

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

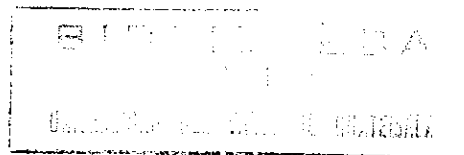
Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología

Efecto del nabo (*Brassica rapa*) sobre el parasitismo del pulgón *Brevicoryne brassicae*
en coles (*Brassica oleracea* var. *italica* y var. *capitata*) en los Altos de Chiapas, México

Heidi Liere Ardón


Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de Licenciada en
Biología



Guatemala

2001

Vo. Bo. :

(f) 

Doctor Charles MacVean
Asesor

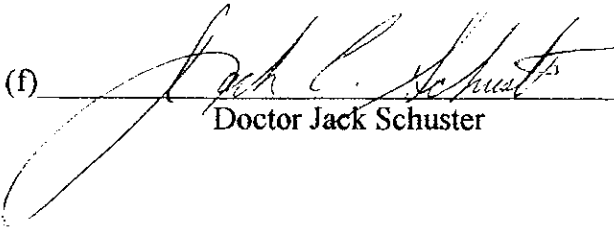
Tribunal:

(f) 

Doctor Charles MacVean

(f) 

Doctora Helda Morales

(f) 

Doctor Jack Schuster

Fecha de aprobación: 24 de septiembre de 2001.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todas las personas en instituciones que directa o indirectamente ayudaron a la realización de esta tesis.

Esta investigación fue financiada por el CONACYT.

Al Centro La Albarrada y al Museo Na' Bolom, por permitirme utilizar sus instalaciones para las colectas.

Al Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal, en especial a la línea de investigación “Dinámica Poblacional y Comunidades de Insectos”, por el apoyo de laboratorio y de campo. Ésta es la contribución número 9 de esta línea de investigación.

A Manuel Girón, por su valiosa asistencia en campo.

A Lorena Ruiz Montoya, por haberme permitido formar parte de su equipo de investigación y por sus innumerables consejos y ayuda.

A mis asesores, Charles MacVean, Jack Schuster y Helda Morales, gracias por su inmensa paciencia al leer y corregir este trabajo; por haberme hecho descubrir el valor e importancia de la investigación. Además, Helda, muchas gracias por haber hecho posible mi ida a México y por toda tu ayuda y amistad.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A Christian Kroll, por toda tu paciencia y ayuda con mis problemas con las computadoras, por apoyarme y por estar siempre allí conmigo.

Por último y principalmente quiero agradecer a mis papás, Harald y Julie, por haber creído siempre en mí, por haber apoyado mis decisiones, por haberme enseñado que no hay obstáculo tan grande como para darse por vencida y que la vida siempre debe continuar. Esta tesis va dedicada a ustedes.

En memoria de Herr Liere

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCION	1
A. Antecedentes	2
1. <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L. y <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Pleck (Brassicaceae)	2
2. <i>Brevicoryne brassicae</i> (L.) (Homoptera: Aphididae)	3
3. Manejo de plagas	4
4. Métodos para evaluar el impacto de los enemigos naturales	7
B. Justificación	8
C. Objetivos	9
1. Generales	9
2. Específicos	9
D. Hipótesis	10
II. METODOLOGIA	11
A. Datos del sitio de trabajo	11
1. Los Altos de Chiapas	11
2. Descripción de las localidades en donde se tomaron las muestras	11
B. Trabajo de campo	12
1. Colectas directas	12
2. Monitoreo del movimiento de las poblaciones de áfidos y sus enemigos naturales por medio de platos amarillos	16

