



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias  
Departamento de Biología

ABUNDANCIA RELATIVA DE TRES ESPECIES DE PIERINOS  
ARTOGEIA RAPAE (LINNAEUS, 1758), PONTIA PROTODICE  
(BOISDUVAL Y LeCONTE, 1833) Y LEPTOPHOBIA ARIPA  
ELODIA (BOISDUVAL, 1836), MEDIANTE EL METODO DE  
POLLARD Y MOORE EN XOCHIMILCO, DISTRITO FEDERAL,  
MÉXICO.

T E S I S  
Que para obtener el título de  
B I O L O G O  
presenta

ARTURO FRANCO GAONA



México, D. F.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	
A) METODO DE POLLARD Y MOORE	3
B) METODO DE CAPTURA-MARCADO-LIBERACION-RECAPTURA	7
DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
OBJETIVOS	15
MATERIALES, TECNICAS Y METODOS	17
RESULTADOS	25
DISCUSION	47
CONCLUSIONES	57
RECONOCIMIENTOS	59
LITERATURA CITADA	59
APENDICE 1. ESTIMACION Y EJEMPLO DE LA FRECUENCIA DE CAPTURA-MARCADO-LIBERACION-RECAPTURA	64
APENDICE 2. FORMA DE REGISTRO DE DATOS EN LA PRACTICA DEL METODO DE POLLARD Y MOORE	65

## L I S T A   D E   F I G U R A S

FIGURA 1.	UBICACION Y ACCESO DE SAN GREGORIO ATLAPULCO, DISTRITO FEDERAL, MEXICO. -----	10
FIGURA 2.	<u>A. BAPAE</u> , <u>P. PROTODICE</u> Y <u>L. AROPA ELODIA</u> -----	4
FIGURA 3.	DIAGRAMA OMBROTERMICO -----	12
FIGURA 4.	MAPA DEL TRANSECTO LINEAL -----	18
FIGURA 5.	CAMPO DE CULTIVO DE BROCCOLI -----	13
FIGURA 6.	INSECTARIO -----	22
FIGURA 7.	MARCADO DE MARIPOSAS -----	26
FIGURA 8.	<u>A. BAPAE</u> MARCADA -----	27
CUADRO 1.	CALENDARIO AGRICOLA -----	16
CUADRO 2.	PROMEDIO MENSUAL -----	29
CUADRO 3.	PROMEDIOS ESTACIONALES -----	32
CUADRO 4.	CICLO DE VIDA -----	35
CUADRO 5.	METODO DE CMLR (SIN TRATAMIENTO MATEMATICO) --	37
CUADRO 6.	RESULTADOS DEL METODO DE CMLR (TRATADOS) -----	39
GRAFICA 1.	VARIACION POBLACIONAL MENSUAL -----	30
GRAFICA 2.	VARIACION POBLACIONAL ESTACIONAL -----	24
GRAFICA 3.	COMPARACION DE METODOS <u>A. BAPAE</u> -----	40
GRAFICA 4.	COMPARACION DE METODOS <u>P. PROTODICE</u> -----	44
GRAFICA 5.	COMPARACION DE METODOS <u>L. AROPA ELODIA</u> -----	48

## RESUMEN

Se empleó por primera vez en México, el método del Transecto Lineal de Pollard y Moore en áreas de cultivo, principalmente de "brócoli" (*Brassica oleracea* var. *italica*); con el propósito de evaluar la abundancia relativa de tres especies de pierinos (*Artogeia rapae*, *Pontia protodice* y *Leptopobia acipa elodia*), la cual se relaciona con el clima, prácticas agrícolas y flora arvense. Se efectuó la crianza de mariposas, de las especies citadas en el laboratorio, para seguir su ciclo de vida y determinar la existencia de un período de diapausa que puedan presentar aquí, 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.

## INTRODUCCION

El presente estudio se originó con el propósito de determinar los cambios relativos -a lo largo de 20 meses- en la población de Artogeia rapae de 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 con una muestra de esta población, se encuentra realizando en su laboratorio el Dr. Arthur M. Shapiro y, para complementarlos, se requiere determinar él o los periodos 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 una técnica sencilla, la del "transecto lineal", empleada por Moore (1975) durante varios años en "Monks Wood National Nature Reserve" y, posteriormente por Pollard (1975, 1977) en la evaluación de mariposas en algunas áreas protegidas de Inglaterra.

Debido a que es la primera vez que se emplea este método de evaluación para reconocer la abundancia relativa y los cambios poblacionales de los adultos de las mariposas ligadas a cultivos y a que Artogeia rapae y

*Pontia protodice* se están utilizando en estudios experimentales y *Leptoprobia aripa elodia* es muy común en la zona, se decidió trabajar con las tres especies de pierinos que se encuentran ligadas al cultivo de brócoli (el cual es muy abundante en la zona), así como tomar nota de las plantas ruderales y malezas que son un sustento adicional de *P. protodice*. (fig. 2)

#### ANTECEDENTES DEL METODO DE MOORE Y POLLARD.

En 1964 Moore, al estar estudiando los odonatos en la estación experimental en *Monk Wood National Nature Reserve* en Inglaterra, se percató de la conducta territorial que presentaban estos insectos a las orillas de los arroyos y pantanos, deduciendo de ello, que se encontraban distribuidos a lo largo de un hábitat lineal. Asumiendo esto y que en la reserva había campos agrícolas en los cuales se realizaban prácticas de cultivo las cuales modificaban constantemente el medio (v. gr. para controlar las plagas utilizaban pesticidas), decidió estudiar la fluctuación de las mariposas locales, las cuales volaban en las orillas y márgenes del bosque. Debido a esta conducta que presentaban, pensó que también ellas se encuentran confinadas a un hábitat lineal. Moore estudió las mariposas durante 9 años, de 1964 a 1973, en la reserva citada, con la finalidad de "... probar las

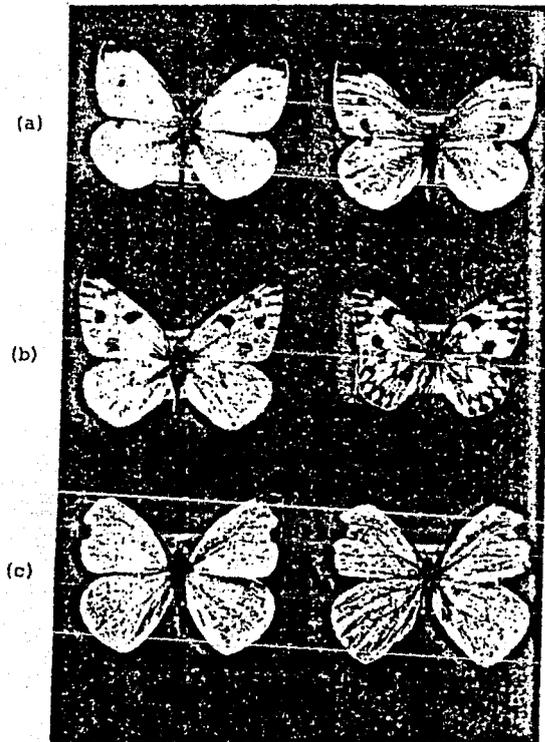


FIGURA 2. a) Artogeia rapae b) Pontia protodice c) Leptophobia aripa elodia. Machos a la izquierda y hembras a la derecha.

posibilidades y limitaciones del conteo de las mariposas en un hábitat lineal ... y así tener algunas indicaciones de la escala de variación de un año con respecto a otro" (Moore, 1975). Su método consistió en "Caminar lentamente a lo largo de un transecto, entre la unión de los arbustos con el filo del bosque y la pradera, registrando todas las mariposas vistas en un área de 5 m a la izquierda y derecha de uno, incluyendo partes de la pradera y pastizales" (Moore, op. cit.). La longitud del muestreo que realizó, fue de 500 m de zona boscosa, la cual escogió porque sabía que tenía una fuente rica en mariposas. Entre los problemas que encontró mientras llevaba a cabo el método fue cuando vió que muchas mariposas tendían a bajar y esconderse, dificultando con ésto su cuantificación, problema que solucionó utilizando una pértiga o palo largo, el cual pasó por entre los arbustos, sacudiéndolos, originando con ello que éstas levantaran el vuelo, facilitando así su recuento. Otro problema más lo tuvo cuando las contaba, pues algunas mariposas tendían a seguirlo (incluyéndolas más de una vez en su registro), lo cual resolvió caminando más aprisa y haciendo el máximo esfuerzo por no registrar dos veces al mismo insecto.

Pollard (1975, 1977) en un esquema muy similar en la misma reserva, utilizó el método de Moore (1975) y lo modificó, adaptándolo a su proyecto, pues lo agrandó a 3000 m; Pollard dividió su transecto en secciones, de acuerdo

al tipo de vegetación o ambiente presente en el área. Tomó en cuenta la temperatura, la velocidad del viento y estandarizó criterios para el mejor funcionamiento del método, acordando varios criterios: a) los conteos deberían ser iniciados después de las 1045 h b) dividir el transecto en 14 secciones, las cuales coincidan con cambios en el hábitat c) el conteo no se hizo cuando la temperatura estaba por abajo de los 13°C y solamente se efectuaba si existía un 60 % de condiciones soleadas d) el método se hizo igual al transecto lineal de Moore, registrando todas las mariposas que se encuentran hasta 5 m de frente y a cada lado de uno. Respecto a la frecuencia del conteo, consideró que una vez a la semana es una muy buena aproximación al patrón de distribución; cuando se hace cada dos es razonablemente bueno.

Pollard (1975, 1977), al evaluar el método consideró que es bueno pero presenta algunos problemas, como es el de la identificación precisa, ya que en ocasiones es muy difícil separar dos especies que son muy similares al vuelo, por ejemplo: *Thymelicus silvestris* y *I. lineala*, las cuales son muy parecidas y *Pieris rapae* de *P. napi*; de quienes probablemente se hacía un doble registro de los individuos. El otro problema reconocido, fue el mismo que se le presentó a Moore cuando una mariposa fue contada por más de una vez, porque tendía a "seguir a uno" o volar hacia el frente por donde uno caminaba, por lo que tenía

que hacer el máximo esfuerzo por no incluirla en el registro.

Entre las ventajas que posee el método están: se ha utilizado en reservas naturales, pudiendo ayudar a su manejo por medio de los censos, ya que proporciona registros de fluctuaciones de la abundancia relativa de los organismos; permite hacer comparaciones de un año con respecto a otro sobre el número relativo de los mismos. Además, ofrece considerable información sobre la fenología y ecología de las mariposas y se puede registrar el impacto de los factores locales, tales como: el cambio de hábitat (Pollard, 1975, 1977, 1984a), los cambios que ocurren en él debido a su manipulación y el efecto directo e indirecto del clima sobre la población (Pollard, 1984b); además, como dice Moore (1975), "forma las bases de un censo de mariposas, equivalente al Common Bird Census, organizado por la British Trust for Ornithology" (Williamson & Holmes, 1964, tomado de Pollard, 1975; Gall, 1985).

#### METODO DE CAPTURA-MARCADO-LIBERACION-RECAPTURA

Alternativo, como complemento y comparación al método de "transecto lineal" de Pollard y Moore, se empleó una técnica de evaluación absoluta durante los últimos meses

del año, la de Captura-Marcado-Liberación-Recaptura (CMLR) de Craig (1953), modificado por Hanson (1967), quienes la utilizaron para evaluar la densidad de las poblaciones de animales, "Basándose en la frecuencia de captura de un animal o grupo de animales, los cuales eran vistos, 1, 2, 3, ó más veces" (Hanson, *op. cit.*). La clase cero, es el número de animales nunca capturados, y la suma de todas las clases, es la base para el cálculo del tamaño poblacional. Esta técnica permite estimar el tamaño de una población, así como los cambios de nacimientos y mortalidad; para ello, incluye varios supuestos decisivos en los que se basa el método, los cuales se encuentran interrelacionados entre sí y abarcan algunos aspectos sutiles en cuanto a determinados patrones de tipo físico, temporal y conductual de las poblaciones.

