

ABUNDANCIA RELATIVA DE *ARTOGEIA RAPAE* (L.),
PONTIA PROTODICE (BOISD. & LEC.) Y *LEPTOPHOBIA*
ARIPA ELODIA (BOISD.) (LEPIDOPTERA: PIERIDAE)
EVALUADA MEDIANTE EL METODO DE MOORE
MODIFICADO POR POLLARD, EN XOCHIMILCO, D. F.,
MEXICO



MUSEO DE ZOOLOGIA Alfonso L. Herrera

DEPTO. DE BIOLOGIA, FACULTAD DE CIENCIAS
Universidad Nacional Autónoma de México

ARTURO FRANCO-GAONA*

JORGE LLORENTE-BOUSQUETS*

ARTHUR M. SHAPIRO**

* Museo de Zoología
Facultad de Ciencias, UNAM
Apartado Postal 70-399
04510 México, D. F.
MEXICO

** Storer Hall
U.C. Davis
95616 California
E.U.A.

Folia Entomológica Mexicana No. 76: 107-128 (1988)

Recibido para publicación: 3 septiembre 1987.

Aceptado para publicación: 8 febrero 1988.

RESUMEN

Se empleó por primera vez en México el método del transecto lineal de Moore y Pollard en áreas de cultivo, con el propósito de evaluar la abundancia relativa de tres especies de pierinos (*Artogeia rapae*, *Pontia protodice* y *Leptophobia aripa elodia*). Se efectuó la crianza de orugas de esta especie en el laboratorio, para seguir su ciclo de vida y determinar el posible período de diapausa que puedan presentar, como una ayuda adicional de los gráficos de abundancia relativa resultante del método empleado. Se utilizó, alternativo al de transecto lineal, un método de abundancia absoluta de Captura-Marcado-Liberación-Recaptura y se comparan.

PALABRAS CLAVE: Pierinae, diapausa, transecto lineal, abundancia, población.

ABSTRACT

The linear transect method of Moore and Pollard was employed for the first time in Mexico in cultivated areas to make an evaluation of the relative abundance of three pierine species. (*Artogeia rapae*, *Pontia protodice* y *Leptophobia aripa elodia*). The caterpillar's breeding of these species was made in the laboratory to follow their life cycle and to know the possible period of diapause that they can present, like an additional help of the relative abundance graphics of the employed method. Another method alternative to the linear transect was used: the absolute abundance method of Craig and Hanson and was compared with the former.

KEY WORDS: Pierinae, diapause, linear transect, abundance, population.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se originó con el propósito de determinar los cambios relativos en la población de *Artogeia rapae* a lo largo de 20 meses en las chinampas de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco en la capital de México. El principal motivo para este estudio, está en relación con los experimentos que se encuentra realizando A. M. Shapiro en su laboratorio con una muestra de la población, y, para complementarlos, se requiere determinar él o los períodos de diapausa que tiene dicha población *in situ*. Para ello, se han utilizado varias técnicas, con el objeto de reconocer los cambios poblacionales de estos lepidópteros estacionalmente, utilizando básicamente la técnica del "transecto lineal", empleado por Moore (1975),

Pollard *et al.* (1975) y Pollard (1977) en la evaluación de la fluctuación estacional de mariposas en algunas áreas protegidas de Inglaterra. Debido a que es la primera vez que se utiliza este método para reconocer la abundancia relativa y cambios poblacionales de adultos de mariposas ligadas a cultivos, se decidió ampliar este estudio para incluir a dos especies más: *Pontia protodice* que se está utilizando en estudios experimentales y *Leptophtobia aripa elodia* por ser muy común en la zona, así como tomar nota de las plantas ruderales y malezas que son un sustento adicional de *P. protodice*.

Antecedentes del método de Moore y Pollard. Moore (1975) estudió las mariposas de una reserva en Inglaterra durante 9 años (1964-1973), con la finalidad de probar las posibilidades y limitaciones del conteo de los imagos en un hábitat "lineal" (en el borde, margen o interfase de dos hábitats), para tener algunas indicaciones de la escala de variación de un año con respecto a otro. Mientras su transecto fue de 500 m, Pollard (1977) en la misma localidad y con el mismo método incluyó un transecto de 3000 m, estandarizó varios criterios y reconoció algunos problemas haciendo sugerencias para superarlos: a) división del transecto en secciones de acuerdo a cambios en el hábitat b) conteos siempre a la misma hora del día, en condiciones de temperatura e insolación que permitan la actividad de los imagos c) registros en un semicírculo de radio de 5 m hacia el frente y a los lados d) conteos un mínimo de una vez cada dos semanas e) evitar la confusión de especies muy similares en los conteos f) evitar el doble registro de organismos de vuelo muy activo g) uso de una pértiga para golpear la vegetación de los lados y facilitar el conteo de imagos inactivos. El uso de la técnica de Moore, considerando los criterios y advertencias de Pollard, proporcionó registros de la fluctuación de la abundancia relativa de las poblaciones y permitió hacer comparaciones de un año con respecto a otro, así como del impacto del cambio del hábitat o del efecto del tiempo atmosférico (Pollard, 1984a). Todas las recomendaciones de los trabajos de estos autores se han seguido en el método adoptado en este estudio.

Método de captura-marcado-liberación-recaptura. Alternativo, como complemento y comparación al método de "transecto lineal" de Moore y Pollard, se empleó una técnica de evaluación absoluta durante los últimos meses del año, la de Captura-Marcado-Liberación-Recaptura (CMLR) de Craig (1953) modificada por Hanson (1967). Esta técnica permite estimar el tamaño de una población, así como los cambios de nacimiento y mortalidad; para ello, incluye varios supuestos básicos en los que se basa ésta y otras técnicas de CMLR, los cuales se encuentran interrelacionados en-

tre sí y abarcan algunos aspectos sutiles en cuanto a determinados patrones de tipo físico, temporal y conductual de las poblaciones. Una revisión de los supuestos básicos y de las estructuras generales de estas técnicas usadas en mariposas se encuentran en los trabajos de Ehrlich y Davidson (1966), Brussard (1970) y Gall (1985). Para el análisis del método usado, se han desarrollado una serie de modelos matemáticos, destacando entre ellos: la distribución de frecuencia de clases, la del binomio de Poisson y la distribución geométrica (véase Seber, 1973 y Caughley, 1977; *apud* Gall, *op. cit.*).

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) evaluación relativa de números poblacionales de las mariposas *A. rapae*, *P. protodice* y *L. a. elodia* que viven en un hábitat lineal por el método de Moore y Pollard; 2) seguir el ciclo de vida y determinar los posibles periodos de diapausa de tales especies en las chinampas, comparándolo con el método anterior y 3) comparar el método de abundancia relativa de Moore y Pollard con el método de abundancia absoluta de CMLR de Craig (1953) modificado por Hanson (1967).

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Localización y acceso. El área de estudio se encuentra ubicada al sureste del Distrito Federal, México, en la delegación de Xochimilco. Sus coordenadas son 99° 10' de longitud oeste y 19° 20' de latitud norte, encontrándose en un sitio de confluencia (Cuenca del Valle de México) del sur del Altiplano Mexicano y el Eje Neovolcánico a una altitud de 2240 m. El área es una zona de chinampas (jardines flotantes) donde se cultivan hortalizas y plantas de ornato.