	Página
C. Comparación de las poblaciones de áfidos con y sin enemigos naturales, y del porcentaje de parasitismo entre plantas de col y silvestre en mono y policultivo: Experimentos de exclusión	17
III. RESULTADOS	21
A. Los enemigos naturales del pulgón de la col	21
B. Llegada y establecimiento de <i>B. brassicae</i> y sus enemigos naturales en monocultivos y policultivos	22
C. Impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de áfidos	25
D. Comparación del parasitismo en mono y policultivo	28
E. Comparación del parasitismo entre col y silvestre	30
F. Comparación de la densidad de áfidos entre mono y policultivo	31
G. Comparación de la densidad de áfidos entre plantas hospederas	31
H. Relación entre el parasitismo y la densidad de áfidos	34
IV. DISCUSION	39
A. ¿Cuáles son los enemigos naturales que están atacando al pulgón en las localidades estudiadas?	39
B. ¿Cuándo llegan y se establecen los pulgones y sus enemigos naturales los cultivos?	39
C. ¿Están disminuyendo las poblaciones del pulgón por causa de sus enemigos naturales?	41
D. ¿Hay más parasitismo en los policultivos que en los monocultivos?	42
E. ¿Hay mayor densidad de áfidos en el monocultivo?	43
F. ¿Qué es lo que realmente atrae a los parasitoides?	45
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	49
VII. LITERATURA CITADA	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Condiciones del cultivo en las parcelas en cada una de las fechas de muestreo	15
2. Resumen de los efectos de los factores sistema de cultivo y planta hospedera sobre las variables de respuestas evaluadas.	27

LISTA DE FIGURAS

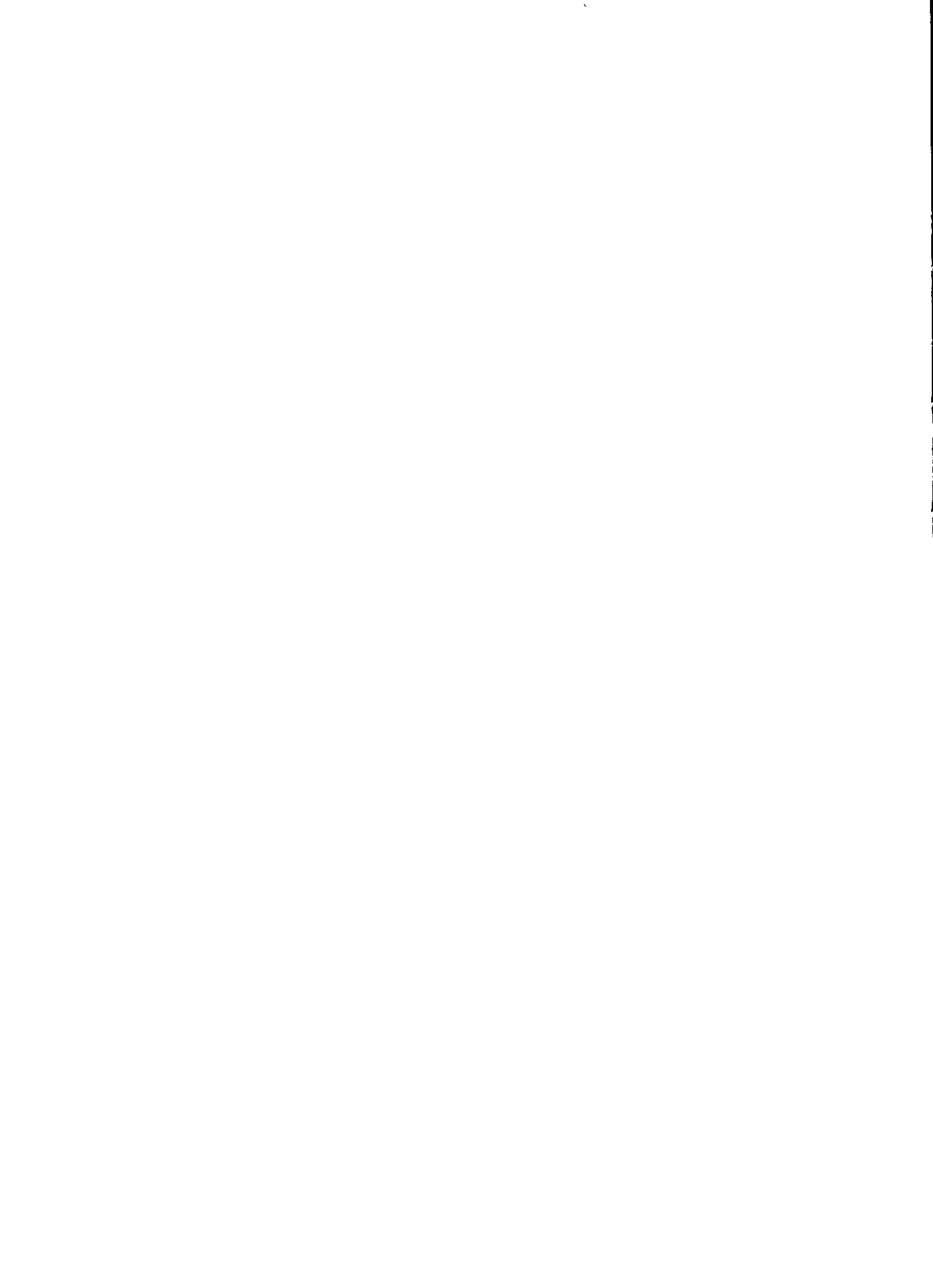
Figura	Página
1. Mapa de las localidades en donde se realizaron las colectas de áfidos y sus enemigos naturales	12
2. Esquema de los experimentos de exclusión	18
3. <i>Brevicoryne brassicae</i> (adultos alados) (Homoptera: Aphididae) colectados en platos amarillos de agosto, 2000 a abril, 2001 en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México.	23
4. <i>Diaeretiella rapae</i> (Hymenoptera: Braconidae), principal parasitoide de <i>Brevicoryne brassicae</i> , colectados en platos amarillos de agosto, 2000 a abril, 2001 en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada	23
5. <i>Brevicoryne brassicae</i> , colectados en platos amarillos desde agosto, 2000 a abril, 2001 en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada	24
6. Promedio de <i>Diaeretiella rapae</i> , principal parasitoide de <i>Brevicoryne brassicae</i> , colectados en platos amarillos desde agosto, 2000 a abril, 2001 en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada	25
7. Porcentaje de parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> en coles (<i>Brassica oleracea</i>)	26
8. Promedio del porcentaje de parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> en coles (<i>Brassica oleracea</i>) y brasicas silvestres (<i>Brassica rapa</i>)	29

