

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

# Comunicaciones

SEGUNDA ÉPOCA

VOL. I

MARZO

No. 1

**1972**

EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

SUMARIO

Página

Presentación

Anibal Milán Silvestri. . . . .	1
PROGRAMACION DINAMICA. PROBLEMA DE REEMPLAZO	
Eduardo Castillo Urrutia. . . . .	3
PULSOS ELECTROMAGNETICOS PLANOS EN SISTEMAS DE REFERENCIA INERCIALES QUE ESTAN EN MOVIMIENTO RELATIVO UNIFORME EN EL VACIO.	
José Mario Saca. . . . .	10
SIGUIENDO LAS HUELLAS DE KOEBELE: UN VIAJE A AUSTRALIA.	
José Rutilio Quezada. . . . .	13
ALGUNAS ESPECIES DE ARTROPODOS Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN EL SALVADOR.	
José Rutilio Quezada. . . . .	19
ESTUDIOS DE CAMPO CON ACIDO FOSFONICO 2-CLOROETILO (ETHEPHON) EN CAFETOS.	
Louis Russo, Jr., Eddie Alvarez, Juan Antonio González	29
DIVERGENCIA GENETICA COMO RESULTADO DE ADAPTACION A ALTURAS DIFERENTES EN RANAS NEOTROPICALES DEL GRUPO RANA PIPIENS.	
Edward J. Greeding, Jr. . . . .	34
LAS MARIPOSAS DE EL SALVADOR. PRIMERA PARTE: PAPILIONIDAE.	
Francisco Serrano, Miguel E. Serrano. . . . .	48
NOTA CIENTIFICA.           J	
Carlos A. Montes de Oca, Milta Adela Retana de Rodríguez. . . . .	80

# COMUNICACIONES

Revista del Instituto de Ciencias Naturales y Matemáticas  
Universidad de El Salvador

---

Segunda Epoca

Vol. I

Marzo 1972

Nº I

---

## PRESENTACION

Aníbal Milán Silvestri  
Director Instituto de Ciencias  
Naturales y Matemáticas  
Universidad de El Salvador

Después de 12 años de ausencia reaparece "COMUNICACIONES", en esta ocasión como vocero oficial de las actividades científicas del Instituto de Ciencias Naturales y Matemáticas

Cambios de gran trascendencia se han realizado en la Universidad de El Salvador desde la época en que apareció por última vez COMUNICACIONES, llevando todos ellos como única finalidad hacer de la Institución un auténtico emporium científico y cultural.

La situación de El Salvador, como país sub-desarrollado, hacía que la Universidad fuera un centro donde casi exclusivamente se transmitían conocimientos y sólo excepcionalmente se estimulaba la investigación científica. Entre esas excepciones se encontraba el Instituto Tropical de Investigaciones Científicas, que fundado en 1950, dedicaba sus actividades al estudio de las ciencias naturales, contando para ello con laboratorios de Geología, Mineralogía, Botánica, Zoología, Química y una estación climatológica de Meteorología, todos al servicio de investigadores extranjeros.

Sin embargo, a partir de 1963, se inicia una transformación dentro del Alma Mater; transformación que actualmente continúa a un ritmo más acelerado. Adquiere actualidad, en esa época, la idea de que uno de los caminos para salir del sub-desarrollo es impulsar la investigación y el estudio de las ciencias, en tal forma que lleve a la Universidad, como el máximo centro de estudios del país, a formar grupos de investigación, donde además de estimularse el desarrollo de las inquietudes en el campo de las ciencias puras, se dediquen esfuerzos a las ciencias aplicadas, para buscar soluciones a los problemas que más aquejan al país.

Es así como, entre 1963 y 1964, se fundan los departamentos de Biología (sustituyendo al Instituto Tropical de Investigaciones Científicas y asumiendo entre otras, algunas de las funciones desempeñadas por éste), Física, Matemáticas y Química, que en 1969 configuran el Instituto de Ciencias Naturales y Matemáticas, el cual junto con el Instituto de Humanidades y Ciencias Sociales, constituyen la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador.

Se establecieron en ese momento como objetivos-principales del Instituto:

- 1o. Promover, impulsar y divulgar la investigación científica sistemática, determinando las líneas fundamentales de ésta, de acuerdo a las necesidades del país y formar cuadros científicos orientados al trabajo y desarrollo de la misma.
- 2o. Establecer carreras dé acuerdo a las necesidades científicas y técnicas del país y Centroamérica.
- 3o. Formar cuadros docentes en el número y nivel adecuado para su propio desarrollo, y colaborar con otras unidades en la preparación y perfeccionamiento de cuadros docentes que sirvan a los demás niveles de la educación nacional.
- 4o. Colaborar en campos de la Docencia e investigación con otras unidades académicas,

en condiciones determinadas por el Instituto y la unidad correspondiente. de manera que la colaboración prestada no impida el desarrollo de las actividades propias del Instituto.

- 5o. Colaborar con otras unidades en la planificación y desarrollo de actividades de extensión para elevar el nivel cultural, técnico y científico de la comunidad, y vincular a ésta con la Universidad.

Sin embargo, como al momento de fundar los Departamentos de Ciencias no se contaba con personal docente capacitado, se elaboraron los programas necesarios tanto para la contratación de personal extranjero, como para becar al nacional a fin de realizar estudios en el exterior, poniendo inmediatamente en ejecución ambos programas.

Ahora, después de siete años, todos esos esfuerzos han comenzado a fructificar. Los Departamentos del Instituto cuentan con investigadores, tanto extranjeros como nacionales de alto nivel científico. Se ha iniciado ya la orientación del trabajo de investigación hacia los derroteros marcados en aquella época. Prueba de la seriedad con que se ha emprendido dicho trabajo, la constituye la presentación de los siguientes artículos; fruto del esfuerzo y la dedicación de los científicos del Instituto de Ciencias Naturales y Matemáticas.

Finalmente, COMUNICACIONES ofrece de nuevo sus páginas a la comunidad científica mundial, para que a través de ellas, pueda dar a conocer sus inquietudes, que en una u otra forma, indudablemente, contribuirán a la causa de la paz y al bienestar de la humanidad.

PROGRAMACION DINAMICA. PROBLEMA DE REEMPLAZO

Eduardo Castillo Urrutia  
 Departamento de Matemática  
 Universidad de El Salvador  
 (17 de Enero de 1972)

RESUMEN

Aquí se expone un ejemplo de Programación Dinámica el cual muestra una aplicación directa del Principio de Optimalidad en problemas de múltiples etapas. No obstante que la aplicación de este ejemplo se reduce a casos en que hay que tomar dos decisiones únicamente, en situaciones reales son diversos los problemas de este tipo y de allí su importancia. Por otra parte, la forma de solución aquí expuesta resulta accesible aun para aquellos poco versados en Programación Dinámica. Creador de Principios de Optimalidad y uno de los principales propulsores de los principios teóricos que gobiernan esta variedad reciente de la Programación Matemática es R. E. Bellman.

ooo

INTRODUCCION

En primer lugar se define lo que se conoce como un problema de Programación Dinámica. A continuación se enuncia el Principio de Optimalidad. Seguidamente se da una interpretación matemática de dicho Principio y finalmente se desarrolla un ejemplo de aplicación del mismo.

Los tipos de problemas que pueden ser analizados mediante la teoría de la Programación Dinámica son muy diversos y por ahora resulta difícil una aplicación mecánica de los conceptos fundamentales debido a que en su mayor parte son de muy reciente formulación y por lo tanto aún están expuestos a constantes modificaciones; sobre todo en lo que a métodos de solución práctica se refiere pues los algoritmos que resultan de su aplicación están sometidos a diversas variaciones con el fin de volverlos cada vez más efectivos en el cómputo.

PROGRAMACION DINAMICA

Si en un sistema de optimización podemos representar cada una de las variables como función de un parámetro común y si este parámetro es el tiempo, entonces se trata de un problema de Programación Dinámica. Las técnicas de solución son aplicables entre otros, a los procesos de decisiones de múltiples etapas en los cuales la decisión que se toma en cada etapa depende de las decisiones tomadas previamente. Una de las ventajas de dichas técnicas estriba en el hecho de que gran variedad de problemas de programación pueden ser convertidos a procesos de decisión de múltiples etapas.

PRINCIPIO DE OPTIMALIDAD

El principio de Optimalidad fue establecido por Richard Bellman (1), y se enuncia así:

4. Una política óptima en un proceso de decisión de múltiples etapas tiene la propiedad de que, cualesquiera que sean las decisiones y situaciones (estados) iniciales, las decisiones restantes deben constituir una política óptima con respecto al estado resultante de las primeras decisiones".

#### FORMULACION MATEMATICA GENERAL PARA UN PROBLEMA DE

#### PROGRAMACION DINAMICA

Sea:  $\underline{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , el vector de estado.

Las variables:  $x_1, x_2, \dots, x_n$  describen completamente los estados del sistema en cualquier momento.

Sea:  $F_i(\underline{X})$ , el beneficio máximo que puede obtenerse de un proceso de etapas  $i$ , comenzando en el estado  $\underline{X}$ .

Lo anterior depende de la decisión hecha en la primera etapa del proceso de etapas  $i$ , y el máximo beneficio que puede ser derivado de  $i-1$  procesos de etapas comenzando en la etapa resultante de dicha decisión, (por el Principio de Optimalidad).

Sea:  $u$  una decisión y sea la función:  $\underline{H}(\underline{X}, u)$ , la que representa el vector de estado del estado resultante de la aplicación de la decisión  $u$  al estado  $\underline{X}$ .

Sea:  $g(\underline{X}, u)$ , el beneficio derivado de ir del estado  $\underline{X}$  al estado  $\underline{H}(\underline{X}, u)$ , por la decisión  $u$ . Entonces el Principio de Optimalidad de la ecuación de recurrencia funcional así:

$$F_i(\underline{X}) = \max_u (g(\underline{X}, u) + F_{i-1}(\underline{H}(\underline{X}, u))), \text{ siempre que } i \geq 2 \quad (1)$$

Generalmente  $u$  será una función de  $\underline{X}$  porque algunas decisiones son aplicables solamente a ciertos estados particulares; esto aparecerá en forma de limitaciones de  $u$ . Para comenzar el problema se necesita conocer  $F_i$ , pero la misma es generalmente obvia.

A partir de (1) se pueden obtener por recurrencia las sucesivas funciones así:

Sea:  $u'$  una decisión y sea:  $\underline{H}'(\underline{H}(\underline{X}, u), u')$ , entonces:

$$F_{i-1} = \max_{u'} (g'(\underline{H}, u') + F_{i-2}(\underline{H}', u')), \text{ o sea que:}$$

$$F_{i-1} = \max_u (g'(\underline{H}, u') + F_{i-2}(\underline{H}(\underline{X}, u), u')), \text{ etc.}$$

#### EL PROBLEMA DEL REEMPLAZO. (Dos decisiones)

El estado del proceso es dado por las edades de dos máquinas, es decir dos variables de estado:  $X_{1,i}$ ;  $X_{2,i}$ ; siendo  $i$  la edad en años.

Se tiene entonces que el vector de estado será:

$$\underline{X}_i = \begin{pmatrix} X_{1,i} \\ X_{2,i} \end{pmatrix}$$

Al final de cada año existen cuatro decisiones posibles:\*

- $u_0$ , que consiste en no reemplazar ninguna máquina
- $u_1$ , que consiste en reemplazar la máquina 1

- $u_2$ , que consiste en reemplazar la máquina 2  
 $u_3$ , que consiste en reemplazar ambas máquinas

\*No confundir con las dos decisiones mencionadas anteriormente pues aquellas se refieren a que una máquina únicamente puede ser: o bien reemplazada, o bien no reemplazada.

De acuerdo con la decisión tomada existirán los siguientes vectores de estado:

$$\begin{aligned} \underline{X}_{i+1} &= \begin{pmatrix} X_{1,i+1} \\ X_{2,i+1} \end{pmatrix} \text{ si se toma la decisión } u_0 \\ &= \begin{pmatrix} 0 \\ X_{2,i+1} \end{pmatrix} \text{ si se toma la decisión } u_1 \\ &= \begin{pmatrix} X_{1,i+1} \\ 0 \end{pmatrix} \text{ si se toma la decisión } u_2 \\ &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ si se toma la decisión } u_3 \end{aligned}$$

Además se establecen las siguientes limitaciones para este problema en particular:

- Las máquinas 1 y 2 deben de reemplazarse después de cuatro y dos años respectivamente.
- El proceso durará más de dos años.
- Cuando falta únicamente un año para finalizar el proceso la decisión será  $u_0$ , es decir no reemplazar ninguna máquina.
- El beneficio total sobre un año, usando la política y comenzando del estado inicial:  $\underline{X}_1 = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}$ , será igual al beneficio correspondiente al estado  $\underline{X}_1$ , ya que en esta etapa no existe otra alternativa sobre la política óptima a seguir.
- El estado inicial es:  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ .

Según la limitación (a), se tiene:

$$0 \leq \underline{X}_1 \leq 3 \quad \text{y} \quad 0 \leq \underline{X}_2 \leq 1$$

Existen ocho posibles estados  $\underline{X}$  diferentes. Sea:  $L(\underline{X})$ , el beneficio bruto correspondiente al estado  $\underline{X}$ , de tal manera que de acuerdo con cada uno de los ocho diferentes estados se tiene el correspondiente beneficio bruto así:

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Estado $\underline{X}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix}$
Beneficio bruto $L(\underline{X})$	10	10	5	3	8	7	4	1

Por otra parte, los costos de reemplazar las máquinas usadas son:  $K_1 = 6$  y  $K_2 = 4$  respectivamente.

6. El "retorno" total en el año  $i$ :  $R_i$ , depende de  $X_i$  y de la decisión tomada al final de dicho año  $i$ , es decir que:

$$\begin{aligned}
 R_i &= L(X_i) && \text{si se toma la decisión } u_0 \\
 &= L(X_i) - 6 && \text{si se toma la decisión } u_1 \\
 &= L(X_i) - 4 && \text{si se toma la decisión } u_2 \\
 &= L(X_i) - 10 && \text{si se toma la decisión } u_3
 \end{aligned}$$

$$\text{El beneficio total sobre } n \text{ años es: } I = \sum_{i=1}^n R_i$$

Y el problema consiste entonces en establecer la serie de decisiones que maximizan  $I$ .

Sea  $f_n(C_1, C_2)$ , el beneficio total sobre  $n$  años, usando la política óptima y comenzando del estado inicial:  $X_1 = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}$ .

Sea  $Y_n(C_1, C_2)$ , la primera decisión de la política óptima cuando faltan  $n$  etapas por recorrer y el estado es  $X = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}$ . Entonces, aplicando el principio de Optimalidad se tiene que el problema es:

$$f_n(C_1, C_2) = \max \begin{cases} L(C_1, C_2) + f_{n-1}(C_{1+1}, C_{2+1}) \\ L(C_1, C_2) - 6 + f_{n-1}(0, C_{2+1}) \\ L(C_1, C_2) - 4 + f_{n-1}(C_{1+1}, 0) \\ L(C_1, C_2) - 10 + f_{n-1}(0, 0) \end{cases} \quad (2)$$

Sujeto a las limitaciones siguientes:

$Y_n(3, C_1)$ , debe de ser  $u_1$  ó  $u_3$  de acuerdo con (a)

$Y_n(C_1, 1)$ , debe de ser  $u_1$  ó  $u_3$  de acuerdo con (a)

$n \geq 2$  según (b)

$Y_1(C_1, C_2) = u_0$  según (c)

$f_1(C_1, C_2) = L(C_1, C_2)$  según (d)

El estado inicial es  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ , según (e)

Se empleará la tabla siguiente para mostrar los resultados parciales.



	1	2	3	4	5	6	7	8	
Estado $\underline{X}$	$\binom{0}{0}$	$\binom{1}{0}$	$\binom{2}{0}$	$\binom{3}{0}$	$\binom{0}{1}$	$\binom{1}{1}$	$\binom{2}{1}$	$\binom{3}{1}$	
$f_1(\underline{C})$	10	10	5	3	8	7	4	1	
$Y_1(\underline{C})$	$u_0$	$u_0$	$u_0$	$u_0$	$u_0$	$u_0$	$u_0$	$u_0$	decisiones
$f_2(\underline{C})$	(17)	(14)	6	-	-	-	-	-	$u_0$
	12	12	(7)	(5)	-	-	-	-	$u_1$
	16	11	4	-	(14)	(8)	3	-	$u_2$
	10	10	5	3	8	7	(4)	(1)	$u_3$
$f_3(\underline{C})$	18	14	6	%	-	-	-	%	$u_0$
	18	(18)	(13)	%	-	-	-	%	$u_1$
	(20)	13	6	%	(18)	10	5	%	$u_2$
	17	17	12	%	15	(14)	(11)	%	$u_3$
$f_4(\underline{C})$	(24)	21	%	%	-	-	%	%	$u_0$
	22	(22)	%	%	-	-	%	%	$u_1$
	(24)	19	%	%	(22)	16	%	%	$u_2$
	20	20	%	%	18	(17)	%	%	$u_3$
$f_5(\underline{C})$	27	%	%	%	%	%	%	%	$u_0$
	26	%	%	%	%	%	%	%	$u_1$
	(28)	%	%	%	%	%	%	%	$u_2$
	24	%	%	%	%	%	%	%	$u_3$

En la tabla anterior los números encerrados entre paréntesis representan la decisión óptima en cada etapa. Los (-), se deben a la limitación (a), y los (%), a la limitación (e).

A continuación se dan algunos ejemplos de la forma en que se obtuvieron los valores de la tabla.

$$i) \quad f_2(0,1) = \max \begin{cases} 8 & + f_1(1,2) \\ 8-6 & + f_1(0,2) \\ 8-4 & + f_1(1,0) \\ 8-10 & + f_1(0,0) \end{cases} = \max \begin{cases} 8 & + (-) \\ 8-6 & + (-) \\ 8-4 & + 10 \\ 8-10 & + 10 \end{cases}$$

8.

$$f_2(0,1) = \max \left\{ \begin{array}{l} \text{no existe} \\ \text{no existe} \\ (14) \\ 8 \end{array} \right. = (14), \text{ o sea que la decisi3n es } u_2$$

ii)

$$f_3(2,0) = \max \left\{ \begin{array}{l} 5 + 1 = 6 \\ 5-6 + 14 = (13), \text{ o sea que la decisi3n es } u_1 \\ 5-4 + 5 = 6 \\ 5-10 + 17 = 12 \end{array} \right.$$

La soluci3n para un proceso de cinco etapas comenzando con el estado:  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ , es:  $f_5(0,0) = 28$ . Despu3s de cinco a3os el proceso se repetir3a. Observando la tabla - se puede decir que la primera decisi3n es:

$$Y_5(0,0) = u_2 \text{ es decir que el nuevo vector de estado es: } \underline{X}_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

(en la tabla, en las filas correspondientes a  $f_5$ ; el valor es 28)

Para determinar la segunda decisi3n, buscamos el valor 3ptimo de la siguiente etapa, es decir en las filas correspondientes a  $f_4$ , sabiendo que el estado aqu3 ser3a:  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ . Se puede ver que dicho valor 3ptimo es 22, de tal manera que la segunda decisi3n es:  $Y_4(1,0) = u_1$ ; siendo el vector de estado ahora:  $\underline{X}_3 \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ . Con este 3ltimo dato acerca de la edad de las m3quinas pasamos a la siguiente etapa, correspondiente a  $f_3$  y entrando aqu3 con el vector de estado:  $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ . En esta etapa el valor m3ximo - es de 18 y corresponde a la decisi3n:  $Y_3(0,1) = u_2$ . El nuevo vector es:  $\underline{X}_4 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ . Continuando con el proceso que se ha seguido hasta aqu3 obtenemos en  $f_2$  el 3ptimo 14, correspondiente al valor de estado de entrada:  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ; siendo entonces la decisi3n  $Y_2 = (1,0) = u_0$  y el vector:  $\underline{X}_5 \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$ ; finalmente y tomando en cuenta la condici3n (c) la pr3xima decisi3n tendr3 que ser  $u_0$ , es decir que:  $Y_1(2,1) = u_0$ , a la cual corresponde un vector de estado  $\underline{X}_6 = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}$ .

Del proceso anterior se puede decir que la pol3tica 3ptima a seguir consiste en - reemplazar la m3quina 1 despu3s de dos a3os y la m3quina 2, despu3s de uno y tres a3os. Siendo el beneficio m3ximo obtenido 28.

Comprobaci3n:

Los sucesivos estados son:

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

De tal manera que el beneficio bruto ser3a:  $10+10+8+10+4 = 42$ .

Los costos de reemplazo, siguiendo la pol3tica 3ptima son:

$$1 \cdot 6 + 2 \cdot 4 = 14$$

El beneficio neto es entonces:  $42 - 14 = 28$ .

## CONCLUSIONES

Como puede observarse, los pasos seguidos en la solución del problema anterior no son más que una secuencia lógica de la aplicación del Principio de Optimalidad en cada una de las etapas del proceso. Sería interesante determinar la forma en que la solución se altera al hacer variar algunas de las condiciones a, b, c, d y e.

Los principios matemáticos aquí expuestos fueron desarrollados por el señor E. Ellman Ph.D del departamento de Matemática de la Universidad de Leeds, Inglaterra en la cátedra Mathematical Programming II, y el ejemplo expuesto fue desarrollado en las conferencias sobre Programación no Lineal, elaboradas por el autor para el seminario "Formación Básica para el Análisis de Sistemas en el aprovechamiento de Recursos de Agua", desarrollando en el mes de Diciembre próximo pasado en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, con la colaboración de la Organización Panamericana de la Salud.

## ABSTRACT

Here it is exposed a Dynamic Programming's example which shows a direct application of the Principle of Optimality in multi-stage problems. Although the application of the inside problem is reduced to those cases in which it is necessary to take only two decisions, there exist many problems of that kind in real situations, hence its importance. Moreover, the way of solution showed here can be followed even by those not very much acquainted with Dynamic Programming. First in establishing the Principle of Optimality and one of the most important promoters of the theoretical principles which govern this recent variety of Mathematical Programming is R. E. Bellman.

## EXTRAIT

Ici on expose un exemple de Programmation Dynamique, où on montre application directe du Principe d'Optimalité, dans des problèmes en étapes multiples. Néanmoins que l'application dans cet exemple est réduite aux cas où l'on doit prendre deux décisions seulement, dans des situations réelles il y a de multiples problèmes semblables et de là son importance. D'autre part, la forme de résoudre qu'on montre est accessible même pour les peu expérimentés, dans la Programmation Dynamique. M. R. E. Bellman est le créateur des Principes d'Optimalité et l'un des principaux dans le domaine des principes théoriques de cette nouvelle branche de la Programmation Dynamique.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

1. Bellman R. E. "Dynamic Programming". Princeton, N.J. Princeton University Press, 1957  
Operation research, Methods and Problems. Sasieni, Yaspan, Friedman, Wiley, 1959.

PULSOS ELECTROMAGNETICOS PLANOS EN SISTEMAS DE REFERENCIA INERCIALES QUE ESTAN EN MOVIMIENTO RELATIVO UNIFORME EN EL VACIO

José Mario Saca  
Departamento de Física  
Universidad de El Salvador  
17 de enero de 1972

## : RESUMEN

Aquí se discute el movimiento de pulsos electromagnéticos planos en dos sistemas de referencia inerciales que están en movimiento relativo uniforme en el vacío. Se demuestra que si se tiene un pulso de luz plano en uno de los sistemas, entonces, también en el otro sistema se tendrá un pulso plano. El presente análisis puede servir como instrumento pedagógico en la teoría especial de la relatividad.

## INTRODUCCION

Es poco frecuente encontrar discusiones con relación a pulsos electromagnéticos planos. LOEDEL (1955) los utiliza para facilitar la comprensión de la relatividad de la simultaneidad, así como para la deducción de las transformaciones de Lorentz. Es más común encontrar discusiones acerca de pulsos electromagnéticos esféricos (BUECHE, 1969; GOLDSTEIN, 1965; JACKSON, 1963).

En este trabajo se desarrollará el análisis físico-matemático relacionado con el movimiento de pulsos planos en sistemas de referencia inerciales que están en movimiento relativo uniforme.

## DESARROLLO

Para comenzar, imaginense en el vacío dos sistemas de referencia inerciales:  $S'$  con coordenadas  $X' Y' Z'$  y  $S$  con coordenadas  $X Y Z$ . Los ejes  $X$  y  $X'$  son coincidentes y están orientados hacia la derecha. El sistema  $S'$  viaja con una velocidad constante  $\vec{v}$  con respecto a  $S$  en la dirección de los ejes  $X$  y  $X'$ , hacia la derecha. Supóngase, además, que los orígenes de  $S$  y  $S'$  coinciden cuando los relojes de ambos sistemas indican cero para los tiempos respectivos.