Clima. Siguiendo la clasificación climática de García (1961) y analizando los datos climatológicos de la estación más cercana (San Gregorio Atlapulco), el área de estudio presenta un tipo C (w°) (w)b (i') (Fig. 1).

Vegetación y flora. La vegetación arbórea y arbustiva está caracterizada principalmente por los "ahuejotes" (*Salix bomplandiana*) y "tepozanes" (*Buddleia* spp.) que limitan los linderos de las chinampas, encontrándose otros árboles introducidos en menor cantidad (*Eucaliptus* spp y *Schinus molle*). El área de estudio cuenta con un tipo de vegetación característico de zona lacustre, la cual se encuentra altamente perturbada por la agri-

San Gregorio Atlapulco. 09-043

Lat: 19 - 15 Long. 099 - 05

C(w)(w)b(i')

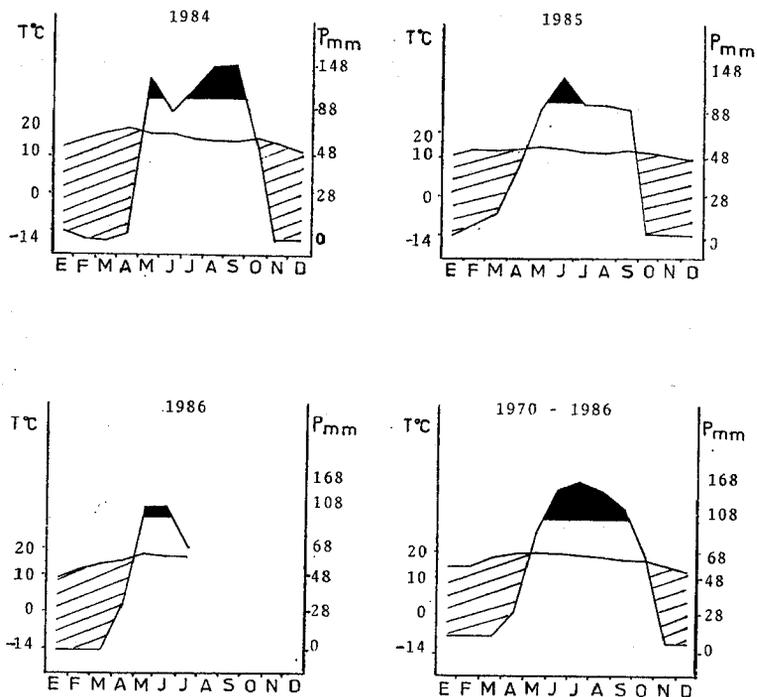


Fig. 1. Diagrama ombrotérmico de la estación de San Gregorio Atlapulco, D. F., México. En la parte superior se presenta la clave de la estación meteorológica para el Distrito Federal, su ubicación de acuerdo a la latitud y longitud, su subtipo climático y el año.

cultura, dominando las hortalizas y las plantas de ornato que se encuentran en diferentes proporciones a lo largo del año *v. gr.* "brócoli" (*Brassica oleracea* var. *italica*) 18.18%, "col" (*B. oleracea* var. *capitata*) 1.81%, "cempaxúchitl" (*Tagetes tenuifolia*) 3.45%. Plantas arvenses abundantes y de importancia para la oviposición de pierinos son: *Sisymbrium* spp y *Lepidium* spp que se encuentran en terrenos abandonados (Sánchez, 1980).

Prácticas agrícolas. En el cuadro 1 se aprecia el calendario de las prácticas agrícolas de los principales cultivos de la zona de estudio, advirtiendo 3 categorías de acuerdo a la duración del ciclo de vida. El período de clima

CUADRO 1

Calendario agrícola de los huéspedes potenciales de los Pieridae en Xochimilco, D. F.

Para cultivos con ciclo de vida mayor de seis meses.
(alcachofa, brócoli, col, acelga, apio, etc.)

Práctica	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Almácigo	-----						-----					
Limpia (1)		--						--				
Siembra			-----					-----				
Limpia (2)				-----						-----		
Cosecha	-----						-----				-----	
Floración		-----						-----				
Frutos			-----							-----		

Para cultivos con ciclo de vida menor de seis meses.
(cempoazuchitl, alhelí)

Práctica	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Barbecho								----				
Siembra									----			
Floración											----	
Cosecha												----

Verdolaga y espinaca.

Práctica	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Almácigo	----			----				----				
Barbecho		----			----				----			
Trasplante			----			----				----		
Cosecha				----		----					----	
Floración	--			----		----		----				----

anual y la comercialización de los cultivos determinan el calendario de tales prácticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo los recorridos de conteo en el transecto lineal, se procedió a hacer un mapa de la zona (Fig. 2), registrando los cultivos más importantes que se encontraban en ese momento. Se marcó un transecto tocando todos los cultivos y la vegetación silvestre más representativa del área. La longitud total del transecto fue de 1100 m, el cual se recorría en una hora aproximadamente, caminando a la misma velocidad y haciendo el recuento visual del número de las mariposas observadas de las tres especies. Los recorridos se iniciaron entre las 1000 y 1130, y se concluyeron entre las 1130 y 1300 h respectivamente. Durante los recorridos se anotaron en una forma elaborada especialmente para ello: hora de inicio y término de cada recorrido, las condiciones ambientales imperantes, especie, sexo y observaciones pertinentes respecto a la dinámica del cultivo u otras relacionadas con las mariposas. Cuando en ocasiones durante el recorrido se nublaban, se detenía el conteo y se continuaba éste una vez restituidas las condiciones meteorológicas que permitían actividad a los individuos, o bien se efectuaba en días próximos.

Con el propósito de reconocer posibles períodos de diapausa en las poblaciones de *A. rapae* se siguió el ciclo de vida de las especies *in situ* y después en el laboratorio. Por otra parte, se puso en práctica —paralelo al método de Moore y Pollard— el de CMLR de Craig (1953), con la finalidad de contrastar ambos métodos de evaluación, cuando menos durante un período de seis meses. Para registrar observaciones respecto al ciclo de vida, se construyó un insectario en el campo y se recolectaron huevos de las crucíferas donde ovipositan estos insectos. El insectario se hizo con base en una idea propuesta por Crane & Fleming (1963); en su interior se introdujeron plantas de alimentación, tales como brócoli, alhelí y otras plantas de ornato que se encontraban en floración, las cuales funcionaron como proveedoras de néctar para los adultos y de alimento para las orugas. Para la oviposición de *P. protodice* se introdujeron, además de brócoli, plantas de *Sisymbrium* spp. y *Lepidium* spp. Esta idea estándar no funcionó, ya que las mariposas murieron al tercer o cuarto día, por lo que se decidió recolectar huevos de las plantas donde ovipositaban más frecuentemente estos pierinos y posteriormente "incubarlos" en el laboratorio e introducir las larvas en el insectario, para así continuar el ciclo en el campo (Hayward, 1931). Como la recolección de abundantes huevos de *P. protodice* y *A. rapae* no fue posible, éstos se obtuvie-