Figura	Página
9. Promedio de la proporción de plantas con parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> en coles (<i>Brassica oleracea</i>) y brasicas silvestres (<i>Brassica rapa</i>)	29
10. Porcentaje de parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> en coles (<i>Brassica oleracea</i>) y brasicas silvestres (<i>Brassica rapa</i>) en el experimento 2	30
11. Promedio de <i>Brevicoryne brassicae</i> por hoja en coles (<i>Brassica oleracea</i>)	32
12. Proporción de plantas con <i>Brevicoryne brassicae</i>	32
13. Promedio de <i>Brevicoryne brassicae</i> por planta en coles (<i>Brassica oleracea</i>) y brasicas silvestres (<i>Brassica rapa</i>) en experimento 1	33
14. Promedio de <i>Brevicoryne brassicae</i> por planta en coles (<i>Brassica oleracea</i>) y brasicas silvestres (<i>Brassica rapa</i>) en experimento 2	33
15. Porcentaje de parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> vs. promedio de áfidos por hoja de coles (<i>Brassica oleracea</i>) y por 10 cm de la punta de brasicas silvestres (<i>Brassica rapa</i>)	35
16. Porcentaje de parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> vs. promedio de áfidos por planta (<i>Brassica oleracea</i> y <i>Brassica rapa</i>) en experimento 2	35
17. Proporción de plantas con parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> vs. promedio de áfidos por hoja de coles (<i>Brassica oleracea</i>) y por 10 cm de la punta de brasicas silvestres (<i>Brassica rapa</i>) en campo y experimento 2	36
18. Porcentaje de parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> vs. proporción de plantas (<i>Brassica oleracea</i> y <i>Brassica rapa</i>) con áfidos, en el campo	36

