que las branquias de los estados larvarios de *Oreochromis mossambicus*, constituyen un órgano ionorregulador mucho antes de que funcione como órgano de intercambio de gases (Li *et al.*, 1995).

El estudio empírico de las capacidades osmorreguladoras en muchas formas juveniles y subadultas de diferentes especies de teleósteos ha sido, sin embargo, muy descuidada y los conocimientos adquiridos se derivan del análisis de la conducta migratoria de muchas poblaciones naturales (para una revisión ver McDowall, 1988). Esta aproximación experimental en el caso del *Dormitator latifrons* ha

creado una situación más bien confusa. Así observamos que el guapote ha sido considerado sucesivamente anádromo (que migra al agua dulce durante la freza) o catádromo (que migra al mar durante la freza); aunque más bien es una especie anfiádroma como la gran mayoría de los gobiodeos (Chang y Navas, 1984; McDowall, 1988; Villarreal *et al.*, 1990). Las especies anfiádrómicas son aquellas que migran desde o hacia el mar por razones distintas a la freza. La distinción es importante pues muchas especies diádrómicas (tanto anádrómicas como catádrómicas) son sólo capaces de resistir choques osmóticos durante un período muy específico de su ciclo de vida (Hoar, 1976; McDowall, 1988). La definición clara de una situación o la otra es solo posible mediante el análisis experimental en el laboratorio.

Villarreal *et al.* (1986, 1993), demostraron que el guapote adulto es capaz de resistir transferencia directa desde y hacia agua de mar durante cualquier época del año. Sugiriendo seguidamente que *D. latifrons* no necesita desarrollar mecanismos osmorreguladores para enfrentar cambios en salinidad del medio.

El propósito del presente trabajo fue el de comprobar experimentalmente la capacidad del guapote juvenil para sobrevivir en medio hiperosmótico.

PARTE EXPERIMENTAL

Captura y mantenimiento de los especímenes:

Los guapote juveniles fueron capturados a finales de la estación lluviosa de 1991 en un lago artificial de 20 ha ubicado en la localidad de Mata de Corozo, cerca de la desembocadura del Río Cabra, Provincia de Panamá (9° 01' N, 79° 01' W). La captura se realizó mediante el uso de una red de mano (50 x 36 cm) con malla de trama de 0,1 cm.

El peso y longitud total de los especímenes fluctuó entre 0,125 - 1,520 g. y 2,3 - 6,2 cm. con promedios de $0,62 \pm 0,11$ g. y $4,45 \pm 0,33$ cm. respectivamente. Los peces fueron transportados al laboratorio en bolsas plásticas conteniendo agua de río. Para disminuir el

estrés por la captura, los peces eran ligeramente sedados con MS-222 (etil-*m*-aminobenzoato, Villarreal y Valdés, 1995). Una vez en el laboratorio los animales eran aclimatizados a las condiciones experimentales por 15 días.

Tolerancia a diferentes salinidades:

Treinta y cinco (35) juveniles fueron divididos al azar en siete grupos de cinco peces cada uno y colocados en siete frascos de 3,78 L de capacidad, conteniendo una mezcla de agua de grifo de clorinada (AD) y agua de mar (AM) volumen a volumen (V:V) hasta alcanzar los porcentajes de 0%, 5%, 12.5%, 50%, 75%, 100% de AM respectivamente. Los frascos fueron examinados periódicamente durante 120h, anotándose la mortalidad cada 24h.

Determinación de la variación de peso corporal:

Para tal propósito se prepararon doce frascos con una mezcla V:V de AD:AM de 0%, 50%, 75% y 100% (tres frascos por concentración); donde los frascos conteniendo las mezclas de AM eran aereados, lo que trajo como consecuencia la formación de turbulencia dentro de los mismos. Seguidamente se colocaron cinco peces aclimatizados en cada frasco, luego de pesados en conjunto para obtener el peso húmedo promedio (PHM) durante el tiempo 0 (t_0). Para tal efecto los peces eran ubicados en un plato Petri obteniéndose el peso total por diferencia con el plato vacío, mediante la fórmula:

$$\text{PHM (mg)} = (\text{plato Petri} + 5 \text{ peces} - \text{plato Petri vacío}) / 5$$

No se usó anestésico durante el proceso de pesada, puesto que se determinó empíricamente que el MS-222, produce pérdida de peso húmedo. Sin embargo, con el propósito de mejorar nuestro protocolo experimental se introdujo el uso de hipotermia como anestésico, notándose que la aplicación de una temperatura de 15°C por 15 min. induce en el pez el desarrollo de la etapa III de anestesia. La recuperación, empero, no fue mejorada

obteniéndose un alto porcentaje de mortalidad (Villarreal y Valdés, 1995).

Los peces fueron pesados en la forma antes descrita cada 24h durante siete días, procediéndose más tarde a calcular la tasa de agua perdida (mg/día) mediante la ecuación:

$$\text{Tasa de agua perdida (TAP)} = (\text{PHM } t_0 - \text{PHM } t_x) / \text{Días}$$

donde:

t_0 = Momento de inicio del experimento

t_x = Intervalos sucesivos

Este protocolo experimental se repitió dos veces.

Análisis estadístico:

Debido al tamaño de la muestra y con el propósito de soslayar los postulados del análisis estadístico paramétrico, se procedió a someter los datos a la prueba no-paramétrica de Friedman para bloques aleatorizados. En el caso del experimento de supervivencia los datos fueron sometidos a una prueba de X^2 simple (Sokal y Rohlf, 1979; Clegg, 1984).

RESULTADOS

Supervivencia:

Los juveniles al ser transferidos a diferentes concentraciones de AM, demostraron ser altamente resistentes a las condiciones hiperosmóticas luego de 144 h de permanencia en dichos medios. Así anotamos que hubo un 100% de supervivencia a concentraciones entre 0 - 25% de AM. La supervivencia descendió a 80% a una concentración de 50% y 100% AM y, a 60% de supervivencia, a una concentración de 75% AM, sin embargo, tales divergencias no fueron significativamente diferentes entre sí ($X^2 = 0,24$; 6gl; $p > 0,10$) (Fig.1).

Variación de peso:

La tasa de agua perdida (TAP) por los juveniles de guapote sometidos a 50% y 100% AM. durante la prueba experimental, ascendió a $75,67 \pm 35,9$ y $188,50 \pm 51,28$ mg/día respectivamente a las 24 h; en contraste con los peces sometidos a 0% y 75%

AM que sólo ganaron $49,80 \pm 12,57$ y $60,50 \pm 29,34$ mg/día respectivamente. Las diferencias entre dichos promedios fue significativa para una prueba de dos colas ($X^2 = 8,1$; 3 gl; $p < 0,05$). La diferencia en TAP se mantuvo durante las 48 h para los peces sujetos a las otras concentraciones (0%, 50%, 75% AM) pero las mismas no fueron significativas ($X^2 = 4,8$; 3 gl; $p > 0,05$). Desde ese instante en adelante los peces no mostraron diferencias en cuanto a la TAP (Fig. 2). Al compararse estadísticamente los promedios en la TAP de los peces para cada hora, se encontró que era significativamente ($p < 0,01$) para el caso de los animales sometidos a las concentraciones de 50% y 100% AM (Cuadro 1). Finalmente, es notorio que los peces sujetos a concentraciones de AM de 0% y 75% también pierden agua pero tal pérdida no fue significativa ($p > 0,05$).

Luego de realizada las pruebas aquí descritas, los peces fueron retornados a las peceras con agua de grifo declorinada donde permanecieron durante varias semanas.

DISCUSIÓN

Supervivencia de los juveniles:

Los resultados de este estudio coinciden en demostrar que el guapote juvenil, al igual que el adulto (Villarreal *et al.*, 1993), es capaz de resistir la transferencia directa AD -AM. Por otra parte, el hecho de que los mismos sobrevivieron al ser retornados a peceras con agua declorinada, demuestra que son capaces de resistir la transferencia directa inversa (AM -AD). La supervivencia durante transferencia AD - AM, empero, no fue igual para todas las concentraciones siendo menor entre 50% - 100% AM, resultado éste que puede ser adscrito al tamaño; pues los peces pequeños tienen dificultades de osmorregulación al poseer con respecto a su volumen una mayor superficie expuesta (Huntsman y Hoar, 1939; Hoar, 1976; Talbot *et al.*, 1982).