Las transformaciones (invertidas) de Lorentz para esta situación son:

$$x = \gamma(x' + vt') \quad (1)$$

$$y = y' \quad (2)$$

$$z = z' \quad (3)$$

$$t = \gamma \left[ t' + (v/c)^2 x' \right] \quad (4)$$

en donde  $c$  es la rapidez de la luz en el vacío y

$$\gamma = \left[ 1 - (v/c)^2 \right]^{-1/2}$$

El movimiento del plano de un pulso de luz en el sistema  $S$  puede ser representado por la ecuación:

$$\hat{k} \cdot \vec{r} - ct = A$$

o, por la forma escalar equivalente:

$$x \cos \alpha_1 + y \cos \alpha_2 + z \cos \alpha_3 - ct = A \quad (5)$$

en las dos ecuaciones anteriores, respectivamente,  $\hat{k}$  es un vector unidad, constante, que tiene la dirección de propagación del pulso y es perpendicular al plano de éste;  $\vec{r}$  es un vector dibujado desde el origen del sistema S hasta un punto cualquiera del plano del pulso; A es la distancia perpendicular al plano desde el origen del sistema S y en el instante  $t = 0$ ; las cantidades  $\cos \alpha_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) son los cosenos directores del vector unidad  $\hat{k}$  (los subíndices de los ángulos  $\alpha_i$  corresponden a los ejes XYZ siguiendo el orden numérico).

Al poner en la ecuación (5) los valores de x, y, z, y de t, dados por las ecuaciones (1) a la (4), se obtiene:

$$x' \cos \alpha_1' + y' \cos \alpha_2' + z' \cos \alpha_3' - ct' = A'$$

en donde  $\cos \alpha_i'$  ( $i = 1, 2, 3$ ) son los cosenos directores de la dirección de propagación de un pulso plano en el sistema S', y están dados por:

$$\cos \alpha_1' = \left[ \frac{\cos \alpha_1 - (v/c)}{1 - (v/c) \cos \alpha_1} \right]$$

$$\cos \alpha_2' = \frac{\cos \alpha_2}{\gamma [1 - (v/c) \cos \alpha_1]}$$

$$\cos \alpha_3' = \frac{\cos \alpha_3}{\gamma [1 - (v/c) \cos \alpha_1]}$$

La suma de los cuadrados de estas cantidades es igual a 1 como puede verificarse. La cantidad A' es la distancia perpendicular al plano del pulso desde el origen de S' y en el instante  $t' = 0$ . Esta nueva distancia está relacionada con la distancia A por medio de la relación:

$$A' = \frac{A}{\gamma [1 - (v/c) \cos \alpha_1]}$$

#### CONCLUSIONES

Se ha demostrado que ambos pulsos son planos; pero es importante recordar el hecho de que los eventos que corresponden a "detectar" el plano del pulso en un sistema, no son los mismos que aquellos que corresponden a la "detección" del plano del pulso del otro sistema.

El análisis que aquí se ha desarrollado proporciona también los resultados, a través de los cosenos directores, de la aberración de la luz en tres dimensiones.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor está agradecido con todas las personas que hicieron posible la publicación de este manuscrito. Merecen reconocimiento especial la Dirección y la Secretaría del Instituto de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad de El Salvador.

## ABSTRACT

In this article, the motion of plane electromagnetic pulses in two inertial frames having a uniform relative motion in a vacuum is discussed. It will be shown that if one has a plane electromagnetic pulse in one of the frames, then one will also have a plane pulse in the other frame. The analysis given here may be useful in teaching the theory of special relativity.

## EXTRAIT

Ici on discute le mouvement pulsatoire électromagnétique plan dans deux systèmes de référence d'inertie qui ont un mouvement relatif uniforme dans le vide. On démontre que si on a une pulsation électromagnétique plan dans un des deux systèmes, alors on en aura aussi dans l'autre.

Le présent travail peut servir comme un instrument pédagogique dans la théorie de la relativité spéciale.

## LITERATURA CITADA

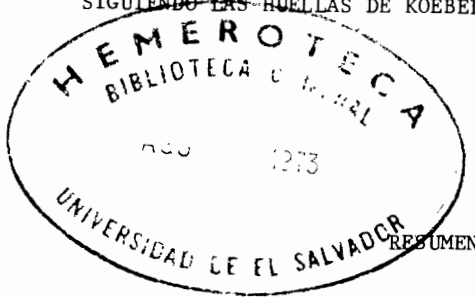
Bueche F. "Introduction to Physics for Scientists and Engineers" Mc Graw-Hill Co. New York, Págs. 95-97. (1969).

Goldstein H. "Classical Mechanics" Addison-Wesley Publishing Co. Reading Massachusetts, Págs. 187-194, (seventh printing, 1965).

Jackson J. D. "Classical Electrodynamics" John Wiley and Sons, Inc. New York, Págs. 352-357, (third printing, 1963).

Loedel E. "Física Relativista" Editorial Kapelusz. Buenos Aires, Págs. 48-56. (1955).

SIGUIENDO LAS HUELLAS DE KOEBELE: UN VIAJE A AUSTRALIA



José Rutilio Quezada  
Departamento de Biología  
Universidad de El Salvador  
25 de enero de 1972

Se hace un relato de exploraciones hechas en el sur de Australia, por la ruta que siguió Koebele en 1888, en búsqueda de la escama algodonosa Icerya purchasi Maskell y de sus enemigos naturales, el depredador Rodolia cardinalis Mulsant y el parásito Cryptochetum iceryae Williston. Las exploraciones tuvieron como principal propósito el comprobar si las relaciones ecológicas de las tres especies en Australia eran equivalentes a las que guardan en California, en donde la escama fue introducida accidentalmente alrededor de 1869 y sus enemigos llevados de Australia unos veinte años más tarde. Los resultados dieron fuerte evidencia en apoyo de esa hipótesis y se sugiere un estudio detallado en Australia.

--000--

Nuestra historia se remonta a 1888, cuando la industria de los cítricos en California estaba al borde del colapso debido a las fuertes infestaciones de la cochinilla algodonosa, Icerya purchasi Maskell. La escama había sido accidentalmente introducida desde Australia alrededor de 1869. Habiendo escapado de sus enemigos naturales de su lugar de origen, alcanzó poblaciones enormes en la nueva área invadida. Todos los remedios químicos disponibles en aquel tiempo fallaron. Se decidió entonces mandar a un entomólogo, Albert Koebele, al lugar nativo de la plaga para buscar a sus enemigos. Koebele tuvo éxito al encontrar al famoso escarabajo depredador, Rodolia cardinalis Muls. ("vedalia") y la mosca parásita Cryptochetum iceryae Will. (que había sido realmente llevada a California un poco antes). En término de pocos meses la plaga fue suprimida por esos insectos benéficos, siendo éste el primer caso famoso en los anales del control biológico. Las circunstancias que rodearon este evento son fascinantes y han sido amablemente descritas por Doult (1958, 1964).

Quando yo era un estudiante de control biológico en 1965 me interesaron sobremanera las aventuras de Koebele, encontrando que durante unos 80 años poco se había hecho por comprender por qué un caso tan famoso de control biológico pudo darse (y seguía dándose, aunque por lo general sin que se le diera importancia) en forma tan perfecta. Ahí en California estaban los tres organismos en un nítido balance: la escama, el escarabajo y la mosca. Solamente cuando ocurrían brotes de la plaga después de aspersiones de cítricos con DDT, el caso volvía a traerse a cuenta. Guiado e inspirado por el Dr. Paul DeBach (autoridad mundial en control biológico, para mí mayormente un mentor y amigo), comencé a atacar el problema para mi tesis de doctorado. Se llevaron a cabo estudios bioecológicos de la plaga y sus enemigos naturales durante dos años en tres regiones climáticas diferentes del sur de California (la costa, el interior y el desierto). De tales estudios se sacaron las siguientes conclusiones principales: a) Ambos enemigos naturales son igualmente capaces de encontrar colonias aisladas de las escamas, y ambos son altamente específicos en relación a su alimento, por lo cual se les considera como homólogos ecológicos en el sentido que les asignan DeBach y Sundby (1963). b) Estudios de estadísticas vitales ("life tables") de la escama indicaron que ésta es mantenida bajo control a niveles muy bajos de población en todas las áreas estudiadas. c) La "vedalia" ejerce el mayor control en el desierto, mientras que C. iceryae hace igual en la costa. En el interior ambos comparten la presa en diferentes proporciones de acuerdo a la estación del año. d) La competencia entre los dos enemigos naturales resulta en el desplazamiento de la mosca en el desierto, mientras que el escarabajo tiende a ser desplazado en la costa. En el interior sus habilidades competi-

14  
vías están más o menos balanceadas, y el resultado de la competencia depende de las condiciones ambientales prevalecientes. e) El desplazamiento de una especie por la otra no ha ocurrido en el interior. La "coexistencia" de los dos homólogos ecológicos en esta área es sólo aparente y probablemente es mantenida por la dispersión constante de cada enemigo natural desde su respectiva área de dominio. f) El control biológico de la escama algodonosa, I. purchasi, no es afectado por la competencia entre sus enemigos, lo cual proporciona un apoyo a la política de introducción múltiple de insectos benéficos en la lucha biológica.

Resultó interesante observar un mapamundi y comparar las localidades geográficas del sur de California y de la región de Australia en donde se originó el problema. Ambas están situadas entre 30 y 35 grados del ecuador, aunque en hemisferios diferentes. Las áreas involucradas parecían tener muchas características comunes, con costas frías, regiones interiores de clima intermedio y desiertos calientes y secos. Durante todo mi trabajo de investigación se fue gestando un sueño en mi mente: ir Australia y seguir las huellas de Koebele. Ese sueño se realizó a fines de agosto, 1971 (ciento dos años después que Icerya llegó a California, ochenta y dos años después que Koebele llegó a Australia). Esto fue en ocasión del 12° Congreso de Ciencias del Pacífico en Canberra, al cual fui invitado para presentar un trabajo junto con el Dr DeBach. Así pude visitar la mayor parte de lugares en que Koebele encontró la escama y sus preciosos enemigos naturales.

Siempre llevaba conmigo el informe de Koebele (1890), el cual leía y subrayaba una y otra vez. Exploré sin éxito varios parques y los jardines botánicos en Sydney. Visité Melbourne por un breve período, de nuevo sin poder encontrar la escama. Pronto comprendí que tenía que ir a Adelaide, especialmente al leer: "volví a Adelaide el 8 de noviembre, ya que lo consideré el mejor lugar para obtener el material" (Koebele, 1890, p.16, traducción del autor). Cuando llegué a Adelaide llovía y hacía frío. Era el fin del invierno y estaba seguro que podría encontrar colonias de las escamas aquí y allá, si la situación de California era aplicable en esta ciudad. La mayoría (si no todos) los entomólogos o ecólogos a quienes hablé de mis propósitos se mostraron muy escépticos acerca de mis probabilidades de ver la escama. Sin embargo, después de trabajar durante todo un día excepcionalmente favorable, pude encontrar mi insecto. La primera vez que lo vi fue en un espeso matorral de "escoba escocesa", Sarothamnus scoparius. L. El matorral estaba empacado contra una vieja cerca de madera, por lo que tuve que abrirme una brecha entre matorral y cerca para coleccionar las escamas. Después de una hora y media de trabajo pude recoger un poco más de cien de ellas. Eran sobre todo hembras de cuarto estadio, muchas de ellas comenzando a producir su ovisaco, otras con el mismo bien desarrollado, o sea que eran hembras adultas en período de reproducción. No se encontraron signos del ataque de la "vedalia" (que se evidencia por la presencia de larvas, pupas, o pupas vacías). Sin embargo, había muestras inequívocas del ataque de Cryptochetum, la mosca parásita, cuyos agujeros de emergencia aparecían en varias de las escamas. El cuadro entonces era muy similar al que se encuentra en la costa de California a fines del invierno: una abundancia relativa de escamas, formación de ovisacos y la formación de pequeñas colonias. Los enemigos naturales muestran en esta época un atraso en su acción, ya que la "vedalia" es prácticamente desplazada por la mosca, la que al mismo tiempo experimenta una prolongación de su ciclo biológico bajo el clima frío riguroso. La mosca ejerce un fuerte control de la escama en cuanto comienza la primavera, y permanece siendo el principal factor de regulación en las áreas costeras. A medida que el clima se vuelve más tibio, el escarabajo comparte una cantidad creciente de la presa. Koebele llegó a Adelaide el 2 de octubre, cuando la primavera estaba bastante avanzada. El informa (1890): "La primera escama examinada contenía nueve pupas de la mosca parásita, Lestophonus, y la escama estaba todavía viva" (en aquel tiempo Cryptochetum era conocido como Lestophonus).

El 15 de octubre Koebele descubrió la "vedalia" en el norte de Adelaide. Para este tiempo, con el clima más tibio, el escarabajo sería predictiblemente más fácil de encontrar en esa región. Es interesante leer en el informe de Koebele que visitó Mannum, en las riberas del río Murray, el 18 de octubre. Ahí, en un área más cálida, encontró la mosca de nuevo, pero encontró más abundancia de "vedalia". Esto es exactamente lo que uno encuentra en las áreas interiores y desérticas del sur de California en la primavera!

Continué buscando más escamas en varios jardines de residencias en Glen Osmond, un



suburbio de Adelaide. Encontre individuos aislados en plantas del genero Pittosporum. Después visité el Jardín Botánico, en donde fuí primero reprendido y después ayudado, por un vigilante. Una buena muestra de escamas se encontró en una hiedra (Hedera helix, Linn.) dentro de un invernadero. Más tarde visité el antiguo parque Victoria y ahí encontré unas escamas sobre Pittosporum. Tuve que abandonar mi búsqueda cuando comenzó un incidente entre la policía y unos centenares de jóvenes que llevaban a cabo un festival de música en el parque. Cuando volví a mi cuarto en un motel de Glen Osmond estaba agotado y había olvidado almorzar, pero llevaba conmigo 173 escamas. Para mi sorpresa, ahí mismo, en el pequeño jardín del motel, había un arbolito de limón (Citrus limon Burm.) en el que colecté otras 20 escamas, lo que hizo un total de 193 en todo un día de trabajo. Koebele colectó 6000 escamas en 25 días, un promedio de 240 por día. Mi actuación no estaba mal, después de todo! En dos días subsiguientes otras muestras fueron conseguidas. Una de ellas procedió de un árbol de Acacia en una casa del sur de Adelaide. Había entre las escamas una pupa vacía vieja de "vedalia", la cual, para mi experiencia, pudo haber correspondido a una generación del verano u otoño anteriores. De nuevo, esto encajaba bien con lo que uno encuentra en el sur de California: el depredador "vedalia" sólo es capaz de hacerse presente en las regiones costeras durante la primavera, el verano y el otoño.

Mis exploraciones en varios lugares del sur de Australia estuvieron lejos de ser completas. Sirvieron, sin embargo, para dar apoyo a varios puntos relacionados con la abundancia estacional relativa de I. purchasi, R. cardinalis y C. iceryae, y de la competencia entre los enemigos naturales de la escama, tal como se muestra en el trabajo de Quezada y DeBach (en prensa). Un punto importante comprobado por mis exploraciones es que éstas pueden hacerse con un alto grado de predicción. Si Koebele hubiera llegado a Adelaide durante el invierno pudo haber tenido sus problemas para encontrar la famosa "vedalia". Al llegar a esa región en la primavera, pudo hallar numerosos escarabajos consumiendo las colonias de escamas relativamente densas, las que en condiciones normales tienen una oportunidad especial de formarse durante el invierno. Sería muy interesante si alguien en Australia hiciera un trabajo detallado sobre la dinámica de las poblaciones de Icerya y sus enemigos, para compararlo con el de Quezada y DeBach, ya mencionado. Los tres insectos han vivido durante 82 años en California, en donde mantienen un balance delicado. En Australia, los mismos han vivido juntos por miles, quizás millones, de años. Un estudio de esa naturaleza contribuiría mucho a los campos de la zoogeografía y evolución, así como al control biológico aplicado y teórico.

El haber tratado de seguir las huellas de Koebele en Australia fue una experiencia única y de grandes satisfacciones. Las grandes distancias que él cubrió durante varios días de viaje por tren o barco, yo las pude cubrir en sólo horas por medio de modernos "jets". Aun con esta ventaja, siempre estuve consciente de cuan difícil es seguir las huellas de un gigante. Al final de mi viaje tuve que reconocer con humildad lo poco que yo había logrado, y cuanto contribuyó aquel entomólogo explorador al desarrollo del control biológico.

#### AGRADECIMIENTOS

La Universidad de El Salvador, por medio de la Facultad de Ciencias y Humanidades y sus Autoridades Centrales, apoyó mi viaje a Australia. Mis exploraciones en el sur de Australia se hicieron posibles por un subsidio del C. S. I. R. O., de la Universidad Nacional Australiana en Canberra. El Dr. D. F. Waterhouse aseguró ese subsidio y apoyó mi proyecto con entusiasmo. Otras personas prestaron valiosa ayuda y sugerencias: Dr. E. Mc Callan, Canberra; Srs. J.W. Snowball y D. Sands, Sydney; Drs. Maezler y Browning, y Mr. Niel Gough, Adelaide.

(Following Koebele's footsteps: A Journey to Australia)

An account is made about explorations carried out in the south of Australia by the route taken by Koebele in 1888, in search of the cottony-cushion scale, Icerya purchasi Mask. and its natural enemies, the predatory beetle Rodolia cardinalis Muls. and the fly parasite Cryptochetum iceryae Willis. The principal aim of the explorations was to prove if the ecological relationships of the three species in Australia were equivalent to those shown in California, where the scale was accidentally introduced around 1869 and its enemies brought from Australia twenty years later. The results provided strong support for such hypothesis and a detailed study to be carried out in Australia is suggested.

## EXTRAIT

On fait une narration des explorations faites dans le Sud de l'Australie, sur la route suivie par Koebele en 1888 dans la recherche de la cochenille australienne (Icerya purchasi Mask.) et de ses ennemis naturels le déprédateur Rodolia cardinalis Muls. et le parasite Cryptochetum iceryae Willis. Les explorations eurent comme objectif principal de vérifier si les relations écologiques des trois espèces en Australie étaient équivalentes à celles de la Californie où la cochenille fut introduite par accident aux alentours de l'année 1869 et dont les ennemis étaient importés d'Australie quelques vingt ans plus tard. Les résultats donnèrent une forte évidence en appui de cette hypothèse et on suggère une étude plus détaillée en Australie.

## LITERATURA CITADA

DeBach, P. and R.A. Sundby. Competitive Displacement Between Ecological Homologues. Hilgardia 34 (5): 105-66. 1963.

Doutt, R.L. Vice, Virtue, and the Vedalia. Bull. Ent. Soc. Amer. 4(4):119-23. 1958.

Doutt, R. L. The Historical Development of Biological Control. In: Biological Control of Insect Pests and Weeds. Paul DeBach (editor) Chapman and Hall - London. 1964.

Koebele, A. Report of a Trip to Australia. Made under the direction of the entomologist to investigate the Natural Enemies of the Fluted Scale. USDA, Bulletin 21, Washington, 32 pp. 1890.

Quezada, J. R. y P. DeBach (en prensa). Population Biology of the Cottony-Cushion Scale, Icerya purchasi Maskell (Homoptera: Coccidae) and its Natural Enemies in Southern California.

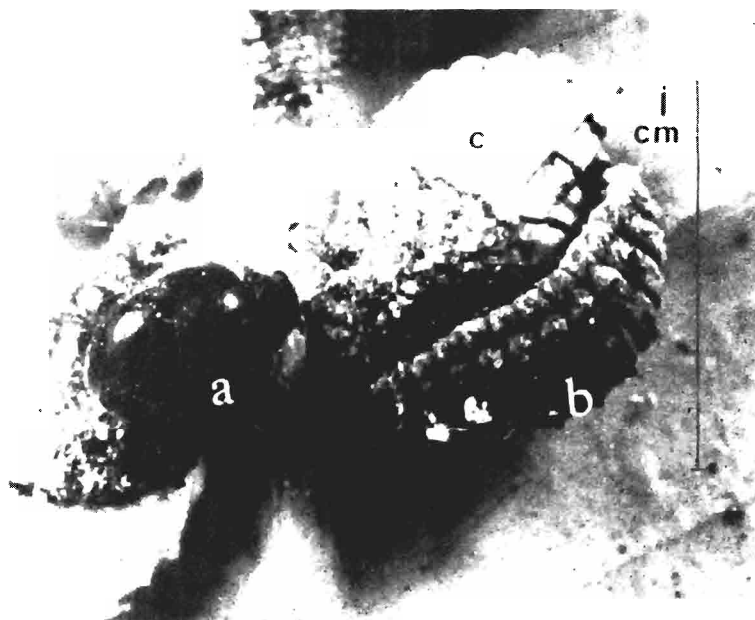


Fig. 1

Icerya purchasi Mask. sufriendo el ataque del depredador Rodolia cardinalis Muls. Pueden apreciarse un adulto (a) y una larva (b) atacando a la escama (c).

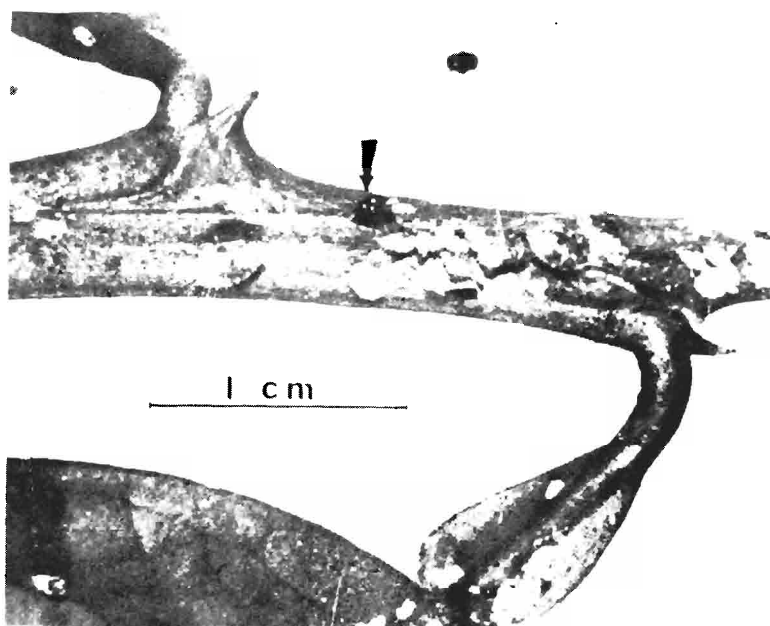


Fig. 2

Adulto del parásito Cryptochetum iceryae Williston (flecha) explorando una colonia de Icerya purchasi Maskell.

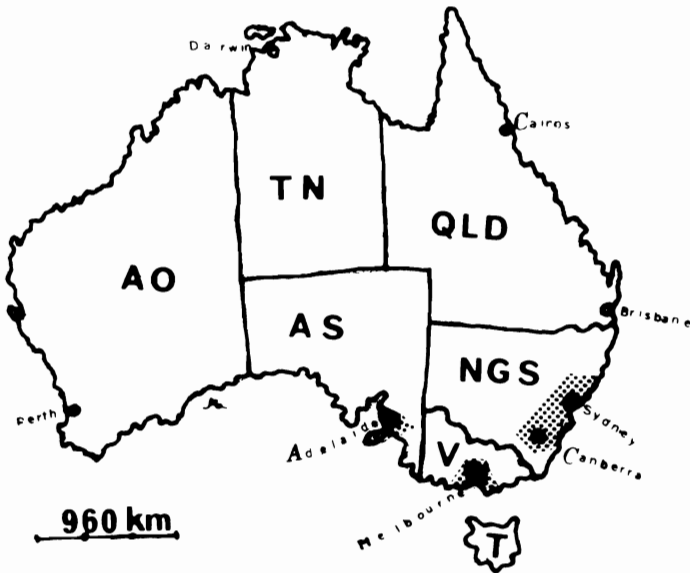


Fig. 3

Mapa de Australia en que aparecen sombreadas las áreas exploradas por el autor, en una ruta similar a la que siguió Koebele en 1888. AO: Australia Occidental; TN: Territorio Norte; AS: Australia Sur; QLD: Queensland; NGS: Nueva Gales del Sur; V: Victoria; T: Tasmania.



Fig. 4

Una calle de la ciudad de Adelaide, en Australia, cerca del Jardín Botánico.