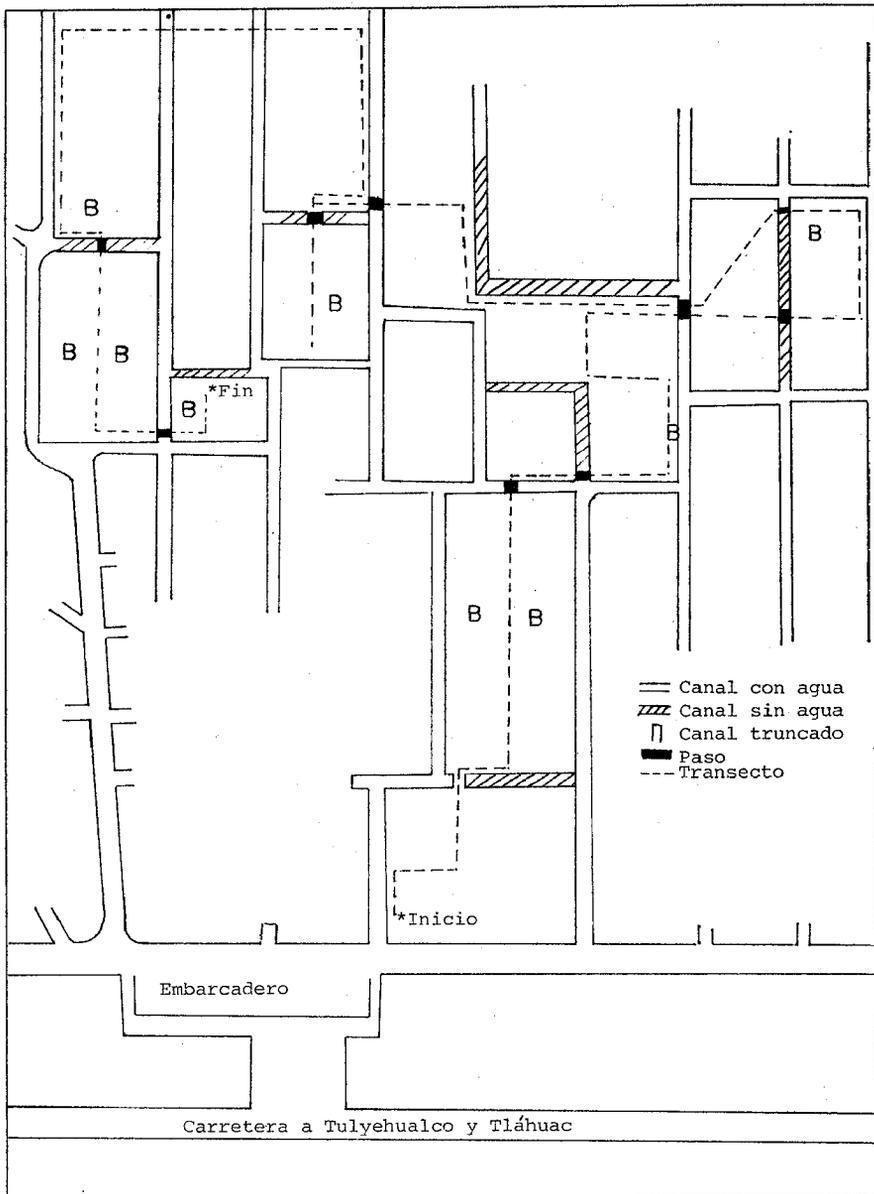


Fig. 2. Mapa del transecto lineal en las chinampas de San Gregorio, D. F., México. Se señalan (B) los cultivos de brócoli.

ron en el laboratorio, mediante la inducción de la oviposición de hembras fecundadas por medio de una fuente de luz; ya emergidas las larvas se cambiaron a plantas frescas y se continuó el ciclo (Howe, 1975; Guilbot, 1982).

El método de Craig (1953) se llevó a cabo una vez concluido el recorrido del transecto lineal, considerando las recomendaciones de Morton (1984). Se comenzó entre las 1130 y 1300 concluyendo entre las 1300 y 1430 h, realizándose de la siguiente manera: se caminó a lo largo de todo el transecto, capturando las mariposas y marcándolas con un plumón de tinta indeleble marca "Sharp" de color negro: según el número de veces que era capturado un individuo se colocó uno, dos o más puntos en la cara inferior, en el área cercana a la base del segundo par de alas (Fig. 3). Se procuró evitar la captura continua de ejemplares recién liberados y marcados. En los resultados se comentan separadamente los datos sin tratamiento estadístico de aquellos en los que sí fue posible aplicarlo, ya que en algunos casos la poca frecuencia de recaptura no lo permitió y, por

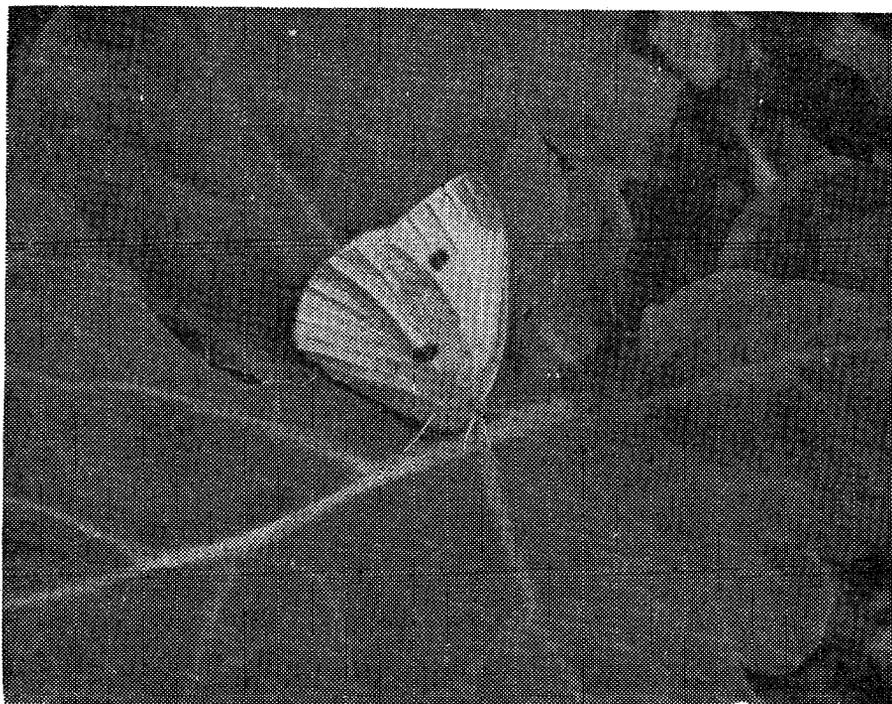
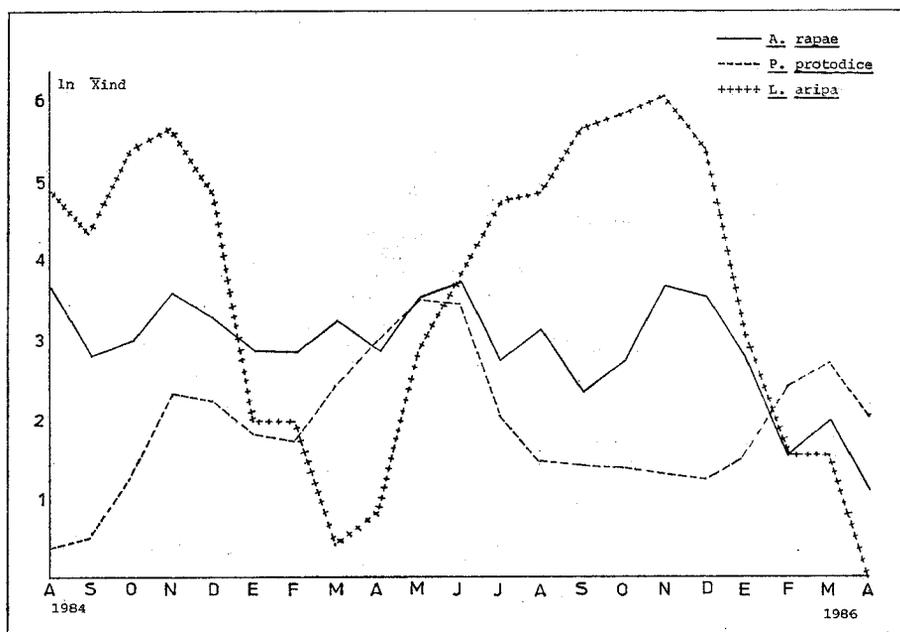