Estos supuestos básicos hacen alusión directa al muestreo y al marcaje del animal, diciéndonos que el muestreo se debe de hacer a intervalos discretos, los cuales deben de ser cortos en relación al tiempo total del estudio y además es casual con respecto al status del animal (i. e. sexo, edad, clase, etc.). Con respecto al marcaje, tenemos que los animales marcados no deben perder la señal impuesta y estos deben de mezclarse con animales no marcados, por lo cual todos tienen la misma probabilidad de ser capturados; además, la marca no debe afectar la conducta (op. cit.) del animal y ésta marca no debe

perderse, por lo que el animal se debe distinguir perfectamente de los no marcados (Gall, 1985). La marca puede hacerse de varias formas: una de ellas, es la de numerar las alas por medio de una clave o etiqueta, como la empleada por Ehrlich y Davidsons (1960), del sistema 1-2-3-4-7; el cual fue modificado posteriormente por Brussard (1970), o utilizar un plumón de tinta indeleble.

Para la estimación de este método, se han desarrollado toda una serie de modelos matemáticos, destacando entre ellos: la distribución de frecuencia de clases, la del binomio de Poisson, la distribución geométrica. (véase Seber, 1973 y Coughtey, 1977, apud Gall, 1985). Craig (1953) desarrolló un modelo de frecuencia de captura, modificado posteriormente por Hanson (1967) el cual se muestra ejemplificado en el apéndice uno para dos periodos de CMLR.

#### DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

**LOCALIZACION Y ACCESO.** El área de estudio se encuentra ubicada al sureste del Distrito Federal, México, en la delegación de Xochimilco, colindando con las siguientes delegaciones: al Este con la de Tláhuac, al Oeste con Tlalpan, al Norte con Iztapalapa y al Sur con Milpa Alta (fig. 1). Sus coordenadas son 99°10' de longitud Oeste y

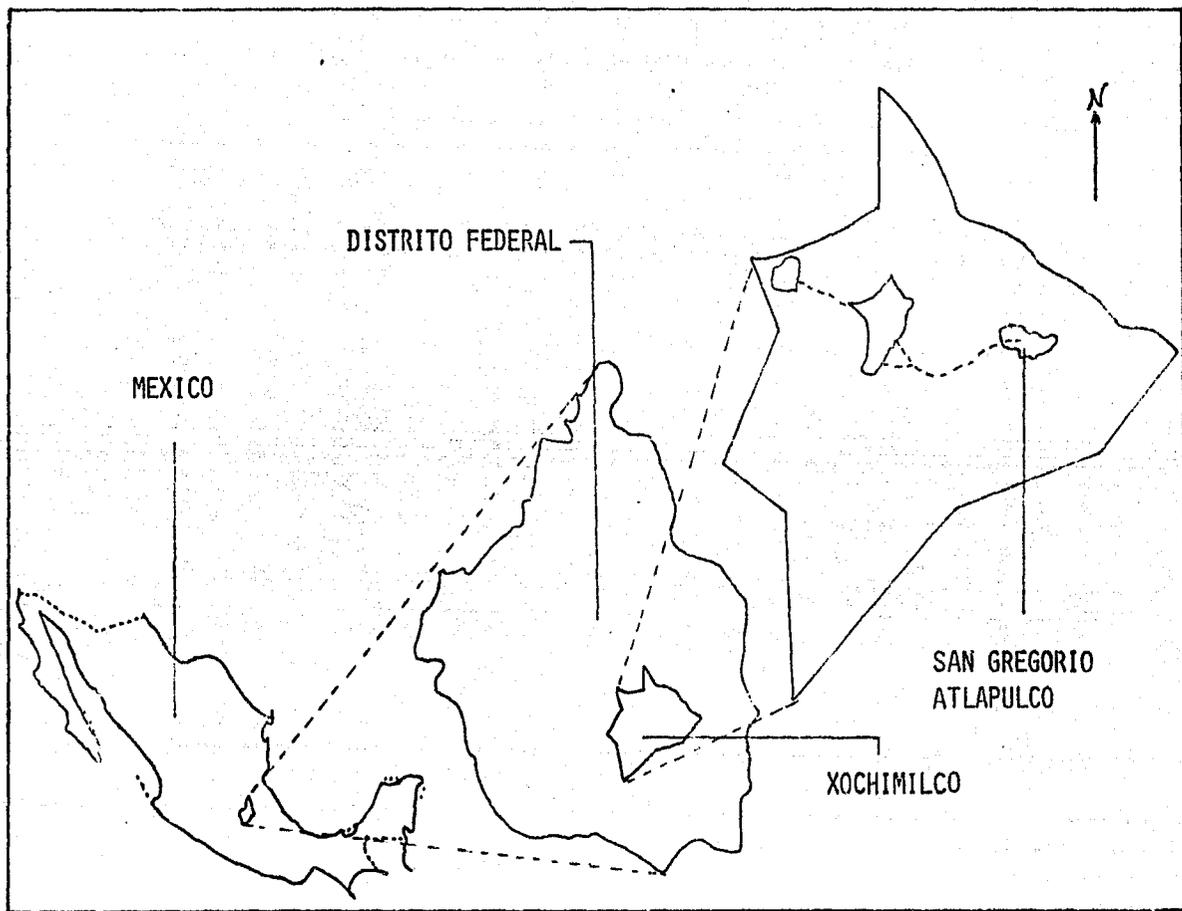


FIGURA 1. UBICACIÓN Y ACCESO DE SAN GREGORIO ATLAPULCO EN XOCHIMILCO, D. F. MÉXICO.

19°20' de latitud Norte, encontrándose al Sur del Altiplano en su confluencia con el Eje Neovolcánico (Cuenca del Valle de México), con una altitud de 2240 m.s.n.m.

Para llegar a la zona, se toma la carretera federal 142 a Oaxtepec, Morelos, la cual atraviesa al pueblo de San Gregorio y la carretera a Tulyehualco, quedando en ambos casos hacia el Norte de las dos vías de acceso (fig. 1). Este lugar es una zona de chinampas (jardines flotantes) donde se cultivan hortalizas y plantas de ornato. La elevación más cercana es el cerro Tehutli, el cual se encuentra hacia el Sureste de la zona, con una altitud de 2700 m.s.n.m.

CLIMA. La estación meteorológica más cercana a la zona de estudio es la de San Gregorio Atlapulco, de donde se obtuvieron los datos climatológicos correspondientes a los años de 1970-1986. Siguiendo a García (1961), el Área de estudio presenta, un tipo climático cuya clasificación es C(w.)(w)b(i'), ésto es un subhúmedo con lluvias en verano, registrando un cociente P/T entre 43.2 y 55.0 y con un porcentaje de lluvia invernal menor del 5 % de la total anual; presenta un verano templado, fresco y largo, la temperatura anual es entre 12 y 18°C, con la temperatura del mes más caliente entre 6.5 y 22°C, la temperatura media del mes más frío entre -3 y 18° C y la temperatura media

mensual presenta poca oscilación anual (entre 5 y 7° C).  
(fig. 3)

VEGETACION Y FLORA. La vegetación arbórea y arbustiva está caracterizada principalmente por los "ahuejotes" (*Salix bomplandiana*) y "tepozanes" (*Buddleia* spp.); encontrándose otros árboles introducidos en menor cantidad, tales como "eucaliptos" (*Eucaliptus* spp.) y "pirules" (*Schinus molle*).

El área de estudio cuenta con un tipo de vegetación característico de zonas lacustres, la cual se encuentra altamente perturbada por la agricultura. En ella dominan las hortalizas y las plantas de ornato, encontrándose en diferentes proporciones porcentuales (fig. 5), así se tiene siguiendo a Sánchez (1980): "brócoli" (*Brassica oleracea* var. *italica*) con 18.18%, "apio" (*Apium* sp.) 16.36%, "acelga" (*Beta vulgaris*) 14.36%, "espinaca" (*Spinacia oleracea*) 12.72%, "verdolaga" (*Portulaca oleracea*) 10.90%, "epazote" (*Chaenopodium ambrosioides*) 9.10%, "alcachofa" (*Cynaria scolimus*) 7.27%, "perejil" (*Petroselinum crispum*) 5.45%, "cilantro" (*Coriandrum sativum*) 3.45%, "col" (*Brassica oleracea* var. *capitata*) 1.81%. Las flores de ornato como el "alhelí" (*Mattiola incana*) y el "cempoazuchitl" (*Tagetes tenuifolia*) se siembran en una proporción más baja, apenas comparada con el cilantro (3.45%); existiendo otras áreas donde permanecen

San Gregorio Atlapulco. 09-043  
 Lat: 19° - 15' Long. 099° - 05'  
 C(w)(w)b(i')

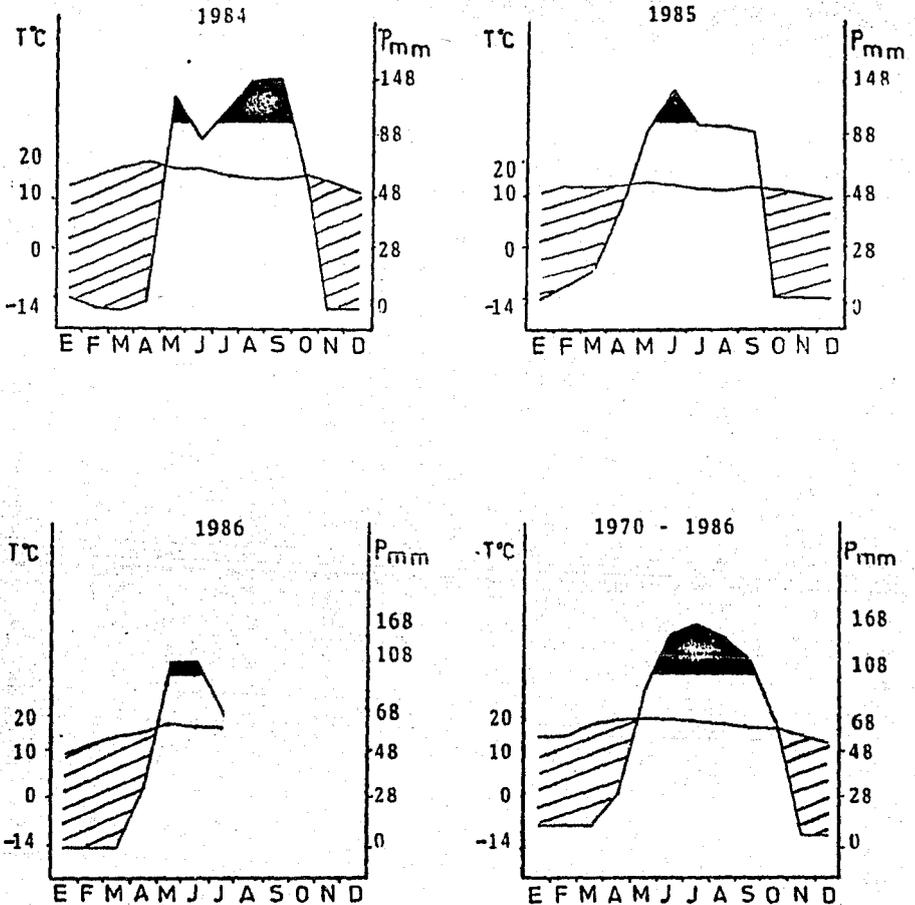


FIGURA 3. Diagrama ombrotérmico de la estación de San Gregorio Atlapulco, D. F., México. En la parte superior se presenta la clave de la estación meteorológica para el Distrito Federal, su ubicación de acuerdo a la latitud y longitud, su subtipo climático y el año.