## ALGUNAS ESPECIES DE ARTROPODOS Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN EL SALVADOR

José Rutilio Quezada  
Departamento de Biología  
Universidad de El Salvador  
25 de enero de 1972

## RESUMEN

Se presenta una serie 16 casos en los que especies de artrópodos (un arácnido y 15 insectos) sufren la acción de enemigos naturales (depredadores y parásitos, sobre todo). Se hace énfasis en el hecho de que algunas de las especies mencionadas, siendo inofensivas en El Salvador, tienen importancia económica en otros países, lo que fortalece la idea de que los insectos benéficos listados tienen alguna importancia en la regulación de sus poblaciones.

## INTRODUCCION

El conocimiento de la flora y de la fauna del país es de una necesidad imprescindible para el uso y conservación de esos recursos nacionales. Ese conocimiento, sin embargo, debe ser lo más amplio posible, abarcando no sólo el aspecto taxonómico sino también el estudio biológico. Un aspecto muy importante en esos estudios es la acumulación de datos relativos a la ecología de las especies estudiadas. En efecto, y como es sabido, ningún ser está aislado en la naturaleza. Hay un ambiente físico y biológico que ejerce su influencia perenne sobre cada individuo, a la vez que recibe también la influencia de éste. Así, las poblaciones de animales y plantas se mantienen oscilando entre niveles o límites determinados. El ambiente físico y biótico ejercen un control natural sobre las poblaciones.

Siendo el principal interés del autor el aspecto biológico del control natural, este artículo presenta observaciones sobre algunas especies de artrópodos y sus enemigos naturales. La importancia de estas anotaciones puede ser doble: académica, en el sentido de acumular datos básicos sobre la vida de algunas especies y estimular estudios más detallados sobre ellas; también se pueden derivar aplicaciones prácticas tendientes a la manipulación de especies y sus enemigos naturales, lo cual entra en el terreno del control biológico aplicado. Todas las observaciones han sido hechas en El Salvador y los artrópodos estudiados pertenecen a las clases Insecta y Arachnida.

## MATERIALES Y METODOS

Los métodos y materiales usados han sido sencillos y variaron de acuerdo a la especie estudiada. Esencialmente consistieron en hacer observaciones y anotaciones en el campo, coleccionar el material y llevarlo al laboratorio para su observación más detallada. Después el material se confinó en recipientes apropiados (frascos de vidrio, jaulas de cría, etc.) para esperar la emergencia de enemigos naturales. Al detallar cada caso se hará una versión más específica de los materiales en algunos de ellos. Se consideró importante recoger información en el campo sobre las plantas hospederas, la relativa densidad de la especie observada, la presencia de enemigos naturales, etc.

Para la identificación de las especies que no eran conocidas se recurrió a algunas instituciones extranjeras como el Museo de Historia Natural de Londres, la Institución Smithsonian de Washington, y a la Universidad de California.

## A - CLASE ARACHNIDA

1 - Latrodectus mactans (Fabricius) (Araneida: Theridiidae) "casampulga", "viuda negra".

Esta araña es conocida en zonas tropicales y subtropicales por su picadura venenosa que produce estados febriles fuertes y puede incluso provocar la muerte. En El Salvador se le encuentra ocasionalmente en rincones de las casas o edificios, pero sobre todo en lugares rocosos, en sitios protegidos. Sus telas son irregulares y en ellas la araña deposita su ovisaco, permaneciendo cerca de él (Fig. 1). En este estudio nos interesaba conocer los enemigos naturales que atacan a los huevos. Para esto se localizaban las arañas y sus telas. Usando guantes y unas pinzas largas se tomaba el ovisaco. La reacción de la araña, por lo general, era de retirarse a un rincón de su nido. En el laboratorio, los ovisacos se confinaron en frascos individuales, a los que se pegó una etiqueta con los datos de colección. Los frascos usados eran de los que contienen alimentos para niños (unos 140 cc) y se cubrían con una tela fina que permitiera el paso del aire. Después de un tiempo se anotaba el resultado de cada ovisaco. Normalmente emergen unas 150 a 200 arañitas jóvenes, pero con gran frecuencia ocurre el parasitismo del microhimenóptero. Eurytoma sp (Hymenoptera: Eurytomidae). Ocasionalmente también hay ataque de Pseudogaurax signata Lw. (Diptera: Chloropidae), ya observado y estudiado por Jenks (1936). Se están haciendo estudios más detallados para determinar el grado de parasitismo a que está sometido este arácnico en el país.

## B - CLASE INSECTA

2 - Rothschildia aroma Schaus (Lepidoptera: Saturnidae)

Esta es una mariposa nocturna cuyas larvas se alimentan de hojas de jocote (Spondias dulcis) y otras plantas hospederas. Sus capullos ovoideos, plateados y fuertes, son más notables en la estación seca (de noviembre a abril) cuando los árboles han perdido sus hojas. Las pupas contenidas en los capullos están sometidas a un elevado parasitismo por dos especies de moscas taquínidos, Belvosia nigrifrons Aldrich y Lespesia sp (Fig. 2) y una avispa ichneumónido, Enicospilus americanus Christ. El parasitismo alcanza hasta un 70% y la emergencia de mariposas adultas alcanza sólo un 10% en condiciones naturales (Quezada, 1967). El 20% restante sucumbe ante la acción de factores como la falta de humedad y acción de patógenos. Estudios que se están llevando a cabo actualmente muestran que ese porcentaje de mortalidad se mantiene en aquellas áreas del país que no han sido perturbadas con el uso de pesticidas, tales como la zona norte y valles centrales. En contraste, el porcentaje de parasitismo ha bajado notablemente, con la consiguiente mayor sobrevivencia de mariposas, en áreas que han recibido riegos intensos de pesticidas, tales como San Miguel y otras regiones de la zona algodonera.

3 - Papilio spp. (Lepidoptera: Papilionidae).

Mariposas diurnas cuyas larvas devoran el follaje de árboles cítricos (Citrus spp.) o de ruda (Ruta graveolens). Los huevos, depositados en grupos sobre hojas jóvenes de las plantas hospederas, son a menudo parasitados por pequeñas avispas de los géneros Telenomus (Hymenoptera: Eulophidae) y Oencyrtus (Hymenoptera: Encyrtidae). Un solo parásito desarrolla en cada huevo. Las crisálidas son también con frecuencia parasitadas por Pteromalus puparum L. (Himenoptera: Pteromalidae). Muchos parásitos emergen de cada crisálida (un promedio de 60), copulando pronto y parasitando activamente a crisálidas frescas, si se encuentran disponibles (Fig. 3).

4 - Manduca (Protoparce) sexta Joh. (Lepidoptera: Sphingidae)

Mariposas nocturnas que atacan plantas solanáceas, sobre todo el tabaco (Solanum tabacum) o el tomate (Lycopersicum sculentum) devorando el follaje. Las larvas sufren una alta frecuencia de parasitismo por parte de avispietas del género Apanteles (Hymenoptera: Braconidae), las cuales, después de devorar a las larvas y ter

namente atraviesan el tegumento y forman capullos individuales que rodean a su víctima. El agregado de capullos de los parásitos es bastante típico. Dependiendo del tamaño de la larva parasitada el número de parásitos que resultan oscila entre unas cuantas docenas a centenares. Apanteles sp. también ataca larvas de otros esfíngidos (Fig. 4).

#### 5 - Edesa reticulata Say (Hemiptera: Pentatomidae)

Esta es una chinche hedionda (Fig. 5) que deposita sus huevos en grupos en el envés de las hojas del árbol de San Andrés (Tecoma stans), aunque también lo hace en otras plantas o incluso en superficies diversas como paredes o techos. En ocasiones se le ve frecuentar árboles de Casuarina equisetifolia Forster. El número de huevos depositados por grupo es casi siempre de 13, muy rara vez 12 ó 14. Normalmente los huevos dan origen a pequeñas ninfas que se alimentan succionando savia de la planta hospedera. Después de pasar por cuatro estados ninfales resultan de nuevo los adultos. Un alto porcentaje de huevos de E. reticulata son parasitados por avispidas de la especie Neorileya flavipes Ashm. (Hymenoptera: Eurytomidae), cada huevo dando suficiente alimento para el desarrollo de un parásito. Al emerger, las avispidas copulan casi de inmediato y tienen capacidad de parasitar más huevos de su huésped. N. flavipes es sin duda un factor clave en el control natural de la chinche y está siendo objeto de un estudio especial.

#### 6 - Icerya purchasi Maskell (Homoptera: Coccidae) (Fig. 6)

Es una escama que en otros países ha representado una verdadera amenaza para los cítricos. Esta especie está ligada a la historia de la citricultura y del control biológico. Douthett (1958, 1964) describe ampliamente como la "escama algodonosa de los cítricos puso en peligro esa industria en California, hasta que fue controlada importando sus enemigos naturales desde Australia". Recientemente, Quezada y DeBach (en prensa) hicieron un estudio exhaustivo de la bioecología de I. purchasi y sus enemigos naturales en California. En El Salvador la escama forma pequeñas colonias en árboles de Casuarina equisetifolia Forster, pero sus poblaciones son reguladas por un depredador, Rodolia sp. (Coleoptera: Coccinellidae) y por un parásito, Syneura cocciphila Coq. (Diptera: Phoridae). Cuando la escama se mueve hacia las plantaciones de naranjos, sus enemigos la localizan también ahí para destruirla. Esto ilustra en forma clara como una plaga que es real en otras regiones es sólo potencial en nuestro país. Bastaría alguna perturbación en el equilibrio natural para que I. purchasi amenazara nuestra nascente citricultura. Otra especie de Icerya, I. similis, se encuentra en algunas plantas ornamentales y puede pasar a los cítricos, pero es siempre controlada por los mismos enemigos naturales de I. purchasi.

#### 7 - Aleurothrixus floccosus Mask. (Homoptera: Aleyrodidae)

Conocida como la mosca blanca lanuda, es un insecto chupador que forma pequeñas colonias en el envés de las hojas de los cítricos. En nuestro país, y en condiciones normales, esas colonias nunca alcanzan densidades que puedan amenazar a las plantas. Esto se debe, en buena parte, a que algunas especies de parásitos ejercen su acción inmediata sobre tales insectos. Principalmente se trata de Amitus sp. y Aphytis (Hymenoptera: Aphelinidae). Lo notable en este caso es que la misma especie es una verdadera plaga en el norte de México y recientemente infestó unos 3 millones de árboles en España. (Bibin, 1971).

#### 8 - Otros homópteros de los cítricos

Existen varias especies de insectos homópteros que atacan a los cítricos pero sólo rara vez desarrollan poblaciones elevadas, ya que sus enemigos naturales mantienen sobre ellos una acción reguladora. En un artículo futuro se presentará el estudio especial que se está haciendo sobre ellos. En el cuadro I se resume la información sobre esas especies y los enemigos naturales hasta hoy detectados. Con excepción de la escama nieve, Unaspis citri Comstock, y la mosca prieta, Aleurocanthus woglumi Ashby, todas las demás especies están sometidas a un grado de control biológico que oscila entre excelente y satisfactorio. Es notable la acción que el hongo patógeno Aschersonia aleyrodii Webber ejerce contra varias especies, sobre todo en la época lluviosa.

CUADRO I. ALGUNAS ESPECIES DE HOMOPTEROS QUE ATACAN A LOS CITRICOS Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN EL SALVADOR.

Nombre común	Nombre Científico	Enemigos naturales conocidos en el país.
Escama roja de Florida	<u>Chrysomphalus aonidum</u> L. ( <u>Ch. ficus</u> Ashm.)	<u>Aphytis</u> sp. (prob. <u>holoxanthus</u> ) (P)
Escama de las Indias Occidentales	<u>Selenaspidus articulatus</u> (Morgan)	<u>Aphytis</u> sp. (P) <u>Chilocorus cacti</u> (L.) (D) <u>Scymnus</u> sp. (D) <u>Aschersonia aleyrodis</u> Web. (p)
Escama nieve	<u>Unaspis citri</u> Comstock	<u>Aspidiotiphagus</u> sp. (P) <u>Signiphora</u> sp. (P) <u>Chilocorus cacti</u> (L) (D) <u>Aschersonia aleyrodis</u> Web. (p)
Escama hemisférica	<u>Saissetia hemisphaerica</u> (Targ.)	<u>Azya luteipes</u> Muls. (D) <u>Salpinogaster</u> sp. (D)
Escama purpúrea	<u>Lepidosaphes beckii</u> (New).	<u>Aphytis</u> sp. (prob. <u>lepidosaphes</u> ) (P)
Mosca prieta de los cítricos	<u>Aleurocanthus woglumi</u> Ash.	<u>Delphastus</u> sp. (D) <u>Chrysopa</u> sp. (D) <u>Aschersonia aleyrodis</u> Web. (p)

P = parásito D = depredador p = patógeno

1 - Periplaneta americana (Blattaria: Blattidae).

La cucaracha común deposita sus ootecas en rincones de los cuartos, cocinas, alcantarillas, etc. Las ootecas son atacadas por parásitos Tetrastichus sp. (Hymenoptera: Eulophidae), que emergen de ellas en buen número (Fig. 7).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los ejemplos citados en este artículo constituyen apenas parte de un proyecto amplio, destinado a recabar todos los datos posibles sobre casos de control biológico natural que ocurren en El Salvador. Es evidente que la mayor parte de estas interacciones entre artrópodos y sus enemigos naturales han pasado desapercibidas antes. Peñalver (1957) reportó el hallazgo de un parásito de los huevos de triatomídeos. Berry (1959) en su "Entomología Económica de El Salvador", hace referencias ocasionales a parásitos o depredadores de algunas plagas. Otros reportes más recientes incluyen los de Quezada (1967, 1968) y Quezada et al (1969, 1971).



Los casos de control biológico natural abundan en diversas situaciones (jardines, cultivos, bosques, etc.) pero no se les presta atención. Es hasta que el equilibrio biológico es roto, en forma natural o por acción humana, que se aprecia su valor. En efecto, al romperse el balance natural, algunas especies pasan a convertirse en "plagas". Casi siempre las "explosiones biológicas" de algunas especies ocurren después de la aplicación indiscriminada de pesticidas. La aplicación va inicialmente dirigida a una especie distinta. Los enemigos naturales son diezmadados y otras especies antes ignoradas desarrollan poblaciones alarmantes, llegando a adquirir status de plaga, lo que ha sido ya señalado por muchos autores. La sistematización de estas ideas aparece más detallada en las obras de DeBach (1964) y Huffaker (1971).

Lo importante de estos hallazgos es que nos muestran como una misma especie en distintas regiones puede representar un problema económico o ser completamente inocua. Por lo general la diferencia estriba en la acción de enemigos naturales que son capaces de mantener regulada a la especie en cuestión a niveles bajos de población. Así por ejemplo, ya se ha mencionado la infestación de árboles de cítricos en España por la mosca blanca lanuda, Aleurothrixus floccosus, y como la misma especie es inofensiva en nuestro país. Se podría arguir que el clima de España no es igual al nuestro. Una vez se introduzcan allá los insectos benéficos se podrá rebatir ese argumento. La introducción de enemigos naturales para controlar plagas ha sido puesta en práctica desde hace tiempo en muchos países, en muchos casos con gran éxito (DeBach, 1964). La misma mariposa del jocote, Rothschildia aroma, que en El Salvador no tiene status de plaga, ha causado a veces defoliaciones en cafetales de Colombia (Dr. César Cardona, comunicación personal). Potencialmente entonces, podemos tener muchas plagas en especies que actualmente nos pasan desapercibidas. Al verificar los estudios detallados sobre todas las especies posibles, podemos prever y evitar a tiempo que la aplicación indiscriminada de pesticidas pueda provocar desequilibrios biológicos inesperados. Se tiene la esperanza que el cultivo de los cítricos, que cada vez se va extendiendo más en el país, sea un cultivo cuyos problemas de plagas se manejen con un criterio técnico basado en el conocimiento científico de los insectos nocivos y de los factores que regulan sus poblaciones, en especial los factores biológicos (depredadores, parásitos y patógenos) a los que poca o ninguna importancia se ha prestado anteriormente.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece profundamente la ayuda del Br. Carlos Cornejo y la Sra. Br. Arellí Díaz de Mira por su ayuda en la colección de material en el campo y su manejo en el laboratorio. El Sr. Jack C. Hall, científico del Museo de Entomología, Universidad de California, Riverside, prestó valiosa cooperación en la identificación de buena parte del material. Los datos sobre algunas especies se han obtenido con la colaboración de las siguientes personas: Brs. Juan José Ramos L., Dionisio Velasco, Martha Gloria Calderón, José Alberto Alegría C., Martha Pérez C. de Ruíz y Víctor Hellebuyck. La mayor parte de los fondos para estas investigaciones provinieron de un subsidio otorgado al autor por el Consejo de Becas e Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador.

ABSTRACT

A series of 16 cases are presented in which species of arthropods (one arachnid and 15 insects) are attacked by natural enemies, mostly predators and pathogens. An emphasis is placed on the fact that some of the species discussed, while being innocuous in El Salvador, are of economic importance in other countries, which supports the idea that the beneficial insects listed may be of importance in the regulation of their populations.

EXTRAIT

On présente une série de seize cas, dans lesquels les espèces des arthropodes (une aracnide et quinze insectes) subissent l'action des ennemis naturels (déprédateurs et parasites, surtout). On insiste sur le fait que quelques unes des espèces nommées

24. plus haut, étant inoffensives au El Salvador, ont une importance économique dans les autres pays, ce qui renforce l'idée que les insectes bénéfiques mentionnés ont une importance dans la régulation de ces populations.

#### LITERATURA CITADA

1. Berry, P. A. Entomología Económica de El Salvador, Boletín Técnico No. 24. Serv. Coop. Agríc. Salv. Americ. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Santa Tecla. 255 págs. 1959.
2. Bibin, B. M. "White Fly" Plague. Smithsonian Institution Center for Short-lived Phenomena. Event 53-71, 1223. Mayo 1971.
3. DeBach, P. Successes, Trends, and Future Possibilities. Cap. 24 en Biological Control of Insect Pests and Weeds. P. DeBach (editor). Reinhold Publ. Co., N. Y. 844 págs. 1964.
4. DeBach, P. (editor) Biological Control of Insect Pests and Weeds. Reinhold Publ. Co. N. Y. 844 pág. 1964. (Traducido al español por Compañía Edit. Continental, S.A. México, como "Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas").
5. Doutt, R. L. Vice, Virtue, and the Vedalia. Bull. Ent. Soc. Amer. 4 (4):119-23. 1958.
6. Doutt, R. L. The Historical Development of Biological Control. En: Biological Control of Insect Pests and Weeds. P. DeBach (ed) Chapman & Hall, Londres, 844pp. 1964.
7. Huffaker, C. B. (editor) Biological Control. Plenum Press, N. Y. 511 págs. 1971.
8. Jenks, G. E. Life story of the black widow spider and her insect enemy. Pop Sci. Monthly 129: 32-34. 1936.
9. Peñalver, L. M. Hallazgo de Telenomus fariyai, Lima, 1927, himenóptero parásito de los huevos de triatomídeos en El Salvador, Centró América. Comunicaciones, Año VI No. 2, pp. 55-60. 1957.
10. Quezada, J. R. Notes on the biology of Rothschildia aroma (Lepidoptera: Saturniidae) with special reference to its control by pupal parasites in El Salvador. Ann. Ent. Soc. Amer. 60 (3): 595 - 99. 1967.
11. Quezada, J. R. Un método Sencillo para criar el gorgojo del cocotero, Rhynchophorus palmarum L., (Coleoptera: Curculionidae), con notas sobre su biología en El Salvador. CEIBA, Vol. 14, No. 2pp. 1 - 12. 1968.
12. Quezada, J. R.; C. A. Amaya y L. H. Herman. Xanthopygus cognatus Sharp (Coleoptera Staphylinidae) an enemy of the coconut weevil, Rhynchophorus palmarum L. (Coleoptera: Curculionidae) in El Salvador. Jour. New York Ent. Soc. Vol. LXXVII, No. 4, pp. 264-69. 1969.
13. Quezada, J. R.; R. Solórzano; R. A. Landaverde T., y S. R. García. Conozca y Combata al picudo, enemigo de sus cocoteros. Boletín Técnico No. 55. Minist. Agric. y Ganad. Direc. Gral. de Invest. y Ext. Agropecuaria. Sta. Tecla. 14 págs. 1971.
14. Quezada, J.R. y P. DeBach (en prensa) Population biology of the cottony-cushion scale, Icerya purchasi Maskell (Homoptera: Coccidae) and its natural enemies in southern California.

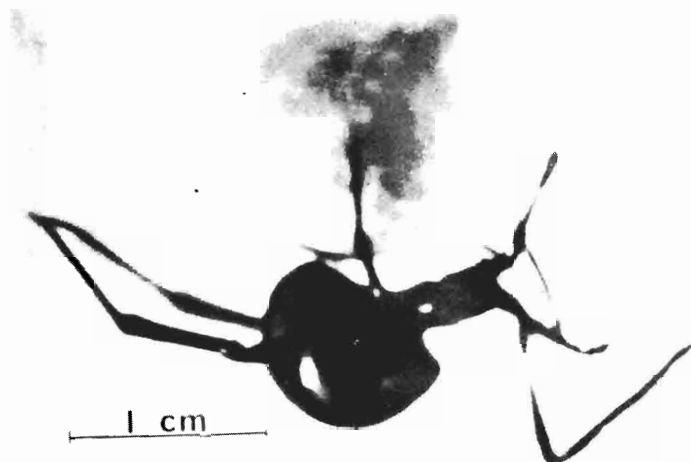


Fig. 1

Latrodectus mactans (Fab.) en su actitud típica, cerca de su ovisaco.

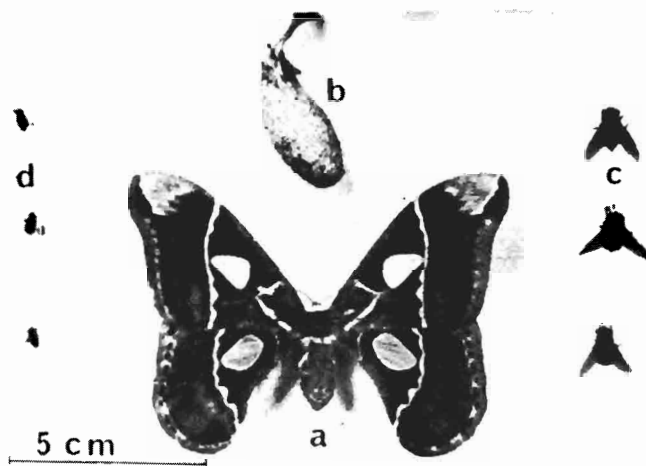


Fig. 2

Rothschildia aroma Schaus y dos de sus enemigos naturales. a) mariposa adulta; b) capullo; c) especímenes del parásito. Belvosia nigrifrons Ald.; d) especímenes del parásito Lespesia sp.

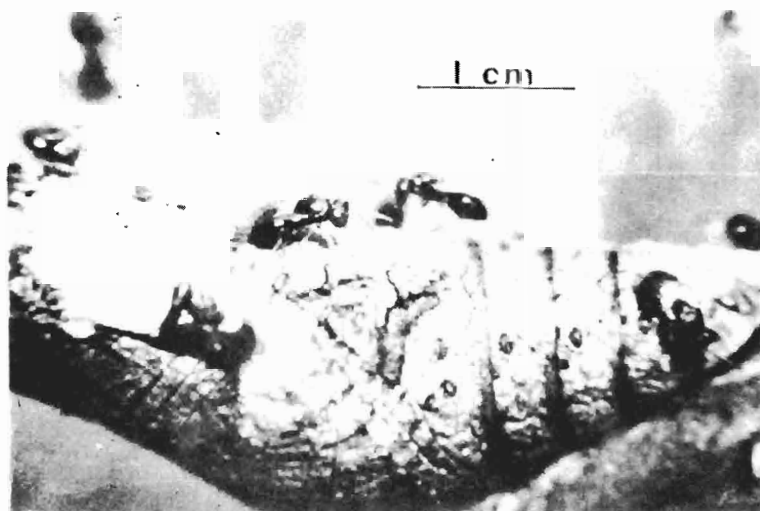


Fig. 3

Avispitas de la especie Pteromalus puparum L. en el acto de pinchar una crisálida de Papilio thoas (L).