Pérdida de agua durante transferencia AD - AM:

El experimento de variación en la TAP con los guapotes juveniles confirmaron los resultados obtenidos

en el experimento de supervivencia, toda vez que los juveniles resistieron los cambios osmóticos por una semana (Figs. 1 y 2). No obstante, las respuestas no fueron similares para todos los tratamientos, ya que sólo los peces sometidos a concentraciones de 50% y 100% AM, mostraron diferencias significativas alguna ($p < 0,01$) con respecto a las distintas horas de tratamiento y con el tratamiento control (0%) durante las primeras 24 h (Figs. 2, Cuadro 1). Los peces sometidos a concentraciones entre 0% y 75% no mostraron diferencia alguna en la TAP para cada hora o entre sí. Las causas de tales diferencias en comportamiento se discuten a continuación, separadamente.

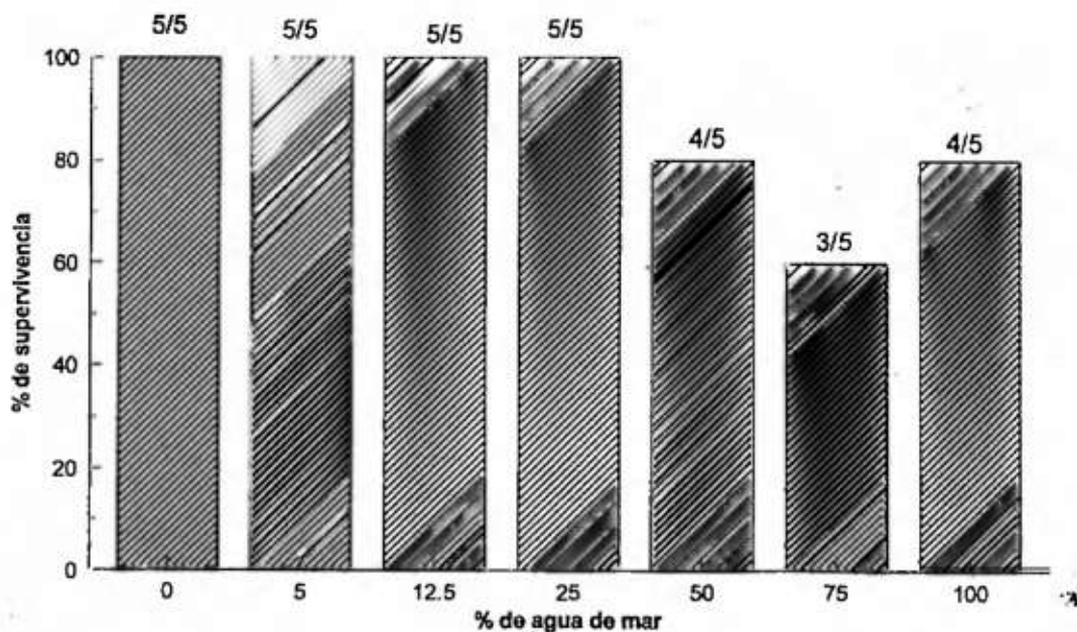
Los cambios transitorios en la TAP presentados por los peces sometidos a 100% AM son consistentes con resultados experimentales previos obtenidos en guapotes adultos (Villarreal *et al.*, 1986, 1993). En efecto, los guapotes juveniles, al igual que los adultos sometidos a las mismas condiciones, mostraron un incremento temporal en la TAP durante las primeras 24 h, que descendió al valor correspondiente a los peces sujetos a las otras concentraciones (0%, 50% y 75%) a las 72 h (Fig. 2). Este resultado extiende a los guapotes juveniles la afirmación de Villarreal *et al.* (1986, 1993) en el sentido de que esta especie, luego de transferencia directa AD - AM, atraviesa por una **fase de crisis** transitoria. Esta fase tiene una duración aproximada de 96 h y durante ella los valores normales de concentración iónica y de humedad tisular se desequilibran. A esta fase la sucede una **fase regulativa** cuando las variables mencionadas retornan a los valores controles (AD). Por otra parte, la musculatura del guapote adulto presenta un comportamiento similar al del la TAP del juvenil (ver Fig. 3, en Villarreal *et al.*, 1986). Como quiera que en el teleósteos el tejido muscular representa el 80% de la masa corporal (Love, 1970) podemos concluir: primero, que el tejido muscular es el que da razón de la pérdida de peso acuoso que sufren los juveniles, durante las primeras 72 h de transferencia directa AD - AM al 100%. Segundo, que la fase de crisis de los

juveniles tiene la misma duración temporal que en el adulto.

Diferencialmente, el incremento en la TAP observado tanto en peces controles (0%) como experimentales sometidos a 50% y 75% parece deberse a estrés causado por las condiciones experimentales. Así anotamos, que el protocolo experimental aquí denominado **variación de peso**, consistió en colocar los juveniles en frascos de pequeño volumen en donde el burbujeo para aerar el agua traía como resultado la formación de turbulencia, desencadenando que los animales tuvieran que nadar activamente para mantener su posición en la columna de agua (**reotaxia positiva**), lo cual actuaría como factor estresante. Si esta interpretación es correcta, es de esperar que no haya diferencias estadísticas en la pérdida de agua entre los peces sometidos a estos tratamientos, lo que ocurrió efectivamente (Fig. 1). El otro corolario importante de esta observación es la de que los guapotes juveniles están naturalmente "preparados" para sobrevivir en medios salobres.

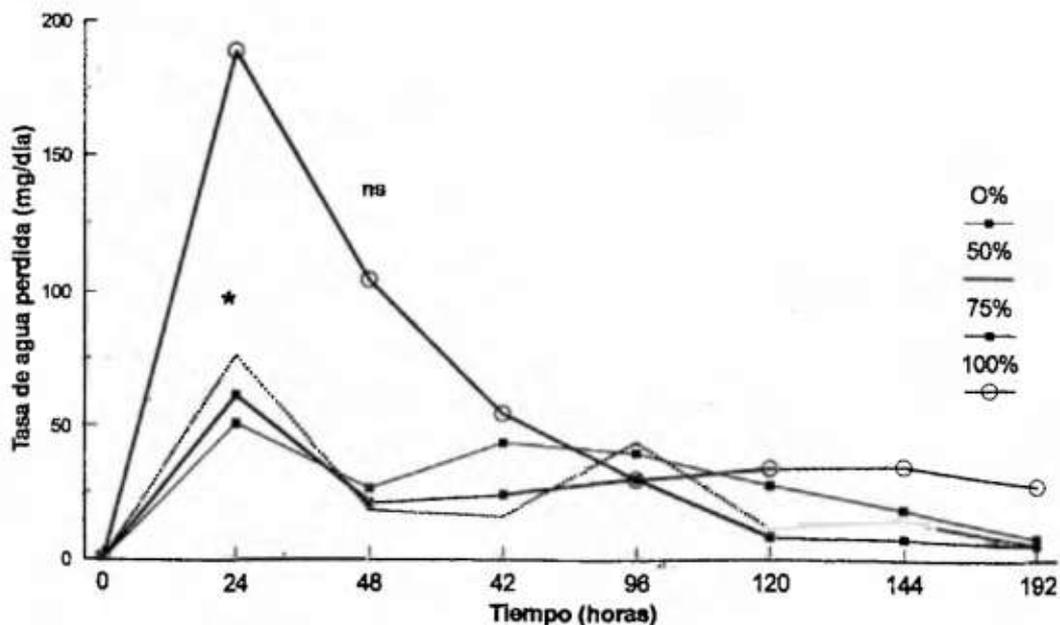
La resistencia de los juveniles subadultos de *D. latifrons* al choque osmótico, demuestra que esta forma está capacitada para migrar de los medios salobres o marinos a los rivereños y viceversa; se refuerza así la sugerencia en el sentido de que esta especie es anfiádroma (McDowall, 1988). Villarreal *et al.*, (1990) sugirieron que los reclutas juveniles tardíos (abril - mayo) que inundan los estuarios salobres durante inicio de época lluviosa migran desde los afluentes río arriba. Chang y Navas (1984) mientras tanto, indicaron que la migración río arriba ocurría con los desbordamientos de las planicies durante periodos de lluvia cuando la disponibilidad de alimento aumentaba. Ambas explicaciones no son necesariamente contradictorias entre sí (Villarreal *et al.*, 1990), pero indican el carácter anfiádromo del guapote, el cual es capaz de migrar en uno u otro sentido puesto que es susceptible de resistir el reto osmótico a todo lo largo de su ciclo de vida.

Figura 1.



Porcentaje de supervivencia del guapote juvenil durante transferencia directa a diferentes concentraciones de agua de mar (0%; 5%; 12,5%; 50%; 75% y 100% AM). n/n, (Nº, peces sobrevivientes; Nº, peces totales), ns: no significativa.

Figura 2.



Valor promedio de la tasa de agua perdida (TAP mg/día) por el guapote juvenil, para cada hora luego de transferencia directa a 0%; 50%; 75% y 100% de agua de mar. *: p < 0,05. ns: no significativo.