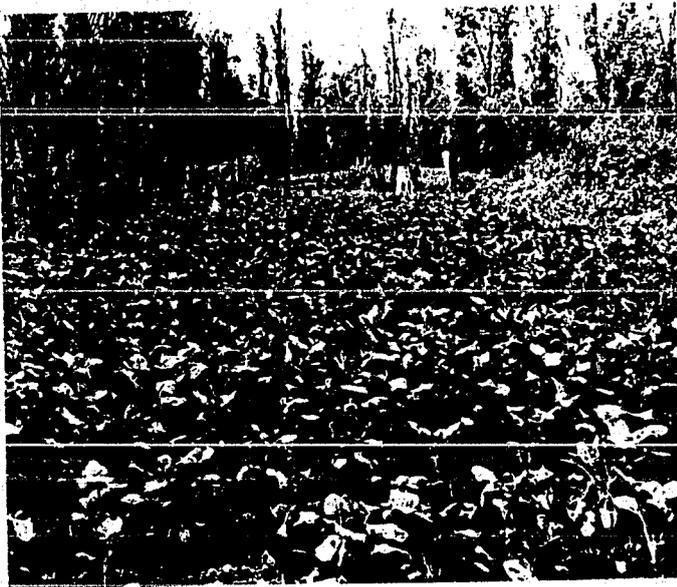


FIGURA 5. Campo de cultivo de brócoli joven,  
en las chinampas.

los cultivos de flores muy poco tiempo, de 2 a 3 meses como máximo a partir de que son sembrados; cuando empiezan a florecer son sacados del terreno para comercializarlas.

Entre las plantas arvenses abundantes se tienen: Sisymbrium spp., Cassia bursa-pastoris, Lepidium spp., Brassica campestris, Iragia nepetaefolia, Sicyos spp., y gramíneas, las cuales se encuentran principalmente en terrenos abandonados.

**PRACTICAS AGRICOLAS.** En los cultivos de las chinampas, se realizan una serie de prácticas agrícolas que, en su conjunto, se encuentran encauzadas a optimizar el recurso, tales como: barbecho, siembra, limpieza del terreno y cultivos, riego, fumigaciones y cosecha. Todas ellas se hallan coordinadas por los calendarios agrícolas (ver adelante) propios de la zona, siendo estos manejados por el agricultor, acorde a su tiempo y necesidades en el mercado.

Existen dos tipos de cultivos que dependen del tiempo de duración de cada uno, así se tienen los de ciclo de vida corto como la verdolaga, el epazote, la espinaca y otros, y los de ciclo de vida largo como la brócoli, la acelga, el apio y otros; ésto es muy importante, ya que casi todo el año existen sembradíos, teniendo como factor limitante el

clima, ya que durante los meses de frío (noviembre, diciembre y enero), muchos de ellos son susceptibles a él y a la verdolaga, el epazote y otros.

Un factor de tipo social que influye fuertemente en la agricultura de la zona, es el comercio, el cual presiona para que se siembre determinado cultivo en cierta época del año; el calendario agrícola está distribuido de la siguiente manera (ver cuadro 1).

#### OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) poner en práctica el Método de Pollard y Moore de evaluación relativa de números poblacionales de las mariposas *H. cunea*, *E. protodice* y *L. arisa* que viven en un hábitat lineal, asociadas a áreas de cultivos. 2) seguir el ciclo de vida y determinar los posibles periodos de diapausa de las mariposas en las chinampas, comparándolo con los resultados de la evaluación poblacional siguiendo el método de Pollard y Moore y 3) efectuar una comparación preliminar del método de abundancia relativa de Pollard y Moore con uno de abundancia absoluta de captura-marcado-liberación-recaptura.

### CALENDARIO AGRICOLA

PARA CULTIVOS CON CICLO DE VIDA MAYOR DE SEIS MESES.  
(ALCACHOFA, BRCCOLI, COL, ACELGA, APIO, ETC.)

PRACTICA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ALMACIGO	-----							-----				
LIMPIA (1)		---							---			
SIEMBRA												
LIMPIA (2)					-----						-----	
COSECHA	-----							-----				-----
FLORACION		-----							-----			
FRUTOS			-----								-----	

PARA CULTIVOS DE VIDA MENOR DE SEIS MESES.  
(CEMPOAZUCHITL, ALHELIO)

PRACTICA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
BARBECHO									-----			
SIEMBRA										-----		
FLORACION												-----
COSECHA											-----	

VERDOLAGA ESPINACA

PRACTICA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ALMACIGO	-----								-----			
BARBECHO		-----								-----		
TRASPLANTE			-----			-----					-----	
COSECHA				-----			-----					-----
FLORACION	---				-----			-----				-----

CUADRO 1. CALENDARIO AGRICOLA PARA CULTIVOS MAYORES Y MENORES DE SEIS MESES QUE SE SIEMBRAN EN LA ZONA DE ESTUDIO.

## MATERIALES, TECNICAS Y METODOS

Para llevar a cabo el transecto lineal de Pollard y Moore, se procedió a "mapear" la zona (fig. 4), registrándose los cultivos más importantes que se encontraban en ese momento y los que rotaban conforme se desarrollaba el trabajo. Se marcó un transecto tocando todos los cultivos y la vegetación silvestre más representativa de la zona, los cuales incluían principalmente la brócoli y a crucíferas arvenses de la vegetación ruderal y "riparia". La longitud total del transecto fue de 1100 m, los cuales se recorrían en una hora aproximadamente, caminando a la misma velocidad y haciendo el recuento del número de las mariposas de las tres especies; para ello, se usaron varios días previos a los recorridos formales para familiarizarse con las especies (conducta de vuelo específico, marcas alares, identificación y otros aspectos). Ya que hubo otras especies que causaron aparente mimetismo por su coloración en el sitio de elegido, tales como *Kricogonia lyside*, *Arctias ilaire* y *Arcia monuste monuste*, las cuales fueron muy raras y además tienen tamaños y marcas alares muy distintas a las mariposas con que se trabajó; por lo que no se alteró la certeza de los registros una vez que se logró identificarlas a simple vista.

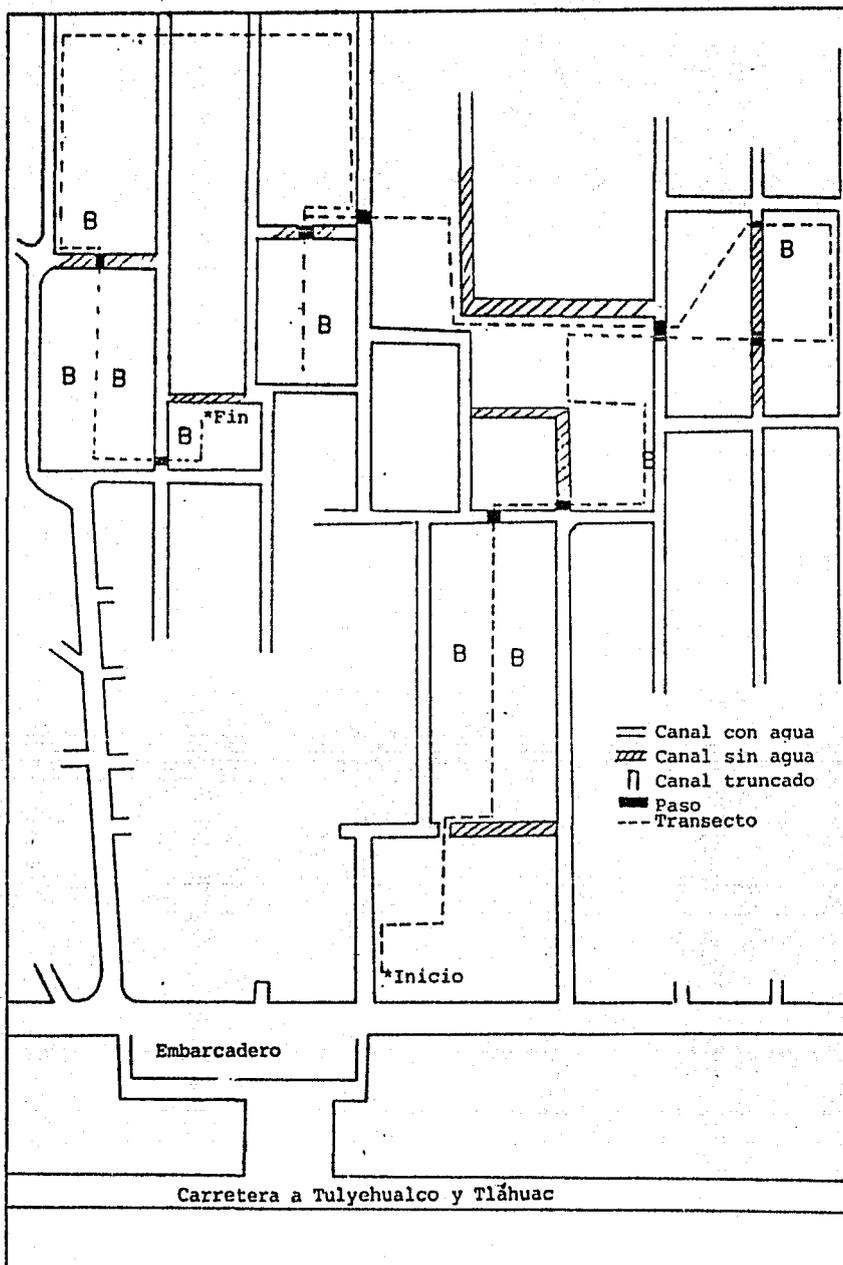


FIGURA 4. Mapa del transecto lineal en las chinampas de San Gregorio Atlapulco, D. F., México. Se señalan (B) los cultivos de brócoli.

El recuento se realizó de la siguiente manera: el recorrido se iniciaba en el embarcadero de San Gregorio y se procedía a caminar lentamente a lo largo del transecto, contando y registrando todos los contactos visuales que se tenían con *A. rapas*, *P. protodice* y *L. aripa*, dentro de cada chinampa; ya que éstas miden de ancho de 10 a 15 m aproximadamente, continuando así, hasta que se concluía el recorrido.

Las anotaciones se vaciaron en una hoja de registro (Apéndice 2), elaborada especialmente para ello, en donde se anotaba la hora de inicio del recorrido y el final, condiciones ambientales imperantes, especie, sexo y observaciones pertinentes con respecto a la dinámica del cultivo u otras relacionadas con las mariposas. Por medio de esta forma se iban registrando los individuos, de acuerdo al lugar donde se encontraban, lo que permitió reconocer la abundancia relativa según fuera el tipo de cultivo o vegetación arvense.

Para uniformizar el método, se tomaron los criterios de Moore (1975) y Pollard (1975, 1977 y 1984a) variando únicamente la hora de inicio, el cual se hizo entre las 1000 y las 1130 h, concluyendo a las 1130 y las 1300 h respectivamente.

Durante el recuento de ejemplares, se consideró la división de las condiciones meteorológicas en soleadas y nubladas, con subdivisiones intermedias y, por último, el registro lo hizo únicamente una persona para evitar errores de observación al cuantificar las especies, aunque según Pollard (1977), no influiría gran cosa si los realizara otra persona (como se pudo comprobar algunas veces). Si durante el recorrido, el cielo se nublaba completamente, el conteo se detenía y se reiniciaba, una vez restituidas las condiciones meteorológicas apropiadas que permitían actividad a los individuos, o bien se efectuaba en días próximos.