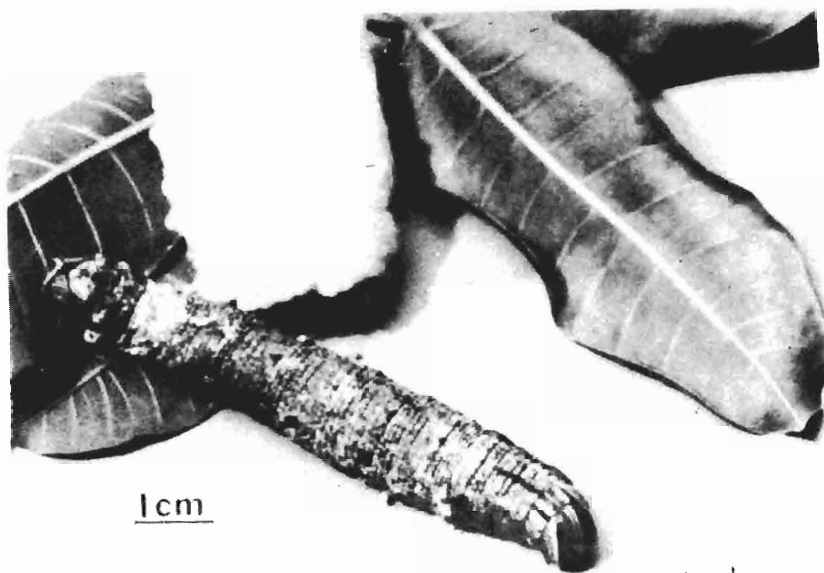


Fig. 4

Masa de capulitos de Apanteles sp., tejidos por larvitas del parásito, recién emergidas del cuerpo de una larva de esfíngido. Planta hospedera: Ficus sp.

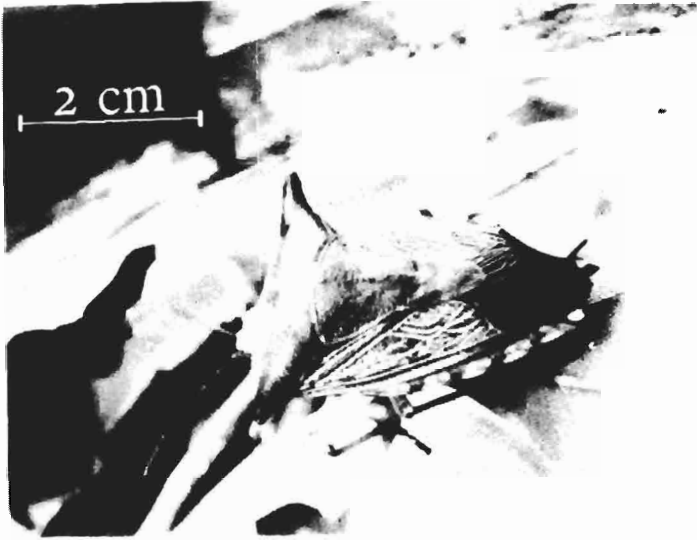


Fig. 5  
 Adulto de la chinche Edessa reticulata Say, cuyos huevos son parasitados por el microhimenóptero Eurytoma sp.

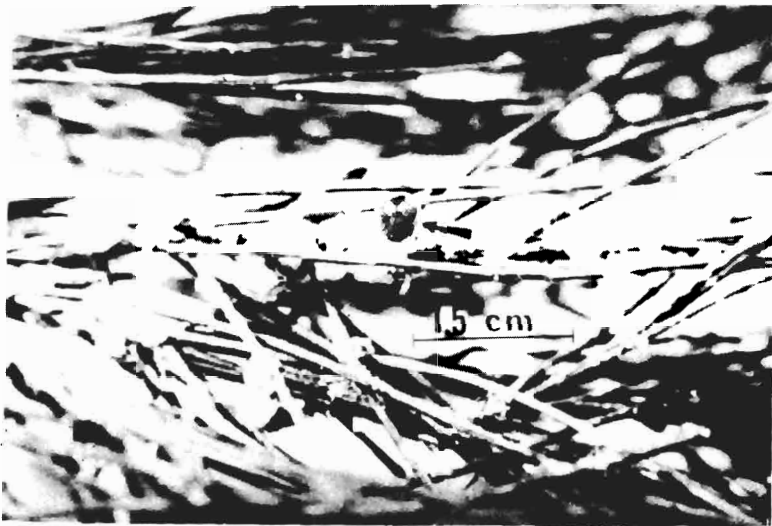


Fig. 6  
 Adulto del depredador Rodolia sp. (flecha) devorando una colonia de Icerya purchasi Mask. Planta hospedera: Casuarina equisetifolia Forster.

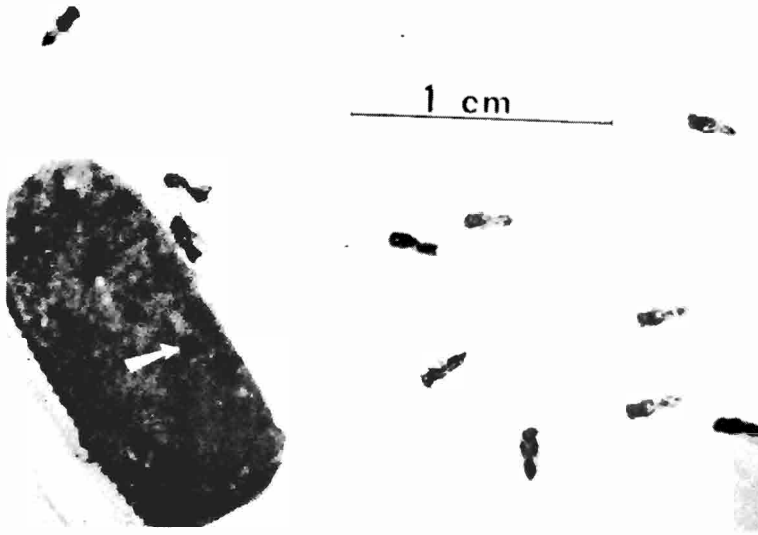


Fig. 7

Ooteca de cucaracha parasitada por Tetrastichus sp. La flecha señala el agujero de emergencia de los parásitos.

## ESTUDIOS DE CAMPO CON ACIDO FOSFONICO 2-CLOROETILO (ETHEPHON) EN CAFETOS

Louis Russo, Jr.  
Departamento de Biología  
Eddie Alvarez  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Universidad de El Salvador  
Juan Antonio González  
Instituto Salvadoreño de  
Investigaciones del Café.  
21 de enero de 1972.

## RESUMEN

En este trabajo se demuestra que el compuesto ácido fosfórico 2-cloroetilo (Ethephon) tiene algunos efectos notables en uniformar la maduración del fruto en los cafetos y en aumentar su tamaño. Se utilizó el Coffea arabica L. cultivar Bourbon. En la especie Coffea robusta L. el ethephon ocasionó una defoliación y caída del fruto excesiva en concentración tan baja como 100 partes por millón. Se obtuvo la mayor uniformidad del fruto (85-95 por ciento) en café al sol con unas 500 partes por millón de ethephon y con 750 partes por millón con café a la sombra. La defoliación y la caída del fruto estuvo dentro de límites aceptables. Se observó un aumento en el tamaño del fruto solamente cuando se aplicó el ethephon en la segunda fase de crecimiento, mientras que la mayor uniformidad en la maduración se consiguió aplicando ethephon temprano en la tercera fase de la curva de crecimiento del fruto. El ethephon demuestra un gran potencial en el cultivo de café permitiendo que los caficultores realicen una sola cosecha y aumentando el tamaño de la uva.

## INTRODUCCION

El propósito de estos ensayos fue acumular suficientes datos por medio de aplicaciones preliminares bajo condiciones de campo del compuesto Ethephon, y luego planear un ensayo comercial en gran escala de este agente químico en la siguiente estación de cultivo. El compuesto Ethephon se ha demostrado que tiene un efecto positivo en acelerar la maduración de frutos especialmente en tomate y bananos (Russo, 1968), sin afectar su calidad (Russo, en prensa). En esta investigación se estudiaron específicamente tres variables: la concentración del agente químico, la época de aplicación, el efecto en siembras de café al sol versus café a la sombra, y las diferencias varietales de cafetos.

## PRIMER ENSAYO

A. Materiales y Métodos:

Las primeras aplicaciones de Ethephon se realizaron aproximadamente 15 semanas después de la floración en dos cultivares, Coffea arabica L. cultivar Bourbon y Coffea robusta L. El cultivar arabica se caracteriza por un hábito de crecimiento algo amezado con ramas uniformes y glomérulos de frutos relativamente sueltos, mientras que el robusta es un árbol grande con ramas largas y grupos de frutos compactos en los nudos, los cuales están más separados que en el cultivar arabica. Se aplicaron dos concentraciones a ambos cultivares; 500 partes por millón y 1,000 partes por millón. En el cultivar robusta se aplicó el Ethephon a glomérulos individuales, mientras que en el arabica se aplicó a ramas completas. Se hicieron cuatro réplicas de cada concentración y el Ethephon se aplicaba hasta que comenzaba a gotear. Se utilizó una bomba manual para la aspersión.

B. Resultados:

El cultivar robusta demostró los primeros efectos del agente químico. Toda hoja o fruto que viniera en contacto con cualquiera de las dos concentraciones de Ethephon

30. se desprendía durante la primera semana. Al observarse esta anomalía se aplicaron dos concentraciones inferiores de Ethepon: 250 partes por millón a varios glomérulos de esta especie. Al cabo de dos semanas después de la aplicación hubo una abscisión completa de los frutos y hojas tratados y no se realizaron aplicaciones adicionales a esta especie.

La especie arabica demostró una mayor tolerancia a Ethepon y se observaron diferencias entre las ramas expuestas al sol y las sombreadas. La aplicación de 1.000 partes por millón demostró una abscisión foliar completa y una leve abscisión de frutos en las ramas expuestas al sol, pero en las ramas sombreadas dicha concentración produjo una maduración uniforme del fruto con una ligera defoliación. La aplicación de 500 partes por millón demostró una maduración uniforme y una defoliación tenue en las ramas expuestas al sol, mientras que a la sombra no hubo defoliación y la maduración era menos uniforme. Ambas concentraciones produjeron 70-100 por ciento de frutos maduros después de unas tres semanas, mientras que en los cafetos controles se observaba menos del 1 por ciento de los frutos maduros.

## SEGUNDO ENSAYO

### A. Materiales y Métodos:

En este ensayo se realizaban las aplicaciones de Ethepon a todo el arbusto de café; dos bajo sombra y dos expuestos al sol. Se utilizó una concentración de 500 partes por millón en todos los tratamientos, y el cultivar utilizado fue Coffea arabica cultivar. Bourbon. Con una asperjadora del tipo mochila se aplicó un litro de Ethepon a cada cafeto, tomando la precaución de humedecer las ramas inferiores. Se hizo una limpieza debajo de cada cafeto tratado y expuesto al sol y en igual forma a los cafetos bajo sombra, de manera que los frutos y las hojas caídas pudiesen ser contados fácilmente. Estas aplicaciones se realizaron aproximadamente unas 20 semanas después de la floración. Se tomaron datos semanales sobre la defoliación y la caída de los frutos después de la aplicación de Ethepon.

### B. Resultados

Se observaron grandes diferencias entre los cafetos tratados y expuestos al sol y los cafetos bajo sombra. Se encontró mucho más defoliación y caída de los frutos en los cafetos expuestos al sol, como puede verse en la Tabla número 1. Unas dos semanas después de la aplicación de Ethepon casi todos los frutos en los cafetos tratados y expuestos al sol estaban amarillos o rojos, y a las tres semanas el café estaba listo para la recolección. En los cafetos tratados y sombreados no había más de un 50 por ciento de maduración, y después de tres semanas más de una tercera parte de los frutos estaban todavía verdes, especialmente en las partes inferiores del árbol. Un 85 por ciento de los frutos en los cafetos expuestos al sol fueron recolectados en una sola cosecha, mientras que solamente se recolectó un 60 por ciento del café en los arbustos sombreados. Después de la cosecha inicial en los cafetos sombreados, los frutos verdes restantes se maduraron simultáneamente con los de cafetos adyacentes que no habían sido tratados.

Se observó un aumento en el tamaño de los frutos tratados. Se tomaron medidas de los frutos y se informan en la Tabla número 2. En los frutos obtenidos de cafetos sombreados y expuestos al sol se observó un aumento en el tamaño de los frutos cuando se aplicó el compuesto Ethepon pero el efecto fue más notable en la sombra.

### A. Materiales y Métodos:

La tercera aplicación de Ethepon se realizó unas 28 semanas después de la floración, y unos dos meses antes de la primera cosecha normal. Se asperjaron unos cuatro cafetos en bloque con 750 partes por millón Ethepon, aplicándole un litro de solución por arbusto. Los cafetos estaban bajo sombra parcial y represen-



taban condiciones de campo típicas de El Salvador, Se hizo una limpieza debajo de los cafetos tratados y controles con el propósito de tomar datos sobre la defoliación y la caída de los frutos. Los cuatro cafetos que servían de control eran de tamaño y sombreado similares.

### 3. Resultados

Las concentraciones más altas de Ethepon ocasionaron un 20 por ciento de defoliación en los cafetos parcialmente sombreados. Esto, sin embargo, ocurrió durante la época de la defoliación natural (la terminación de la época lluviosa) y los cafetos que servían de control tuvieron aproximadamente un 5 por ciento de defoliación natural. Un promedio de 58 frutos por arbusto se desprendieron de los cafetos tratados, mientras que los cafetos controles tuvieron un promedio de 5 frutos caídos en las primeras dos semanas. Tres semanas después del tratamiento con Ethepon se cosecharon tres de los cuatro cafetos tratados obteniéndose 74 libras de frutos maduros y unas 5.7 libras de frutos verdes, rindiendo un 92 por ciento de frutos maduros. La cantidad normal de frutos maduros durante la primera cosecha fue de 35 por ciento. Se observó que los cafetos tratados que no se cosecharon mantenían sus frutos en una condición satisfactoria por dos o más semanas, luego comenzaban a secarse y a desprenderse. Los cafetos que servían de control tenían menos de 5 por ciento de los frutos maduros, cuando se cosecharon los cafetos tratados. En forma similar al primer ensayo, sin embargo, no se observó ningún aumento en el tamaño de los frutos. No se encontró diferencia significativa en el volumen o peso de los frutos obtenidos de los cafetos donde se aplicó Ethepon y los arbustos controles.

#### Uniformidad de la Maduración

#### CONCLUSIONES

Los datos indican que el compuesto Ethepon aplicado en concentraciones adecuadas puede concentrar la maduración de los frutos en tal forma que se realice una sola cosecha como práctica comercial. Alvim(1958) observó un aumento en la uniformidad de la floración de los cafetos con el uso del ácido giberélico, pero solamente menciona la posibilidad de que pueda lograrse la maduración uniforme de los frutos.

#### Tamaño del fruto

El aumento notable en el tamaño de los frutos obtenido solamente en la segunda aplicación de Ethepon es explicable por el hecho de que el fruto del café exhibe una curva de crecimiento sigmoide doble Wormer,(1964). Byers(1970), demostró en melocotones que una aplicación de Ethepon ocasiona un aumento en el tamaño del fruto solamente cuando se realiza durante la segunda fase de la curva de crecimiento doble sigmoide. Wormer (1954), investigando bajo condiciones de Kenya, observó que la primera etapa de crecimiento de los frutos de café comienza unas 6-8 semanas después de la floración y termina unas 10 semanas más tarde. La segunda etapa comienza unas 18 semanas después de la floración y dura unas 8-10 semanas, al cabo de las cuales comienza la tercera etapa y termina cuando los frutos están completamente maduros y listos para cosecharse. La primera aplicación de Ethepon se realizó unas 15 semanas después de la floración y pudo haber coincidido con la primera etapa de crecimiento del fruto. La segunda aplicación se hizo 20 semanas después de la floración, aparentemente en la segunda etapa de crecimiento, y la tercera se realizó cuando la tercera etapa de crecimiento del fruto estaba en todo su apogeo. Parece ser que el tamaño del fruto de café puede aumentarse con Ethepon solamente cuando la aplicación se realiza durante la segunda etapa de crecimiento del fruto.

#### Defoliación y caída del fruto

Los frutos y las hojas de diez cafetos fueron contados, encontrándose una razón de hojas a frutos menor de una hoja por cada fruto (.77/1). Tomando en consideración este dato, la caída de frutos observada en la especie arabica pudo haber sido el resultado de una defoliación para mantener una razón de hojas/frutos razonables. La defoliación y la caída de los frutos en la especie robusta fue lo suficientemente severa como para excluir el uso comercial de Ethepon en esta especie. La defoliación en la especie arabica fue de un 20 por ciento, lo cual parece ser aceptable, ya que los -

32. cafetos normalmente pierden más de un 40 por ciento de sus hojas durante la época seca. Se observó que se formaban nuevos brotes florales en los nudos de las ramas donde se habían aplicado concentraciones de 1,000 partes por millón de Ethepon. El efecto de estos tratamientos en el siguiente año, sin embargo, no es previsible.

TABLA 1

Defoliación y caída de frutos de café (*Coffea arábica* L.) con 500 partes por millón de Ethepon

Tratamiento	No. Total de hojas en árbol	No. Total de frutos en árbol	Tiempo después de aplicación	No. de hojas caídas	No. de frutos caídos
Ethepon 500 partes por millón en sol	8.346	7.749	1 semana	107	15
			2 semanas	278	52
			3 semanas	667	57
Ethepon 500 partes por millón en sombra	6.724	6.802	1 semana	462	156
			2 semanas	731	554
			3 semanas	1.145	694

TABLA 2

Tamaño y peso de frutos maduros de café (*Coffea arabica* L.) después del tratamiento con Ethepon en sol y sombra <sup>2</sup>.

Tratamiento	Volumen de 100 frutos	Peso de 100 frutos
500 partes por millón de Ethepon en sol	185.3 centímetros	177.8 gramos
500 partes por millón de Ethepon en sombra	218.3 centímetros	205.8 gramos
Sin tratamiento	168.2 centímetros	162.0 gramos

<sup>1</sup>Average of 4 replicate samples  
promedio de 4 réplicas

In this paper the compound 2 chloroethylphosphonic acid (Ethephon) is shown to have dramatic effects on the uniformity of coffee fruit ripening and the increase in size of the coffee fruit. The cultivar Coffea arabica, L. variety Bourbon was used; the ethephon caused excessive fruit and leaf abscission in the cultivar Coffea robusta L. in concentrations as low as 100 parts per million. Highest uniformity of fruit ripening (85 - 95%) was achieved with 500 parts per million ethephon in the sun, and 750 parts per million in partial shade. Defoliation and fruit drop were within acceptable limits. An increase in fruit size was noted only when ethephon was applied during phase II of fruit growth, while highest uniformity of ripening was achieved when ethephon was applied early in Phase III of the fruit growth curve. By giving coffee growers a "single harvest" capability and by increasing berry size, ethephon shows great potential in the culture of coffee.

## EXTRAITE

Dans cet article le composant acide 2-chloroethylphosphonique (dit communément Ethephon) est présenté comme ayant des effets catastrophiques sur l'uniformité de la maturation du fruit du café et l'augmentation de la taille de ce fruit. Pour cette expérience fut utilisé un plan de Coffea arabica L. de la variété Bourbon. L'Ethephon fut à l'origine de fruits plus gros que la normale et d'une "abscission" de la feuille avec un plan de Coffea robusta L. dans des concentrations aussi basse que 100/1000.000.

La plus haute uniformité dans la maturation du fruit (85 - 95%) fut obtenue avec une concentration de 500/1000.000 d'Ethephon au soleil, et 750/1000.000 à l'ombre. La défoliation et la chute des fruits eurent lieu dans des limites tout à fait acceptables. On a remarqué une augmentation du volume du fruit seulement après une application d'Ethephon pendant la phase II de la croissance. Tandis que la meilleure uniformité de maturation se constatait après une application au début de la phase III de croissance de fruit.

En donnant au planteur de café la possibilité de ne faire qu'une seule récolte, et en augmentant la taille du fruit, l'Ethephon se révèle d'une importance capitale dans la culture du café.

## LITERATURA CITADA

1. Alvim, P., "Estímulo de la floración y fructificación del cafeto por aspersiones con ácido giberélico". Turrialba, Costa Rica. 8: 64-72. 1958.
2. Byers, R. T. "Effect of growth regulators on peach fruit growth and maturation". Ph. D. thesis, Purdue University. 1970.
3. Russo, Louis Jr. ; H. C. Dostal y A. C. Leopold, "Chemical Regulation of Fruit Ripening". Bioscience 18: 109. 1968.
4. Russo, Louis Jr.; H. C. Dostal y P. E. Nelson, "Effects of Chemically Stimulated Ripening of tomato fruits on Processed Quality". Hort. Science. En prensa. 1972.
5. Wormer, T. M. "The growth of the coffee berry". Ann. Bot. Lond. 28: 47-55. 1964.

DIVERGENCIA GENETICA COMO RESULTADO DE ADAPTACION A ALTURAS DIFERENTES  
EN RANAS NEOTROPICALES DEL GRUPO RANA PIPIENS

RESUMEN

Edward J. Greeding, Jr.  
Departamento de Biología  
Universidad de El Salvador  
15 de enero de 1972

Ranas clasificadas como Rana pipiens representan un grupo de especies relacionadas. En este trabajo se compararon cuatro poblaciones de este grupo viviendo en Costa Rica en alturas y en medios ambientes diferentes en cuanto a (1) diferencias morfológicas y (2) compatibilidad reproductiva. No existe una diferencia significativa entre la forma del rostro en las poblaciones estudiadas, pero el tamaño promedio de ambos sexos disminuye en un "cline" ("grado") con incremento en altura. Cruces artificiales indican una reducción significativa en la compatibilidad reproductiva entre la población más alta y las más bajas. Se propone que el cambio clinal en tamaño y la incompatibilidad reproductiva de la población alta representa una divergencia genética y posiblemente una especie nueva en proceso de formación. Se propone también que una "especiación" parecida pueda estar ocurriendo en otras montañas y volcanes de América Central en varios grupos de organismos. INTRODUCCION

Las ranas clasificadas como Rana pipiens tienen una distribución geográfica desde el norte de Canadá a través de la mayor parte continental de los Estados Unidos, México y Centro América (Fig. 1). Todas esas ranas se parecen morfológicamente, pero existe mucha variación dentro de una misma población, y entre poblaciones distintas (Moore, 1949). Littlejohn y Oldham (1968) identificaron cuatro "tipos" de "Ranas Leopardos" en los Estados Unidos, basados en las diferencias en las vocalizaciones, llamándolos "tipo norte", "tipo sur", "tipo este", y "tipo oeste". Los datos indican que esos cuatro tipos tienen distribución alopatrica y una distribución simpátrica limitada a zonas de contacto. Platz (1970), con datos bioquímicos, ha demostrado que los tipos oeste y sur existen juntos en zonas limitadas. Evidencia morfológica proporcionada por Post y Pettus (1966, 1967) indica que hay simpatría entre los tipos norte y oeste en Colorado. Mecham (1969) hizo cruces artificiales que demostraron diferencias genéticas entre los tipos sur, oeste, y este, y (1968) demostró también simpatría entre otros dos tipos en Arizona.

Parece que uno de esos dos corresponde al "tipo norte", mientras el otro todavía no está descrito. Datos en forma de "Lactate Dehydrogenase" (Salthe, 1969) sostienen en parte la realidad y distribución de estos tipos.

En el sentido de Ramme (1930), Dobzhansky (1937), Cuénot (1951) y Mayr (1963), por lo menos algunas poblaciones naturales de ranas que ahora llevan el nombre "Rana pipiens" tienen que ser consideradas como miembros de un grupo de especies muy relacionadas pero todavía distintas. Aunque en la actualidad no se puede averiguar ni siquiera la distribución geográfica y ecológica de esas especies y menos aún su historia evolutiva debido a la falta de datos acerca de un grupo de vertebrados con distribución tan grande como éste, todavía se puede formular la hipótesis que unas especies se formaron en el proceso de adaptación a muchos ambientes diferentes, con respecto a varios factores, incluyendo lluvia y temperatura. Esto parece lógico si se toma en cuenta que la distribución geográfica del grupo incluye una distancia latitudinal de 8°- 60° norte del ecuador, pasando todas las zonas vitales del Artico hasta el Trópico.

En este artículo, se reporta el resultado del trabajo que consistió en el examen morfológico y cruces artificiales con poblaciones del grupo Rana pipiens de cuatro alturas en Costa Rica, Centro América.

Los datos de lluvia y temperatura, los cuales son probablemente los factores más importantes en la vida y distribución de ranas, fueron tomados exclusivamente del reporte del Servicio Meteorológico de Costa Rica (Anónimo, 1965), a menos que se indique otra fuente de información. Las zonas de vegetación son las de Tosi (1965), quien puso su clasificación de acuerdo con la de Holdridge (1964). Todas las localidades estudiadas están en Costa Rica.