Fig. 3. *Artogeia rapae* marcada con un punto.

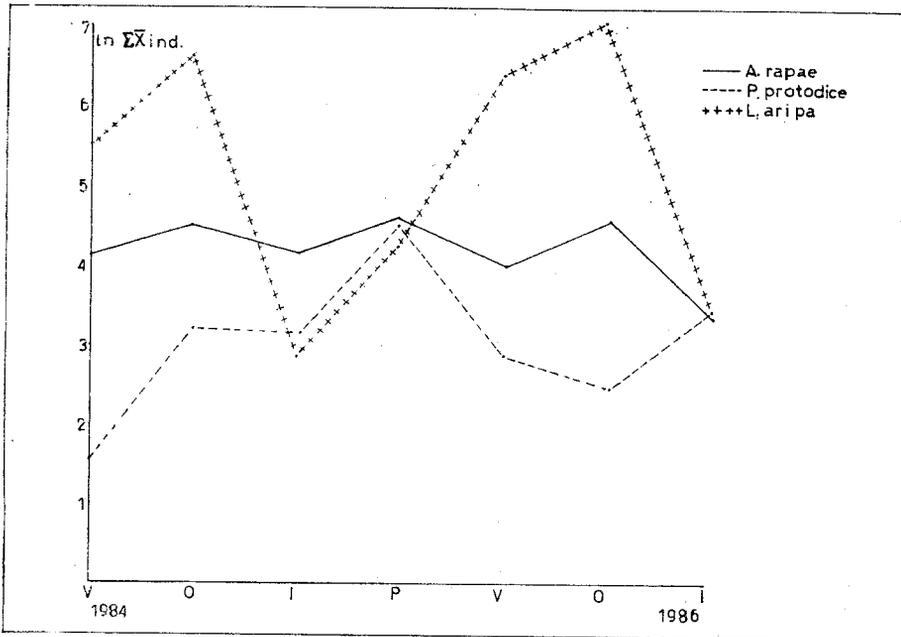
otra parte, los datos sin el tratamiento permiten inferir otro tipo de información como filopatria y vagilidad.

RESULTADOS

Artogeia rapae. Con base en las gráficas 1 y 2 construidas de los datos de los cuadros 2 y 3 respectivamente, se puede apreciar que la fluctuación poblacional de esta especie se encuentra acotada de tal modo que los mínimos y los máximos poblacionales no son muy acentuados respecto a los otros dos pierinos, excepto en los últimos meses de este estudio, en donde se advierte un decaimiento pronunciado. Durante los primeros 18 meses los picos (máximos) oscilaron entre 24 y 40.3 y los valles (mínimos) entre 10 y 16 de promedio mensual de individuos. Las diferencias más acentuadas en la curva se advierten en el lapso de septiembre de 1985 a febrero de 1986, pasando de un mínimo de 10 a un máximo de 39 en diciembre y decayendo rápidamente a un mínimo de 4. Estacionalmente (cuadro 3,



Gráfica 1. Variación poblacional mensual de *A. rapae*, *P. protodice* y *L. aripa elodia* en Xochimilco, D. F., México, durante 1984-1986.



Gráfica 2. Variación poblacional estacionalmente de *A. rapae*, *P. protodice* y *L. aripa elodia* en Xochimilco, D. F., México, durante 1984-1986.

CUADRO 2

Variación poblacional mensual mediante el método de Pollard y Moore de *A. rapae*, *P. protodice* y *L. aripa elodia*, en Xochimilco, D. F., México, durante 1984-1986

Fecha	A. rapae		P. protodice		L. aripa	
	\bar{x}	ln	\bar{x}	ln	\bar{x}	ln
Agosto (1984)	39.00	3.66	1.50	0.40	134.00	4.89
Septiembre	16.00	2.77	1.66	0.50	75.00	4.31
Octubre	19.33	2.96	3.33	1.20	212.33	5.35
Noviembre	35.25	3.56	10.00	2.30	270.00	5.60
Diciembre	25.75	3.25	9.00	2.19	122.25	4.80
Enero	16.75	2.82	6.00	1.79	7.00	1.94
Febrero	16.50	2.80	5.50	1.70	7.00	1.94
Marzo	25.00	3.20	10.75	2.37	1.50	0.40
Abril	16.50	2.80	19.25	2.96	2.25	0.81
Mayo	33.50	3.50	32.25	3.47	16.75	2.80
Junio	40.33	3.69	31.00	3.43	40.00	3.69
Agosto	15.33	2.72	8.00	2.07	109.33	4.69
Septiembre	24.00	3.17	4.25	1.44	122.25	4.80
Octubre	10.00	2.30	4.00	1.36	276.00	5.62
Noviembre	15.00	2.70	4.00	1.36	332.00	5.80
Diciembre	39.00	3.66	3.67	1.30	434.00	6.07
Enero	33.66	3.51	3.33	1.20	213.33	5.36
Febrero	15.00	2.71	4.33	1.47	20.83	3.01
Marzo	4.50	1.50	10.50	2.35	4.50	1.50
Abril (1986)	7.00	1.95	14.50	2.67	4.50	1.50
	3.00	1.10	7.50	2.01	1.00	0.00

CUADRO 3

Variación poblacional estacional de *A. rapae*, *P. protodice* y *L. aripa elodia* en Xochimilco, D. F., México, durante 1984-1986