Posteriormente se hizo la contabilidad mensual y estacional para estudiar e ilustrar la fluctuación anual de las poblaciones. Como ya se explicó, una de las intenciones de este estudio de abundancia relativa es determinar la posibilidad de reconocer posibles periodos de diapausa en las poblaciones de *A. capae*; con ese propósito, se intentó seguir el ciclo de vida de las especies *in situ*, y después en el laboratorio.

Por último, al finalizar los primeros nueve meses de recuento, se puso en práctica, paralelo al método de Pollard y Moore, el de captura-marcado-liberación-recaptura de Craig (1953), siendo éste un método de abundancia absoluta. Esto

se hizo 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 & Flemming (1963). La armazón se fabricó de madera y se ferró con malla de plástico de 10 hilos por cm cuadrado (fig. 6), en su interior se introdujeron plantas de alimentación para los imagos, tales como brócoli, alhelí y otras plantas de ornato que se encontraban en floración las cuales funcionaban como proveedoras de néctar para los adultos y de alimento para las orugas. Para la oviposición de *P. protodice* se introdujeron, además de la brócoli, plantas de *Sisymbrium* spp. y *Legidium* spp.

Esta idea no funcionó, dado que las mariposas murieron al tercer o cuarto día sin ovipositar. La prueba se repitió varias veces sin éxito, hasta que se decidió utilizar otra técnica, consistente en 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 de vida en el campo (Hayward, 1931).



FIGURA 6. Insectario con plantas de alimentación.

La técnica de recolección de huevos consistió en registrar las plantas de mayor preferencia que tienen las mariposas para ovipositar, así como el lugar donde colocan los huevos (tallos, hojas jóvenes, inflorescencias, frutos), como por ejemplo: la brócoli para las tres especies y *Lepidium* spp. para *P. protodice*. Posteriormente, se procedió a recolectar los huevos con un pedazo de hoja o cualquier otra estructura de la planta donde se encontraban éstos, introduciéndolos después en una cajita rígida para que no se maltrataran y dañaran. Estos se llevaron al laboratorio donde se dispusieron en una caja de petri, a la cual previamente se le había colocado un papel filtro húmedo; para ofrecer condiciones propicias a los huevos y así incubarlos. Se vigiló constantemente la humedad, la ausencia de hongos y la higiene de la caja, así como la cantidad de alimento existente, una vez emergidas las larvas.

Como la recolección de huevos en el sitio de estudio presentaba varios problemas, entre ellos, la obtención de abundantes huevos de *P. protodice* y *A. rapae*, y además que los hongos atacaban a las larvas; se decidió modificar el método por otro donde se obtuviera un mayor número de huevos, que tuviera menor humedad y mayor protección para los organismos. Prefiriéndose obtener huevos en el laboratorio, mediante la inducción de la oviposición de las mariposas por medio de una fuente de luz, la cual incidía

sobre el recipiente donde se encontraban las mariposas, las plantas de alimentación y oviposición, y una fuente rica de néctar. La técnica consistió en que en un recipiente de plástico, de aproximadamente 12 cm de profundidad, se colocó en su interior un frasco pequeño con agua y plantas de Lepidium spp. u hojas de brócoli jóvenes y frescas, el cual se taponaba con un pedazo de algodón mojado, para evitar que se secaran las plantas y en una tapita de plástico se puso un algodón mojado con agua azucarada o con miel y polen diluido, para que se alimentaran las mariposas. Se introdujeron las hembras fecundadas al recipiente y se tapó éste con una tela de tul blanca, la cual permitía el paso de la luz y evitaba que las mariposas escaparan. Se colocó un foco de 100 watts a una altura de aproximadamente 30-40 cm sobre el recipiente, para evitar que demasiado calor le llegara al cultivo, dejándose así por dos o tres días, durante los cuales ovipositaban las mariposas. El cultivo se hizo en un cuarto cerrado sin luz del sol y a temperatura ambiente. Los huevos colocados en estas plantas no se retiraron, sino que se les dejaba hasta que emergieran las larvas y se secaran las plantas. Posteriormente, éstas se cambiaban a plantas frescas y se continuaba el ciclo.

En cuanto al método de CMLR, éste se llevó a cabo una vez concluido el transecto lineal; empezando entre las 1130 y 1300 h, concluyendo entre las 1300 y 1430 h; realizándose de la siguiente manera: se caminaba a lo largo de todo el

transecto, capturando con una red entomológica aérea las mariposas y semarcaban con un plumón de tinta indeleble marca "Sharp" de color negro, colocándoles un primer punto en la cara inferior, cercana a la base del segundo par de alas (figs. 7 y 8), dos la segunda vez que se recapturaba, tres y así sucesivamente según las veces que fuera recapturado un mismo individuo, cada uno de los cuales era registrado. Para evitar capturar dos veces la misma mariposa, se liberaba ésta, se caminaba y se buscaba otra, para hacerle el mismo proceso.

## RESULTADOS

Utilizando el método de Transecto Lineal de Pollard y Moore aplicado a mariposas se pudo registrar la fluctuación poblacional de *A. rapae*, *P. protodice* y *L. arisa* a lo largo de 21 meses. Comparando los datos obtenidos, con un método de abundancia absoluta de CMLR en los últimos meses, se encontró que los resultados son muy semejantes de acuerdo al comportamiento cualitativo de las curvas. Los resultados del método de transecto lineal están representados en el cuadro 2, donde se aprecian los valores promedios de la variación poblacional mensual de las tres especies de pierinos con las cuales se trabajó.



FIGURA 8. Artogeia rapae marcada con un punto.



FIGURA 7. Marcado de mariposas.

PROMEDIOS MENSUALES.

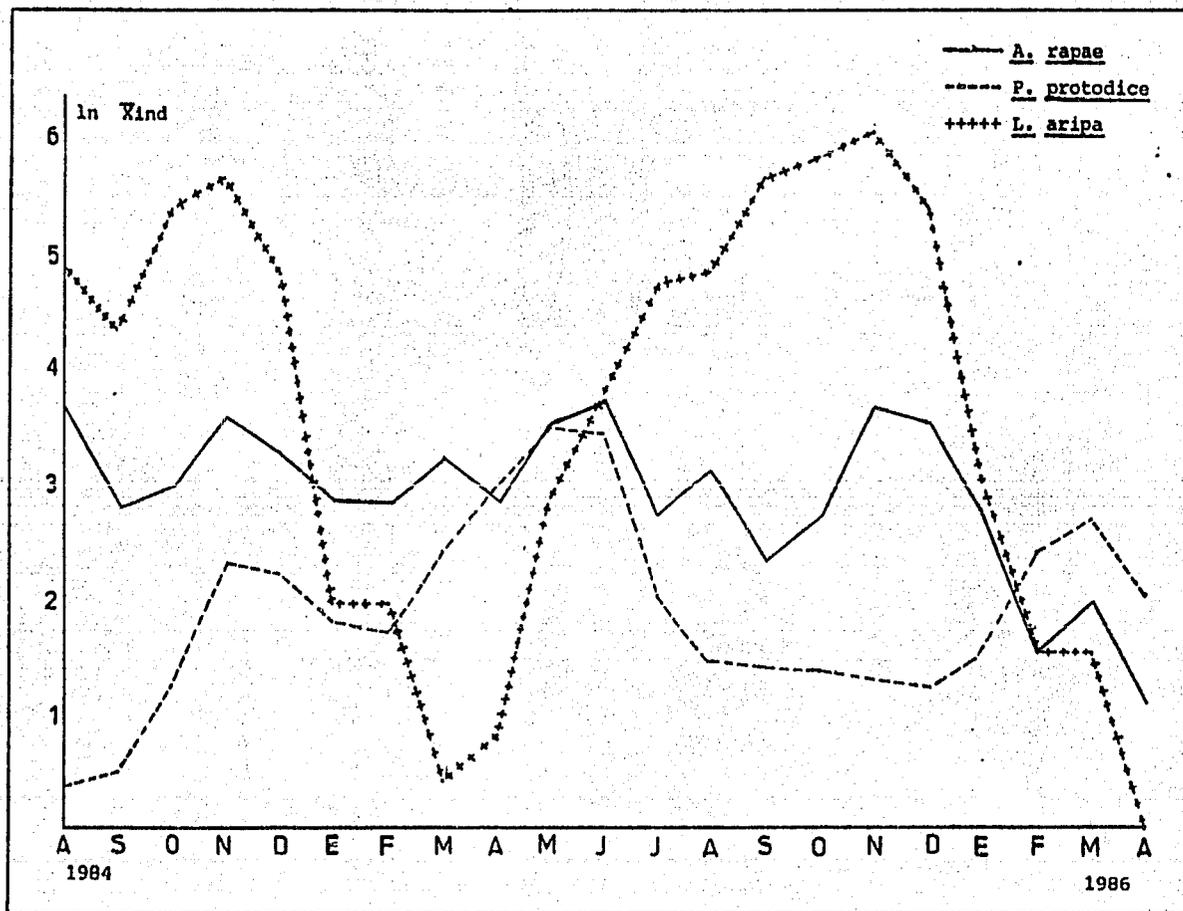
FECHA	A. RAPAE		P. PROTODICE		L. ARIPA	
	$\bar{x}$	ln	$\bar{x}$	ln	$\bar{x}$	ln
AGOSTO (1984)	39.00	3.66	1.15	0.40	134.00	4.89
SEPTIEMBRE	16.00	2.77	1.66	0.50	75.00	4.31
OCTUBRE	19.33	2.96	3.33	1.20	212.33	5.35
NOVIEMBRE	35.25	3.56	10.00	2.30	270.00	5.60
DICIEMBRE	25.75	3.25	9.00	2.19	122.25	4.80
ENERO	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
JULIO	15.33	2.72	8.00	2.07	109.33	4.69
AGOSTO	24.00	3.17	4.25	1.44	122.25	4.80
SEPTIEMBRE	10.00	2.30	4.00	1.36	276.00	5.62
OCTUBRE	15.00	2.70	4.00	1.36	332.00	5.80
NOVIEMBRE	39.00	3.66	3.67	1.30	434.00	6.07
DICIEMBRE	33.66	3.51	3.33	1.20	213.33	5.36
ENERO	15.00	2.71	4.33	1.47	20.33	3.01
FEBRERO	4.50	1.50	10.50	2.35	4.50	1.50
MARZO	7.00	1.95	14.50	2.67	4.50	1.50
ABRIL (1986)	3.00	1.10	7.50	2.01	1.00	0.00

CUADRO 2. VARIACION POBLACIONAL MENSUAL MEDIANTE EL METODO DE POLLARD Y MOORE DE A. RAPAE, P. PROTODICE Y L. ARIPA ELODIA EN KOCHIMILCO, D. F. MEXICO, DURANTE 1984-1986.

Artibeus l. capae. En el cuadro 2, se puede ver que la población tiene varios aumentos que se registran mensualmente, los cuales se dan en los meses de agosto y noviembre de 1984; mayo, junio, noviembre y diciembre de 1985; correspondiendo a estos meses, los siguientes valores respectivos: 39.0, 35.25, 33.50, 40.33, 39.0 y 33.66, observándose que en junio, se tuvo el valor máximo de la población.

Los decrementos poblacionales no son muy acentuados, puesto que su comportamiento se mantuvo durante la mayor parte de la investigación sin cambios muy bruscos; salvo en los últimos tres meses, donde se tuvieron los valores más bajos de todo el recuento, siendo éstos: 4.5, 7.0 y 3.0 en los meses de febrero, marzo y abril de 1986, respectivamente.