1. La localidad más baja (Fig. 2) es una charca en la Península de Nicoya, 12.7kms. camino al suroeste de Liberia, a una altura de aproximadamente 100 mts., en el Bosque Seco Tropical ("Tropical Dry Forest"). En 1965 los extremos de temperatura en Liberia fueron 23.1°- 35.6°C, (promedio, faltando el mes de diciembre, 28.8°), y la precipitación promedio durante diez años fue de 150-200 cms. En la noche del 6 de julio de 1969 la temperatura del aire en la charca fue de 27.4°, y del agua de 27.0°C.; en la noche del 25 de julio de 1970 los mismos valores fueron 30.0° y 32.0°C., respectivamente. Luego, esa localidad se considera relativamente seca y caliente para el sur de Centro América.
  
2. La localidad más o menos media de las zonas vitales altitudinales consiste en una ciénaga en Moravia de Chirripó, situado en las faldas caribeñas de la Cordillera Central, a 1250 mts. (Fig. 2). La zona de vegetación se llama Bosque Lluvioso Pre Montañoso ("Pre-Montane Rain Forest"). Cada año cae un promedio de 250-300 cms. de lluvia. No existen datos oficiales para temperatura, pero tengo las siguientes observaciones: en el día del 12 de julio de 1968 la temperatura del aire fue 18.0°C. y la del agua 19.5°C.; esas medidas para el 24 de julio de 1967 fueron 19.8°C. y 21.2°C. respectivamente.
  
3. La tercera localidad consiste en las quebradas del Bosque Húmedo de Montaña-Baja ("Lower Montane Wet Forest"), cerca del pueblecito de Pacayas de Cartago (Fig. 2). Estos riachuelos consisten en fosas profundas a aproximadamente 1730 mts. sobre el nivel del mar, en la falda sur del lugar que conecta la cumbre del Volcán Turrialba con la del Volcán Irazú. La precipitación anual es más o menos de 216 cms., y la temperatura varía entre 11° y 23°C. (promedio 16°C.)
  
4. La población de ranas en localidades a mayor altura vive en tres charcas en el lado suroeste del Volcán Turrialba, a una altura aproximada de 2700 mts. (como 600 mts. bajo la orilla del cráter). Las tres charcas están dentro de un radio de un kilómetro, en el Bosque lluvioso de Montaña ("Montane Rain Forest") (Fig. 2). No hay datos oficiales, pero otras localidades en la misma zona vital tienen aproximadamente 200 - 250 cms. de lluvia por año. En visitas diurnas el 7 de agosto, 5 de septiembre y el 10 de septiembre de 1967 la temperatura del aire fue de 13°, 10° y 11°C. respectivamente, y la del agua fue 14°C. en las tres visitas. En el día del 7 de agosto de 1969 la temperatura del aire fue 16.5°C., y la del agua fue 19.0°C. En la noche del 13 de julio de 1969 en el aire fue 15.5°C. y en el agua fue 14.5°C. Las temperaturas en la noche del 19 de julio del mismo año fueron 10°C. y 19°C., respectivamente. De los cuatro lugares donde estudié las ranas, éste es el más frío. La Península de Nicoya es la más caliente, y Moravia de Chirripó y Pacayas de Cartago son intermedios.

La cantidad de lluvia y las variaciones de temperatura en las cuatro localidades estudiadas son sumamente importantes, porque son estos los factores que más influyen en las poblaciones de anfibios.

#### MÉTODOS EXPERIMENTALES

Los aspectos morfológicos de este trabajo consistieron en una comparación del tamaño y forma del rostro de ranas de las cuatro poblaciones. El tamaño fue determinado por medio de la longitud de cada rana, midiendo desde el rostro hasta el ano. La forma del rostro, un carácter que se ha empleado mucho en comparación de ranas, fue determinado a la manera de Ruibal (1957), en el cual se tomaron medidas hasta 0.1mm., de la nariz a la orilla ventral de la maxila (H), y de la orilla anterior de la órbita

hasta la nariz (L), (Fig. 3). Esas medidas dan una proporción, H/L. Ranas de rostro redondeado tendrán un valor alto de H/L, y las del rostro agudo un valor bajo.

Para probar la compatibilidad reproductiva entre poblaciones, unos cruces artificiales fueron hechos, utilizando la técnica de Rugh (1948), con unas pequeñas modificaciones. En estos cruces, huevos de una hembra (Fig. 6-B) en el momento de ovoposición fueron fertilizados por espermias de un macho (Fig. 6-B) de la misma población ("Control"), y huevos de la misma hembra fertilizados por espermias de machos (Figs. 6 y 7) de otras poblaciones ("Experimentos"). Una preparación de espermias fue hecho para cada macho en una caja de Petri separada. Los dos testículos de cada macho fueron macerados en 10 cc. de agua de un riachuelo en Moravia de Chirripó, para liberar las espermias. Después de cinco minutos (este tiempo es para dar a las espermias tiempo suficiente de adaptarse al agua), los huevos fueron echados en cada preparación de espermias, sosteniendo a la hembra encima de cada preparación, y apretando suavemente el abdomen. Así salieron los huevos de la cloaca de la hembra directamente al agua con las espermias. Se tuvo mucho cuidado para evitar el traslado de espermias de una preparación a otra. Para asegurarse que este traslado no ocurra, hay que utilizar instrumentos diferentes para sacar los testículos de cada macho, lavarse las manos entre cada operación, y cuidar que el cuerpo de la hembra nunca toque el agua de las preparaciones de espermias. La fertilización fue casi instantánea, y se pudo ver las primeras divisiones con una magnificación de diez diámetros. Luego, se les puso en bandejas de agua del riachuelo, se asumió que si nacía un porcentaje alto de los huevos del "control", los resultados del experimento eran válidos, y si no, eran sólo un resultado de la condición de los huevos. Hubiera sido deseable dejar crecer todos los renacuajos hasta completar su metamorfosis, por si acaso apareciera alguna patología entre el estado larvario y el juvenil, pero bajo las condiciones en que realicé el trabajo, esto no fue posible. En mi opinión, sin embargo, esto no es obstáculo alguno para considerar válidos los cruces.

## RESULTADOS

1. Proporción de H/L. Se da en Cuadro 1 el valor de H/L para cada una de las cuatro poblaciones, con algunos aspectos estadísticos. Estos valores aparecen en la Fig. 4 para hacer más fácil la comparación directa entre poblaciones. Se ve que para las poblaciones de ranas estudiadas, no existe ningún cambio gradual alguno en el valor de H/L; en este respecto, entonces, esas ranas difieren de las "Rana pipiens" estudiadas en México y los Estados Unidos por Ruibal (1957).
2. Tamaño. La Fig. 5 muestra un grado en tamaño entre las cuatro poblaciones, de tal manera que la distancia entre el ano y el rostro disminuye con el incremento en altura. Los números exactos se encuentran en el cuadro 1. En ambas figuras 4 y 5, y en el Cuadro 1 las poblaciones son divididas en dos grupos: machos y hembras, ya que se destaca un dimorfismo sexual y el número de ejemplares de cada sexo no es igual en algunos casos. Una fusión de medidas entre los dos sexos cambiaría notablemente los resultados.
3. Compatibilidad reproductiva. El grado de compatibilidad reproductiva entre las poblaciones está determinado por medio de cruces entre una hembra de Moravia de Chirripó y machos de (a) la población de la hembra, (b) la Península de Nicoya, y (c) Volcán Turrialba. No había machos de Pacayas de Cartago disponibles para realizar tales cruces. Aunque realicé otros cruces, sólo éste tuvo un nacimiento en el control bastante grande para justificar conclusiones. Los resultados de este cruce se encuentran en el cuadro 2.

## CONCLUSIONES

La relación encontrada en la forma del rostro entre poblaciones del grupo Rana pipiens en los Estados Unidos y México por Ruibal (1957) no se encontró en este estudio. Ruibal planteaba la idea de que esta relación en poblaciones representa una adaptación a temperaturas diferentes, aunque no podía formular una hipótesis para explicarlo. Todavía existe la posibilidad de que una relación parecida exista en algunas montañas y volcanes del sur de Centro América, pero sería una cantidad eno

trabajo de investigación. Sin embargo, con los datos presentados en este artículo, y con más datos de otras poblaciones, talvez se podría explicar este "cline", cuando se le encuentre.

El "cline" ("grado") en tamaño con cambios en altura probablemente representa una adaptación a temperaturas diferentes, el tamaño pequeño posiblemente siendo ventajoso para ranas de lugares altos y fríos. Aún los aspectos fisiológicos no son claros.

El alto nivel de nacimiento de huevos de Moravia de Chirripó fertilizados con espermas de machos de la Península de Nicoya (90.6%), y el alto nivel de nacimiento en el control (91.9%) indica que hay flujo de genes entre las dos poblaciones. Este flujo está drásticamente reducido entre la población de Moravia de Chirripó y los del Volcán Turrialba, esta reducción está indicada por el porcentaje de nacimientos en este cruce (19.1%), Cuadro 2).

Los cruces artificiales sostienen la hipótesis que la población alta de la cima del Volcán Turrialba ha divergido genéticamente de las poblaciones a alturas más bajas, posiblemente para adaptarse a la gran diferencia en temperaturas de las diferentes zonas vitales. El "cline" en tamaño, sin embargo, indica que todavía hay un flujo de genes entre las poblaciones. Tal divergencia genética en una población (gr. del Volcán Turrialba), causado por distancia y por diferencias en la clase de selección natural en medios ambientales diferentes podría producir, con tiempo suficiente, aislamiento reproductivo total y una nueva especie del género Rana.

Es posible que la "especiación" por este mecanismo está ocurriendo en varios montañas y volcanes en el istmo de Centro América, dentro de poblaciones del grupo Rana pipiens semi-aisladas o completamente aisladas geográfica y ecológicamente, de poblaciones que existen a niveles más bajos. Este concepto se puede extender más allá del género Rana para incluir otras formas de vida.

#### RECONOCIMIENTO

Muchas personas en Costa Rica me ayudaron de varias maneras; agradezco especialmente la ayuda del Sr. José J. Gómez S. de Turrialba, al Sr. George H. Harvey, dueño de la Hacienda Moravia de Chirripó, y a la señora María Luisa Leandro Barquero y su familia en Pacayas de Cartago. Por leer y criticar la utilidad positiva del trabajo, estoy muy agradecido con mis compañeros del Departamento de Biología de la Universidad de El Salvador, especialmente al Dr. José Rutilio Quezada, M. S. José Rigoberto Gómez A. Lic. Francisco Serrano y al Prof. Tomás Orellana. Sobre todo, deseo dar las gracias a mi esposa, Marcia, por aguantar ranas en el refrigerador, renacuajos en la cocina, y un marido siempre ausente de su casa, buscando ranas en la selva.

#### ABSTRACT

Frogs classified as Rana pipiens represent a group of closely related species. In this study, four populations belonging to this group, but inhabiting different environments at different altitudes in Costa Rica were compared in respect to (1) morphological variation and (2) reproductive compatibility. No cline was evident in the shape of the snout, but a significant decrease in size of both sexes was found to occur in a clinal manner with increase in altitude. Artificial crosses indicate a significant decrease in reproductive compatibility between the high-altitude population and those inhabiting lower altitudinal zones. It is proposed that the clinal change in size and the reduced viability of "hybrids" between parents from high and low altitude populations may indicate a genetic divergence and formation of a new species in process by the frogs inhabiting the summit of Volcán Turrialba. Speciation by this mechanism may be occurring throughout the isthmus of Central America on numerous semi-isolated mountains and volcanoes. **EXTRAIT**

Les grenouilles classifiées comme Rana pipiens représentent un groupe d'espèces de mêmes caractères. Dans cette étude on comparera quatre familles de ce groupe vivant à Costa Rica à des altitudes et dans des milieux ambiants différents quant (1) aux différences morphologiques et (2) compatibilité reproductive.

38. Une différence significative entre la forme, de la tête n'existe pas dans les familles étudiées, mais la taille moyenne des deux sexes diminue en un "cline" (proportionnellement) avec l'augmentation de l'altitude. Des crois artificielles indiquent une réduction significative dans la compatibilité reproductive entre la famille la plus haute et la plus basse. On propose que le changement "clinal" (proportionnel) ou grandeur et l'incompatibilité reproductive de la famille haute représente une divergence génétique et peut-être une espèce nouvelle en cours de formation. On propose aussi que une "formation d'espèces" semblable puisse se créer actuellement dans d'autres montagnes et volcans d'Amérique Centrale dans beaucoup d'autres groupes d'organismes.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo. "Anuario Meteorológico". Servicio Meteorológico Nacional, Sección Climatología, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, Pág. 1-68, 1965.
2. Cuénot, L. "L'Evolution Biologique". Masson et Cie, Editeurs, Paris, 1951.
3. Dobzhansky, T. "Genetics and the Origin of Species". Columbia University Press, New York, Pág. 1-364, 1937.
4. Holdridge, L. R. "Life Zone Ecology". Tropical Science Center, San José, Costa Rica, Pág. 1-206, 1964.
5. Littlejohn, M. J., y Oldham, R. S. "Rana pipiens" Complex: Mating Call Structure and Taxonomy". Science. No. 3857, Vol. 162, Pág. 1003-1005, 1968.
6. Mayr, E. "Animal Species and Evolution". Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, Pág. 1-797, 1963.
7. Mecham, J. S. "Evidence for Reproductive Isolation Between Two Populations of the Frog, Rana pipiens, in Arizona". The Southwestern Naturalist, No. 1, Vol. 13, Pág. 35-44, 1968.
8. Mecham, J. S. "New Information from Experimental Crosses on Genetic Relationships Within the Rana pipiens Species Group". Journal of Experimental Zoology, No. 2, Vol. 170, Pág. 169-180, 1969.
9. Moore, J. A. "Patterns of Evolution in the Genus Rana". En: Jepsen, G. L., Mayrs E., y Simpson, G. L. (eds.), "Genetics, Paleontology, and Evolution" Princeton University Press, 1949.
10. Platz, J. E. "Introgression Between Two Forms of Texas Leopard Frogs". M. S. Thesis, Texas Tech University, Lubbock, Texas, 1970.
11. Post, D. D., y Pettus, D. "Sympatry of Two Members of the Rana pipiens Complex in Colorado". Herpetologica, No. 4, Vol. 23, Pág. 323, 1967.
12. Post, D. D., y Pettus, D. "Variation in Rana pipiens (Anura: Ranidae) of Eastern Colorado". The Southwestern Naturalist, No. 4, Vol. 11, Pág. 476-482, 1966.
13. Ramme, W. "Revised und Neubeschreibungen in der Gattung Pholidoptera Wesm. (Orth., Tettigon)". Mitt. Zool. Mus. Berlin, Vol. 16, Pág. 789-821, 1930.
14. Ruibal, R. "An Altitudinal and Latitudinal Cline in Rana pipiens". Copeia, No. 3, Vol. 1957, Pág. 212-221, 1957.
15. Salthe, S. N. "Geographic Variation of the Lactate Dehydrogenases of Rana pipiens and Rana palustris". Biochemical Genetics, Vol. 2, Pág. 271-303, 1969.
16. Tosi, J. A. "Ecological Map of Costa Rica" Tropical Science Center, San José, Costa Rica. 1965



CUADRO 1. Valores de H/L y Tamaño para ranas de las cuatro poblaciones

Localidad	Sexo	Nº	Rostro al ano, mm				Proporción de H/L			
			$\bar{X}$	D.S.	F.F.	Extensión	$\bar{X}$	D.S.	F.F.	Extensión
Península de Nicoya (100 mts.)	M	15	70.50	4.81	1.241	62.8- 77.8	0.771	0.072	0.018	0.67- 0.90
	H	6	84.62	5.25	2.143	74.7- 88.4	0.800	0.027	0.011	0.75- 0.83
Moravia de Chirripó (1250 mts.)	M	15	63.36	2.83	0.730	57.9- 68.6	0.835	0.115	0.029	0.60- 1.13
	H	15	74.86	5.70	1.471	65.3- 87.0	0.828	0.087	0.022	0.68- 0.98
Pacayas de Cartago (1730 mts.)	M	15	58.90	3.14	0.810	51.2- 63.9	1.005	0.216	0.055	0.65- 1.39
	H	13	72.10	3.07	0.851	68.0- 78.9	0.873	0.096	0.026	0.69- 0.98
Volcán Turrialba (2700 mts.)	M	57	57.07	4.12	0.545	45.0- 70.1	0.759	0.095	0.012	0.47- 1.00
	H	9	63.09	6.39	2.130	53.1- 70.3	0.734	0.097	0.032	0.60- 0.91

CUADRO 2. Resultados de cruces entre una hembra de Moravia de Chirripó con machos de (a) la misma población, (b) Volcán Turrialba, y (c) Península de Nicoya.

Hembra	Machos	Numero de Cruce	Huevos	Gastrula	Tapón Vitelino	Embrión	Nacimientos	% Nacim.
Moravia	Moravia de Chirripó (1250 mts.)	67-29	284	261	261	261	261	91.9
de	CONTROL							
Chirripó	Volcán Turrialba (2700 mts.)	67-30	115	107	23	22	22	19.1
	Península de Nicoya (100 mts.)	67-31	150	142	136	136	136	90.6



Fig. 1. Distribución Geográfica del Grupo Rana pipiens.

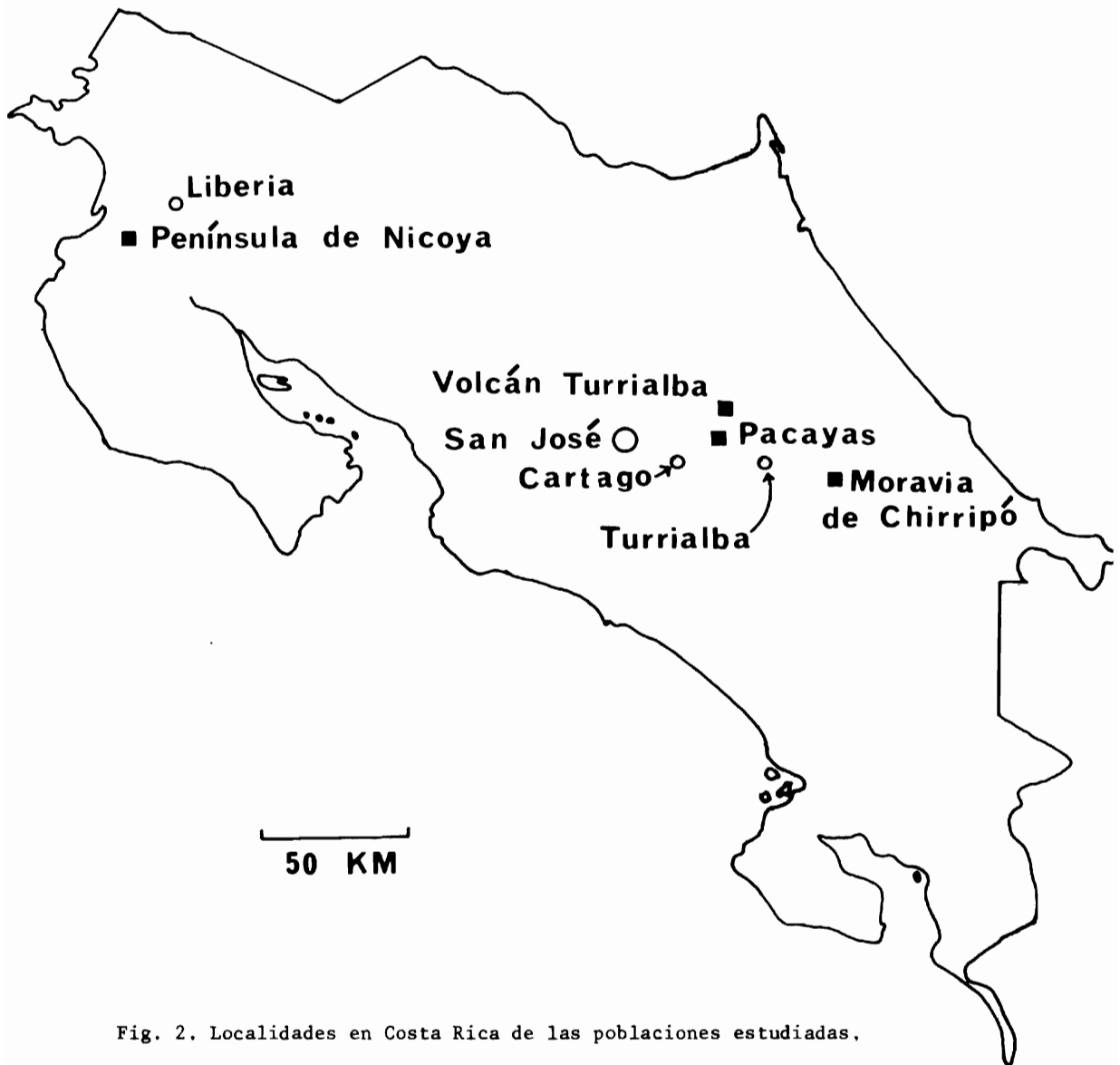


Fig. 2. Localidades en Costa Rica de las poblaciones estudiadas.

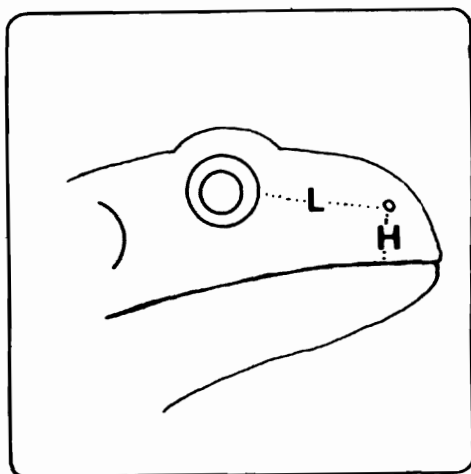


Fig. 3. Cabeza de un ejemplar del grupo Rana pipiens mostrando la manera empleada para obtener valores de H/L.

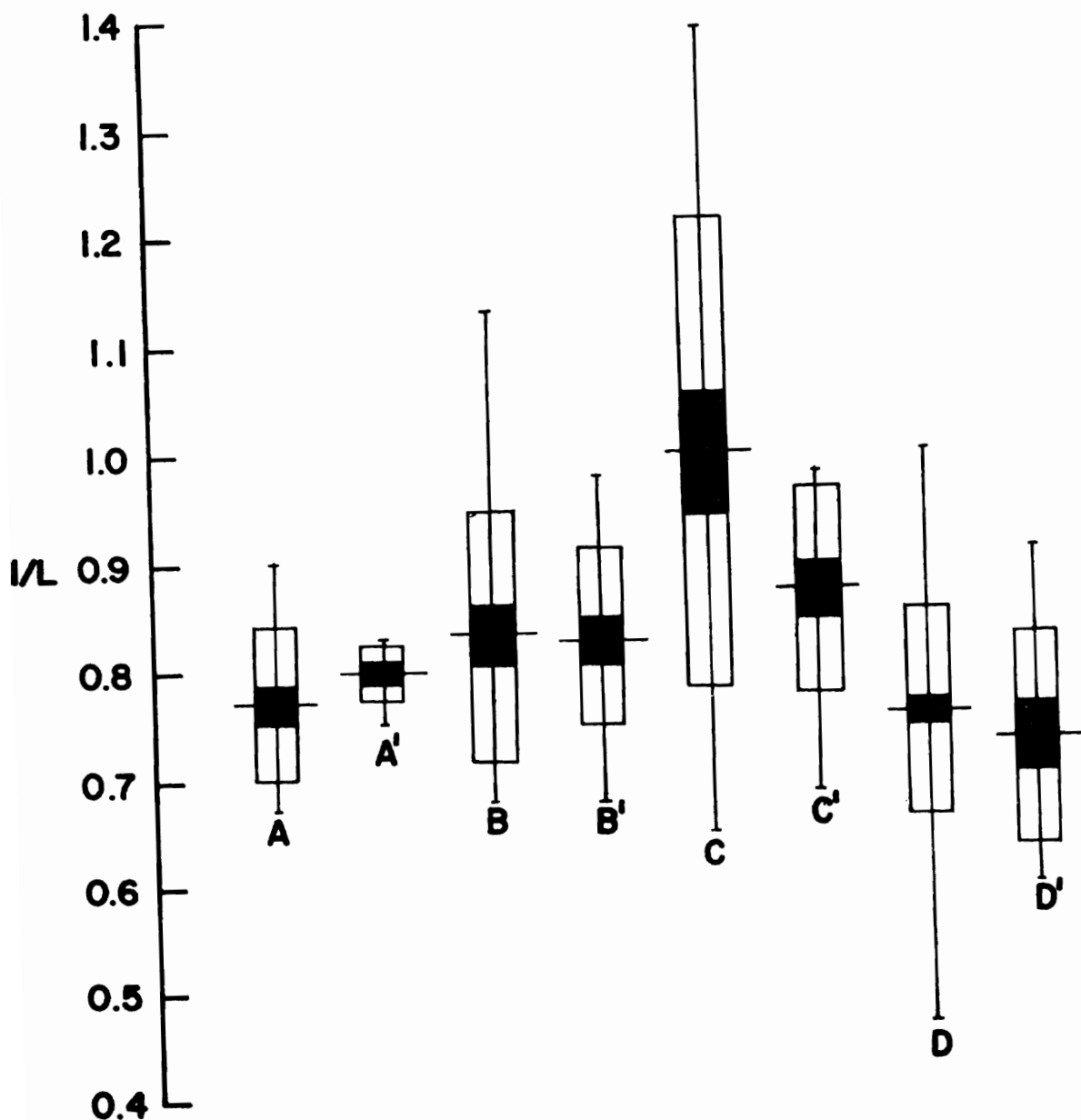


Fig. 4. Valores de H/L, en mm. La línea vertical representa extensión, y la horizontal el promedio. Las cajas blancas representan una desviación estandar, y la parte oscura un error estandar. A, B, C, y D representan machos, A', B', C', y D' representan hembras. A - Península de Nicoya; B - Moravia de Chirripó, C - Pacayas de Cartago, D - Volcán Turrialba.