Cuadro 1:

Grado de significancia entre las diferencias observadas para cada hora, en guapotes juveniles sometidos a diferentes salinidades (AD : AM; V : V) Prueba de Friedman para bloques aleatorizados.

TRATAMIENTO	GL	X ²	P
0%	5	8,000	0.05 ns
50%	5	19,9553	0.005***
75%	5	9,6667	0.05ns
100%	5	14,6190	0.010**

*** p < 0.001

** p < 0.01

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ALDERDICE, D.F.** 1988. Osmotic and ionic regulation in teleost eggs and larvae. En: Fish Physiology. Eds. W.S. Hoar y D. Randall. Vol. 9A: 163-251. New York: Academic Press.
2. **BANKS, M.A.; G. J. HOLT y J. M. WAKEMAN.** 1991. Age-linked changes tolerance of larval spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*, Cuvier). J. Fish Biol. 39: 505-504.
3. **CLEGG, F.** 1984. Estadística Fácil. Barcelona: Editorial Crítica. 304 pp.
4. **CHANG, B. D. y W. NAVAS.** 1984. Seasonal variation in growth, condition and gonads of *Dormitator latifrons* (Richardson) in the Chone River Basin, Ecuador. J. Fish Biol. 24: 637-648.
5. **HOAR, W. S.** 1976. Smolt transformation: Evolution, Behavior and Physiology. J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 1233-1252.
6. **HUNTSMAN, A. G. y W. S. HOAR.** 1939. Resistance of Atlantic salmon to sea water. J. Fish. Res. Bd. Can. 4: 400-411.
7. **LI, J.; J. EYGENSTEYN, R.A.C. LOCK; P. M. VERBOST, A. J. H. VAN DER HEIJDEN; S. E. WENDELAAR BONGA y FLIK.** 1995. Branchial chloride cells in larvae and juveniles of freshwater tilapia *Oreochromis mossambicus*. J. Exp. Biol. 198: 2177-2184.
8. **LOVE, R. M.** 1970. *The Chemical biology of Fishes* London: Longman. 547 pp.

9. MCDOWALL, R. 1988. **Diadromy in Fishes**. London: Croom Helm. 308 pp.
10. MYERS, G. S. 1949. Salt-tolerance of freshwater fish groups in relation to zoogeographical problems. **Bijde Dierk.** 28: 315-322.
11. PARRY, G. 1960. The development of salinity tolerance in the salmon *Salmo salar* L. and some related species. **J. Exp. Biol.** 37: 426-434.
12. PARRY, G. 1966 Osmotic adaptation in fishes. **Biol. Rev.** 41: 392-444.
13. SOKAL, R. R. y E. J. ROHLF. 1979. **Biometría**. Madrid H. Blume Ediciones. 832 pp.
14. TALBOT, C.; F. B. EDDY y J. JOHNSTON. 1982. Osmoregulation in salmon and sea trout alevins. **J. Exp. Biol.** 101: 61-70.
15. VILLARREAL, C. A.; M. A. DE LÓPEZ; F. DE VINCENTI; E. DE FANILLA y D. G. BERROCAL. 1986. Adaptación osmótica del góbido eurihalino *Dormitator latifrons* (Richardson). **Scientia (Panamá)**. 1: 9-15.
16. VILLARREAL, C. A.; M. A. DE LÓPEZ; M. E. HERRERA y M. CLARKE. 1990. Estudios del crecimiento corporal y gonadal del *Dormitator latifrons* (pisces: Elotridae). I. Frecuencia de tallas y ciclo de madurez gonadal. **Scientia (Panamá)**. 5(2): 29-42.
17. VILLARREAL, C. A.; M. A. DE LÓPEZ; E. E. VALDÉS; D. G. BERROCAL y M. E. HERRERA. 1993. Respuestas osmoadaptativas del guapote *Dormitator latifrons* (Richardson, 1837), durante la transferencia directa hacia y desde agua de mar. **Revista Universidad**. IV Época N° 48: 69-78.
18. VILLARREAL, C. A. y E. VALDÉS. 1995. Efecto estresante del metanosulfonato de tricaína (MS-222) en estudios fisiológicos del *Dormitator latifrons* (Richardson, 1837). **Informe Final. VIP**. Universidad de Panamá, Panamá, 42 pp.

ESTUDIO SOBRE EL RENDIMIENTO POR ESTADO FUNCIONAL

Prof. ALBERTO CASTILLO
Prof. CARMEN C. RODRÍGUEZ
Prof. DANIEL SÁNCHEZ G.

Asesorado por: Prof. Virginia Benavides

RESUMEN

Cualquier actividad es beneficiosa con la debida moderación. Cuando es más intensa de la acostumbrada, mejora los procesos orgánicos y fortalece el corazón, los pulmones, los músculos, los huesos y las articulaciones.

Esta investigación tiene como propósito determinar estadísticamente cual es el estado funcional de las personas y como éstos varían dependiendo de las edades y el sexo; además si existe relación o dependencia entre el estado funcional de las personas y los tiempos de llegadas.

Consideramos que tiene mucha importancia poder determinar de manera real como se está comportando el estado funcional en la variedad de los diferentes grupos de edades, las cuales son los indicadores del estado funcional de toda la población. En la presente investigación se ha utilizado las técnicas de **Análisis de Varianza de Dos Factores en el Diseño Completamente Aleatorio**. Este modelo es un diseño completamente aleatorio en el que los datos de muestra son clasificados en función de dos variables aleatorias independientes.

INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico produce una sensación de bienestar. Ayuda a prevenir la obesidad, protege contra las cardiopatías coronarias y favorece la autonomía individual cuando se llega a la vejez.

También se tiene que todo ejercicio suficientemente prolongado sirve para prolongar la respiración

más de lo habitual, es en particular eficaz para reforzar el corazón. Los brazos y piernas necesitan ese aporte de oxígeno en sus movimientos, sobre todo al hacer ejercicios aeróbicos, caminar, andar en bicicleta, bailar, nadar, correr, remar o jugar al fútbol, entre otras modalidades de ejercicio. Practicando con regularidad y aumentando de modo muy gradual su intensidad, se mejora la forma física y la salud del corazón. A medida que aumenta la actividad y la salud de un individuo, su respiración se hace más vigorosa, aumentando su transpiración y mejora su estado funcional. Es el propio interesado quien determinará el tipo de ejercicio físico que más le conviene, pero las autoridades deberían ser quienes promuevan ampliamente estas actividades.

Esta investigación contempla los Aspectos Generales, en donde se consideran los Antecedentes, los Objetivos que se persiguen en la Investigación, las Hipótesis que se van a probar; también se consideró la justificación de la misma donde se determina la importancia que tiene el estudio realizado y el aporte para próximas investigaciones.

Dentro de los Aspectos Metodológicos se consideró el Planteamiento del Problema motivo de esta Investigación, la Formulación de Hipótesis que se vayan a comprobar, la Definición de las Variables de estudio, el lugar donde se realizó la Experiencia y finalmente los materiales que fueron utilizados para la recopilación de la información.

ASPECTOS GENERALES

Los antecedentes del estudio.

Los mejores deportes no exigen grandes gastos. La caminata, por ejemplo, puede considerarse como la actividad física más natural y está al alcance de todos, jóvenes y viejos, tanto en la ciudad como en el campo.

Además puede integrarse fácilmente en la vida cotidiana. Una pequeña caminata diaria contribuye positivamente a la salud.

Uno de los problemas que aqueja a la población panameña es la falta de ejercicio, que repercute en la salud física del panameño común; si consideramos que cada panameño realizara una caminata diaria de por lo menos 15 minutos, muchos problemas de salud se podrían evitar, sobre todo los que afectan al corazón. Este es un problema que preocupa en particular tanto a médicos como a enfermeras, pero cada uno debe tomarle importancia, pues es nuestra salud la que está en juego. Es por eso que hemos realizado este trabajo de investigación, interesados en verificar si el estado físico de las personas que participan en una caminata está relacionado con el tiempo que realizan dicha caminata.

Preguntas como ¿Cuál es el ejercicio ideal? han llevado a estudios, los cuales aseguran que esta pregunta depende de diversos factores, entre ellos la duración de la jornada y los hábitos o el temperamento del sujeto. La Asociación Médica Americana publicó en su periódico la siguiente afirmación:

"El uso eficaz de actividad física en el tratamiento médico de los pacientes indica los efectos beneficiosos del ejercicio en cuanto a prevenir o diferir enfermedades y degeneración orgánica ... obesidad, atrofia muscular, ineficiencia cardiovascular, articulaciones rígidas y mengua de algunas funciones metabólicas; todos estos son efectos posibles de una inactividad prolongada".

Afirmaciones como esta nos lleva a preguntarnos cuánta actividad física realiza el panameño común.

Situación actual del problema.