Los datos del cuadro 2, se encuentran ilustrados en la gráfica 1, donde se tiene el logaritmo natural ( $\ln$ ) del promedio mensual de los individuos contra el tiempo; en ella se puede ver que, de las tres especies, A. l. capae es la que presenta una fluctuación poblacional más homogénea (las diferencias entre mínimos y máximos no son muy acentuados respecto a los otros dos pierinos). Esto se visualiza de la siguiente manera: en agosto, la población se encuentra



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

"abundante" (39)\*, pero decae a poco menos de la mitad en septiembre (16). En octubre empieza a aumentar (19) y llega a un pico poblacional en noviembre (38), volviendo a caer ligeramente en diciembre (26). Permanece abajo y constante, durante enero (17) y febrero (17); aumenta en marzo (25) y vuelve al mínimo anterior en abril (17); volviendo a subir en el siguiente mes (34), hasta tener el pico de máxima abundancia en junio (40); durante este lapso el máximo apenas es un poco más de dos veces el mínimo. De aquí, decae en julio (15), para aumentar en agosto (24) y volver a caer en septiembre (10). En octubre nuevamente empieza a incrementarse la población (15) y llega a otro pico en noviembre (39), el cual decae muy ligeramente en diciembre (34) cae abruptamente en enero (15) y febrero (5). En marzo, se eleva mínimamente (7) y decrecienta finalmente en abril a su mínima expresión (3).

En el cuadro 3, se tienen representados los datos estacionales de la población de *A. rapae*, obtenidos mediante la sumatoria de las medias mensuales. En él, se ve que *A. rapae* tiende a aumentar en el otoño y la primavera, decrece en el verano e invierno. El valor máximo obtenido para esta especie, durante las estaciones que duró la investigación, fue de 90.33, que corresponde a la primavera, siendo éste antecedido por 80.33 y 87. 66; valores correspondientes a

\* entre paréntesis se cita el número poblacional registrado para cada mes o estación, según sea el caso (ver más adelante).

PROMEDIOS ESTACIONALES

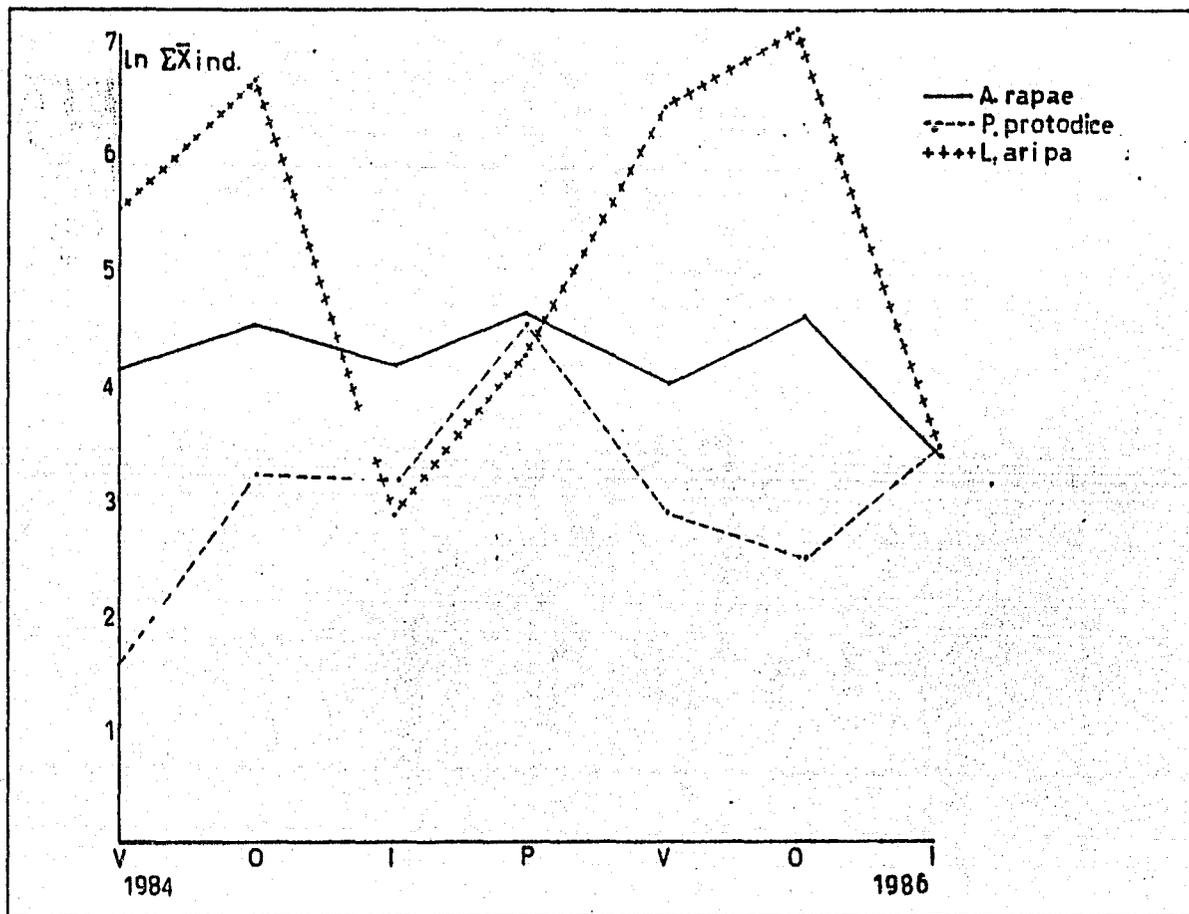
ESTACION	A. RAPAE		P. PROTODICE		L. ARIPA	
	$\bar{X}$ mens. 1n		$\Sigma$ mens. 1n		$\Sigma$ mens. 1n	
VERANO (1984)	55.00	4.00	3.16	1.15	209.00	5.34
OTOÑO	80.33	4.39	22.33	3.11	604.56	6.40
INVIERNO	58.25	4.06	22.25	3.10	15.50	2.74
PRIMAVERA	70.33	4.50	82.50	4.41	59.00	4.08
VERANO	49.33	3.90	16.25	2.79	507.58	6.23
OTOÑO	87.66	4.47	11.00	2.40	979.33	6.89
INVIERNO (1986)	24.50	3.20	29.33	3.32	29.33	3.30

CUADRO 3. VARIACION POBLACIONAL ESTACIONALMENTE DE A. RAPAE, P. PROTODICE Y L. ARIPA ELODIA EN XOCHIMILCO, D. F. MEXICO, DURANTE 1984-1986.

las estaciones de otoño registradas. El valor mínimo registrado fue de 26.5, que corresponde al invierno, precedido por 49.33 del verano.

Estos datos se ilustran en la gráfica 2, donde se corrobora que *A. capae* presenta una fluctuación poblacional "homogénea" (muy estacionalmente acotada), que conforme aumenta en una estación, tiende a decrecer en la siguiente sin que las diferencias entre máximos y mínimos alcanzados sean muy acentuadas. Así se advierte que mientras la población se encuentra reducida durante el verano (55 y 49.33), aumenta el doble en el otoño (80.33 y 87.66), decae a la mitad o la cuarta parte en el invierno (58.25 y 26.5) y se incrementa del doble al triple aproximadamente en la siguiente primavera (90.33), continuando así sucesivamente su ciclo poblacional. Por consiguiente, en esta gráfica se encuentra que la población de *A. capae* presenta 2 ciclos poblacionales al año, (correspondientes a dos máximos y dos mínimos), ocurriendo éstos: uno durante el otoño-invierno y el otro, en la primavera-verano, sin que esto quiera significar necesariamente bivoltinismo, pues de los resultados que se resumen a continuación se puede pensar en más de dos generaciones anuales.

En el cuadro 4, se tiene el tiempo de duración de cada uno de las fases metamórficas de las tres especies de pierinos. En él, se ve que *A. capae* tarda en llegar a



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

### CICLO DE VIDA

ESPECIE	HUEVO	LARVA	PUPA	MES EFECTUADO
<u>A. rapae</u>	2-3	18-19	12-19	diciembre-enero
<u>E. protodice</u>	3-5	30-31	32-33	abril-mayo
<u>L. arisa</u>	3	12-13	12-14	diciembre

CUADRO 4. Tiempo de duración (en días) del ciclo de vida de A. rapae, E. protodice y L. arisa glodia en condiciones de laboratorio, a 25°C y 75-80% de humedad relativa.

imago, de 32 a 41 días, mostrando con esto que se comporta como una especie multivoltina y por lo tanto "no presenta diapausa" (Tilden, J.W., 1976; Daly et al., 1976) o, probablemente, representa una diapausa facultativa influenciada por factores invernales. Scott (1979-81) mencionó que "ocasionalmente especies con ciclo de vida de un año o menos, tienen ciclos de vida largos, porque diapausan individualmente; no emergen en primavera, pero lo hacen después de estar un año o más en diapausa". Y, además, agrega "muchas especies que diapausan en pupa son conocidas que hacen esto, entre ellas se encuentra A. rapae". El mismo considera que "uno de los mecanismos principales que inducen a la diapausa, es el fotoperiodo, el cual origina que A. rapae diapause; ya que éste difiere entre locaciones geográficas ... y los mecanismos de diapausa se han adaptado a las condiciones locales de horas-luz de cada localidad y latitud" (Scott, op. cit.).

En el cuadro 5, se tienen representados los datos del método de CMLR sin tratamiento estadístico, se puede apreciar que de las tres especies, P. rapae fue la que presentó una mayor frecuencia de recaptura, llegándola a recolectar hasta 4 veces en noviembre; 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, cuando ésta se encontraba en plántula o floreciendo; siendo en ellos el lugar donde se

METODO DE CMLR (SIN TRATAMIENTO ESTADISTICO)

FECHA	A. RAPAE				P. PROTODICE			L. ARIPA		
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
<b>MAYO</b>										
	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	
<b>JULIO</b>										
	12	34	6	2	9			71	5	2
<b>NOVIEMBRE</b>										
	2	5			1			43		
	8	14			1			ABUNDANTE		
	15	30	5	1	12			ABUNDANTE		
	22	45	8		2			122	3	
<b>DICIEMBRE</b>										
	4	53	11	1	2			130	7	
	11	68	9	2	4	1		100	6	2
	27	23	4	1	6			151	14	1
<b>ENERO</b>										
	7	49	12		12			67	8	1
	15	12	3		10			4	1	
	24	10	1		13	4		5	1	
<b>FEBRERO</b>										
	7	5			7	1		4		
<b>MARZO</b>										
	18	10			19			1		
<b>ABRIL</b>										
	2	3			0			11		
	30	2			4			0		

CUADRO 5. DATOS SIN TRATAMIENTO ESTADISTICO DE A. RAPAE, P. PROTODICE Y L. ARIPA ELODIA, CAPTURADOS 1, 2, 3 Y 4 VECES; MEDIANTE EL METODO DE CMLR DE CRAIG (MODIFICADO) EN XOCHIMILCO, D. F. MEXICO.

capturó el mayor número de mariposas, en actividad de oviposición o de forrajeo.

Los datos con tratamiento estadístico se encuentran en el cuadro 6, donde se tienen las medias mensuales de la estimación de  $n$  ( $\hat{n}$ ), contra el tiempo. El valor mínimo está en noviembre con  $\hat{n} = 69.56$ .