Figura	Página
19. Proporción de plantas con parasitismo de <i>Brevicoryne brassicae</i> ocasionado por <i>Diaeretiella rapae</i> vrs. proporción de plantas con áfidos de coles (<i>Brassica oleracea</i>) y por 10 cms de la punta de brasicas silvestres (<i>Brassica rapa</i>) en el campo	37
A1. Promedio acumulado por plato amarillo de individuos de <i>Brevicoryne brassicae</i> (Homoptera: Aphididae) y su principal parasitoide <i>Diaeretiella rapae</i> (Hymenoptera: Braconidae), colectas en La Albarrada, San Cristóbal, Chiapas, México en agosto, 2000.	57
A2. Promedio acumulado por plato amarillo de individuos de <i>Brevicoryne brassicae</i> (Homoptera: Aphididae) y su principal parasitoide <i>Diaeretiella rapae</i> (Hymenoptera: Braconidae), colectados en Pozo Colorado, San Cristóbal, Chiapas, México, en agosto 2000.	58
A3. Promedio acumulado por plato amarillo de individuos de <i>Brevicoryne brassicae</i> (Homoptera: Aphididae) y su principal parasitoide <i>Diaeretiella rapae</i> (Hymenoptera: Braconidae), colectados en Ocotal Huitepeq, San Cristóbal, Chiapas, México en agosto 2000.	58

RESUMEN

Brevicoryne brassicae (L.) (Homoptera: Aphididae) es un pulgón que ataca plantas de col y de brócoli. El control biológico con enemigos naturales nativos puede ser una opción para controlar esta plaga, pero antes se necesita saber cuáles son estos enemigos y qué impacto están teniendo. Sembrar o mantener plantas arvenses dentro de los cultivos puede mejorar las condiciones agroecológicas para que los enemigos naturales puedan sobrevivir y establecerse permanentemente en los cultivos. Con este estudio se buscó comprobar si el impacto de los enemigos naturales sobre los áfidos es mayor en los cultivos en donde está presente *Brasica rapa* L. Esta es una planta silvestre de la col que generalmente se encuentra asociada a ésta y muchas veces es utilizada como alimento humano. Se monitorearon las poblaciones de áfidos y enemigos naturales con platos amarillos y colectas en localidades con y sin esta brásica. Adicionalmente, se montaron dos experimentos de exclusión para determinar el impacto de los parasitoides sobre *B. brassicae*. Se encontró que, en esta región, el principal enemigo natural de este pulgón es *Diaeretiella rapae* (McInt.) (Hymenoptera: Braconidae). En las parcelas con la brásica silvestre hubo una mayor proporción de coles con parasitismo. Sin embargo, esta mayor proporción de plantas parasitadas no fue suficiente para disminuir las poblaciones de áfidos en este sistema de cultivo. Además, no hubo diferencia en las poblaciones de áfidos dentro y fuera de las cajas de exclusión. Adicionalmente, se encontró una relación inversa entre el porcentaje de parasitismo y la densidad de áfidos. A pesar que los parasitoides se distribuyeron en casi todas las plantas con áfidos dentro de los cultivos, el porcentaje de parasitismo fue muy bajo. Todo esto sugiere que *D. rapae* no fue capaz de controlar las poblaciones de *B. brassicae*. La proporción de plantas con coles con parasitismo aumentó en forma logarítmica al aumentar la densidad de áfidos, por lo que parece que el principal factor que atrajo a los parasitoides fue la densidad de áfidos y no una característica intrínseca de la planta hospedera.



I. INTRODUCCION

Brevicoryne brassicae (L.) es una de las plagas que afectan los cultivos de col y brócoli (King y Saunders 1984). Chupan la savia de las plantas causando daños en las hojas y los tallos (King y Saunders 1984) y pueden retardar el crecimiento de la cabeza (Costello y Altieri 1995). Para controlar estas plagas, muchos agricultores emplean químicos no permitidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) que provocan, además de daños al ambiente, rechazos de los cultivos como productos de exportación (MacVean *et al.* 1993, Morales y Salguero 1995).