No existen vacunas contra las afecciones del corazón y de las arterias, sólo se pueden prevenir. En los países en desarrollo y en los desarrollados, la forma más práctica y menos costosa de prevención consiste no en tomar medicamentos, sino en llevar una vida sana.

En los Estados Unidos de América, la mortalidad por enfermedades cardiovasculares ha disminuido un 40% en las tres últimas décadas. Esta disminución es atribuible en una tercera parte al progreso técnico que representan los fármacos anticoagulantes y antihipertensivos, las unidades de cuidados intensivos, la angioplastia y la cirugía de derivación de las coronarias. Cabe atribuir las otras dos terceras partes a medidas tales como la observancia de una dieta destinada a reducir calorías, grasas y sales, un mejor control de la hipertensión, la creciente difusión de los ejercicios destinados a mantenerse en buena forma física y la renuncia al tabaco, todo lo cual nada tiene que ver con los medicamentos.

También el modo de vida tiene que ver con el aumento de las enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, según un informe del Banco Mundial, **"pocos países promueven una alimentación basada en un bajo consumo de grasa, colesterol y sal; de hecho, son pocos los países que tienen una política nutricional que estimule ese tipo de alimentación."** Y tampoco se promueve sistemáticamente la buena forma física y el ejercicio en escuelas y lugares de trabajo.

Los resultados indican que donde menos casos de obesidad se da entre la población masculina y femenina estudiada es en Pekin (China), Gothenberg (Suecia) y Auckland (Nueva Zelanda), con una proporción del 3%, 7% y 8% respectivamente. Los varones más obesos vivían en Malta (25% de obesos), seguida por la provincia del Bajo Rin en Francia oriental y por Kaunas, en Lituania (en cada caso un 22%).

El exceso de peso, sin embargo, era una característica de casi todas las poblaciones estudiadas, de lo cual se desprende que es necesario modificar el modo de vida haciendo más ejercicio físico y adoptando una dieta equilibrada.

Para las personas que hacen trabajos físicos rudos, la jornada laboral ordinaria es ya de por sí un ejercicio suficiente. En cambio, los trabajadores sedentarios necesitan practicar regularmente alguna actividad física en sus momentos de ocio.

Para estar en buena forma física no es necesario convertirse en corredor de maratón. De hecho, lo que se necesita es mantener el peso normal y suficiente flexibilidad, vigor muscular y resistencia cardiovascular para hacer frente a las necesidades cotidianas. El ejercicio debe hacerse durante muchos meses, incrementándolo lenta y regularmente en duración e intensidad.

Hipótesis generales

"Habrá diferencia significativa en el rendimiento promedio de los tiempos en realizar una caminata dependiendo del estado de salud de la persona que la realiza".

Objetivos de la investigación

- Demostrar que existe diferencia entre los tiempos promedios en realizar una caminata y el estado funcional de la persona.
- Establecer diferencia entre los promedios de tiempo y la edad del participante.

Limitaciones

Las limitaciones que se nos presentaron en la realización de este trabajo de investigación fueron las siguientes:

Económicas, el costo que involucra hacer un estudio que involucra el estado físico requiere la realización de exámenes médicos lo cual conlleva grandes gastos.

La recopilación de la información requiere de un equipo de trabajo numeroso y bien organizado, lo cual requiere tiempo de preparación antes de realizar el experimento.

Justificación

Esta investigación tiene como propósito determinar estadísticamente cual es el estado funcional de las personas y como estos varían dependiendo de las edades y el sexo, además si existe relación o dependencia entre el estado funcional de las personas y los tiempos de llegadas.

Consideramos que tiene mucha importancia poder determinar de manera real cómo se está comportando el estado funcional en la variedad de los diferentes grupos de edades las cuales son los indicadores del estado funcional de toda la población.

Planteamiento del problema

¿Existirá alguna variación significativa en los tiempos de recorrido que toma un grupo de personas con su edad y su estado funcional?

Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia en los promedios de los tiempos tomados en la caminata entre los distintos estados funcionales de las personas.

H_1 : Existe diferencia en los promedios de los tiempos tomados en la caminata entre los distintos estados funcionales de las personas.

H_0 : No existe diferencia en los promedios de los tiempos de las edades de las personas que participaron en las caminatas.

H_1 : Existe diferencia en los promedios de los tiempos de las edades de las personas que participaron en las caminatas.

H_0 : Los estados funcionales y las edades no interactúan.

H_1 : Los estados funcionales y las edades interactúan.

Definición de Variables y Conceptos

Para nuestra investigación tenemos que las variables independientes son la edad y el estado funcional y variable dependiente los tiempos de recorrido de la caminata. Léase estado funcional como estado físico de las personas, el cual por sí mismo implica muchas variables. El estado funcional se determina por medio de la realización de varios exámenes entre los cuales podemos mencionar Examen físico (inspección, palpación, percusión y auscultación).

Población y Muestra

La población considerada en la realización de esta investigación son todas las personas de la provincia de Panamá, mayores de 20 años.

La muestra consiste de todos los participantes mayores de 20 años a las caminatas realizadas en el Parque Omar durante el verano de 1995.

Diseño Experimental

Utilizaremos el **Análisis de Varianza de Dos Factores en el Diseño Completamente Aleatorio**. Este modelo es un diseño completamente aleatorio en el que los datos de muestra son clasificados en función de dos variables aleatorias independientes. Cada variable posee varias categorías o niveles para su estudio. Si se hace el mismo número de observaciones para cada una de las combinaciones de niveles, el experimento se llama Experimento Factorial Completo y si el número es diferente se le llama Incompleto. Para diseñar una investigación con varias variables independientes se debe escoger las diferentes combinaciones de niveles de las variables que serán incluidas en el experimento (los tratamientos), decidir el número aproximado de observaciones por tratamiento, y entonces decidir como aplicar los tratamientos a las unidades experimentales.

Algunos ejemplos de análisis de varianza de dos factores son:

1. Un experimento para probar el efecto de respuestas de anticuerpos de 4 preparaciones diferentes de vacunas y de 6 cantidades diferentes de ciertos aditivos a la vacuna. Aquí los dos factores son tipo de vacuna y cantidad de aditivo. El primero con 4 niveles y el segundo con 6.

Obsérvese que en el análisis de varianza de dos factores hay tres hipótesis a contrastar; es decir, nos interesa la significación de ambas variables y la posible interacción entre ellas. Específicamente:

$1.H_0$: Los efectos de las J columnas son cero, o dicho de otro modo, no hay diferencia entre las medias de los distintos niveles de la variable "columna".

H_1 : Hay diferencia.

$2.H_0$: Los efectos de las I filas son cero, o no hay diferencia entre las medias de los distintos niveles de la variable "fila".

H_1 : Hay diferencia.

$3.H_0$: No hay diferencia entre las distintas interacciones fila-columna.

H_1 : Hay diferencia.

El Modelo

El modelo lineal para el análisis de varianza de dos factores es:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Los datos experimentales en el diseño de dos factores completamente aleatorios, en general, se arreglan en una tabla como la que se muestra a continuación (Tabla 2.2)

Tabla 2.2

Factor A	Factor B				n_i	X_{i1}	X_{iL}
	B_1	B_2	.....	B_j		
A_1	X_{111}	X_{121}	X_{1j1}	n_{1i}	X_{11}	X_{1L}
	X_{11i}	X_{12i}	.....	X_{1ji}		
	X_{11n}	X_{12n}	.....	X_{1jn}		
A_2	n_{21}	n_{22}	n_{2j}	n_{2i}	X_{21}	X_{2L}
	X_{211}	X_{221}	.....	X_{2j1}		
	X_{21i}	X_{22i}	.....	X_{2ji}		
A_1	X_{111}	X_{121}	X_{1j1}	n_{1i}	X_{11}	X_{1L}
	X_{11i}	X_{12i}	.....	X_{1ji}		
	X_{11n}	X_{12n}	.....	X_{1jn}		
n_{1i}	n_{2i}	n_{ji}	N	$x_{...}$	$x_{...}$	

donde:

$$n_{i.} = \sum_{j=1}^J n_{ij} = \text{número de observaciones por fila.}$$

$$n_{.j} = \sum_{i=1}^I n_{ij} = \text{número de observaciones por columna.}$$

$$N = \sum_{i=1}^I n_{i.} = \sum_{j=1}^J n_{.j} = \text{número total de observaciones.}$$

$$X_{ij.} = \sum_{k=1}^K X_{ijk} = \text{sumas de las observaciones de la casilla ij.}$$

$$X_{i..} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I X_{ijk} = \text{suma de las observaciones de la fila i.}$$

$$X_{.j.} = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K X_{ijk} = \text{suma de las observaciones de la columna j.}$$

$$X_{...} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_{ij}} X_{ijk} = \text{suma de todas las observaciones.}$$

i = índice de fila.

j = índice de columna .

k = índice de la observación individual de una casilla.