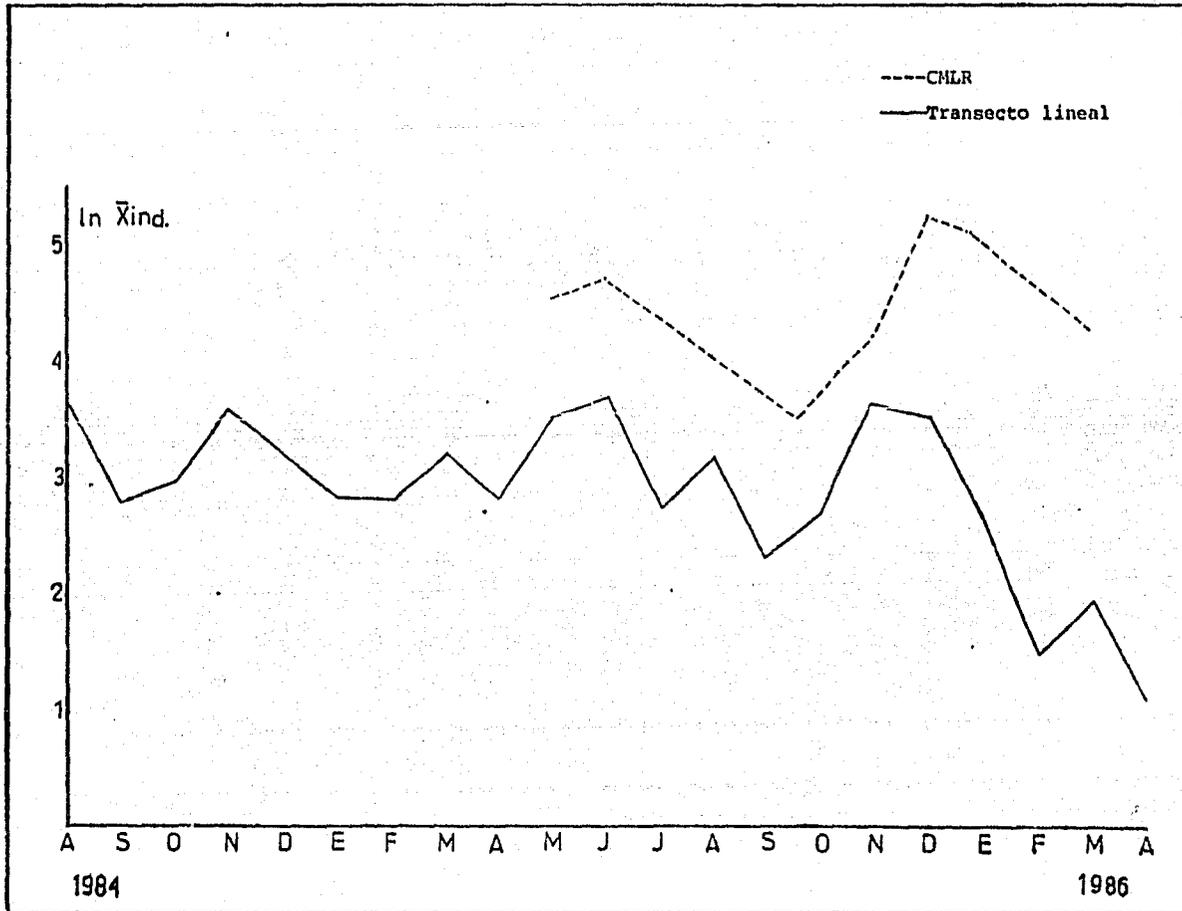
Los datos de este cuadro se encuentran ilustrados en la gráfica 3, donde se puede apreciar una comparación visual de los resultados de los métodos usados, encontrando que en los meses de noviembre y diciembre hay un pico poblacional, y en mayo y junio concuerdan ambos métodos.

Pontia protodice. Los resultados de la evaluación poblacional por medio del método del transecto lineal de esta especie están representados en el cuadro 2, en donde se muestra que fue la especie menos abundante de las tres. Describiendo los resultados se encontró que cuando se inició el estudio (verano de 1984), la población estaba representada por muy pocos individuos (1-3); el valor máximo en ese año se obtuvo en noviembre-diciembre, donde hubo un promedio de 9-10 individuos, decayendo ligeramente en enero y febrero (6-6). En marzo la población empezó a aumentar hasta casi duplicarse (11) y continuó incrementando hasta que en mayo registró su máxima abundancia con un promedio

METODO DE CAPTURA-MARCADO-LIBERACION-RECAPTURA

FECHA	<u>A. rapae</u>		<u>P. protodice</u>		<u>L. aripa</u>	
	$\bar{X}$ ñ	ln	$\bar{X}$ ñ	ln	$\bar{X}$ ñ	ln
MAYO (1985)	95.00	4.53	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				

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.



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

de 32 individuos, manteniéndose en este valor hasta junio. En julio y agosto la población decreció abruptamente, continuando baja durante los siguientes meses del año, siendo hasta febrero de 1986 cuando la población aumentó de 4 a 10. En marzo continuó incrementándose hasta 14 y se redujo en abril a 7 probablemente para aumentar en los siguientes meses como ocurrió durante 1985.

Estos datos se ilustran en la gráfica 1, donde se puede advertir que la población es muy reducida, comenzando a aumentar paulatinamente en septiembre, acentuándose éste en noviembre donde alcanza un pequeño máximo de abundancia. En febrero se presenta una pequeña caída. En marzo continúa el aumento que concluye en mayo, siendo en este mes donde se registra el pico de mayor abundancia poblacional; éste permanece así durante junio, para finalmente decaer abruptamente en julio y agosto, manteniéndose los números poblacionales reducidos de septiembre a enero. En febrero empieza nuevamente un incremento, hasta alcanzar un máximo en marzo, el cual decae ligeramente en abril y probablemente, se incrementa en los próximos meses, de acuerdo a la tendencia mostrada durante el período anterior.

La fluctuación estacional de la población de P. rotodice está representada en el cuadro 3 y se ilustra en la gráfica 2, en ella se observa que únicamente hay un valor promedio máximo registrado, siendo éste de 82.50,

correspondiente a la primavera. Durante las demás estaciones, la población se mantuvo en cantidades reducidas, registrándose dos puntos mínimos: uno durante el verano de 1984 con 3 individuos y el otro en el otoño de 1985 con 11. La población de *P. protodice* presenta un ciclo poblacional al año, el cual se inicia en el invierno y concluye en el otoño.

En el cuadro 4, se registra el tiempo de duración del ciclo de vida de *P. protodice* en condiciones de laboratorio, encontrando que tarda de 65 a 69 días en llegar al estado de adulto, teniendo por lo tanto posibilidades de varias generaciones al año *in situ*; siendo probablemente multivoltina con generaciones superpuestas y tal vez no presenta diapausa o ésta es muy corta en el otoño, aunque también puede ser que suceda lo mismo que con *A. CARAE*, teniendo diapausa invernal individual.

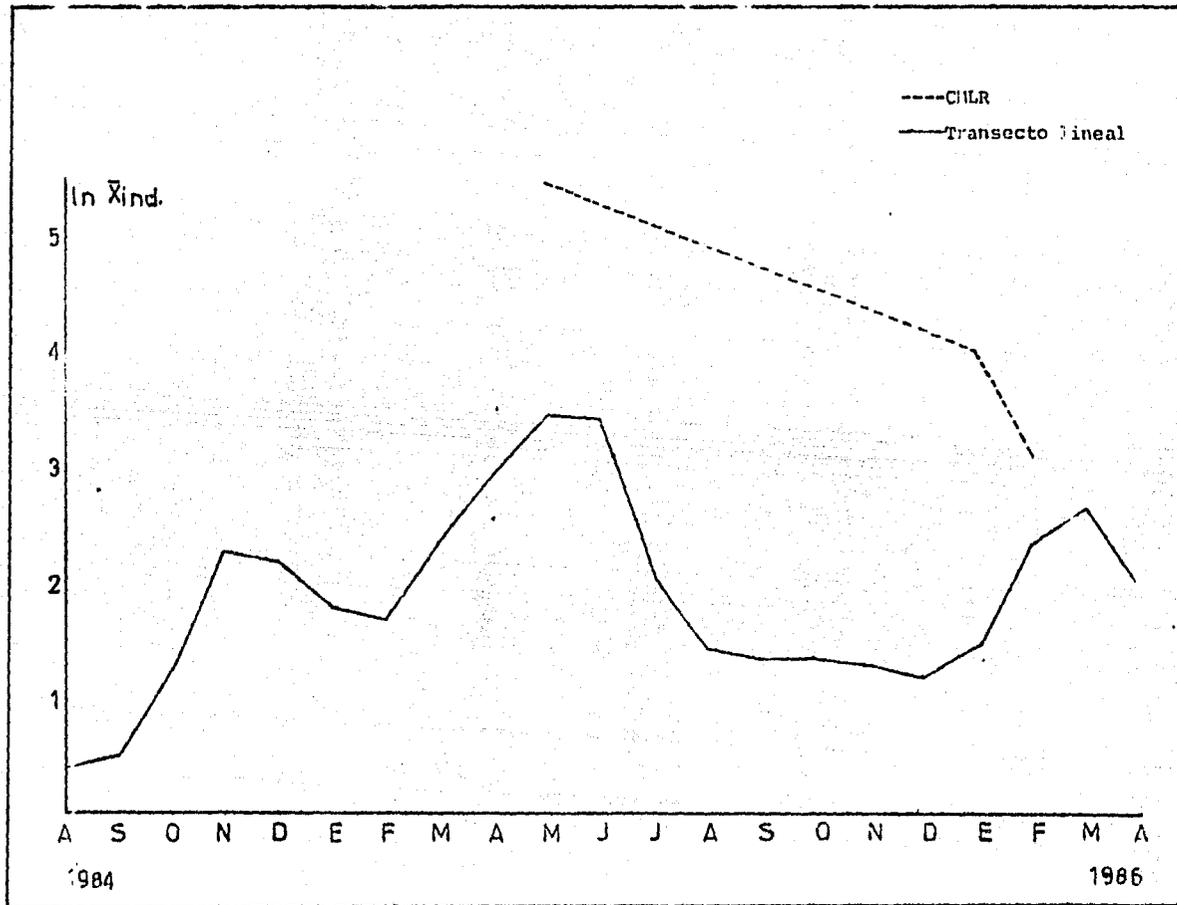
En el cuadro 5, se encuentran registrados los datos del método de CMLR, sin tratamiento estadístico, pudiendo advertir que *P. protodice* fue la especie que menos veces se capturó. El lugar donde más individuos se recapturaron fue en el cultivo de "verdolaga" (cuando se encontraba en floración) y en terrenos sin cultivar donde había crucíferas silvestres. Los datos evaluados estadísticamente se encuentran en el cuadro 6, donde se ve que únicamente hay 3 datos representados, de los cuales, mayo es el más grande

con una estimación de  $\hat{n}$  igual a 230.65; y el menor en febrero con  $\hat{n}$  igual a 24.5; la presencia de esta cantidad de valores es debida al análisis que permite el método, el cual requiere que un individuo sea recapturado más de una vez, pudiendo observarse en el cuadro 5 dicha limitación para P. protodice en varios meses.

Los datos del cuadro 6 se encuentran ilustrados en la gráfica 4, donde se aprecian tendencias muy similares que sigue la población en ambos métodos, aun cuando el método de CMLR parece sobrestimar los números poblacionales en relación con el método del transecto lineal utilizado.

Leptopobia aripa-elodia. Los registros mensuales del método del transecto lineal se encuentran representadas en el cuadro 2, encontrando que esta especie fue la más abundante de las tres. En estos registros se puede ver que este pierino presenta una fase con varios incrementos mensuales hacia finales de los años de 1984 y 1985. Así se encuentra que noviembre (270, 434) es el mes de máxima abundancia poblacional en ambos años. Los valores mínimos se registraron en los meses de enero a abril (7, 7, 1, 2 y 20, 4, 4, 1) de 1985 y 1986.