Se necesitan, entonces, métodos alternativos que provean un control para estos áfidos (por ejemplo, el aumento y conservación de los enemigos naturales). Estos métodos no deben consistir solamente, como muchas veces en el pasado, en la producción y liberación masiva de enemigos naturales, ya que esto implica elevados costos y poca durabilidad. Se necesitan métodos para controlar esta plaga que tengan un impacto duradero y sean accesibles para los agricultores.

Para el éxito de un programa de manejo de plagas por medio de enemigos naturales se recomienda manipular el ambiente de modo que éstos tengan mayores probabilidades de sobrevivencia y reproducción (Stehr 1975). Existen ya varios estudios que sugieren que las plantas arvenses atraen y mantienen a los enemigos naturales en los cultivos (por ejemplo, ver Altieri y Liebmann 1988). Sin embargo, la asociación con arvenses puede tener malas consecuencias. Por ejemplo, pueden causarle daño al cultivo al competir fuertemente (Altieri 1988). Además, pueden servir de reservorios para herbívoros, que después atacan los cultivos (Andow 1988). Por estas razones se deben hacer estudios localizados para encontrar las combinaciones de especies de plantas que provean un mayor número de ventajas (Altieri y Nicholls 1999). En Mesoamérica, hace falta mucha información acerca del impacto de los enemigos naturales sobre *B. brassicae* y no se han hecho estudios del efecto que las plantas arvenses tienen sobre estas asociaciones.

Las arvenses también pueden ser utilizadas por los campesinos como fuente adicional de alimento en épocas de no cultivo (Altieri 1988). Por ejemplo, plantas del género *Brassica* son utilizadas para este fin en varias zonas de México (Altieri 1988). Una arvense muy importante en la región mesoamericana es *Brassica rapa* L. (sinónimo:

Brassica campestris). Esta pariente silvestre de la col, comúnmente llamada nabo o mostaza, generalmente se puede encontrar cerca de las parcelas en donde se cultiva brócoli y col; sus tallos y hojas jóvenes son cocinadas y comidas por los agricultores (Cabrera-Torres *et al.* 1998) y algunas veces vendidas en los mercados locales (observación personal).

En este estudio se buscó comprobar si la presencia de *Brassica rapa* en cultivos de col y brócoli aumenta el éxito de control del pulgón de la col por medio de enemigos naturales. Para esto, se escogieron localidades con y sin la brassica silvestre, en las cuales se hicieron colectas de áfidos y sus enemigos naturales. Adicionalmente, se montó un experimento con trampas de exclusión para obtener información acerca del impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de los áfidos y de la diferencia de este impacto entre plantas de col en monocultivo y plantas de col en policultivo (junto a la brassica silvestre).

A. Antecedentes

1. *Brassica oleracea* var. *capitata* L. y *Brassica oleraceae* var. *italica* Pleck (Brassicaceae)

El centro de *B. oleracea* var. *capitata* (col o repollo) forma una cabeza de hojas enrolladas y apretadas y esta parte es la que se utiliza como alimento humano. Crece en suelos francos arcillosos y en climas cálidos, templados y fríos y es relativamente resistente a las heladas y las temperaturas óptimas para su crecimiento son entre 10 y 25 °C (Gudiel 1985). *B. oleraceae* var. *italica* (brócoli) alcanza de 40 a 85 cm y produce una inflorescencia comestible. Las temperaturas óptimas para su crecimiento son entre 15 y 21°C (Gudiel 1985).

Ambas variedades están ampliamente distribuidas en las zonas templadas de los Altos de Chiapas (Miranda 1998) y han adquirido una gran importancia en la región mesoamericana como cultivo de exportación (Carranza *et al.* 1995). Por esto, los estándares de calidad son altos y deben llenar requerimientos de color, forma, número

máximo de insectos y niveles de insecticidas permitidos por la EPA (Morales y Salguero 1995).