Estación	<i>A. rapae</i>		<i>P. protodice</i>		<i>L. aripa</i>	
	$\Sigma \bar{x}$ mens.	In	$\Sigma \bar{x}$ mens.	In	$\Sigma \bar{x}$ mens.	In
Verano (1984)	55.00	4.00	3.16	1.15	209.00	5.34
Otono	80.33	4.39	22.33	3.11	604.56	6.40
Invierno	58.25	4.06	22.25	3.10	15.50	2.74
Primavera	90.33	4.50	82.50	4.41	59.00	4.08
Verano	49.33	3.90	16.25	2.79	507.58	6.23
Otono	87.66	4.47	11.00	2.40	979.33	6.89
Invierno (1986)	26.50	3.28	29.33	3.38	29.33	3.38

gráfica 2), se aprecia que esta especie presenta 2 ciclos poblacionales al año, correspondientes a dos máximos y dos mínimos, sin que esto quiera significar necesariamente bivoltinismo. Primavera y otoño son las estaciones de mayor abundancia relativa para *A. rapae*, y en Verano e Invierno presenta una menor abundancia. En el cuadro 4 se tiene el tiempo de

CUADRO 4

Tiempo de duración (en días) del ciclo de vida de *A. rapae*, *P. protodice* y *L. aripa elodia* en condiciones de laboratorio, a temperatura y humedad constante.

Especie	Huevo	Larva	Pupa	Mes efectuado
<i>A. rapae</i>	2-3	11-19	12-19	diciembre-enero
<i>P. protodice</i>	3-5	30-31	32-33	abril-mayo
<i>L. aripa</i>	3	12-13	12-14	diciembre

duración de cada una de las fases metamórficas de las tres especies de pterinos; en él se ve que *A. rapae* tarda en alcanzar la fase imaginal de 32 a 41 días, mostrando con esto que se comporta como una especie multivoltina y, por lo tanto, se podría asumir que "no presenta diapausa" (Tilden, 1976; Daly *et al.*, 1978) o, como hipótesis alternativa, posiblemente puede manifestar diapausa facultativa influenciada por factores invernales en pocos individuos. Tal alternativa es importante, pues de una curva de fluctuación poblacional no se puede implicar necesariamente periodos de dia-

pausa ni voltinismos, lo cual enfatiza Scott (1979-81) al ejemplificar a esta especie, señalando que uno de los mecanismos principales que inducen a su diapausa son las condiciones de hora-luz de cada localidad y latitud. Adviértase que los periodos de menor abundancia de esta especie coinciden con noches muy cortas (verano) o muy largas (invierno). En el cuadro 5 se tienen representados los datos del método de Craig-Hanson

CUADRO 5

Datos sin tratamiento estadístico de *A. rapae*, *P. protodice* y *L. aripa elodia*, capturados 1, 2, 3 y 4 veces; mediante el método de CMLR de Craig (modificado por Hanson, 1967) en Xochimilco, D. F., México.

Fecha	A. rapae				P. protodice			L. aripa		
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
mayo										
	8	20	4	1	70	10		6	1	
	15	16	2		37	4		7		
	26	28	7		19	2		14	2	
	29	23	3	1	28	6	1	37	1	
julio										
	12	34	6	2	9			71	5	2
noviembre										
	2	5			1			43		
	8	14			1			abundante		
	15	30	5	1	12			abundante		
	22	45	8		2			122	3	
diciembre										
	4	53	11	1	2			130	7	
	11	68	9	2	4			100	6	2
	27	23	4	1	6			151	14	1
enero										
	7	49	12		12			67	8	1
	15	12	3		10			4	1	
	24	10	1		13	4		5	1	
febrero										
	7	5			7	1		4		
marzo										
	18	10	1		19			11		
abril										
	2	3			0			0		
	30	2			4					

sin tratamiento estadístico, apreciando que, de las tres especies, *A. rapae* fue la que presentó una mayor frecuencia de recapturas, llegando a recolectarlas hasta 4 veces; lo cual puede indicar que permanecía en la zona de estudio, presentando poco desplazamiento (escasa vagilidad y/o gran filopatría) en el campo de cultivo de brócoli.

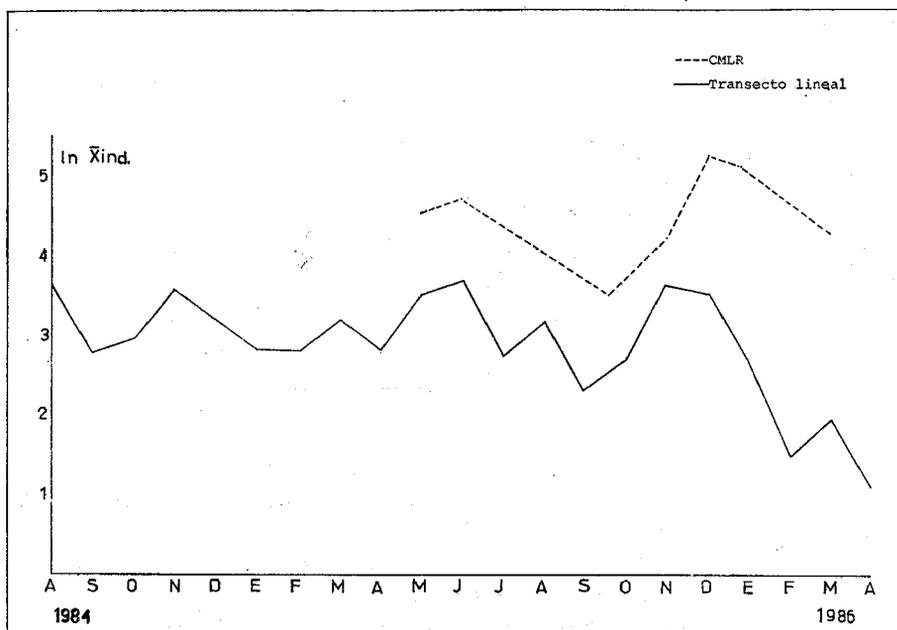
Los datos con tratamiento estadístico (cuadro 6) se ilustran en la gráfica 3, donde se puede apreciar visualmente una comparación de los resultados de los métodos usados, advirtiendo que los picos poblacionales, el

CUADRO 6

Resultados del método de CMLR de *A. rapae*, *P. protodice* y *L. aripa elodia*, tratados mediante el modelo de Craig (modificado por Hanson, (1967) en Xochimilco, D. F., México, durante 1984-1986.

Fecha	<i>A. rapae</i>		<i>P. protodice</i>		<i>L. aripa</i>	
	\bar{X}_n	In	\bar{X}_n	In	\bar{X}_n	In
Mayo (1985)	95.00	4.55	230.65	5.44	279.67	5.63
Julio	112.67	4.72			344.03	5.84
Noviembre	69.56	4.24			2730.67	7.91
Diciembre	189.90	5.24			830.62	6.72
Enero	162.64	5.09	55.13	4.01	23.63	3.16
Febrero			24.50	3.20		
Marzo (1986)	72.00	4.28				

valle y el decaimiento en el invierno de 85-86 registrados en el método de Craig-Hanson coinciden cualitativamente con el método del transecto lineal. Las diferencias cuantitativas superiores en el método de "abundan-



Gráfica 3. Comparación de métodos de la variación poblacional mensual de *A. rapae* en Xochimilco, D. F., México.