J = número de columnas.

I = número de filas.

Factor Fijo y Factor Aleatorio:

Antes de proceder a contrastar la significación de un factor en el análisis de varianza en que intervengan más de un factor, dicho factor debe

clasificarse como **fijo** o como aleatorio. Entendiéndose como **factor fijo** aquél cuyos niveles son escogidos a propósito; es decir, son seleccionados por una razón especial por el experimentador y, factor aleatorio aquél cuyos niveles se pueden considerar como muestra aleatoria de cierta población de tratamiento.

En un experimento de dos factores, la decisión acerca de si ambos factores son fijos, ambos aleatorios, o uno fijo y el otro aleatorio es cuestión importante y ha de determinarse antes de efectuar el análisis de varianza. En la Tabla 2.3 se resumen todas las fórmulas para el análisis de varianza de dos factores.

Tabla 2.3

Fuente	G.L	Suma de Cuadrados	C.M.	F Modelo Fijo	F Modelo Aleatorio	F Modelo Mixto*
Filas (A)	I-1	$SC_A = \sum_{i=1}^I \frac{X_{i.}^2}{n_{i.}} - \frac{X^2}{N}$	$S^2_A = \frac{SC_A}{I-1}$	$F_A = \frac{S^2_A}{S^2_{Error}}$	$F_A = \frac{S^2_A}{S^2_{AB}}$	$F_A = \frac{S^2_A}{S^2_{AB}}$
Columnas (B)	J-1	$SC_B = \sum_{j=1}^J \frac{X_{.j}^2}{n_{.j}} - \frac{X^2}{N}$	$S^2_B = \frac{SC_B}{J-1}$	$F_B = \frac{S^2_B}{S^2_{Error}}$	$F_B = \frac{S^2_B}{S^2_{AB}}$	$F_B = \frac{S^2_B}{S^2_{error}}$
Interacción (AB)	(I-1)(J-1)	$SC_{AB} = SC_{\text{subtotal}} - SC_A - SC_B$	$S^2_{AB} = \frac{SC_{AB}}{(I-1)(J-1)}$	$F_{AB} = \frac{S^2_{AB}}{S^2_{error}}$	$F_{AB} = \frac{S^2_{AB}}{S^2_{error}}$	$F_{AB} = \frac{S^2_{AB}}{S^2_{error}}$
Subtotal	IJ-1	$SC_{\text{subtotal}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{X_{ij.}^2}{n_{ij.}} - \frac{X^2}{N}$				
Error Residual	N-IJ	$SC_{\text{error}} = SC_{\text{total}} - SC_{\text{subtotal}}$	$S^2_{\text{error}} = \frac{SC_{\text{error}}}{N-IJ}$			
Total	N-1	$SC_{\text{total}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_{ijk}} X_{ijk}^2 - \frac{X^2}{N}$				

* Filas Fijas y Columnas Aleatorias

Lugar de la experiencia

Esta experiencia se llevó a cabo en el área del Parque Omar.

Materiales :

Cronómetro, Efinomanómetro, Estetoscopio, Martillo de Reflejos y Oftalmoscopio.

Presentación y Análisis de Resultados

La siguiente tabla presenta los datos recabados

durante las cuatro caminatas. Estos datos representan los tiempo realizados por 48 participantes de la caminata, a los cuales previamente se les había clasificados por su estado funcional mediante diversas pruebas. Esta tabla de clasificación de dos factores presenta los resultados en minutos y segundos. Los participantes se clasifican en tres categorías de estado funcional y de edad.

Tabla 3.1

Edad	Estado Funcional		
	Malo	Regular	Bueno
20-30	40:02	29:38	19:27
	39:10	29:44	27:03
	33:27	31:59	27:22
	39:10	30:59	27:16
31-40	45:21	29:01	20:21
	37:02	31:12	23:37
	35:34	28:08	28:01
	35:23	27:42	27:49
41-50	41:41	30:48	27:52
	39:04	31:36	26:24
	36:33	32:24	27:50
	35:45	30:52	24:07
Más de 50	48:39	27:33	25:55
	46:21	27:50	25:46
	42:47	29:47	25:57
	46:18	28:02	26:16

A continuación en la Tabla 3.2 presentamos los resultados del análisis planteado.

Tabla 3.2

Fuente	G.L	Suma de Cuadrados	C.M.	F _{calc.}	F ^{Teórica}	
					5%	1%
Edad	3	SC _{Edad} = 42.313050	CM _E = 14.104	F ₀ = 1.90	F _{3,36} = 2.86	F _{3,36} = 4.38
Estado Funcional	2	SC _{EF} = 1839.29471	CM _{EF} = 919.64	F ₀ = 123.96	F _{2,36} = 3.26	F _{2,36} = 5.25
Interacción	6	SC _{INT} = 155.69314	CM _{INT} = 25.95	F ₀ = 3.50	F _{6,36} = 2.36	F _{6,36} = 3.35
Subtotal	11	SC _{subtotal} = 2037.3009	.....		
Error	36	SC _{error} = 267.0856	CM _{error} = 7.42			
Total	47	SC _{total} = 2304.3865	.....		

Interpretación Estadística

El análisis de varianza que aparece en la tabla anterior muestra los resultados del análisis de los datos de los tiempos registrados según la edad de los participantes y su estado funcional. A un nivel de significancia del 5% se probaron las hipótesis de diferencia en los promedios de los tiempos tomados en realizar la caminata en relación con el estado funcional de la persona, la edad y la interacción de estas:

1. Se acepta la Hipótesis 1, lo cual implica que no hay diferencia significativa entre los distintos grupos de edades,
 $F_0 = 1.90 < F_{.05, 3, 36} = 2.86$.
2. Se rechaza la hipótesis 2, por lo tanto hay diferencia significativa entre los estados funcionales,
 $F_0 = 233.02 > F_{.05, 2, 36} = 3.26$.

3. Se rechaza la hipótesis 3, y se concluye que hay diferencias significativas entre las medias de interacción de edad y estado funcional
 $F_0 = 6.8163 > F_{.05, 6, 36} = 2.36$.

Como auxiliar en la interpretación de los resultados de este experimento, presentamos las gráficas de la respuesta promedio de la interacción de los factores (Gráfica No.2), donde se muestra claramente la interacción de éstos. Por otro lado, de manera gráfica también podemos apreciar la diferencia entre las medias de las edades y los diferentes estados funcionales (Gráfica No.1). Finalmente la Gráfica No.3, muestra la gráfica de probabilidad de residuos, la cual permite asegurar la adecuación del modelo supuesto. El análisis de Duncan se realizó para las medias de los tiempos según el factor estado funcional mostrando que las

tres medias resultaron diferentes, donde el estado funcional malo mostró la media más grande con 40.173, seguido del estado funcional regular con una media de 29.592 y el tiempo más bajo lo registró aquellos que tienen un estado funcional bueno que era lo que se esperaba.

Conclusiones

1. Un buen estado funcional, nos asegura un mayor rendimiento en nuestras actividades diarias. Para lograr un buen estado funcional es necesario mantener una rutina de ejercicios que puede ser tan sencillo como caminar cierta distancia diariamente.
2. Un tipo de vida sedentario es un factor de riesgo para las enfermedades del corazón. Eso también tiende a aumentar la obesidad, lo que es un factor de riesgo para la presión arterial alta. El ejercicio regular ayuda a controlar el peso y a reducir el estrés. Lo mejor es empezar despacio y hacer algo que disfrute, como caminar.
3. Cualquiera que sea el deporte practicado, no hay que excederse ni forzar el corazón.

4. Los mejores deportes no exigen grandes dispendios. La marcha o caminata, por ejemplo, puede considerarse como la actividad física más natural y está al alcance de todos, jóvenes y viejos, tanto en la ciudad como en el campo. Además, puede integrarse fácilmente en la vida cotidiana. Una pequeña caminata diaria contribuye positivamente a la salud.

Recomendaciones

1. Se recomienda trabajar con grupos de control, ya que resulta costoso trabajar con todos los participantes de las caminatas.
2. Que al grupo control se le realicen los exámenes completos de estado funcional (estado físico), ya que en la presente muestra no se les hizo la prueba completa de estado físico.
3. Elaborar un formulario, donde se les dé seguimiento a las personas que se les detectó el estado funcional deficiente, a fin de observar su progreso en la mejora de su salud.
4. Que se realicen campañas masificadas, para que más personas participen en las caminatas y así fomentar el ejercicio a nivel nacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. **MONTGOMERY, Douglas C. Diseño y Análisis de Experimentos.** Editorial Grupo Iberoamérica. México 1991.
2. **CASTAÑEDA, Pedro Reyes. Diseño de experimentos aplicados.** Editorial Trillas. México, 1980.
3. **WALPOLE, R. y MYERS R. Probabilidad y estadística.** Editorial Mc Graw-Hill. México 1992.
4. **MILLER, Irwin, FREUND J. Probabilidad y estadística para ingenieros.** Editorial Prentice Hall. México 1992.