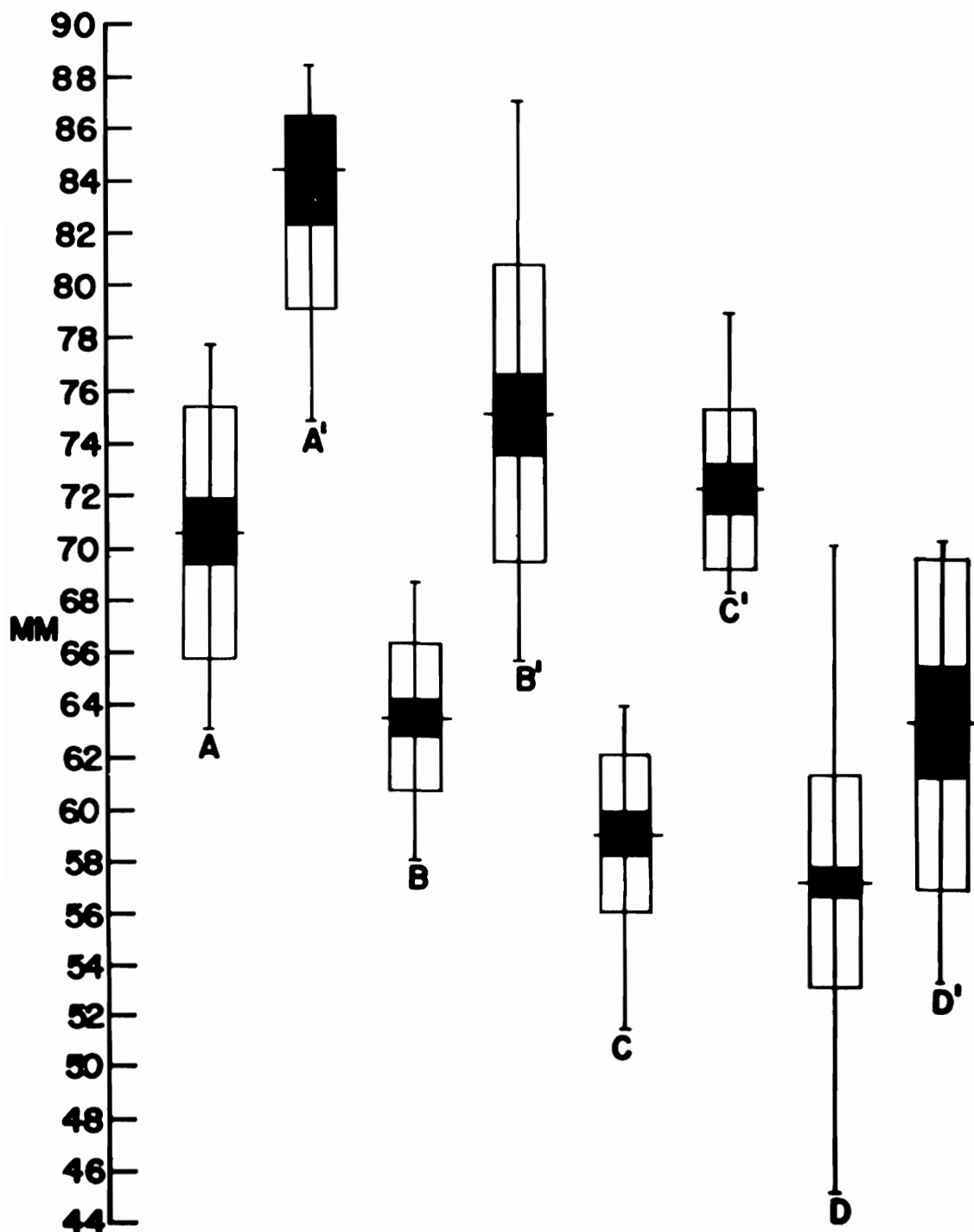


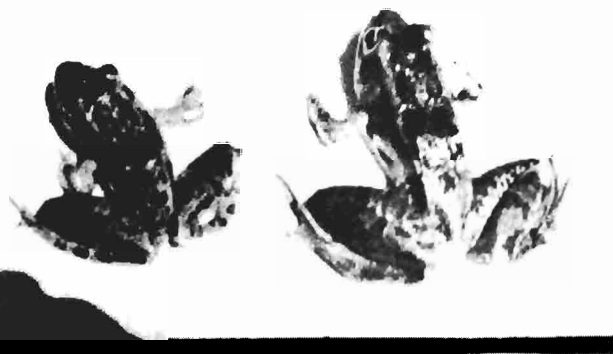
Fig.5. Tamaño (rosto al ano) en mm. La línea vertical representa extensión, y la horizontal el promedio. Las cajas blancas representan una desviación estandar, y la parte oscura un error estandar. A, B, C, y D representan machos, A', B', C', y D' representan hembras. A- Panínsula de Nicoya, B- Moravia de Cirripé, C- Pacayas de Cartago, D- Volcán Turrialba.

Fig. 6



**A**

Macho, Península de Nicoya (100 mts.).



**B**

Macho (izquierda) y hembra (derecha), Moravia de Chirripó (1250 mts.).



Fig. 7.

**C**

Macho, Pacayas de Cartago (1730 mts.),

**D**

Macho, Volcán Turrialba (2700 mts.).

## LAS MARIPOSAS DE EL SALVADOR. PRIMERA PARTE. PAPILIONIDAE

## RESUMEN

Francisco Serrano  
Departamento de Biología  
Universidad de El Salvador  
**Miguel E. Serrano**  
Lomas Verdes, San Salvador  
Enero 21, 1972.

Este trabajo es básicamente una guía taxonómica de las mariposas de la familia PAPI-  
LIONIDAE de El Salvador, centralizado en una clave taxonómica, y complementado por  
algunas notas biológicas generales, ilustraciones de todas las especies descritas y  
un resumen del trabajo hasta ahora realizado con este grupo en el país. A la vez re-  
presenta el inicio de un esfuerzo por describir en esta misma forma en el futuro in-  
mediato todas las mariposas (PAPILIONOIDEA) de El Salvador.

## HISTORIAL

Mientras es evidente que varios coleccionistas han obtenido buen material de PAPI-  
LIONOIDEA de El Salvador, es patéticamente poco lo que se conoce sobre este grupo y mu-  
cho menos lo que sobre él se ha escrito. En comparación con los otros países centro-  
americanos, El Salvador ha sido pobremente estudiado en este respecto.

En el monumental obra Biología Centrali-Americana de Godman y Salvin (1879-1901) re-  
salta la virtual ausencia de citas sobre material de este país, excepto por unas  
tres o cuatro especies (ningún papilio) del "Volcán de San Miguel".

No fue hasta en 1951 que el Dr. A. Zilch, auxiliado por otros científicos del enton-  
ces existente Instituto de Investigaciones Tropicales como el Dr. R. Mertens, Dra.  
O. Schuster y Dr. H. Peters, reunió una colección de 88 especies distintas (más 34  
HESPEROIDEA). Esta colección fue estudiada y clasificada por Franz y Schröder (1954).  
En este trabajo se listan 6 especies de la familia PAPILIONIDAE, una de ellas (Papi-  
lio thoas) con dos subespecies.

También en la década del 50 el Sr. Edward Fisher acumuló una colección considerable  
que luego donó, aparentemente en forma íntegra, al Museo Nacional "David J. Guzmán".  
Por desgracia la falta de datos en todos los ejemplares, más el enorme descuido en  
que cayó dicha colección, hizo que fuera de casi ninguna utilidad como referencia pa-  
ra los autores cuando lo examinaron en 1966. Había cerca de 98 especies distintas de  
PAPILIONOIDEA (y 9 PAPILIONIDAE), casi todos ya listados por Franz y Schröder.

En 1963 el Dr. Rex J. Bartges aparentemente consiguió reunir una buena colección. To-  
davía quedaba parte de ella en la colección de la Universidad de El Salvador a la  
llegada de uno de nosotros en 1969.

Actualmente hay por lo menos cinco colecciones considerables en formación, todas  
ellas habiendo sido examinadas para el presente trabajo. La del Sr. Stephen R.  
Steinhauser tiene buen material y datos en todas las familias, (además de los HESPE-  
ROIDEA, grupo de su especial interés y avanzada etapa de estudio en dicha colección)  
El Sr. Alberto Muysshondt, quien ha trabajado mucho con ciclos biológicos (especial-  
mente con la familia NYMPHALIDAE) también presenta una valiosa colección. En fuerte  
etapa de progreso está la joven colección centroamericana en el Departamento de Bio-  
logía de la Universidad de El Salvador. Esta debe su auge principalmente al activo  
trabajo del Sr. Víctor Hellebuyck, curador entomológico del Departamento. El señor  
Hellebuyck donó, además, su colección personal a la Universidad, reforzándola así  
considerablemente. El Sr. Sebastián Rivera García, en Santa Tecla, posee una colec-  
ción con varias series de valor. Finalmente, los autores poseen una colección bastan-  
te representativa, fruto de más de doce años de coleccionar; de las aproximadamente  
348 especies de PAPILIONOIDEA que (entre estas cinco colecciones) se han anotado pa-

ra el país, esta posee 324, y todas menos una de las 24 especies anotadas en este trabajo. Hubo oportunidad de comparar algunas especies con material obtenido en Guatemala (autores) y Nicaragua (Sr. Víctor Hellebuyck). 49.

## INTRODUCCION

Se han anotado hasta la fecha aproximadamente 348 especies de mariposas (PAPILIONOIDEA) en El Salvador. De éstas, 24 pertenecen a la familia PAPILIONIDAE. Aun para la pequeña extensión del país (21.000 Km<sup>2</sup> aproximadamente) esto no representa un número impresionante para una región neotropical. Sin duda la fauna era mucha más variada y numerosa antes de que este país sufriera la devastadora eliminación de vegetación natural -especialmente bosques- de las épocas recientes.

Regionalmente se ha estudiado casi todo el país en casi todos los períodos excepto el cuadrante nor-oriental, del cual virtualmente no hay datos. Se ha puesto especial énfasis en regiones boscosas por considerarse estas más representativas de las condiciones originales de esta región. En el transcurso del tiempo en que los autores han coleccionado, ha sido alarmante la gradual, pero rápida y fácilmente notable, disminución de números de muchas especies de mariposas en El Salvador. Aparentemente sólo 2 de las 24 especies de papilios (Papilio cressphontes y P. anchisiades) se han beneficiado y aumentado en número por los cambios inducidos por el hombre, y estas casi sin lugar a duda lo deben al aumento del cultivo de cítricos en el país. En parte, se espera que esta publicación deje evidencia para la posteridad de un grupo de animales que, al igual que todos los demás grupos de animales en El Salvador, tienen un dudoso futuro en perspectiva.

En este trabajo se pretende facilitar la identificación de los papilios salvadoreños, y dar algunos datos sobre su distribución, estado numérico, y habitat. Para la clasificación superior se ha seguido a Ehrlich (1961); para el nivel genérico se sigue a Munroe (1960) y para la nomenclatura y secuencia subespecífica a Rothschild y Jordan (1906). Según esto la orden Lepidoptera se divide, en términos generales, en tres superfamilias: PAPILIONOIDEA ("mariposas"), HESPEROIDEA (Hespéridos, también diurnas) y un grupo no muy claramente definido que podría denominarse HETEROIDEA (papalotas o mariposas "nocturnas"). La superfamilia PAPILIONOIDEA a la vez se divide en cinco familias: PAPILIONIDAE, PIERIDAE, NYMPHALIDAE, LIBYTHEIDAE y LYCAENIDAE. La familia PAPILIONIDAE está dividida en tres subfamilias: Baroniinae, Parnassiinae y Papilioninae; de esta tres solo se encuentran representantes de las Papilioninae en El Salvador. Los cuatro géneros en que se divide los Papilioninae (Eurytides, Battus, Parides y Papilio) del Neotrópico se encuentran representadas en El Salvador. Los términos Rhopalocera (PAPILIONOIDEA más HESPEROIDEA) y Heterocera para las papalotas son aún frecuentemente usados. Este trabajo, del cual esta publicación representa la primera parte, se limitará a las familias que integran la superfamilia PAPILIONOIDEA.

Antes de usar la clave y/o referencias que siguen, se sugiere la familiarización con lo comprendido en las figuras 1 y 2, y los términos y abreviaciones definidas después de la lista de PAPILIONIDAE de El Salvador. Asimismo, para citar o apuntar el nombre científico de un ejemplar ya clasificado, se recomienda referirse a la lista antes mencionada. En caso de obtenerse un ejemplar que no encaja satisfactoriamente en la clave, se recomienda consultar el apéndice de la clave u otra referencia lista da al final del artículo.

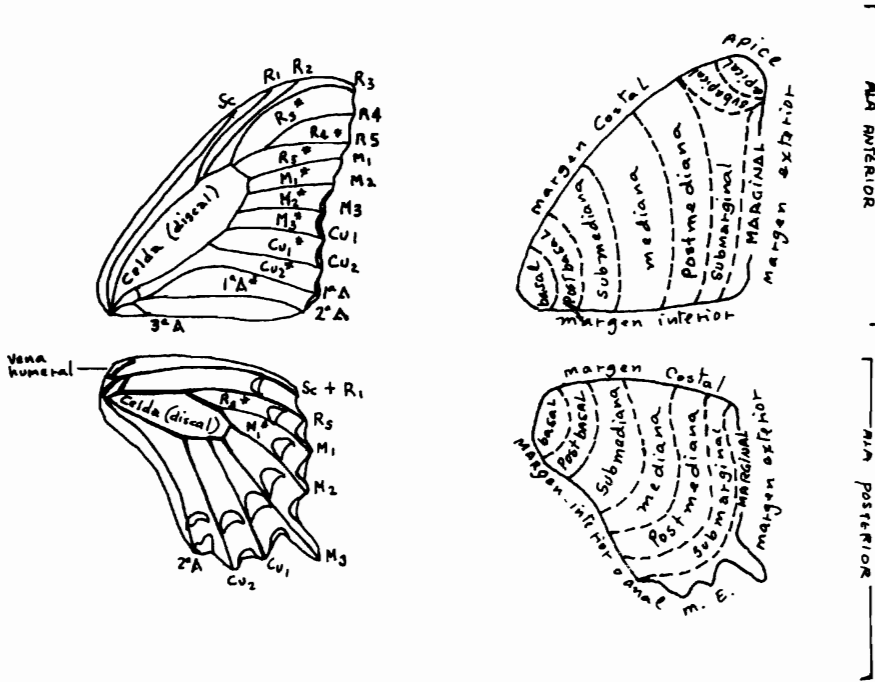


Figura 1

Figura 2

Figura 1. Venación (VENAS) y CELDAS de Papilio erostratus.

Símbolos: A = anal; Cu = cubital; M = media; R = radial;  
 Sc = subcostal; Rs = sector radial.

Obsérvese que: a) las celdas (espacios entre las venas) reciben el nombre de la vena anterior a ella. Así, la celda  $M_1$  es la comprendida entre las venas  $M_1$  y  $M_2$ . b) la celda discal suele denominarse Celda (en este trabajo siempre escrito con mayúscula). c) los símbolos con asterisco indican nombres de celdas. d) esta venación aplica en general para todos los PAPILIONIDAE en El Salvador.

Figura 2. AREAS (bandas o franjas) y MARGENES de las alas.

Símbolos: m.e. = margen exterior

Venación según Comstock. Ilustraciones por Víctor J. Hellebuyck G.

MARIPOSAS DE EL SALVADOR

Superfamilia PAPILIONOIDEA

Familia PAPILIONIDAE

Subfamilia PAPILIONINAE

Género EURYTIDES Hübner

(PAPILIO Linnaeus; para algunos autores dos o parte como GRAPHIUM Scopoli)

1. a) Eurytides phaon f. phaon (Boisduval)
- b) Eurytides phaon f. eridamas (Reakirt)

2. Eurytides branchus f. branchus (Doubleday)
3. a) Eurytides belesis f. belesis (Bates)  
b) Eurytides belesis f. hephaestion (Felder)
4. Eurytides thymbraeus thymbraeus (Boisduval)
5. Eurytides (=Graphium) philolaus (Boisduval)
6. Eurytides (=Graphium) epidaus epidaus (Doubleday)
7. Eurytides (=Graphium) calliste calliste (Bates)

Género BATTUS Scopoli

(PAPILIO Linnaeus)

8. Battus polydamas polydamas (Linnaeus)
9. Battus laodamas copanae (Reakirt)

Género PARIDES Hübner

10. Parides photinus (Doubleday)
11. Parides montezuma (Westwood)
12. Parides polyzelus polyzelus (Felder)
13. Parides iphidamas iphidamas (Fabricius)
14. Parides arcas mylotes (Bates)

Género PAPILIO Linnaeus

15. Papilio polyxenes asterius Cramer  
a) f. curvifascia Skinner  
b) f. ampliata Ménétrié
16. a) Papilio thoas autocles Rothschild y Jordan  
b) Papilio thoas nealces (?) Rothschild y Jordan
17. Papilio crespontes Cramer
18. Papilio paeon thrason Felder
19. Papilio androgeus epidaurus Godman y Salvin
20. Papilio pilumnus Boisduval
21. Papilio erostratus Westwood
22. Papilio anchisiades idaeus Fabricius
23. Papilio victorinus victorinus Doubleday  
a) f. ♀ victorinus Doubleday  
b) f. ♀ amphissus Hoppf.
24. Papilio garamas electryon Bates

52. Símbolos, términos y abreviaciones usados en la clave.

borde = margen

Celda = celda discal

completa= que llega desde un margen a otro opuesto

creciente = en forma de "C" (luna creciente)

DAA = cara dorsal del ala anterior

DAP = cara dorsal del ala posterior

distal = alejado del cuerpo

hilera = banda o franja discontinua, formada por manchas o puntos

proximal = acercado al cuerpo

VAA = cara ventral del ala anterior

VAP = cara ventral del ala posterior

♂ = macho; ♂♂ = machos

♀ = hembra ; ♀♀ = hembras

> = mayor que

< = menor que

- - - - -

Apéndice. Al final de la clave hay un pequeño apéndice. Aquí hay algunas referencias respecto a algunas mariposas que, en la clave, presentan después del nombre científico un número entre paréntesis. En particular se refiere a especies similares que han sido coleccionadas en regiones como las nuestras en Guatemala y/o Nicaragua, y que por tanto posiblemente sean obtenidos posteriormente en el país.

CLAVE TAXONOMICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS MARIPOSAS  
DE LA FAMILIA PAPILIONIDAE DE EL SALVADOR.

1. a) Borde del ala posterior con prolongación fácilmente evidente a nivel de la vena M<sub>3</sub>; ésta prolongación a veces formando "cola" notable. . . . . 2
- b) Borde del ala posterior relativamente uniforme, sin prolongación notable donde termina vena M<sub>3</sub>. . . . . 16
2. a) Cola M<sub>3</sub> corta o apenas diferenciable como tal; dos colores dominantes negro (café oscuro) y rojo; abdomen negro con algunos puntos rojos. . . . . 3
- b) Cola M<sub>3</sub> notable y pronunciada (a veces > 20 mm. nunca < 5mm.) . . . . . 4
3. a) Cola corta (< 5 mm.) pero perceptible como tal; ala anterior café oscuro uniforme; ala posterior con banda submarginal de 6-7 manchas rojas, las mayores en forma de crecientes. . . . .  
    . . . . . Parides montezuma
- b) Cola corta y no muy perceptible, ya que la siguiente vena (cu<sub>1</sub>) -

también se prolonga ligeramente: ala anterior uniformemente café oscuro, ala posterior con dos bandas rojas: una submarginal (generalmente de 5 manchitas) y una postmediana (de 6-7 manchitas no en forma de crecientes). ♂♂ y a veces ♀♀ con reflejo azul metálico en alas posteriores.....Parides photinus

4. a) Dos colores dominantes negro (o café oscuro) y amarillo. . . . . 5
- b) Dos colores dominantes negro (o café oscuro) o blanco con otro color (excepto el amarillo . . . . . 13
5. a) Abdomen completamente negro o café oscuro; si hay amarillo presente este está limitado a uno o dos líneas de pequeños puntos laterales. Amarillo de las alas ausente del área basal y post-basal. . . . . 6
- b) Abdomen con amplia faja amarilla lateral, ventral, o completamente amarillo en ambas regiones; a veces con tinte blanquizo en extremo postero-ventral cuando el amarillo está limitado a la cara ventral. Amarillo del ala posterior llega hasta el área post-basal o basal. . . . . 8
6. a) Una o dos bandas o hileras de manchitas amarillas en DAA (excluyendo manchas marginales). . . . . 7
- b) DAA completamente negro, excepto por ligero tinte marginal amarillo. DAP con hilera submarginal de 5 a 6 manchitas amarillo-cremosas, teniendo generalmente estas últimas un tinte verdoso claro en el borde interior; la hilera submarginal se continúa postero-interiormente con una creciente roja .....Papilio erostratus ♂
7. a) Grande, con una hilera de 4 a 6 manchas amarillas en la base del área sub-apical de la DAA, que a veces se continúa posteriormente como una débil hilera submarginal. DAA y DAP con banda mediana amarilla. Cola M<sub>3</sub> grande, negra ligeramente lobulada distalmente; a veces cola secundaria (Cu<sub>1</sub>) pequeña y no lobulada.....Papilio garamas electryon
- b) Mediana, con una hilera submarginal completa de manchas amarillo-anaranjadas en DAA y DAP, y generalmente otra hilera postmediana completa del mismo color (aunque esta puede estar reducida o aún ausente en una o ambas alas), de tamaño mayor que el de las manchas que integran la hilera submarginal. Creciente anaranjada en extremo postero-interior de la DAP; esta creciente y las manchas de la hilera submarginal (excepto la más anterior) respaldadas proximalmente cada una por una mancha difusa de puntos azul claro o azul grisáceo. . . . . Papilio polyxenes aterius
8. a) Ala posterior con borde distal recto; con cola muy larga y en forma de sable, marginada postero-interiormente por alargamiento de la mancha marginal amarilla de la celda M<sub>3</sub>. Abdomen principalmente negro, pero con amplia faja amarilla ventralmente que se torna blanco posteriormente; fina línea media ventral de color negro. Alas principalmente amarillas, con bordes café oscuro. DAP con hilera submarginal de manchas amarillas, y con 2 ó 3 manchas rojas en la base posterior de la banda central amarilla. . . . . Eurytides c. calliste (1)
- b) Ala posterior con borde distal (margen exterior) redondeado, no recto; abdomen principalmente amarillo con o sin rayas negras longitudinales dorsales, laterales o ventrales. . . . . 13
9. a) Más de una banda o hilera amarilla en la DAA. Cola relativamente gruesa o ligeramente lobulada distalmente y con amarillo.... . 10