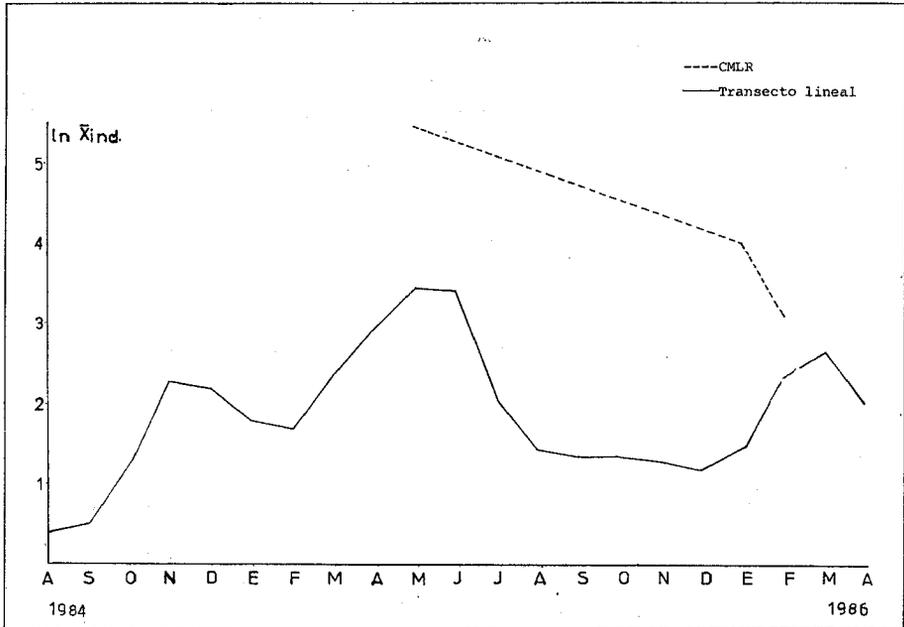
cia absoluta" parecen sobreestimar las poblaciones, como resultado de la tasa de inmigración en el sitio de muestreo y mayor esfuerzo en el método, entre otros aspectos.

Pontia protodice. Los resultados de la fluctuación estacional (siguiendo el método de Moore y Pollard) se pueden seguir de las gráficas 1 y 2, contruidos de los cuadros 2 y 3, se reconoce que fue el pierino de menor densidad poblacional. Las curvas de esta especie indican que en el verano de 84 se inicia un incremento que alcanza un máximo en noviembre, deca- yendo ligeramente en febrero, alcanzando un gran pico nuevamente a fina- les de la primavera para decrementarse durante el periodo de verano y otoño, pero los picos y valles en *P. protodice* y *L. aripa* son más acentua- dos pero menos numerosos que en *A. rapae*, advirtiéndose en la gráfica 2 un solo máximo. Así, *P. protodice* en Xochimilco presenta un ciclo pobla- cional al año, el cual se inicia en el invierno y concluye en el otoño. De acuerdo al tiempo de duración del ciclo de vida de *P. protodice* (cua- dro 4) se tienen posibilidades de multivoltinismo *in situ*, con generaciones agrupadas superpuestas y tal vez no presente diapausa o ésta es muy corta en el otoño, aunque de acuerdo con Scott (1979-81) también puede acontecer lo mismo que a *A. rapae*, presentando diapausa invernal indi- vidual.

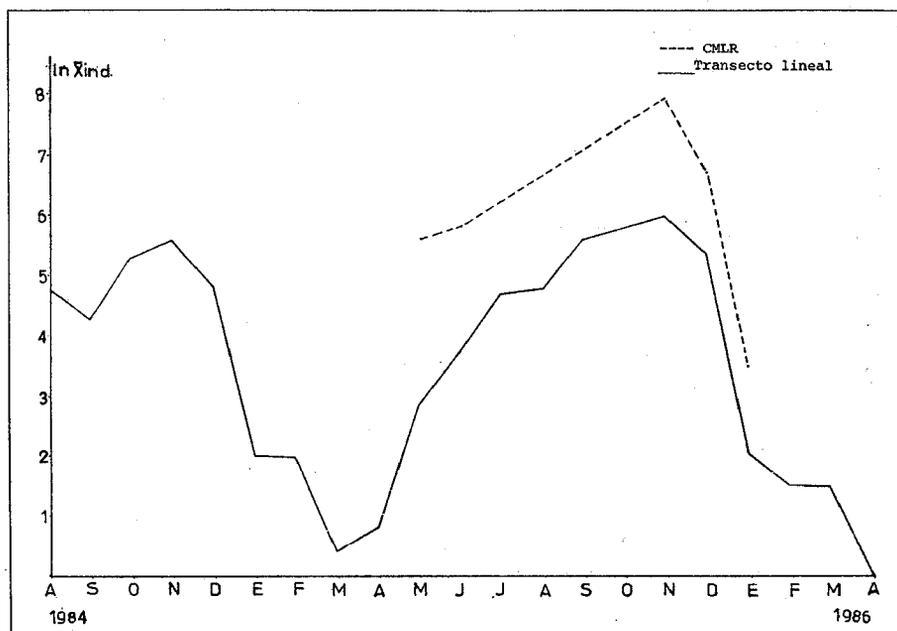
De los datos sin tratamiento estadístico del método de CMLR se ad- vierte que *P. protodice* fue el pierino que menos veces se recapturó y cuan- do esto ocurrió fue en cultivos de "verdolaga" (*Portulaca oleracea*) en floración; la baja densidad poblacional y la gran vagilidad de los orga- nismos repercutió en los datos evaluados estadísticamente (cuadro 6) pues sólo hay tres datos. Aparentemente coincidiendo con el método del tran- secto lineal al reconocer a mayo como el mes de mayor abundancia. No obstante, los pocos datos revisados para este pierino no permiten abundar más acerca de la comparación del comportamiento cualitativo de las curvas obtenidas en ambos métodos (gráfica 4). Sin embargo, se puede advertir que también en este caso, el método de CMLR parece sobreestimar los números poblacionales respecto al método del transecto lineal.

Leptophobia aripa elodia. En las gráficas 1 y 2 se puede observar el com- portamiento de la curva de fluctuación poblacional siguiendo el método de Moore y Pollard, reconociendo que este pierino presenta dos grandes picos poblacionales a lo largo de los 20 meses de estudio, ambos máximos se exhiben a finales del otoño; respecto al valle registrado en la primavera sus diferencias proporcionales con los máximos se advierten mucho más

pronunciadas de lo que ocurren con las otras dos especies. Mientras la población es muy numerosa entre octubre y diciembre, durante marzo y abril decae a niveles ínfimos; considerando un año, *L. aripa* presenta un ciclo poblacional al año y es marcadamente estacional. Con base en la corta duración del ciclo de vida de esta especie (cuadro 4) se puede pensar que se trata de una población multivoltina con generaciones superpuestas que muy probablemente manifieste diapausa invernal individual. El comportamiento cualitativo de la población, siguiendo el método de Craig-Hanson, es equivalente en sus rasgos más generales a los resultados previamente descritos para el método del transecto lineal (cuadros 5 y 6, gráfica 5): un mínimo en abril, incremento paulatino de la curva que alcanza su máximo en noviembre y decae abruptamente en los meses posteriores. Igualmente, los números poblacionales medidos por el método de Moore-Pollard parecen reflejar subestimación respecto a la curva de CMLR.