5. **NAMBOODIRI, N. Kreshnan. Applied Multivariate Analysis and Experimental designs**. Editorial Mc Graw-Hill. México 1975.
6. **COCHRAN, W. y COX, G. Experimental designs**. Editorial Johns Wiley & Sons, New York 1960.
7. **STEEL, R. y TORRIE J. Bioestadística**. Editorial Mc Graw-Hill. México 1992.
8. **DIXON, W. J. y MASSEY, F. J. Introducción al Análisis Estadístico**. Editorial McGraw-Hill. México 1979.
9. **MENDENHALL, W., SHEAFFER. Estadística Matemática**. Editorial Grupo Iberoamérica. México, 1980.
10. **MARTINEZ, E. y LERMA, J. Valoración del Estado de Salud** Atención primaria de Salud. Universidad del Valle, Departamento de Enfermería. O.M.S, O.P.S.
11. **KABCH, F. Y KABCH, V. Energy, Nutrition, and Human Performance**.
12. **O.P.S. La Hipertensión Arterial como Problema de Salud Comunitario**. 1990.
13. **O.M.S. Salud Mundial**. Enero-Febrero, 1992.
14. **O.P.S. Bulletin of the World Health Organization**. Vol.69, No.2 p.p.149-262.
15. **O.P.S. Bulletin of the World Health Organization**. Vol.72, No.2 p.p. 183-372.

EFECTOS DEL ABONO ORGÁNICO PRODUCIDO POR *EISENIA FOETIDA*, EN DOS SUELOS DE PANAMÁ.

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA - UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
DEPARTAMENTO DE FISIOLÓGIA Y COMPORTAMIENTO ANIMAL

Por: MARÍA S. LEDEZMA

RESUMEN

La Lombricultura ha alcanzado en los últimos años una importancia vital desde el punto de vista agrícola y ecológico.

Las deyecciones producidas por las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*), se convierten en un abono orgánico, que permite la recuperación, corrección y mejoramiento de suelos pobres o maltratados, por la mano del hombre y otros factores.

La efectividad de este abono, la hemos observado en dos suelos de Panamá, arcilloso y franco, aplicándoles diferentes concentraciones de abono y cultivando plantas de sorgo durante un período de cuatro (4) semanas.

PALABRAS CLAVES

Eisenia foetida, Abono orgánico, Lombricultura, Tratamientos.

INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una actividad que permite el reciclaje de material orgánico biodegradable, generando una especie de lombricomposto (abono orgánico, humus de lombriz).

El humus de lombriz es una mezcla de compuestos químicos que resultan de la acción "digestiva - enzimática" y del metabolismo de microorganismos sobre la materia orgánica usada como sustrato (Compagnoni, 1988).

Brunatto, (1983) dice: "El humus es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos y que en consecuencia se encontrará químicamente estabilizada como coloide".

Los elementos del humus pueden combinarse con los otros nutrientes presentes en el suelo, según la demanda fisiológica que se requiera.

En nuestro país existen grandes extensiones de suelos identificados como pobres, por su bajo contenido de materia orgánica, con niveles críticos de potasio, como también con concentraciones altas de aluminio y una alta acidez (pH ácido), lo que contribuye a que no se obtengan las cosechas deseadas en los cultivos.

Un ejemplo de suelo correspondiente al descrito anteriormente, lo encontramos en la región del Distrito de Pacora, que presenta grandes extensiones de suelos arcillosos de donde se obtuvieron las muestras para la realización del presente trabajo.

Se pretende determinar en este estudio, el efecto que causa el abono orgánico producido por la lombriz de tierra, *Eisenia foetida* en dos suelos de Panamá, uno de ellos, suelo arcilloso y el otro, un suelo franco, con el propósito de contribuir al mejoramiento de algunos suelos que son muy pobres por diversos factores o que han sido afectados por la mano del hombre.

Se estimará la biomasa como peso fresco y la altura producida en plantas cultivadas usando abono orgánico de lombriz de tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de suelo fueron recogidas en la forma tradicional; éstas se colocaron en bolsas plásticas negras y transportadas al lugar del estudio; la muestra de suelo arcilloso provino de la región de Pacora, mientras que la de suelo franco, del corregimiento de Betania.

Para extraer el abono, se utilizó una criba de tela metálica con un grosor de paso de aproximadamente 2 mm. Se separó el abono de las lombrices, colocando pequeñas cantidades del medio que contenía a las lombrices de tierra. Posteriormente se procedió a agitarlas en forma horizontal, provocando que las mismas fueran cayendo debajo, dentro de un recipiente adecuado para tal fin. El producto obtenido fue colocado en bolsas plásticas transparentes.

El abono fue analizado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de

la Universidad de Panamá, al igual que el suelo arcilloso utilizado en el trabajo, cuyo detalle presentamos a continuación;

Análisis Químico del Abono

Composición	%	p.p.m
Nitrógeno total	6.59	
Carbón orgánico	23.97	
Materia orgánica	41.23	
Cenizas	51.45	
Fósforo	1.09	
Fósforo (P ₂ O ₅)	2.50	
Potasio	0.75	
Potasio (K ₂ O)	0.89	
Calcio	3.02	
Magnesio	0.41	
Hierro		9,207.25
Cobre		45.75
Manganeso		279.75
Zinc		118.75

Análisis químico del suelo arcilloso

Composición		Interpretación del análisis
Materia orgánica	0.51 %	Bajo
Fósforo	1.00 p.p.m	Bajo
Aluminio	8.6 meq/100g	Alto
pH	5.4(En agua 1:2.5)	Acido
Acidez	9.3	Alto

También se determinó la textura del suelo, se informó como arcillosa.

Las semillas de sorgo fueron obtenidas en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá.

Se procedió posteriormente a mezclar los suelos con el abono de lombriz de tierra, estableciéndose seis tratamientos, T1, T2 y T3 para suelo arcilloso y T4, T5 y T6 para suelo franco. Las mezclas abono/suelo se realizaron de la siguiente forma:

- Tres libras de suelo con una (1) de abono que correspondió a los tratamientos T1 y T4 (Baja concentración);
- Tres libras de suelo con dos (2) de abono para los tratamientos T2 y T5 (mediana concentración);
- Tres libras de suelo con tres (3) de abono para los tratamientos T3 y T6 (Alta concentración).

Cada tratamiento tenía tres (3) réplicas; los testigos de suelo arcilloso y suelo franco también tenían tres (3) réplicas cada uno.

Las mezclas de los suelos con el abono fueron colocados en diez y ocho (18) potes de 24 onzas; se dejaron en reposo por una semana, al cabo de este período se le colocaron cuatro (4) semillas de sorgo previamente germinadas, lo mismo se hizo con los testigos o controles.

Los tratamientos fueron supervisados diariamente y se les adicionaba agua si era necesario. El experimento se dejó por cuatro (4) semanas obteniéndose un crecimiento importante de las plantas, durante este tiempo.

Transcurrido el período experimental (cuatro semanas), se procedió a medir la altura (en cms) y a cortar la parte aérea de cada planta; obteniéndose el peso fresco en cada caso.

El diseño utilizado fue completamente aleatorio con tres (3) réplicas. Para el análisis estadístico se utilizó el anova simple; para la comparación de medias, el Test de Rangos Múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

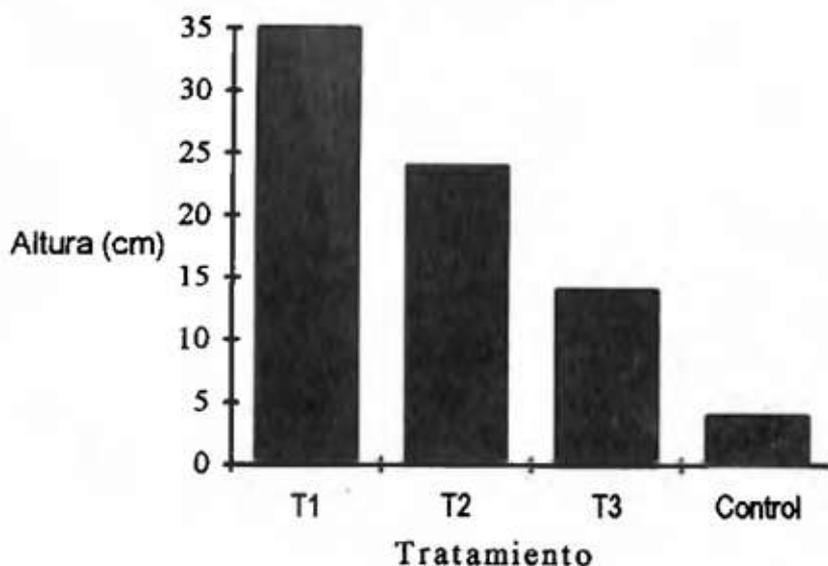
Los resultados obtenidos en el estudio se presentan en los cuadros del N°1 al N° 4. El mayor crecimiento o altura de las plantas de sorgo se obtuvo en el tratamiento cuatro, T4, de la mezcla abono/suelo franco, con respecto a los dos tipos de suelo. De la mezcla abono/suelo arcilloso el tratamiento uno, T1 fue el que mayor altura desarrolló. Estos dos tratamientos T4 y T1, contienen la misma relación abono/suelo, o sea, a los que se les asignó la denominación baja concentración de abono en la metodología.