Los números registrados en el método del transecto lineal se encuentran ilustrados en la gráfica 1, donde se



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

puede observar que cuando se inició la investigación, la población tendía en general hacia un máximo (134), decayendo ligeramente en el mes de septiembre (75), volviendo a incrementarse en el mes de octubre (212) continuando con la tendencia general y así se registró el pico poblacional en el mes de noviembre (270), empezando a decaer la población a finales de este mes muy rápidamente. La caída se inició en diciembre (122) y continuó así hasta marzo (1), donde se registró un mínimo; a partir de este valor, la población de L. ariza empezó a ascender progresivamente, deteniéndose en noviembre (434), donde se registra una vez más el pico poblacional. En diciembre (213), empieza a caer notablemente, deteniéndose hasta febrero (4), se mantiene en marzo (4), y cae finalmente en abril (1).

En el cuadro 3, se tienen los datos de la población de L. ariza, estacionalmente, en él se ve que la estación de máxima abundancia es el otoño (605-979) y previamente el verano (209-507). Los mínimos poblacionales se encuentran registrados en el invierno (16-29). Estos valores se tienen ilustrados en la gráfica 2, donde se puede ver que la población aumentó del verano al otoño, encontrándose aquí un pico de máxima abundancia, el cual decayó en el invierno. En la primavera y el verano inició nuevamente el crecimiento poblacional para llegar finalmente al pico de máxima abundancia en el otoño, volviendo a decaer nuevamente en el invierno. Aquí se encontró que la población de L. ariza,

presenta un ciclo poblacional anual, marcadamente estacional, el cual se inicia en la primavera y concluye en el invierno.

En el cuadro 4, se tiene el tiempo de duración de cada una de las fases metamórficas de *L. arisa*, en él se ve que tarda de 27 a 30 días en realizar el ciclo de vida en condiciones de laboratorio, teniendo por lo tanto posibilidades de varias generaciones al año *in situ*, por lo que probablemente sea una especie multivoltina con generaciones superpuestas y quizás presenta una diapausa invernal individual

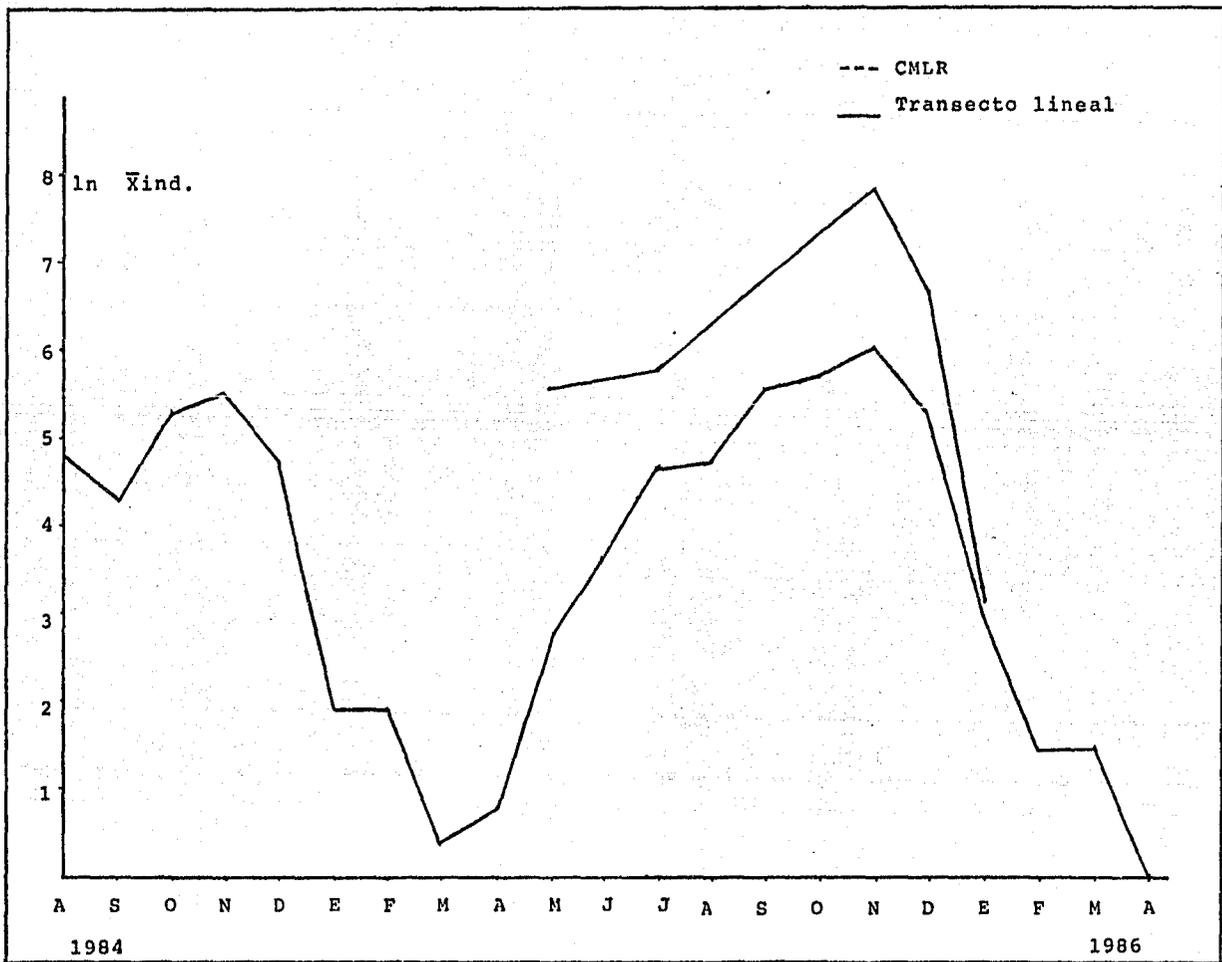
Los datos del método de CMLR sin tratamiento estadístico, se encuentran en el cuadro 5, en él se advierte que *L. arisa* fue la población que más se capturó, siendo incluso en ocasiones difícil capturarlas todas en los cultivos de brócoli, donde se encontraban forrajeando y/u ovipositando.

Los datos con tratamiento estadístico, se tienen en el cuadro 6, donde se observa que noviembre fue el mes de máxima abundancia poblacional ( $\bar{n} = 2731$ ), correspondiendo este mes con el pico poblacional obtenido por medio del método de transecto lineal. Los valores mínimos fueron en enero y febrero ( $\bar{n} = 831$  y 24).

Estos datos se ilustran en la gráfica 5, donde se observa la concordancia de ambos métodos en el mes de noviembre.

## DISCUSION

La utilización del método del Transecto Lineal, resultó sumamente adecuado para evaluar la abundancia relativa de las tres especies de pierinos en las chinampas; las cuales se encuentran en un hábitat lineal. Los resultados obtenidos mediante este método se comprobaron por medio de uno de abundancia absoluta de CMLR, donde existe una concordancia cualitativa en ambos métodos, siendo más claro en el caso de *L. arida*, por ser la especie que más veces se recapturó. Así se encuentra que los resultados obtenidos, son similares a los de Douwes (1970, 1976), Pollard (1977) y Thomas (1983), quienes demostraron que el conteo de individuos, por medio del transecto lineal, concuerda ampliamente con la forma de la población estimada por el método de CMLR (Gall, 1985). La diferencia que existe en cuanto al número de individuos de un método con respecto a otro, es debido al manejo de los métodos ya que en el transecto lineal, uno camina continuamente, sin detenerse, recorriendo la ruta elegida más rápidamente, existan o no plantas propicias para las mariposas; en cambio, en el de CMLR, aunque es más definido, consume más tiempo, ya que se



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

tiende a recorrer selectivamente el transecto, dedicándole más tiempo a los lugares donde había cultivos de brócoli jóvenes o en floración, de alhelí o cempoazuchitl floreciendo, siendo en estos lugares donde existía un mayor número de mariposas ovipositando o forrajeando, permitiendo así mayor tiempo de inmigración y emigración, ya que las poblaciones no son cerradas en el transecto, por lo cual uno capturaba y marcaba una gran cantidad de mariposas; y las más filopátridas o de menor vagilidad eran recuperadas. Por otra parte, el mayor registro de individuos para ambos métodos se hizo en los cultivos de brócoli (almácigo y en el terreno de cultivo), alhelí, cempoazuchitl y verdolaga cuando se encontraban floreciendo.

Continuando en la comparación de ambos métodos se encontró que el del transecto lineal es bastante funcional fácil y rápido en su práctica y, por medio de él, se obtienen resultados bastante aceptables, los cuales indican la fluctuación de la población mensual y estacional, siendo esto muy importante, ya que el método es muy sencillo de poner en práctica, es barato y sobre todo no requiere de técnicas y materiales especiales, ni mucho tiempo; pues en una hora se puede recorrer una gran distancia y registrar una cantidad elevada de mariposas. Gall (1985) al respecto dice para el método de CMLR que hay por lo menos tres razones por las cuales uno no hace un programa de CMLR para censar la abundancia de una especie en particular, siendo

éstas: 1) el costo y tiempo que se tarda en llevar a cabo el método, además del análisis de los datos; 2) a veces es imposible llevar a cabo un estudio de CMLR cuando los individuos vuelan alto, en el dosel de los árboles o muy rápido, por lo que no pueden ser capturados y 3) en ocasiones conocer la abundancia absoluta, no es un interés primario, ya que únicamente se quiere conocer la abundancia de la población de mariposas en la zona y cuanto varía un año con respecto a otro o de una área con respecto a otra; por lo que uno prefiere utilizar los métodos de abundancia relativa.

El empleo del método de transecto lineal, en la evaluación de la abundancia de las poblaciones, presenta ciertas perspectivas, pues ha sido utilizado principalmente en un contexto conservacionista, en áreas protegidas y sobre todo para conocer el número relativo de individuos que se encuentran en un momento determinado (Moore, 1975; Pollard, 1975, 1977, 1984a, 1984b y Gall, 1985), así también en áreas de cultivos como en este trabajo, lo cual puede usarse para evaluar la abundancia de una especie y determinar si se constituye en plaga y se pudiera utilizar para levantar censos poblacionales de otros insectos y aves, que sigan un hábitat lineal y sean conspicuos, de limitada vagilidad y/o de gran filopatría.

Entre las desventajas que posee están: no es funcional en áreas abiertas, ya que es difícil delimitar un transecto; no es posible aplicarlo cuando existen especies que son muy parecidas entre sí, tal y como ocurrió en los primeros días de prueba del método, al confundir los machos de P. protodice con L. arida.

Respecto a la fluctuación poblacional de las especies, se encontró que: los reducidos aumentos de A. rapae se presentan durante las estaciones de máxima y mínima temporada de lluvias, lo que indica una ausencia de relación entre esta población y la precipitación. Con respecto a la temperatura se observa que cuando ésta es baja, la población se encuentra alta, pero tiende a decaer conforme se alarga la estación fría, aumentando un poco cuando la temperatura sube nuevamente, sin lograr la población un máximo significativo. El efecto de estos factores no se evaluó en el campo, pero se infieren a partir de la comparación visual entre el gráfico poblacional, y el de temperatura y precipitación.

Para discutir los resultados respecto al calendario agrícola, se tiene que reconocer que existe solapamiento para los períodos de duración de vida de los cultivos con ciclo mayor de 6 meses; no obstante, se manifiesta la presencia de alimento durante todo el año para las tres especies.