Gráfica 4. Comparación de métodos de la variación poblacional mensual de *P. protodice* en Xochimilco, D. F., México.



Gráfica 5. Comparación de métodos de la variación poblacional mensual de *L. aripa* en Xochimilco, D. F., México.

DISCUSIÓN

El uso del método de Moore y Pollard resultó apropiado para evaluar la abundancia relativa de las tres especies de pierinos que en las chinampas se encuentran en un hábitat lineal. La concordancia cualitativa (máximos, mínimos y tendencias al incremento o al decremento) en ambos métodos fue apreciable para *A. rapae* y *L. aripa*, principalmente en la última especie; los datos para *protodice* son insuficientes debido a la baja frecuencia en la recaptura que impide el tratamiento estadístico correspondiente, no obstante se advierten el mismo máximo y la misma tendencia de incremento de las poblaciones. De este modo, los resultados obtenidos por medio del transecto lineal para evaluar la fluctuación estacional, reconociendo las tendencias de las curvas y los números relativos en la población, son más satisfactorios que el método de CMLR usado, principalmente debido a que cuando no hay recapturas suficientes se puede fallar en el análisis, como fue el caso de *P. protodice*. Por otra parte, la "sobrestimación" de CMLR respecto a los números registrados en el méto-

do del transecto lineal puede explicarse debido a las tasas de inmigración y emigración, que debieran ser mínimas o inexistentes (asumiendo poblaciones cerradas) conforme a los supuestos básicos de este método, así ambas tasas contribuyen a reconocer mayores números poblacionales. Por estas razones se reconoce que los resultados obtenidos en la comparación cualitativa de los métodos es similar o equivalente a los de Dowes (1970, 1976), Pollard (1977), Thomas (1983) y Gall (1985). La comparación de los resultados es una confirmación de que el método del transecto lineal no permite evaluaciones cuantitativas.

Continuando en la comparación de ambos métodos se encontró que el del transecto lineal es bastante funcional, fácil y rápido, no requiriendo de técnicas y materiales especiales; a diferencia del de Craig-Hanson, que requiere más material y tiempo de trabajo de campo y de análisis de datos. En este estudio se coincide con las conclusiones de Gall (1985), que añade dos aspectos más: 1) a veces es imposible llevar un estudio de CMLR cuando los individuos vuelan alto o muy rápido por lo que no pueden ser recapturados y 2) en ocasiones conocer la "abundancia absoluta", no es un interés primario, ya que únicamente se quiere conocer la fluctuación poblacional de los insectos en una zona, para comparaciones de un año con respecto a otro, de una zona a otra durante el mismo año o bajo distintas condiciones meteorológicas o de hábitat. El empleo del método del transecto lineal presenta ciertas perspectivas, pues así como ha sido utilizado principalmente en un contexto conservacionista (Moore, 1975; Pollard *et al.*, 1975; Pollard, 1977, 1984a, 1984b y Gall, 1985), podría también aplicarse en áreas de cultivos con el propósito de evaluar la abundancia de una especie y determinar si se constituye en plaga. También podría ser útil para levantar censos poblacionales de otros animales conspicuos (*v. gr.* aves y otros insectos) que sigan un hábitat lineal o se pueda definir un transecto en su distribución y sean de limitada vagilidad y/o de gran filopatria. Algunas desventajas son: 1) el no ser funcional en áreas abiertas ya que es difícil delimitar un transecto 2) es de difícil aplicación a especies que son muy parecidas entre sí.

En la fluctuación poblacional de *A. rapae* se advirtió que los mínimos poblacionales se registran en las estaciones de máxima y mínima precipitación, lo que probablemente indica una ausencia de relación entre esta población y la precipitación, lo cual no ocurre con los otros dos pierinos al inferir esto a partir de la comparación visual entre los gráficos poblacionales y los diagramas ombrotérmicos.

En lo que respecta al calendario agrícola (Cuadro 1), se tiene que reconocer que existe solapamiento para los periodos de duración de vida de los cultivos mayor de 6 meses, que incluye la brócoli; no obstante, se ma-

nifiesta la presencia de alimento para las orugas (de los tres pierinos) durante todo el año, complementados de plantas arvenses como *Nasturtium*, *Brassica* y otras crucíferas cultivadas. Por otra parte, entre los cultivos de vida menor de 6 meses se encuentran los sustratos alimenticios de los adultos, pero sólo florecen a finales del año, coincidiendo con picos poblacionales de *L. aripa* y *A. rapae*. Sin embargo adviértase que entre mayo y julio no hay florecimiento, y por ende no hay forraje para adultos en ningún cultivo; a pesar de ello *A. rapae* y *P. protodice* presentan picos poblacionales y *L. aripa* tiene una tendencia ascendente (gráfica 1) pero las plantas ruderales y arvenses pueden ser una fuente de néctar significativa, como lo es la verdolaga (ver cuadro 1) que fue la planta donde mayor número de imagos de *P. protodice* se observaron forrajeando.

L. aripa fue la especie más abundante en la zona, llegando incluso a constituirse en una plaga importante de la brócoli (*auctorum*); los resultados de este trabajo pueden servir para planificar mejor un control integrado de este pierino. La reducida abundancia de imagos de *L. aripa* durante el periodo de febrero a abril podría explicarse por un factor abiótico que sugiera diapausa, pues lo mismo ocurre en otros sitios del Valle de México (Luis y Llorente, en prensa).

Comparando las fluctuaciones de las tres especies estudiadas de Pierinae, se observa que *A. rapae* es sumamente estable; *P. protodice* es asincrónica con *L. aripa* y su pico poblacional coincide con *A. rapae*, pudiendo coexistir las tres especies ligadas al cultivo. En cierto modo, el uso de la brócoli por estos pierinos es a distintos tiempos y cuando se solapa el uso de ésta por las tres poblaciones, *P. protodice* ovipone con más frecuencia en las inflorescencias jóvenes y cuando éstas son escasas usa crucíferas arvenses ("malezas"), *A. rapae* ovipone a lo largo del año en hojas jóvenes o en los almácigos y *L. aripa* lo hace solamente en la temporada húmeda, en las hojas de cualquier edad de la brócoli, prefiriendo individuos bien desarrollados capaces de soportar decenas de orugas.

Diapausa. No se advierte si existe diapausa en las poblaciones de *A. rapae* (gráficas 1 y 2), pues en la curva poblacional no hay ausencia o poblaciones reducidas de este pierino; lo cual contrasta con lo citado por Scott (1979-81) que menciona a *A. rapae* como una especie que presenta diapausa, pero no se puede descartar completamente la presencia de una diapausa individual. Para *P. protodice* que presenta un decaimiento muy acentuado durante la estación húmeda, posiblemente ocurre diapausa facultativa individual, ya que durante el invierno la temperatura es baja y pudiese inducirla en algunos organismos. En *L. aripa* es muy posible la diapausa facultativa muy extendida en toda la población, de finales del

invierno a principio de la primavera, pues existe un gran decaimiento poblacional en este periodo (ver gráficas anteriores). De cualquier modo, la confirmación de la diapausa facultativa en crisálidas se ha probado ya para *A. rapae* y *P. protodice* en condiciones de laboratorio por medio de cambios térmicos o fotoperiodo; Scott (1979-81) reconoce tal diapausa para lugares geográficos en cuyo fotoperiodo se registran noches largas. Pero en Xochimilco es necesario examinar por medios directos la posibilidad de diapausa en *L. arifa* en el periodo de primavera y aun también en condiciones de laboratorio.