En el Cuadro N°1 se pueden observar los promedios de las alturas de las plantas de sorgo, de la mezcla abono/suelo arcilloso; obsérvese que el tratamiento uno, T1, tiene una altura promedio de 35 cms, mientras que el control presenta una altura sólo de cuatro (4) cms. (VER Fig. 1).

Cuadro N° 1 Altura promedio de las plantas de sorgo en la muestra de abono/suelo arcilloso.

Tratamiento	Altura (cms) X
T1	35
T2	24
T3	14
Control	4

Figura N° 1: Relación de la altura (cm) vs tratamiento (abono/suelo arcilloso).



En el Cuadro N° 2 se encuentran los datos promedios de la altura de las plantas de sorgo de la mezcla abono/suelo franco. Como se mencionó anteriormente, el tratamiento cuatro, T4, fue el que

presentó mayor altura en esta muestra, 52 cms; el control alcanzó unos 44 cms durante el período de crecimiento. Es relevante que su altura es mayor con respecto a los tratamientos T5 y T6, sobre todo el T6 (VER FIG. 2).

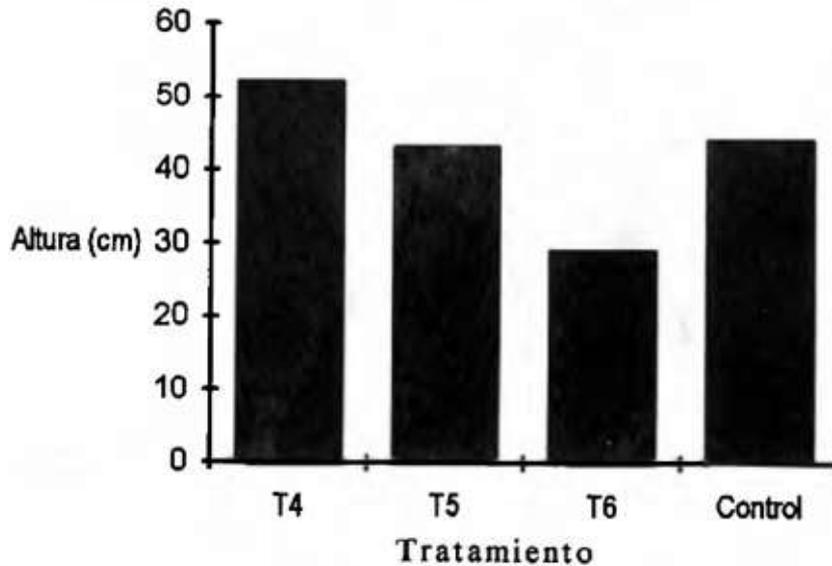
Cuadro N° 2 Altura promedio de las plantas de sorgo en la muestra de abono/suelo franco.

Tratamiento	Altura (cms) X
T4	52
T5	43
T6	29
Control	44

Si comparamos los resultados obtenidos en los tratamientos de suelo arcilloso y suelo franco, se nota

claramente que la planta obtuvo un mayor desarrollo en la muestra de abono/suelo franco.

Figura N° 2: Relación de la altura (cm) vs tratamiento (abono/suelo franco).



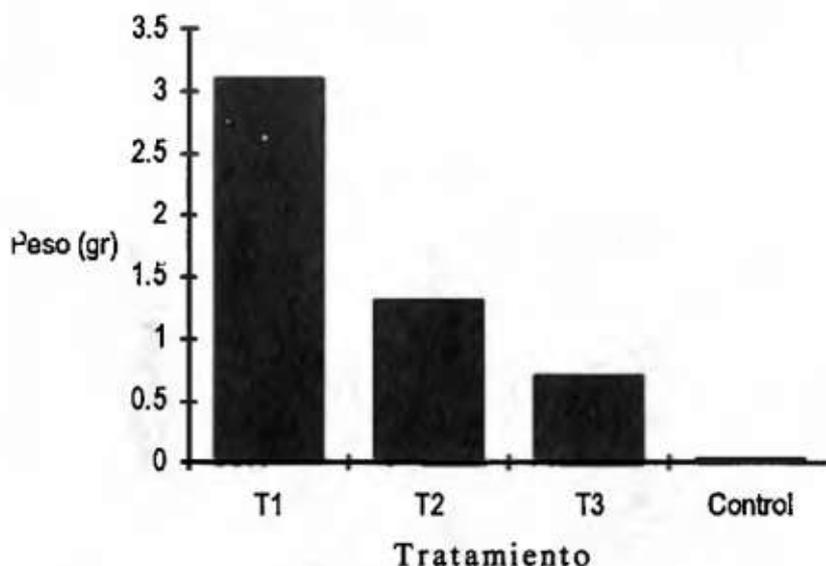
En el Cuadro N° 3, encontramos los pesos frescos promedios de las plantas de sorgo que se obtuvieron con la mezcla abono/suelo arcilloso. Las plantas del

tratamiento uno (T1) fueron las que alcanzaron un mayor peso; el control de esta muestra sólo alcanzó un peso de 0,03 gramos (ver fig. 3).

Cuadro N° 3 Promedio de los pesos frescos de las plantas de sorgo en la muestra de abono/suelo arcilloso

Tratamiento	Altura (cms) X
T1	3.1
T2	1.3
T3	0.7
Control	0.03

Figura N° 3: Relación de la biomasa (peso fresco) vs tratamiento (abono/suelo arcilloso).



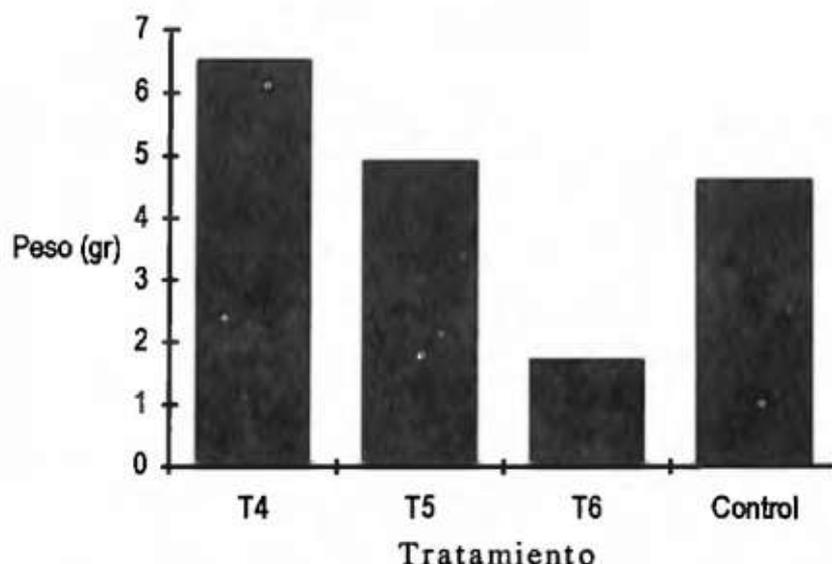
En el Cuadro N° 4 observamos los datos obtenidos de los pesos frescos de las plantas de sorgo en la muestra abono/suelo franco, el tratamiento cuatro (T4) es el que mayor peso promedio presentó. Se nota que el **control** pesó más que el tratamiento seis (T6), pero menos que el tratamiento cinco (T5). En

los tratamientos de abono/suelo franco, el desarrollo de las plantas fue comparativamente superior al del suelo arcilloso. Estos resultados sugieren que estos tratamientos probablemente, son más favorables para el crecimiento de las plantas de sorgo, bajo las condiciones ambientales utilizadas (ver fig. 4).

Cuadro N° 4 Promedio de los pesos frescos de las plantas de sorgo en la muestra abono/suelo franco

Tratamiento	Altura (cms) X
T4	6.5
T5	4.9
T6	1.7
Control	4.6

Figura N° 4: Relación de la biomasa (peso fresco) vs tratamiento (abono/suelo franco).