Comparando el calendario, con la fluctuación anual poblacional de *A. rapae*, se puede advertir que la población aumenta cuando el cultivo de brócoli se encuentra en floración, siendo esto lógico, ya que esta planta es de donde los adultos obtienen néctar y polen, que les sirve como fuente energética y para el proceso de maduración de huevos y la oviposición en las hembras o para la búsqueda, percha, cortejo y cópula en el caso de los machos; sin embargo el principal aumento presente en julio, ocurre cuando la brócoli se encuentra, simultáneamente, en plántula (en el almácigo o recién sembrada) y en planta adulto con inflorescencias (hay solapamiento del mismo cultivo de brócoli en dos estadios de su ciclo), existiendo, en sitios contiguos, una gran cantidad de recursos ideales para mantenerse abundante la población. El decremento de la población ocurre cuando la brócoli esta madura o dañada, como una consecuencia de la cosecha ya que como se observó en el campo, este lepidóptero presenta una marcada preferencia por las hojas jóvenes, tiernas y frescas, para colocar sus huevos, no siendo aceptables para tal acción despues de la cosecha, pues el cultivo una vez concluido, es tirado y el terreno limpiado y barbechado, preparándolo para utilizarlo otra vez. Esto, no implica que este cultivo sea un factor limitante ni el único recurso alimenticio o de oviposición del cual dependa *A. rapae*, pero sí el más importante en la zona; ya que también utiliza ocasionalmente

plantas arvenses como Nasturtium sp. y Brassica spp. para oviposición y a otras crucíferas cultivadas como la col, la col de bruselas y la coliflor, las cuales son utilizadas tanto para la oviposición como para la alimentación de los adultos, encontrándose a todas ellas en la zona de estudio, pero en una proporción mucho más reducida que la brócoli.

El decaimiento principal de la población, acaecido a finales de la investigación, puede haberse debido al tiempo que duró la prolongada época de secas (7 meses), la cual es simultánea en su período inicial con la temporada de bajas temperaturas; originándose así retrasos en la preparación de cultivos y en el nacimiento de varias crucíferas silvestres, por otra parte todo el terreno de brócoli había sido tirado y, los cultivos que persistían se encontraban muy dañados a consecuencia de la cosecha y de las fuertes heladas registradas.

P. protodice fue la especie que menos individuos presentó de acuerdo a los registros obtenidos; tiene un pico poblacional al año que ocurre en la primavera y un valle en su curva anual poblacional que se presenta durante el otoño. Se considera que la primer caída tan baja que se registró en la gráfica se debió al método, dado que en los primeros conteos se llegó a confundir el macho de P. protodice con individuos de L. ariza. El máximo de esta población se

presenta durante la estación de lluvias, observándose que existe una sincronía en función de la precipitación, ya que cuando ésta es alta la población es abundante y viceversa, debiéndose esta abundancia probablemente a la gran cantidad de recursos alimenticios existentes en esta época.

Como se puede ver en el calendario agrícola, cuando la población de P. protodice se encuentra baja no existen suficientes recursos alimenticios y de oviposición, puesto que las crucíferas arvenses en su mayoría mueren con el frío; la brócoli ha sido cosechada y la verdolaga \_que fue la planta donde más número de imagos se cuantificaron forrajeando\_ no existe, ya que es sumamente susceptible al frío. En época de lluvias los cultivos como el de la verdolaga y la espinaca son muy abundantes así como las crucíferas silvestres Lepidium spp. y Sisymbrium spp., de las cuales oviposita y se alimenta.

L. arisa fue la especie más abundante en la zona llegando incluso a constituirse una plaga importante de la brócoli (auctorum), debido a la gran cantidad de huevos que oviposita por planta, por lo que varias de ellas quedan inservibles para el comercio. Esta población es relativamente abundante la mayor parte del año, teniendo su pico poblacional poco después de la temporada de lluvias, en noviembre, e iniciándose el ciclo poblacional durante la

época de lluvias; es en esa temporada cuando se registra gran cantidad de alimento para las fases larvarias e imaginales. L. aripa empieza a ovipositar en el almácigo de brócoli y continúa haciéndolo en plantas jóvenes y maduras en el terreno de cultivo y llega al pico de máxima abundancia poblacional al inicio de la cosecha (en noviembre); no aumenta después, sino al contrario decae su número poblacional estrepitosamente durante el invierno. Probablemente, este factor abiótico es la limitante que controla a la población, ya que durante esta estación existen algunos cultivos de brócoli en floración, tal vez suficientes para soportar a una población mayor; sin embargo, ésto no ocurre. La curva poblacional de L. aripa coincide ampliamente con el comportamiento cualitativo de las curvas poblacionales de L. aripa en dos sitios de la Cuenca del Valle de México (Los Dinamos-Contreras en el Distrito Federal y Cascada de los Diamantes en el Estado de México), pues en ambos registros se observa un único gran pico poblacional en noviembre, con un fuerte decaimiento en la temporada invernal (Luis y Llorente en prep.). Estos elementos conducen a pensar en que el calendario agrícola poco influye en la fluctuación poblacional de L. aripa; en todo caso, grandes áreas de cultivo de brócoli implicarían sólo grandes números de L. aripa en noviembre.

Comparando las fluctuaciones de las tres especies estudiadas de Pierinae, se observa que A. capae es

sumamente estable; P. protodica, es asincrónica con L. arida y presenta su aumento poblacional en la misma estación que 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 especies, P. protodica 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. arida lo hace sólo en la temporada húmeda, en las hojas de cualquier edad de la brócoli, prefiriendo individuos bien desarrollados, capaces de soportar decenas de orugas.

DIAPAUSA. En cuanto a los resultados obtenidos por el transecto lineal y procesados, no se advierte claramente si existe diapausa en las poblaciones de algunos de estos pierinos; ya que si se observan las gráficas 1 y 2, de las fluctuaciones poblacionales, se encuentra que A. rapae no manifiesta diapausa en ningún punto de su ciclo poblacional, siendo una especie que se encuentra adaptada a la zona y parece no afectarle fuertemente la fluctuación climática, aunque Scott (1979 - 81) menciona que es una especie que presenta diapausa, puede no ocurrir en Xochimilco más que en algunos individuos (diapausa invernal individual); además, como se pudo corroborar en el laboratorio, es una especie

multivoltina. Para P. protodice, que presenta un decaimiento muy acentuado, probablemente presente una diapausa individual, frecuente a nivel poblacional ya que durante el invierno, la temperatura es baja y ésta pudiese inducirlo. A L. arpa probablemente le ocurre lo mismo que a A. raras y P. protodice y presentan una diapausa invernal individual, siendo más manifiesta en esta especie, ya que durante el invierno tiende a decaer notablemente, pues al final de la investigación no se registraron imagos en la zona.

#### CONCLUSIONES

- 1.- El método del transecto lineal es sumamente 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 a ojo y a distancia.
- 2.- Es fácil de aplicarse y no requiere de gran material, salvo el libro de notas, un lápiz y algo de tiempo.

- 3.- Los resultados obtenidos por medio de este método, se pueden evaluar por medio de uno de CMLR, obteniéndose resultados cualitativos muy similares.
- 4.- Puede proporcionarnos información de valor respecto a la fenología y la ecología de las poblaciones.
- 5.- No es clara la presencia de diapausa en las poblaciones por medio de este método, aunque se observa una probable etapa de quiescencia o diapausa individual, manifiesta de manera diferencial en las poblaciones de los tres Pierinae estudiados. Muy acentuada en L. aripa y no muy claramente manifiesta en A. rapae.
- 6.- En Xochimilco, Artogeia rapae presenta una fluctuación poblacional muy homogénea; Pontia protodice es muy escasa en la zona (en comparación a las otras dos especies) y presenta una asincronía con la población de L. aripa, siendo ésta última la más abundante de las tres, con un gran pico poblacional antes del invierno (noviembre), de modo similar a otros sitios de la Cuenca del Valle de México.

## RECONOCIMIENTOS

El autor desea agradecer a UC MEXUS Programs por el apoyo financiero otorgado para la realización del proyecto 727 del International Guide to Research on Mexico (1976). Al Dr. Jorge Soberón por ayudarme en el uso del método de CMLR; al Biol. Armando Luis Martínez por proporcionarnos sus datos sin publicar de L. aripa; al Biol. Antonio Muñoz por su ayuda en el manejo del procesador de palabras; a la Facultad de Ciencias (Museo de Zoología) por sus distintos apoyos y a los campesinos de las chinampas de San Gregorio por la ayuda proporcionada durante la realización de este trabajo.

## LITERATURA CITADA

Brussard, P. F. 1970 Field Techniques for investigations of population structure in a "ubiquitous" butterfly. J. 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 populations of flying insects. Biometrika. 40:170-176.

Crane, J. y H. Fleming. 1953 Construction and Operation of Butterfly Insectaries in the Tropics. Zoologica. 38(38):161-172 + 5 fotografías.

Daly, H., J. T. Doyen y 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 virgaureae L. (Lep., Lycaenidae). Entom. Scand. 1:263-281.

Douwes, P. 1976 An area census method for estimating butterfly population numbers. J. Res. Lepid. 15:146-152.

Ehrlich, P. R. & S. E. Davidson. 1960 Techniques for capture, recapture of Lepidoptera populations. J. 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 Köppen modificado por la autora. En: Simposio sobre el Valle y la Ciudad de México. Unión Geogr. Intern. Conf. Reg. Latinoam. Ed. Soc. Mex. de Geografía y Estadística. 4:27-48.

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. de la Soc. Ent. Arg. 15:257-264.

Luis, A. y J. Llorente. 1987-88 Papilionoidea de la Cañada de los Dinamos; Magdalena Contreras, Distrito Federal, México. (en preparación).

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 Frecuencies of Butterflies. apud Vane-Wright, R.I. and P. R. Ackery, eds. The Biology of the Butterflies. Academic Press. London. pp 55-58.

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. and Vane-Wright, R. I. and P. R. Ackery, eds. The Biology of the Butterflies. Academic Press. London. 429 pp.

Pollard, E., D. O. Elias, M. J. Skelton & J. A. Thomas. 1975 A Method of assessing the abundance of butterflies in Monks Wood National Nature Reserv in 1973. Entomologist's Gazette. 26:79-82.

Sánchez, S. O. 1980 La flora del Valle de México. Ed. Herrero, S. A. México. 319 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.

Williamson, K. & R. C. Holmes. 1964 Methods and preliminary results of the Common Bird Census, 1962-1963. Bird Study. 11:240-256.



APENDICE No 1.

Estimación y ejemplo de la frecuencia de CMLR, mediante el modelo de Craig (Modificado por Hanson, 1967).

Las ecuaciones para este método son:

$$\hat{n} = \frac{S_1^2}{S_2 - S_1}$$

Símbolos empleados

r = Número total de diferentes animales capturados.

X<sub>j</sub> = Tamaño de la categoría, mostrando el número de veces que un animal ha sido capturado (X = 0, 1, 2, ...).

S = S<sub>1</sub> =  $\sum X_j f_j$  = Número total de capturas de r animales = "suma a la primera potencia"

S<sub>2</sub> =  $\sum X_j^2 f_j$  = Suma a la segunda potencia"

f<sub>x</sub> = Número de animales capturados en X<sub>j</sub> veces.

n = Número de animales existentes en la población.

$\hat{n}$  = Estimación de n (la población).

1, 2, = Subscripción que designa el número de veces que un animal es capturado.

Craig encuentra la varianza para estimar el error proporcional para la estimación de n, mediante:

$$\sigma_{\hat{n}}^2 = 2 \frac{n}{S_1^2}$$

Ejemplo con A. rapax, para tres periodos de CMLR.

X <sub>j</sub>	f <sub>x</sub>
0	--
1	20
2	4
3	1
4	0

$$S_1 = \sum x f_x \\ 1 \times 20 + 2 \times 4 + 3 \times 1 = 31$$

$$S_2 = \sum x^2 f_x \\ 1 \times 20 + 4 \times 4 + 9 \times 1 = 45$$

$$\hat{n} = \frac{S_1^2}{S_2 - S_1} \\ = \frac{31^2}{45 - 31} = \frac{961}{14} = 68.64$$

$$\sigma_{\hat{n}}^2 / n = 2 \hat{n} / S_1^2 = 2(68.64 / 31) = \\ 131.28 / 961 = 0.14 \times 100 = 14\% \text{ de } \hat{n}.$$