CONCLUSIONES

1. El método del transecto lineal es adecuado para evaluar estacionalmente la abundancia relativa de las mariposas ligadas a áreas de cultivo, siempre que las poblaciones cumplan con los siguientes requerimientos: se distribuyan en un hábitat lineal; no sean excesivamente densas ni vágiles y los individuos sean conspicuos e identificables visualmente a distancia.

2. Los resultados obtenidos por medio de este método se pueden comparar con métodos de CMLR, obteniéndose resultados cualitativos muy similares; siempre y cuando en el método de CMLR se registren las suficientes recapturas que permitan aplicar la estadística pertinente para obtener los datos necesarios en la construcción de la curva a comparar.

3. Puede proporcionar información de valor respecto a la fenología y la ecología de las poblaciones.

4. No es clara la presencia de diapausa en las poblaciones por medio de este método, aunque puede advertirse una probable etapa de quiescencia o diapausa individual manifiesta de manera diferencial en las poblaciones de los pierinos estudiados. Muy acentuada en *L. arifa* e imperceptible o ausente en *A. rapae*.

5. En Xochimilco, *A. rapae* presenta una fluctuación de la población con pocas variaciones; *P. protodice* es muy escasa respecto a los otros pierinos estudiados y presenta asincronía con la población de *L. arifa*, siendo esta última la más abundante de las tres, con un gran pico poblacional a finales del otoño, del mismo modo como ocurre en otros sitios de la Cuenca del Valle de México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a *UC MEXUS Programs* por el apoyo financiero otorgado para la realización del proyecto 727 indicado en el *Inter-*

national Guide to Research on Mexico (1986). A Jorge Soberón por sus importantes críticas y por su ayuda en el método de CMLR; a Armando Luis por permitirnos comentar sus datos inéditos de *L. arifa* y su apoyo en la computadora. Muy especialmente agradecemos a Enrique González por sus atinadas críticas y valiosos comentarios que ayudaron notablemente a la redacción final de este trabajo. La Facultad de Ciencias (Museo de Zoología) otorgó algunos apoyos de importancia; los campesinos de las chinampas de San Gregorio ofrecieron ayuda significativa durante la realización de esta investigación, permitiéndonos el uso de sus predios y de sus chalupas.

LITERATURA CITADA

- BRUSSARD, P. F. 1970. Field techniques for investigations of population structure in a "ubiquitous" butterfly. *Jour. Lep. Soc.* 25:22-29.
- CAUGHLEY, G. 1977. *Analysis of vertebrate populations*. Wiley, London. 234 pp.
- CRAIG, C. C. 1953. On the utilization of marked specimens in estimating population of flying insects. *Biometrika* 40:170-176.
- CRANE, J. & H. FLEMING. 1953. Construction and operation of butterfly insectaries in the tropics. *Zoologica* 38:161-172 + 5 fotografías.
- DALY, H., J. T. DOYEN & P. R. EHRLICH. 1978. *Introduction to insect biology and diversity*. McGraw-Hill, México. 564 pp.
- DOUWES, P. 1970. Size of gain to and loss from a population of *Heodes virgaurea* L. (Lep.; Lycaenidae). *Entom. Scand.* 1: 263-281.
- DOUWES, P. 1976. An area census method for estimating butterfly population numbers. *Jour. Res. Lep.* 15:146-152.
- EHRLICH, P. R. & S. E. DAVIDSON. 1960. Techniques for capture, recapture of Lepidoptera populations. *Jour. Lep. Soc.* 14:227-229.
- GALL, F. L. 1985. Measuring the size of lepidopteran population. *Jour. Res. Lep.* 24 (2): 97-106.
- GARCÍA, E. 1961. Los climas del Valle de México, según el sistema de clasificación de Koeppen modificado por la autora. En: *Simposio sobre el Valle y la Ciudad de México*. Unión Geográfica Internacional, Conferencia Regional Latinoamericana. *Soc. Mex. Geogr. Est.* 4: 27-48.
- GUILBOT, R. 1982. *Élevage des papillons: de leurs oeufs, chenilles et chrysalides (indigènes et exotiques)*. Boubbe, Francia. 163 pp.
- HANSON, W. R. 1967. Estimating the density of an animal population. *Jour. Res. Lep.* 6 (3): 203-247.
- HAYWARD, J. K. 1931. Normas para describir biología de lepidópteros. *Rev. Soc. Ent. Arg.* 15: 257-264.
- HOWE, W. H. 1975. *The butterflies of North America*. Doubleday & Co. Inc., Garden City, New York. xiii+633 pp.
- LUIS, A. y J. LLORENTE (en prensa), Mariposas del Valle de México: 1. Introducción e Historia. Papilionoidea de la Cafiada de los Dínamos; Magdalena Contreras, Distrito Federal. *Folia Entomológica Mexicana* 79.
- MOORE, N. W. 1975. Butterfly transects in a linear habit 1964-1973. *Entomologist's Gazette* 26:71-78.
- MORTON, A. C. 1984. The effects of marking and handling on recapture frequencies of butterflies. *apud* Vane-Wright, R. I. y P. R. Ackery, eds. *The biology of the butterflies*. Academic Press, London. 429 pp.

22 pp

- POLLARD, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biol. Conserv.* 12:115-134.
- POLLARD, E. 1984a. Fluctuations in the abundance of butterflies, 1976-82. *Ecological Entomology* 9:179-188.
- POLLARD, E. 1984b. Synoptic studies of butterflies. *apud* Vane-Wright, R. I. y P. R. Ackery, eds. *The biology of the butterflies*. Academic Press, London. 429 p.
- POLLARD, E., D. O. ELÍAS, M. J. SKELTON & J. A. THOMAS. 1975. A method of assessing the abundance of butterflies in Monks Wood National Nature Reserve in 1973. *Entomologist's Gazette* 26:79-82.
- SÁNCHEZ, S. O. 1980. *La flora del Valle de México*. Ed. Herrero, México. 519 pp.
- SEBER, G. A. F. 1973. *The estimating of animal abundance and related parameters*. Griffin Press, London. 506 pp.
- SCOTT, J. A. 1979(81) Hibernial diapause of North American Papilionoidea and Hesperioidea. *Jour. Res. Lep* 18(3): 171-200.
- TILDEN, W. J. 1976. A proposed terminology for the types of diapause occurring in the order Lepidoptera. *Jour. Res. Lep*. 15: (1): 33-39.
- THOMAS, J. A. 1983. A quick method for estimating butterfly numbers during surveys. *Biol. Conserv.* 27:195-211.