- b) DAA con una sola banda ancha amarilla, más una mancha amarilla alargada incompleta distal lateralmente en la Celda. VAP con una hilera submarginal de manchas amarillas ligeramente acrecentadas, bordeada próximamente por una hilera submarginal postmediana de crecientes azules, la cual a la vez está bordeada internamente por una hilera postmediana de crecientes azules, la cual a la vez está bordeada internamente por una hilera post-mediana incompleta de manchas anaranjadas; cola recta uniformemente café oscuro. . . . . Papilio androgeus epidaurus ♂ (2)
10. a) Cola ligeramente lobulada distalmente, con o sin amarillo en el centro del área lobulada. Mancha amarilla grande y alargada de la celda  $R_5$  de la DAA generalmente con otra mancha o invaginación café o café oscuro. . . . . : 11
- b) Cola  $M_3$  no lobulada distalmente; mancha marginal amarilla de la celda posterior a la cola (celda  $M_3$ ) se prolonga para bordear la cola 3/4 partes o en toda su longitud; al bordear la cola 3/4 partes le da artificialmente a esta la apariencia de ser lobulada. . . . . 12
11. a) DAA generalmente con 4 ó más manchas amarillas submarginales-postmedianas (fuera de la banda amarilla diagonal); mancha amarilla  $M_2$  de la banda amarilla diagonal de longitud aproximadamente igual del de la celda  $M_3$ . VAA con mancha mediana amarilla de la celda  $Cu_1$  rectangular; Celda de la VAA a veces con rayas o manchas longitudinales (en relación a la Celda) negras. Papilio thoas autocles (3)
- b) DAA generalmente con solo 3 manchas amarillas submarginales-postmedianas (fuera de la banda amarilla diagonal), mancha amarilla  $M_2$  de la banda amarilla diagonal más larga que el de la celda  $M_3$ . Mancha amarilla mediana  $Cu_1$  de la VAA con borde lateral-distal generalmente alargada en forma de pico, no recto. Celda de la VAA casi siempre olivá-amarillento u oliva pálido uniforme. . . . . Papilio cresphontes
12. a) Cola secundaria notable (prolongación de vena  $Cu_1$ ) además de la principal; varias bandas longitudinales amarillas en ambas alas, incluyendo una hilera submarginal recta y completa en la DAA formada por 8 manchas alargadas longitudinalmente. . . . . Papilio pilumnus (4)
- b) Sin cola secundaria  $Cu_1$ ; hilera submarginal-postmediana de la DAA incompleta, formada por 3 ó 4 manchas amarillas que se unen a la (única) otra banda amarilla transversal. Mancha marginal amarilla de la celda  $M_3$  del ala posterior no llega hasta al final de la cola. Celda de la VAP bordeado distalmente por manchas anaranjado-cafesosas. Mancha amarilla de la celda  $R_5$  de la DAA sólida, sin mancha o invaginación café o café oscuro. . . . . Papilio paeon thrason
13. a) Dos colores principales de las alas negro con rojo. . . . . 14
- b) Dos colores principales de las alas otra combinación. . . . . 15
14. a) DAA café oscuro uniforme excepto por unas muy pequeñas manchas marginales blanco-cremoso. DAP con hilera marginal notable de 7 manchas rojas; DAP además con hileras submarginales y postmediana, generalmente también compuestas por 7 manchas rojas. . . . . Papilio erostratus ♀
- b) DAA café oscuro uniforme sin manchas marginales. DAP sin hilera marginal roja, pero si con hileras submarginales y postmedianas. Abdomen negro sin manchas o puntos rojos. Colas finas café oscuro. . . . . Eurytides th. thymbraeus



15. a) Color dominante blanco-transparente, con algunas rayas longitudinales, diagonales y el borde marginal del ala anterior café oscuro. Cola muy larga y delgada negra ligeramente bordeada de blanco plateado. . . . . Eurytides e. epidaus
- b) Color dominante café oscuro, con algunas rayas longitudinales y diagonales verde pálido, incluyendo una débil banda submarginal completa formada por delgadas manchas alargadas. Cola larga en forma de sable bordeado y terminado de verde-cremoso muy pálido. Generalmente con dos manchas rojas hacia la mitad inferior del borde anal. . . . . Eurytides philolaus
16. a) Colores dominantes de la DAP negro con verde o amarillo. . . . . 17
- b) Colores dominantes de la DAP negro con rojo. . . . . 21
17. a) Colores dominantes de la DAP negro con verde. . . . . 18
- b) DAP con hileras de manchas amarillas. Hilera marginal amarilla; una hilera de 6-7 manchas submarginales amarillas y otra postmediana del mismo color y número. DAA con manchas marginales desvaneciéndose anteriormente; hilera submarginal paralela al margen excepto en el ápice; hilera postmedian se incurva fuertemente hacia el margen costal, separándose así 1 cm. o más de la hilera submarginal. Manchas amarillas postmedianas  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$  de la DAP generalmente marginadas distalmente por tres crecientes difusas ligeramente más oscuras . . . . . Papilio v. victorinus
18. a) DAP con hilera submarginal y otra postmediana grande y completa; además con hilera marginal de 6-8 manchas verdes o verde-amarillento. . . . . 19
- b) Sin hilera submarginal bien definida en la DAP. . . . . 20
19. a) Descripción similar al dado para P. victorinus (17 b) excepto que las manchas son verdes o verdes con amarillo, y las manchas de la banda postmediana de la DAP son grandes, llegando hasta el borde de la Celda. Además, Celda en la DAP con mancha distal verde difusa proximalmente. Abdomen café oscuro uniforme. . . . . Papilio v. victorinus ♀  
f. amphissus
- b) DAA con una sola hilera de manchas (submarginales). VAP con una sola hilera de manchas rojas (submarginales). Abdomen café oscuro con manchas rojas laterales. Con o sin mancha verde distal en Celda de la DAP. . Eurytides phaon  
f. phaon
20. a) Abdomen amarillo brillante dorsalmente (♂) o con manchas amarillas laterales y a veces dorsales (♀) DAP con hilera postmediana incompleta, reduciéndose fuertemente el tamaño de las manchas posteriormente. Notable iridescencia verde en dorso de las alas, especialmente en el posterior. . . . . Battus laodamas copanae
- b) Abdomen café dorsalmente; tórax y abdomen con manchas laterales anaranjado intenso. Banda postmediana de la DAP completa, continuándose en disminución en la DAA, bordeando lateralmente el margen costal de la DAP. . . . . Battus p. polydamas
21. a) VAP con una sola banda o hilera de manchas rojas (excluyendo la marginal) generalmente submarginal o postmediana. Abdomen (mitad posterior) algunas veces con una o varias manchas rojas. . . . . 22

56. b) VAP con dos hileras de manchas rojas; una postmediana generalmente completa (siendo las manchas posteriores más grandes y pálidas, o con manchas oscuras), y otra postmediana-mediana incompleta limitada generalmente a la mitad posterior del ala, siendo esta de color uniforme; tamaño y número de manchas rojas muy variable. Ala anterior ligeramente angulado apical-lateralmente, café oscuro, a veces con manchas cremosas pálidas difusas dentro y/o en la vecindad inmediata del extremo distal de la Celda. Abdomen sin manchas rojas. . . . Papilio anchisiades idaeus
22. a) DAA con manchas verdes y amarillo-crema pálida. . . . . 23
- b) DAA con manchas de un solo color (amarillo-verdoso, amarillo crema pálido) o sin manchas. . . . . 24
23. a) DAP con borde marginal rosado; lunar rojo central formado por cuatro manchas rojas alargadas o apetaladas rodeando una pequeña mancha roja en el extremo distal de la Celda. DAA con mancha verde y amarillo-crema pálido grande y triangular, verde bordea el margen posterior de la Celda. . . . . Parides arcas mylotes ♂
- b) DAP con borde marginal blanco; banda postmediana roja formada por 5-6 manchas, las 3-4 posteriores unidas proximalmente y siendo más pequeñas las 2 manchas anteriores; iridescencia violeta sobre la banda roja. DAA con mancha verde y amarillo-crema eléptica o rectangular, variable en tamaño; verde no bordea la Celda. Parides i. iphidamas ♂
24. a) DAA generalmente con manchas color crema. amarillo crema; o verdoso; si carece de manchas, mitad posterior de abdomen con faja lateral de manchas rojas. . . . . 25
- b) DAA café oscuro uniforme; mitad posterior del abdomen sin faja lateral de manchas rojas. . . . . 29
25. a) DAP con banda submarginal o postmediana de manchas rojas claramente separadas entre sí. . . . . 26
- b) DAP con banda postmediana de manchas rojas casi fusionadas, apareciendo las venas como finas líneas entre las manchas. . . . . 28
26. a) Mitad posterior del abdomen sin manchas rojas, o estas muy reducidas y no laterales. DAA sin manchas submarginales, pero si con algunas manchas crema pálido cerca y/o dentro de la región distal de la Celda. . . . . 27
- b) Mitad posterior del abdomen con faja lateral de manchas rojas. DAP con hileras submarginales formada por 7 manchas rojas. DAA generalmente con algunas manchas submarginales amarillo verdosas (y otras marginales más pequeñas) aunque en algunos ejemplares estas pueden estar limitadas a la mitad posterior de la DAA o aún ausentes. . . . . Eurytides phaon f. eridamas
27. a) DAP con banda submarginal de manchas rojas de tamaño aproximadamente igual. Manchas cremosas de la DAA variables en tamaño, generalmente pequeñas . . . . . Eurytides belesis f. hephaestion
- b) DAP con banda postmediana de manchas rojas desiguales, siendo las manchas M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub> más largas, llegando casi hasta la Celda. Manchas cremosas de la DAA variables en tamaño. . . . . Eurytides branchus f. branchus (5)
28. a) DAP con borde marginal blanco, mancha roja Rs la mitad de M<sub>1</sub>. Eanda crema de la DAA con una manchita entre la Celda y el margen costal. . . . . Parides i. iphidamas ♀

- b) DAP con borde marginal rosado; sin mancha roja Rs; mancha roja  $M_1$  2/3 de  $M_2$ . DAA sin manchita cremosa entre la celda y el margen costal. . . . . Parides arcas mylotus ♀
29. a) DAP con hileras postmediana de 5-6 manchas rojas; iridiscencia violeta intensa sobre y proximal a manchas rojas. . . . . Parides p.polyzelus
- b) DAP con hilera submarginal de 6-7 manchas rojas, sin iridiscencia en ala posterior. . . Eurytides belesis f. belesis

#### APENDICE

- (1) E. lacandonens similar a E. calliste, pero E. lacandonens es más pálida (color crema-anaranjado pálido), tiene la hilera submarginal de la DAP bastante reducido, y la Celda de la DAA no atravesada transversalmente por franjas amarillas (crema-anaranjado pálido) completas.
- (2) a) P. androgeus ♀ muy distinta a ♂. ♀ tiene colas más reducidas: DAA principalmente café. DAP con amplia banda postmediana azul-verde brillante; 2 hileras submarginales delgadas, ligeramente más azul que la banda postmediana. VAP con hilera submarginal amarillo bordeado proximalmente por una azul: hilera post-mediana anaranjado/amarillo-anaranjado intenso. Resto de la región inferior (excepto por débil hilera submarginal en la VAA) principalmente café.
- b) P. astyalus (= P. lycophron) ♂ similar a P. androgeus ♂, pero P. astyalus generalmente con hilera submarginal amarilla en la DAA. Además Celda  $R_3$  con mancha amarilla proximal y otra distal (P. androgeus sólo con mancha proximal) Celda de la VAP negra distalmente (mancha negra en parte de banda postmediana) En P. androgeus la Celda de la VAP es completamente amarilla. ♀ sin franja postmediana azul-verde brillante en la DAP.
- (3) P. ornythion similar a P. thoas, pero en P. ornythion la hilera submarginal de la DAA es paralela al margen exterior, llegando hasta la Celda  $R_4$ , y la mancha amarilla grande de la Celda  $R_5$  no presenta invaginación o mancha café o café oscuro.
- (4) P. daunas Boisd. (= P. multicaudata) similar a P. pilumnus, pero P. daunas es más grande; DAP con hilera postmediana de 5-7 manchas azules, las dos últimas no siendo bordeado proximalmente por manchas anaranjadas/rojo-anaranjados como en P. pilumnus
- (5) E. branchus f. belephantens Godm. y Salv. similar a E. b. f. branchus, pero sin manchas blancas o cremosas en la DAA.

#### DATOS GENERALES

#### Género Eurytides Hübn

Eurytides phaon f. phaon - Boisd. Pl. 1 a.

Poco común, pero ampliamente distribuido entre los 600 y los 2000 metros, especialmente en la mitad occidental del país. Frecuenta la vecindad inmediata de bosques. Al igual que con los otros miembros del género Eurytides en El Salvador, los machos suelen capturarse exclusivamente tomando agua en suelos húmedos, siendo muy raro observarlos en flores (excepción: E. calliste). Las hembras suelen ser poco vistas o aún desconocidas, ya que frecuentan lugares apartados (como lo son las flores de árboles altos) o claros en los bosques. En algunos ejemplares de E. phaon f. phaon la hilera submarginal del ala posterior está bastante reducida o aun ausente, pudiendo o no estar sustituido o complementado por una o varias manchas rojas.

Larva de E. phaon en Anona (Annona sp.)

Alcance: México a Perú y Venezuela.

58. E. phaon f. eridamas Reak Pl. 1 b, c, y d.

Poco común, pero capturado con más frecuencia que E. phaon f. phaon, con quien aparentemente comparte distribución y habitat en El Salvador.

Larva en Annona sp.

Alcance: México a El Salvador.

E. branchus f. branchus Doubl. Pl. 1e.

Raro y aparentemente local en El Salvador, entre los 600 y los 1100 metros, en vecindad de bosque espeso. La hembra y el ciclo biológico son desconocidos para El Salvador. El flujo de continuidad de las características de E. branchus f. branchus con E. belesis f. hephaestion nos inclina a poner en duda la validez taxonómica de estas dos especies en el país. Puede esperarse que estudios de los ciclos biológicos, cromosómicos, o aun de comportamiento ayuden a aclarar esta duda en el futuro cercano.

Alcance: México hasta Costa Rica.

E. belesis f. belesis Bates. Pl. 2b.

Algo raro; distribución y datos como en E. branchus

Alcance: Sur de México hasta Nicaragua

E. belesis f. hephaestion Feld. Pl. 1 f y 2a.

Muy raro. No se pueden dar datos biológicos adecuados por la poca información obtenida. Los pocos ejemplares disponibles para estudio fueron tomados entre los 600 y 700 metros, en la parte centro-occidental del país.

Alcance: México a El Salvador

E. thymbraeus thymbraeus Boisd. Pl. 2c.

Poco común pero ampliamente distribuido en la parte central y occidental del país, entre los 400 y 1600 metros. Suele frecuentar lugares más abiertos que las especies anteriores (que parecen no alejarse de la vecindad inmediata de bosques), pudiéndose encontrar a veces en campos con flores.

Larva en Annona sp.

Alcance: México hasta El Salvador y Honduras.

E. philolaus Boisd. Pl. 2d.

Periódicamente muy común (abril-junio) a todo lo largo de la costa. El hecho de que se le observa en cierta abundancia en otro período en el extremo suroriental del país hace sospechar de una migración, más esto ha de constatarse aún. Es la única especie de esta familia que se limita bajo los 100 metros.

Alcance: México hasta Nicaragua.

E. e. epidaus Doubl. Pl. 2e.

Común y ampliamente distribuido por todo el país, desde el nivel del mar hasta los 1500 metros. Es particularmente común en la costa, siendo generalmente algo rara sobre los 1000 metros. Al igual que E. philolaus, frecuente campo abierto, siendo más observable entre abril y junio.

Larva en Annona sp. Dos ciclos biológicos anuales.

Alcance: México hasta Nicaragua.

E. calliste calliste Bates. Pl. 2f.

Algo común, pero muy local y aparentemente una sola época de vuelo corta (febrero a mayo). Está limitada al bosque nebuloso sobre los 2200 metros en la esquina nor occidental del país. Los machos frecuentan las flores y los suelos húmedos, pero parecen favorecer las primeras. Se desconoce la hembra y el ciclo biológico en El Salvador. Parece que sólo ocurre un ciclo biológico anual.

Alcance: México a Costa Rica.

Género BATTUS Scopoli

Battus p. polydamas L. Pl. 3a, b.

Muy común y ampliamente distribuido desde el nivel del mar hasta los 1800 metros. Se le observa casi todo el año, visitando flores en el campo abierto, jardines, bordes de vegetación secundaria, etc. También es frecuente capturar ♂♂ tomando agua en suelos húmedos.

Larva en guaco (Aristolochia grandiflora) y otras Aristolochia.

Alcance: SE. de EE.UU. hasta Argentina.

B. laodamas copanae Reak. Pl. 3c, d.

Por lo general poco común, aunque en ciertas épocas en algunos lugares del oriente del país pueden capturarse varios ejemplares en un solo día. Habita principalmente los márgenes de regiones boscosas por bajo de los 1200 metros. No se han observado ♂♂ en flores, sólo tomando agua en arenas de quebradas húmedas. Ciclo biológico no descrito para El Salvador.

Alcance: México hasta Nicaragua

Género PARIDES Hübn

Parides photinus Doubl. Pl. 3e, f.

Común y ampliamente distribuido en regiones boscosas del país desde el nivel del mar hasta los 2200 metros. Igual que las otras especies del género Parides en El Salvador, P. photinus raramente se encuentra en lugares muy abiertos, prefiriendo márgenes boscosos con flores.

Larva en guaco (Aristolochia grandiflora)

Alcance: México hasta Costa Rica.

P. montezuma Westw. Pl. 4a, b.

Común y ampliamente distribuido en regiones boscosas entre los 400 y los 1200 metros. En este y los otros miembros del género Parides se observan ambos sexos, generalmente juntos simultáneamente, en flores. Con la excepción de P. photinus rara vez o nunca se capturan y observan ♂♂ tomando agua en suelos húmedos.

Larva en guaco (Aristolochia grandiflora)

Alcance: México hasta Nicaragua.

P. p. polyzelus Feld. Pl. 5a, b.

Aparentemente poco común y bastante local. Se han tomado ejemplares únicamente entre los 600 y 1100 metros.

Larva en Aristolochia sp. Ciclo biológico no descrito para El Salvador.

Alcance: México hasta El Salvador y Honduras.

60. P. i. iphidamas Fabr. Pl. 4e f.

Algo común localmente entre el nivel del mar y los 1300 metros, pero sobre todo entre los 600 y los 1000 metros. Parece estar limitada a la parte central y occidental del país.

Larva en guaco (Aristolochia grandiflora) 2-3 ciclos biológicos anuales.

Alcance: Sur de México hasta Panamá.

P. arcas mylotes Bates Pl. 4c, d.

Muy común y ampliamente distribuido en todo el país desde el nivel del mar hasta los 1500 metros (y casi seguramente sobre esta altura).

Larva en guaco (Aristolochia grandiflora) 4-5 ciclos biológicos anuales.

Alcance: Sur de Texas hasta Costa Rica.

Género PAPILIO L.

Papilio polyxenes asterius Cram. Pl. 5c, d.

Ampliamente distribuido en todo el país desde el nivel del mar hasta los 2300 metros; bastante común localmente sobre los 600 metros, especialmente en la mitad occidental del país. Varía bastante en coloración, siendo más común la forma curvifascia Skinner en que las dos hileras de manchas amarillas son completas y evidentes. Al otro "extremo" está la forma ampliata Menetriés en que las manchas de la hilera interna (postmediana) están muy reducidas o aun ausentes; esta es la llamada "forma negra" y es algo rara en El Salvador. P. polyxenes se encuentra en algunos números en campo abierto no cultivado, paraje que está desapareciendo rápidamente en El Salvador, al igual de las otras zonas de vegetación natural. Se observa con más frecuencia entre noviembre y enero. Posiblemente el ejemplar de P. polyxenes stabilis citado por Franz y Schröder (1954) pertenezca a esta forma.

Larva en perejil (Apium petroselinum) y otras Umbelliferae.

Alcance: Canadá hasta Honduras y El Salvador.

P. thoas autocles Roths. y Jord. Pl. 5c y Pl. 6b.

Muy común y ampliamente distribuido en todo el país desde el nivel del mar hasta los 1800 metros. La gran variabilidad en la Celda de la VAA del tamaño y orientación de rayas y/o manchas negras hace sospechar que las subespecies P. thoas nealces Roths y Jord, y P. thoas autocles no son más que variantes de una misma subespecie. Klots (1951) también parece sostener este criterio. Esta especie es vista frecuentemente tanto en flores como tomando agua en suelos húmeos. Sin embargo, debido a su gran parecido con P. cresphontes es muchas veces necesario colectarlo si se desea asegurar su identificación.

Larva en varias Piperaceae; vale notar que no ha sido obtenido en cítricos en El Salvador. 5-7 ciclos biológicos anuales.

Alcance: SE. de EE. UU. hasta Nicaragua (hasta Ecuador?).

P. thoas nealces Roths y Jord. ver P. thoas autocles

P. cresphontes Cram. Pl. 5f y Pl. 6a.

Muy común y ampliamente distribuido en todo el país. Límites altitudinales no de terminados.

El que esta es una especie completamente distinta a P. thoas ha sido ya bien de terminado. Además de diferencias en las alas como las indicadas en la clave, hay otras más determinantes, como el de la diferencia en estructura de la genitalia distintas plantas hospederas de larvas (en El Salvador) y aún el número n/2 de cromosomas (Macki y Remington, 1959). Parece ser que además los machos de esta especie prefieren más las flores (y menos los lugares húmedos) que P. thoas, lo cual sería ya una diferencia de comportamiento. En El Salvador la larva ha sido

encontrada con mucha frecuencia en cítricos, en los que no parecen llegar a ser plaga de particular consideración. "Además frecuentan (y aun parecen favorecer) otras Rutaceae como la ruda (Ruta graveolens), matasano (Casimiroa edulis) y otras". (Alberto Muysshondt, comunicación personal)

Alcance: Canadá hasta Costa Rica.

P. paeon thrason Feld. Pl. 6c.

Aparentemente muy rara, aunque posiblemente su similitud superficial con P. thoas y P. cresphontes lo haga una especie poco perceptible en El Salvador.

Sólo ha sido tomado un ejemplar en El Salvador -un macho en perfectas condiciones- lo cual sugiere que había salido recientemente de crisálida.

Fue tomado a 650 metros mientras tomaba en un arenal húmedo, en vecindad inmediata de bosque.

Alcance: El Salvador hasta Colombia y Venezuela.

P. androgeus epidaurus Godm. y Salv. Pl. 7a.

Estado numérico incierto; aparentemente no común. Han sido tomados muy pocos ejemplares, todos ellos en la parte centro-occidental del país entre 600 y 900 metros. Un ejemplar fue capturado mientras tomaba agua en un arenal, otros dos en flores y un cuarto fue criado de una larva encontrada en cítricos (mandarina, Citrus nobilis). La hembra de esta especie no ha sido tomada en El Salvador.

Alcance: Antillas mayores, México hasta Panamá.

P. erostratus West. Pl. 7b,c.

Algo raro; hembra muy rara. Habita la vecindad de regiones boscosas entre los 600 y los 2000 metros. Aunque se han tomado ejemplares en distintos extremos del país, es relativamente local a ciertas áreas, probablemente debido a la distribución de la planta huésped (desconocida) de la larva. Aparentemente el ciclo biológico (todos los estados pre-adulto) son aun desconocidos para esta especie. Casi todos los machos han sido capturados cuando tomaban agua en suelos húmedos, excepto por "algunos vistos volando sobre la cumbre de El Picacho, Vc. de San Salvador" (S. Steinhauser, comunicación personal).

Alcance: Sur de México hasta El Salvador.

P. pilumnus Boisd. Pl. 6d y 7f.

Estado numérico incierto; aparentemente muy raro y local en el extremo NO. del país sobre los 2100 metros, en bosque nebuloso. Sólo ha sido obtenido un ejemplar en El Salvador hasta la fecha, una hembra en estado imperfecto capturada por el Sr. Steinhauser. Es posible que esta especie no sea más que un visitante de Guatemala, donde ocurre en ciertos números.

Alcance: Arizona hasta El Salvador.

P. anchisiades idaeus Fabr. Pl. 7d, e.

Ampliamente distribuido y bastante común; localmente muy común. Esta especie es frecuente visitador de flores, y al igual que P. cresphontes su número parece estar en aumento notable con el tiempo, posiblemente debido al incremento de cultivos de cítricos en el país. Varía bastante en tamaño, y la cantidad de rojo presente en el ala posterior. Es dudoso que lleguen a ser una plaga en el país, ya que parecen estar bastante controladas por microhimenópteros.

Larva en cítricos y matasano (Casimiroa edulis)

Alcance: Sur de Texas hasta Panamá.

62. P.v. victorinus Doubl. Pl. 8c, d y e,

Poco común; hembra bastante rara (?). Ha sido coleccionado únicamente en la parte central y occidental del país, entre los 600 y los 1200 metros, siempre en vecindad inmediata de bosque. El macho suele capturarse tomando agua en lugares húmedos. La hembra es dicromática, existiendo una forma similar al macho, y otra forma (amphissus Hopff.) ricamente marcada en verde. El ciclo biológico no ha sido descrito para El Salvador.

Alcance: Este de México hasta Nicaragua.