En los Cuadros del N° 5 a la N° 10 se presenta el análisis estadístico realizado a los datos obtenidos en nuestro estudio.

En el cuadro N° 5, aparecen los resultados del análisis de varianza que se realizó a los datos de los

tratamientos de la mezcla abono/suelo arcilloso, en relación a la altura de las plantas. Obsérvese que el ANOVA demuestra que hay diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

Cuadro N° 5 Análisis de varianza de la muestra abono/suelo arcilloso, en relación a la altura de las plantas.

Fuentes de Var.	G.L.	S.C.	c.m.	F
Tratamientos	3	1496.72	498.9	87.37**
Error	7	40.01	5.71	
Total	10	1536.73		

$F_{0.05}$ 4.35

En el Cuadro N° 6 tenemos el resultado del Test de rangos múltiples de Duncan, de la muestra abono/suelo arcilloso, en relación a la altura de las plantas. El test demuestra que hay diferencia significativa entre

las medias de todos los tratamientos (T1, T2 y T3). Podemos observar que los tratamientos T1 y T2 son los mejores de esta muestra.

Cuadro N° 6 Prueba de rangos múltiples de Duncan.

Distancia	2	3	4
R _p	4.6	4.8	4.9
X	34.66	24	17.3
3.66	31*	20.34*	13.64*
17.3	17.36*	6.7*	
	10.66*		

El Cuadro N° 7 presenta el análisis de varianza de los resultados obtenidos de las alturas de las plantas en la muestra de abono/suelo franco; el análisis

estadístico indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Estos resultados parecen indicar que este suelo es fértil, al menos para el cultivo de sorgo.

Cuadro N° 7 Análisis de varianza de la muestra de abono / suelo franco con respecto a la altura de las plantas.

Fuentes de Var.	G.L.	S.C.	c.m.	F
Tratamientos	3	782.06	260.68	3.40 n.s
Error	7	536.66	76.66	
Total	10	1318.72		

F_{0.05} 4.35

En el Cuadro No 8 observamos el análisis de varianza realizado a los datos obtenidos con respecto al peso de las plantas en la muestra abono/suelo

arcilloso; el análisis indica que hay diferencia altamente significativa, entre los tratamientos de esta muestra.

Cuadro N° 8 Análisis de varianza de la muestra de abono/suelo arcilloso, respecto al peso de las plantas.

Fuentes de Var.	G.L.	S.C.	c.m.	F
Tratamientos	3	18.07	6.02	43**
Error	7	0.94	0.14	
Total	10	19.01		

F_{0.05} 4.35

En el Cuadro N° 9 se presenta el Test de Rangos múltiples de Duncan para la muestra de abono/suelo arcilloso, en relación a los pesos de las plantas. Observamos que hay diferencia significativa entre las

medias de los tratamientos T1 en relación con los tratamientos T2 y T3, pero no se encontró diferencia entre las medias de los tratamientos T2 y T3. Los tratamientos T1 y T2 son los mejores en esta muestra.

Cuadro N° 9 Prueba de rangos múltiples de Duncan.

Distancia	2	3	4
Rp	0.74	0.76	0.78
X	3.13	1.25	0.70
0.03	3.1*	1.22*	0.67 n.s
0.70	2.43*	0.55 n.s.	
1.25	1.88*		

En el Cuadro N° 10 se presenta el análisis de varianza para la muestra abono/suelo franco, con respecto al peso de las plantas. El análisis demuestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

En la muestra abono / suelo franco hemos observado que los crecimientos del control y tratamientos fueron muy parecidos; igual ocurrió con los pesos de las plantas.

Cuadro N° 10 Análisis de varianza de la muestra abono/ Suelo franco, en relación al peso de las plantas

Fuentes de Var.	G.L.	S.C.	c.m.	F
Tratamientos	3	20.75	6.92	1.47 n.s.
Error	7	32.83	4.69	
Total	10	53.58		

$F_{0.05}$ 4.35

En la composición del abono se encontró un porcentaje significativo de nitrógeno total, 6.5%; un alto contenido de carbón orgánico, 23.97%; un porcentaje importante de materia orgánica, 41.23% con un pH de 6.8 lo que permite que este abono sea adecuado para muchos cultivos, (Ferruzzi, C., 1986).

Los Lombricultores Argentinos S.A. (L.A.S.A.), presentan un análisis promedio del humus de lombriz:

Composición química	%
Nitrógeno	1-3
Materia orgánica	15-30
Fósforo	1-3
Potasio	1-2
Calcio	1-2

pH 6.5 - 7.5

Si comparamos los análisis químicos de los abonos, se nota que hay diferencia en el nitrógeno, materia orgánica y otros; el pH es equivalente en ambos abonos. Esa diferencia se da, debido al tipo de material orgánico (basuras) ingerido por las lombrices, (Romero, M. 1988).

El suelo arcilloso también fue analizado, observándose que es un suelo muy pobre; se encontró que contiene un 0.51% de materia orgánica; un pH de 5.4 (muy ácido), y alto contenido de aluminio, 8.6 meg/100 gramos.

El abono de lombriz atenúa los fenómenos de erosión hídrica que se producen en los suelos pobres en materia orgánica, ya que aumenta la capacidad de retener la humedad del suelo y mejora sus características físicas, (Hurtado et al. 1987).

En cuanto a la calidad del abono producido por la lombriz a partir de las basuras, Ferruzzi, (1986), afirma: "Por análisis efectuados en nuestros laboratorios en otros centros, podemos indicar que el producto resultante tiene una elevada presencia de flora bacteriana".

La actividad biodinámica del abono de lombriz sobre el suelo, la resume Brunatto, (1983), así:

- * Mejora la estructura y textura;
- * Lo hace más permeable al agua y al aire;
- * Mejora las características organolépticas de las plantas;
- * Ejerce un beneficioso control sobre algunos patógenos responsables de enfermedades en las plantas.

Los resultados de este tratamiento sugieren que las características aquí descritas, del abono de la lombriz de tierra *Eisenia foetida*, favorecieron un desarrollo y crecimiento importante de las plantas de sorgo en los tratamiento abono/suelo arcilloso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Algunas de las conclusiones y recomendaciones sobre el abono de lombriz de tierra son:

- El abono de lombriz de tierra, contribuye a disminuir los aspectos de una alta acidez, elevada concentración de aluminio y un porcentaje muy bajo en material orgánico en suelos pobres, favoreciendo los cultivos.
- El abono producido por la lombriz de tierra *Eisenia foetida* es muy rico en macro y micronutrientes, como también en materia orgánica.

- Las plantas alcanzaron un mejor desarrollo (mayor altura y peso fresco), en los tratamientos donde se utilizó menos abono, o sea en la proporción de 3:1 (suelo:abono).

RECOMENDAMOS

- Realizar más investigaciones a corto y largo plazo, con diferentes tipos de plantas y suelos, para determinar las concentraciones óptimas de abono para diversos cultivos, ya que ni las plantas ni los suelos responden de igual forma.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BRUNATTO, F. 1983.** Lombricultura. En: **La crianza de las lombrices domesticadas.** s. l. s.n. 9 pág.
2. **COMPAGNONI, L. 1988.** Cría moderna de las lombrices y utilización rentable de humus. Barcelona: De Vecchi. 127 pág.
3. **FERRUZZI, C. 1986.** Manual de lombricultura. Madrid: Mundi Prensa. 138 pág.
4. **HURTADO, C. et al. 1987.** La lombricultura. Santiago, Chile: In COLDA, 36 pág. **LIEBERMANN, J. 1970.** Las lombrices de tierra como recurso natural renovable no utilizado en Argentina. En: IDIA. Buenos Aires. N° 266. pág. 56-60.
5. **LOMBRICULTORES ARGENTINOS S.A. 198.** La lombricultura. Buenos Aires. LASA.
6. **ROTH, A. 1969.** Introducciones para la cría de lombrices de tierra. En IDIA. Buenos Aires N° 253. pág. 37-47.
7. **SALCEDO, C. A. 1981.** Abonos orgánicos naturales y reforzados En: ICA informa vol. 15, N° 3 pág. 18-24.

*Este libro se terminó de imprimir en
los talleres de la Imprenta de
la Universidad de Panamá
bajo la Administración del
Dr. Rolando Murgas Torrazza
en el mes de marzo de
1997*

Para suscripción a la revista **TECNOCIENCIA** y mayor información comunicarse con la Secretaría Administrativa de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología de la Universidad de Panamá.

Teléfono: 263-6133 **Ext.** 293

Fax: (507) 263-7636

Dirección Postal: **TECNOCIENCIA**
Estafeta Universitaria
Facultad de Ciencias
Naturales, Exactas y
Tecnología
Universidad de Panamá,
Panamá.