P. garamas electryon Bates. Pl. 8a, b.

Común pero muy local y ciertamente no fácil de capturar. Está limitado al bosque nebuloso sobre los 2000 metros en la parte occidental del país. Esta especie vuela alto sobre las copas de los árboles, rara vez bajando excepto cuando hay flores que les atraiga. Aparentemente el ciclo biológico (estados pre-adulto) de esta especie es desconocido.

Alcance: Sur de México hasta El Salvador y Honduras.

#### AGRADECIMIENTOS

Sería difícil citar a la cantidad de ayuda generosa y fuentes bibliográficas que han permitido la completación de este trabajo. En especial agradecemos al Sr. Víctor J. Hellebuyck, sin duda el coleccionista más formidable que hemos conocido, y quien se tomó molestia aun de preparar material especialmente para este estudio. Los Srs. Stephen R. Steinhauser y Alberto Muyschondt fueron de excepcional ayuda al dar tiempo y crítica concisa al revisar completamente este manuscrito, además permitiendo acceso completo a sus colecciones y apuntes, y contribuyendo en forma entusiasta y muy generosa con datos obtenidos personalmente con mucho trabajo.

El Sr. Manuel Menéndez G. prestó paciente y experta ayuda en numerosos intentos por obtener las láminas ilustrativas de este trabajo. Numerosas otras personas permitieron acceso a sus propiedades; entre ellos se agradece en forma particular al Sr. Ernesto Freund, quien en varias ocasiones permitió entrada y hospedaje en los hermosos bosques de Montecristo. Sin el apoyo del Dr. Fabio Castillo, actual Decano de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador, probablemente no hubiera sido posible el viaje para la obtención de material comparativo en Nicaragua, para la colección del Departamento de Biología.

Se tomó generosamente de material ya publicado en otras obras, en especial de Rothschild y Jordan (1906), Seitz (1924) y Ehrlich y Ehrlich (1961).

A todos estos más los no mencionados extendemos fuertes agradecimientos, esperando se sienten satisfechos de ver acá el fruto de su contribución

#### ABSTRACT

This work is basically a taxonomic guide to the butterflies of the family PAPILIONIDAE in El Salvador, centered on a taxonomic key, and supplemented by some general biological notes, illustrations of all the described species, plus a brief summary of what has been done with this group in this country so far. At the same time it represents the beginning of an effort to describe in this same manner, in the immediate future, all the butterflies (Papilionoidea) of El Salvador



Dieses Werk ist grundsätzlich eine taxonomische Orientierung zu den Schmetterlingen der PAPILIONIDAE-Familie in El Salvador; es hängt von einem taxonomischen Kodex ab, und ist mit einigen allgemeinen biologischen Beschreibungen, abbildungen aller beschriebenen Arten, und einer kurzen Zusammenfassung über das was bis jetzt in diesem Lande, mit dieser Gruppe gemacht worden ist, dersehem. Zu gleicher Zeit ist dieses Werk der Anfang einer Anstrengung, um auf dieser selben Weise und sehr bald alle Schmetterlinge (Papilionoidea) El Salvador's zu beschreiben.

## LITERATURA CITADA

1. Ehrlich, P. R. y A. H. Ehrlich, "How to know the Butterflies". Wm. C. Brown Co. Dubuque, 262 pp. 1961.
2. Franz, Von E., y Heinz Schröder, "Tagfalter (Lep. Rhopalocera) aus El Salvador" Senck. Biol. No. 1/2 Band 35 pp. 75 - 87. 1954.
3. Godman, F. D., y O. Salvin, "Biologia Centrali - Americana" Insecta: Lepidoptera Rhopalocera, Vol. II, London. pp. 188 - 243. 1887 - 1901.
4. Klots, A. B., "A Field Guide to the Butterflies of North America, East of the Great Plains". Riverside Press, Cambridge, Mass. pp. 171 - 180, 1951.
5. Maeki, K., y C. L. Remington, "Studies of the Chromosomes of North American Rhopalocera. I. PAPILIONIDAE" Journal of the Lepidopterists`Society. No. 4 Vol. 13, pp 193 - 201, 1959.
6. Masters, J. H. "A Working Checklist of the Butterflies of Venezuela. Part. I. PAPILIONOIDEA" Newsletter of the Association of Minnesota Entomologists No. 2, Vol. I, pp. 32 - 42, 1968.
7. Munroe, E., "The Classification of the Papilionidae (Lepidoptera)". Canadian Entomol. Supplement. 17 pp 1 - 15. 1960.
8. Rothschild, W., y K. Jordan, "A Revision of the American Papilios". Novitates Zoologicae No. 3, Vol. XIII pp 411 - 752. 1906.
9. Seitz, A. (Ed.), "The Macrolepidoptera of the World. Vol. 5. The American Rhopalocera" Alfred Kern Verlag Stuttgart pp 11 - 51. 1924.

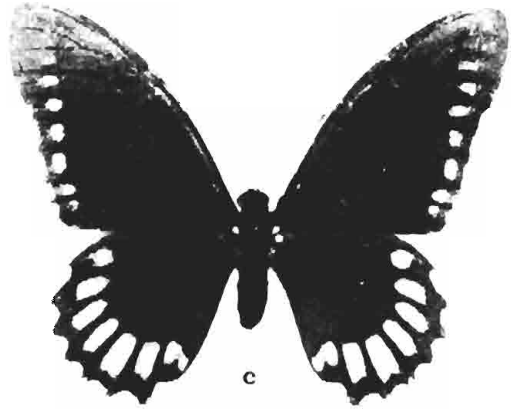
PAPILIONIDAE DE EL SALVADORPLACA 1

- a. Eurytides phaon f. phaon -- Boisduval ♂  
3-VII 1968. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Serrano No.10102c
- b. Eurytides phaon f. eridamas -- Reakirt ♂  
2-VII 1963. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10103c
- c. Eurytides phaon f. eridamas · Reakirt ♀  
13-VIII-1969. San Salvador. Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10103h
- d. Eurytides phaon f. eridamas Reakirt ♀  
1-IX-1968. Lago de Coatepeque. Depto. de Santa Ana  
(es pupa) Col. Ser. No.10103j
- e. Eurytides branchus f. branchus Doubleday ♂  
22-VI-1958. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10105c
- f. Eurytides belesis f. hephaestion (?) · Felder ♀  
13-V-1963. San Salvador. Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10108f

Aprox. 1X. Foto Manuel Menéndez G.



a



c



b



d



e



f

PLACA 1

FAMILIARIDAD DE EL SALVADORFLACA 2

- a. Eurytides belesis f. hephaestion - Felder ♂  
23-VII-1968. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10108a
- b. Eurytides belesis f. belesis - Bates ♂  
4-IV-1963. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10109b
- c. Eurytides thymbraeus thymbraeus - Boisduval ♂  
11-V-1968. San Salvador. Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10116b
- d. Eurytides ( = Graphium ) philolaus Boisduval ♂  
1-IV-1961. San Diego. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10130a
- e. Eurytides ( = Graphium ) e. epidaus Doubleday ♂  
29-VI-1968. San Salvador. Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10135d
- f. Eurytides ( = Graphium ) calliste calliste Bates ♂  
26-III-1971. Hac. Montecristo. Depto. de Santa Ana  
Col. Universidad de El Salvador

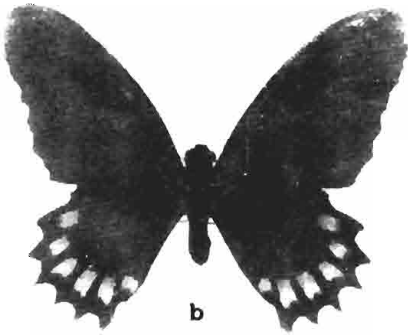
Aprox. 1X. Foto Manuel Menéndez G.



a



d



b



e



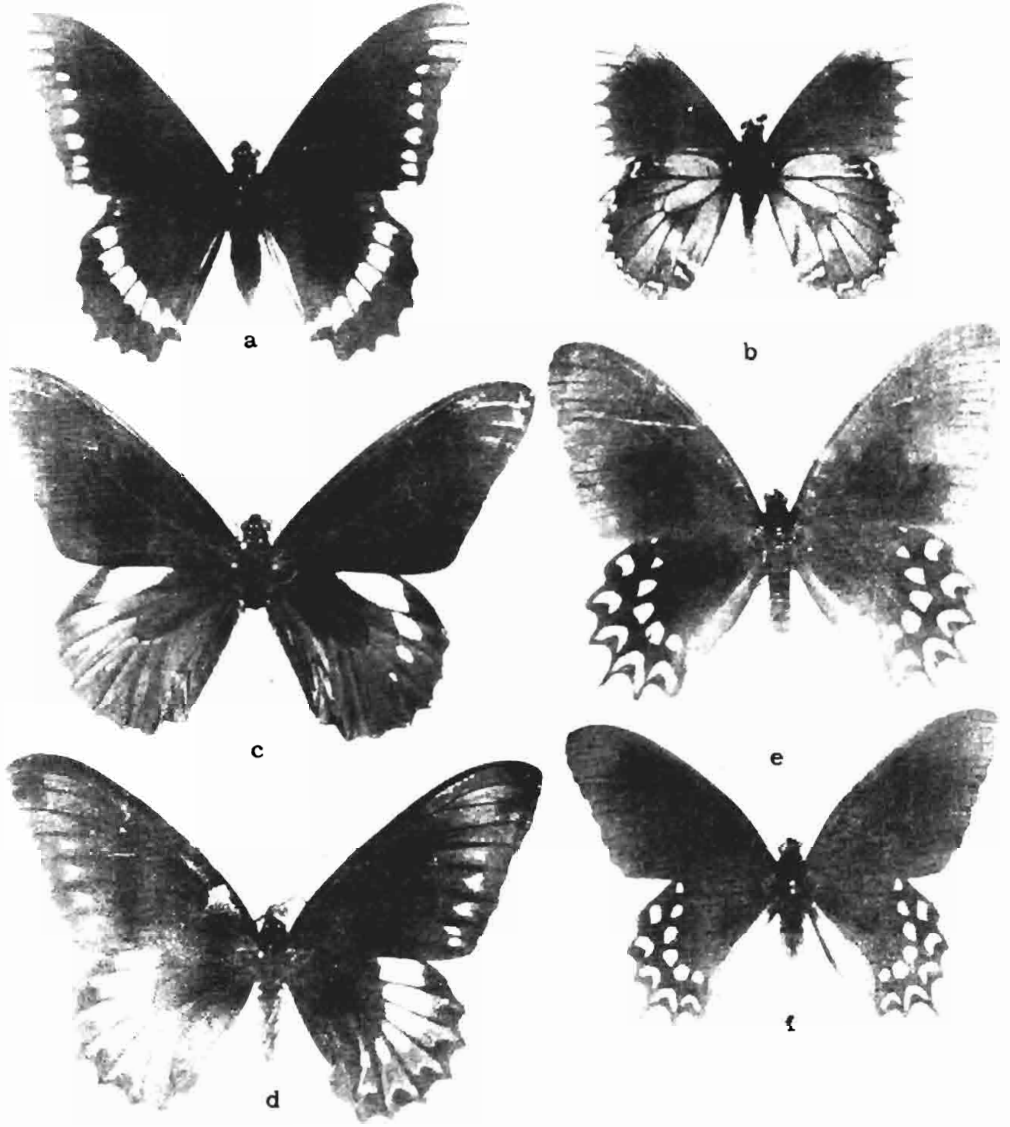
c



f

PAPILIONIDAE DE EL SALVADOR  
PLACA 3

- |                                                                                                                                           |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| a. <u>Battus polydamas polydamas</u> - Linnaeus<br>1-II-1965. San Salvador. Depto. de San Salvador<br>Col. Ser. No.10205a                 | ♂ |
| b. <u>Battus polydamas polydamas</u> - Linnaeus. (Ventral)<br>20-IV-1958. San Salvador. Depto. de San Salvador<br>Col. Ser. No.1020b      | ♂ |
| c. <u>Battus laodamas copanae</u> - Reakirt<br>21-VIII-1970. Lago de Guija. Depto. de Santa Ana<br>Col. Univ. de El Salvador (R: J. Haus) | ♂ |
| d. <u>Battus laodamas copanae</u> - Reakirt<br>21-VII-1971. El Laurelar (Nicaragua)<br>Col. Univ. de El Salvador                          | ♀ |
| e. <u>Parides photinus</u> - Doubleday<br>18-VIII-1962. Los Chorros. Depto. de La Libertad<br>Col. Ser. No.10305c                         | ♀ |
| f. <u>Parides photinus</u> - Doubleday<br>18-VIII-1964. Los Chorros. Depto. de San Salvador<br>Col. Ser. No.10305a                        | ♂ |

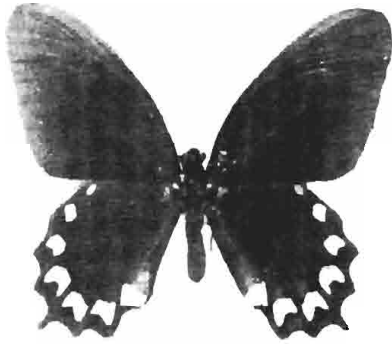


PLACA 3

PAPILIONIDAE DE EL SALVADOR  
PLACA 4

- a. Parides montezuma - Westwood ♀  
13-VIII-1966. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10309c
- b. Parides montezuma - Westwood ♂  
10-VIII-1964. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10309a
- c. Parides arcas mylotes - Bates ♂  
17-VIII-1961. San Salvador. Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10324a
- d. Parides arcas mylotes - Bates ♀  
17-XI-1963. Santa Tecla. Depto. de La Libertad  
Col. Univ. de El Salvador
- e. Parides iphidamas iphidamas - Fabricius ♂  
14-VI-1966. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10321b
- f. Parides i. iphidamas - Fabricius ♀  
5-VIII-1970. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Univ. de El Salvador





a



e



b



f



c



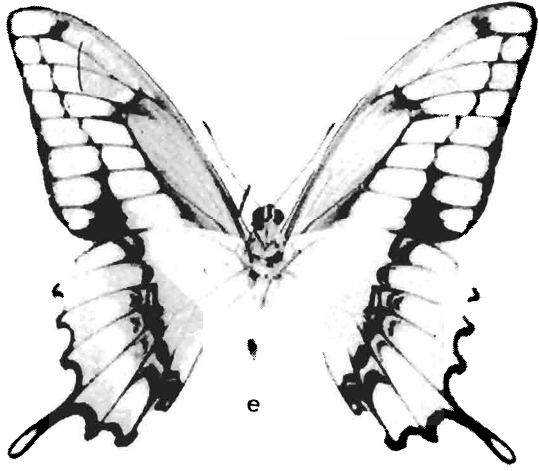
d

PAPILIONIDAE DE EL SALVADOR  
PLACA 5

- a. Parides polyzelus polyzelus - Felder ♂  
6-II-1971. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10315b
- b. Parides p. polyzelus - Felder ♀  
19-I-1965. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10315c
- c. Papilio polyxenes asterius - Cramer; ♂  
forma curvifascia Skinner  
9-XII-1967. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10404a
- d. Papilio polyxenes asterius - Cramer; ♂  
forma ampliata Ménétériés  
3-XII-1963. Santa Tecla. Depto. de La Libertad  
Col. Univ. de El Salvador. (R.J. Bartges)
- e. Papilio thoas autocles - Rothschild y Jordan. (ventral) ♂  
13-X-1961. San Salvador. Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10407c
- f. Papilio cresphontes - Cramer. (ventral) ♂  
13-X-1961. San Salvador, Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10410b



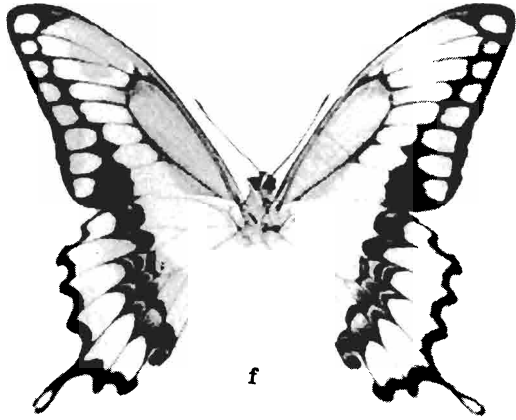
a



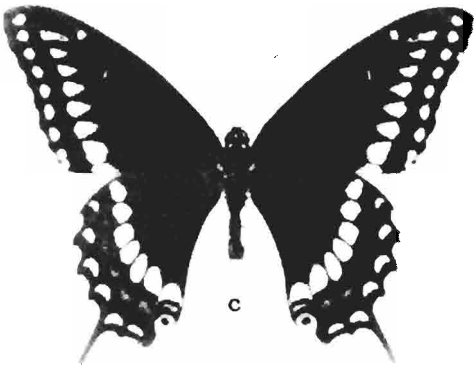
e



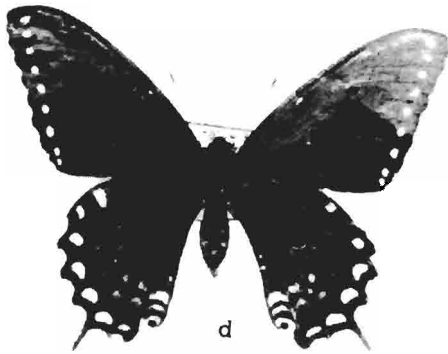
b



f



c



d

PAPILIONIDAE DE EL SALVADOR  
PLACA 6

- a. Papilio crespontes - Cramer ♂  
29-VI-1958. San Salvador. Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10410a
- b. Papilio thoas autocles - Rothschild y Jordan ♂  
3-VII-1968. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10407b
- c. Papilio paeon thrason - Felder ♂  
3-VII-1968. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10416 a
- d. Papilio pilumnus - Boisduval ♂  
10-III-1968. Las Palmas (Guatemala)  
Col. Steinhouser



a



d



b

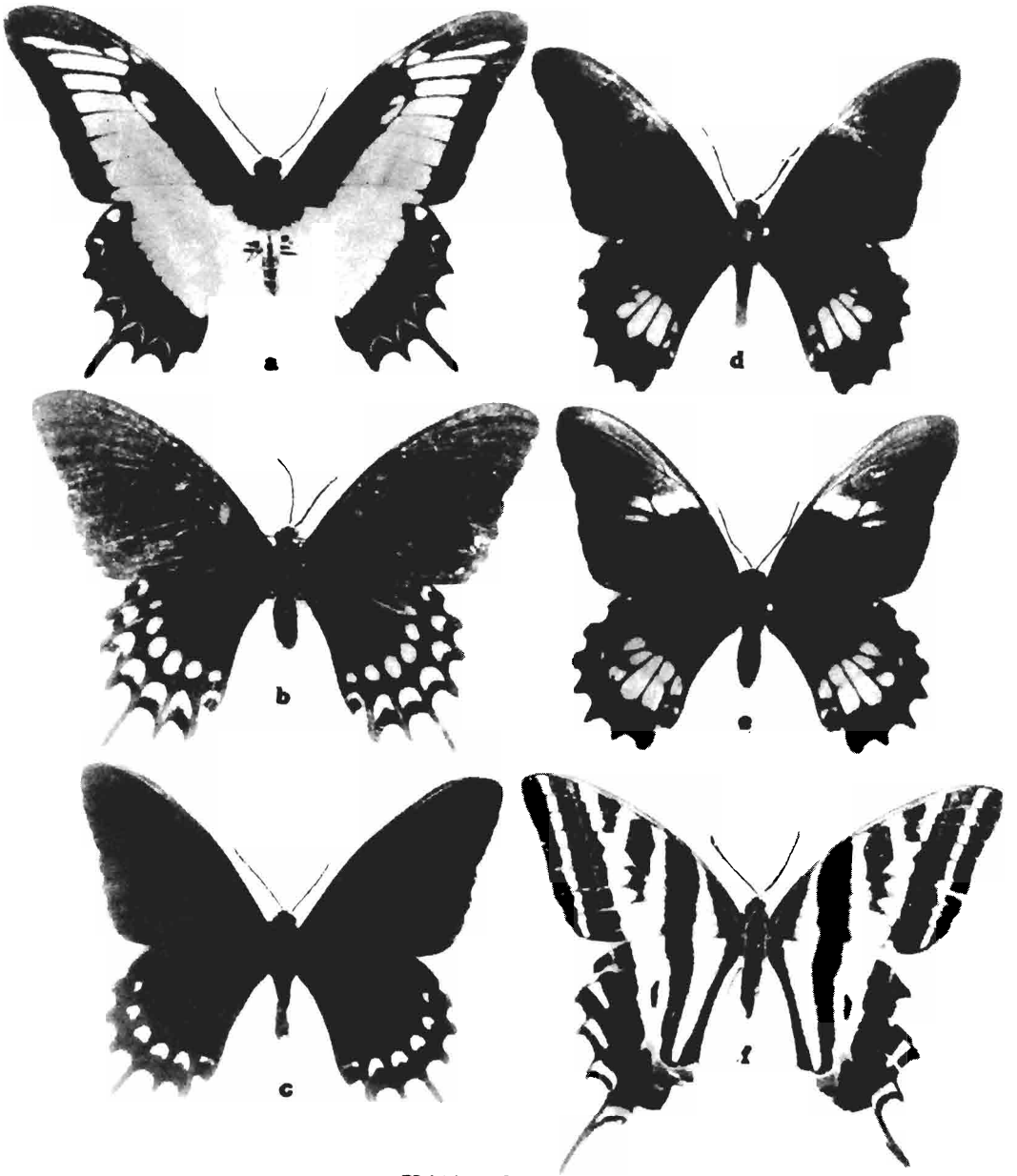


c

PLACA 6

PAPILIONIDAE DE EL SALVADOR  
PLACA 7

- a. Papilio androgeus epidaurus - Godman y Salvin ♂  
22-VI-1970. Quezaltepeque. Depto. La Libertad (ex-  
pupa).  
Col. Univ. de El Salvador
- b. Papilio erostratus - Westwood ♀  
4-IV-1969. Colinas de Jucuarán. Depto. de San Miguel  
Col. Univ. de El Salvador
- c. Papilio erostratus - Westwood ♂  
25-VIII-1962. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10431b
- d. Papilio anchisiades idaeus - Fabricius ♂  
6-VIII-1968. Los Chorros. Depto. de La Libertad  
Col. Ser. No.10437d
- e. Papilio anchisiades idaeus - Fabricius ♀  
21-XI-1970. San Salvador. Depto. San Salvador  
(ex-pupa) Col. Ser. No.10437f
- f. Papilio pilumnus - Boisduval ♀  
3-III-1970. Hac. Montecristo. Depto. de Santa Ana  
Col. Steinhauser



PLACA 7

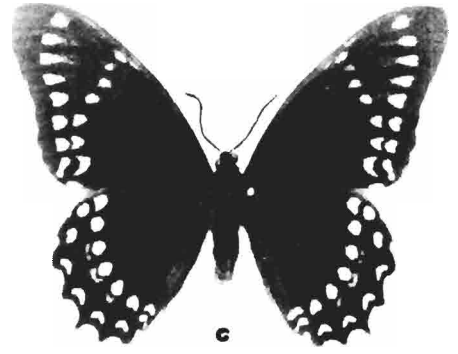
PAPILIONIDAE DE EL SALVADOR  
PLACA 8

- a. Papilio garamas electryon - Bates ♀  
26-III-1971. Hac. Montecristo. Depto. de Santa Ana  
Col. Univ. de El Salvador
- b. Papilio garamas electryon - Bates ♂  
12-III-1971. Cerro Verde. Depto. de Santa Ana  
Col. Univ. de El Salvador
- c. Papilio victorinus victorinus - Doubleday ♂  
7-VI-1970. San Juan, Vc. de San Salvador. Depto.  
de La Libertad.  
Col. Ser. No.10446a
- d. Papilio v. victorinus - Doubleday forma ♀ vic- ♀  
torinus - Doubleday.  
4-IX-1970. Santa Tecla. Depto. de La Libertad  
Col. Univ. de El Salvador
- e. Papilio v. victorinus - Doubleday forma o am- ♀  
phissus Hopffer.  
13-X-1968. San Salvador. Depto. de San Salvador  
Col. Ser. No.10446d





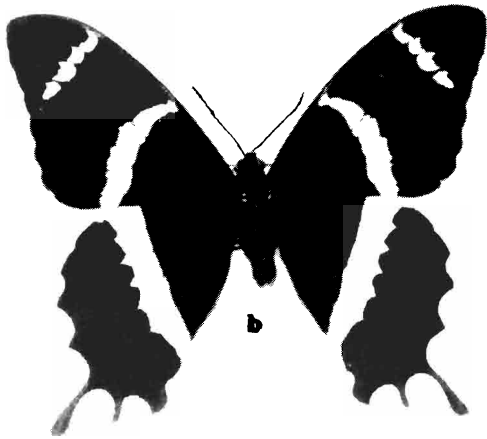
a



c



d



b



e