El principal problema en el cultivo de estas plantas son las plagas de insectos, dentro de las que destacan *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), *Leptophobia aripa* Boisd. (Lepidoptera: Pieridae), *Myzus persicae* (Sulzer) y *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) (Saunders *et al.* 1983, Morales y Salguero 1995).

2. *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae)

Los áfidos son insectos chupadores de savia distribuidos alrededor del mundo (Dixon 1978). Se distinguen del resto de los organismos de la superfamilia Aphidoidea por tener hembras partenogenéticas por varias generaciones (Dixon 1978, 1998). Otra característica distintiva de los áfidos es el desarrollo de adultos alados y ápteros. Frecuentemente se vuelven muy numerosos y se convierten en importantes plagas de cultivos (Dixon 1978, 1998). Todos los estados de *B. brassicae* son verde-gris a gris-azulado, dotados de una cubierta cerosa o polvorienta por lo que comúnmente es llamado el pulgón cenicero de la col. Los adultos tienen los sifones cortos y la cauda corta y oscura. Miden alrededor de 1.5mm de largo. Tienen un tiempo generacional de 7 a 15 días y en climas cálidos se reproducen sólo partenogenéticamente (King y Saunders 1984).

B. brassicae es un especialista sobre plantas del género *Brassica* (Costello y Altieri 1995) y algunas otras crucíferas (King y Saunders 1984). Se alimentan en colonias en cualquiera de las superficies de la hoja (King y Saunders 1984) y tienen preferencia por alimentarse de las hojas jóvenes (Van Emden 1966, López-Ahumado 1990, Costello y Altieri 1995, Cerón y Salguero 1995). Según López-Ahumado (1990), esto se debe a que estas hojas se enrollan al ser atacadas por los áfidos, por lo que dentro de ellas tienen mayor protección contra lluvia, viento, depredadores y parasitoides. Sin embargo, Van Emden y Bashford (1969) encontraron que al no estar limitadas las concentraciones de nitrógeno soluble, *B. brassicae* puede encontrarse en todas las hojas.

Esta especie chupa la savia de las plantas y causa distorsiones en los tejidos de las hojas, clorosis, la desecación de los tallos y el debilitamiento de la planta y pueden,

incluso, causarle la muerte a plantas jóvenes (King y Saunders 1984). También, pueden retardar el crecimiento de la cabeza de la col y el bróccoli (Costello y Altieri 1995). Sin embargo, según Morales *et al.* (1995), el número de áfidos por planta no afecta el rendimiento de la planta; el daño es puramente estético. El problema es que pueden causar daños a las inflorescencias arriba de los niveles permitidos para plantas de exportación (Cerón y Salguero 1995). En América Central, no son de mayor importancia como plagas, pero bajo condiciones favorables sus poblaciones pueden aumentar y convertirse en problema (King y Saunders 1984). Actualmente, para combatir a este áfido se aplican insecticidas sintéticos que no son muy eficaces para controlar la plaga y además son nocivos para el ambiente y tóxicos para los humanos (Morales y Salguero 1995). Para manejar esta plaga se necesitan, entonces, métodos seguros, durables y económicamente viables.

3. Manejo de plagas

Las pérdidas económicas de los daños ocasionados por insectos y la misma lucha contra ellos han sido millonarias (Horn 1988). Durante la primera mitad del siglo pasado se dio un auge en el uso de insecticidas. Su éxito para la exterminación de muchas plagas fue tan grande que incluso se habló de la probable extinción de muchas de las especies de insectos. Luego muchas de ellas empezaron a desarrollar resistencia contra algunos insecticidas (Horn 1988). Por otro lado, los efectos dañinos que los químicos ocasionaban a muchos ecosistemas empezaron a ser preocupantes (Carson 1962).

Desde entonces se han estado buscando nuevas técnicas no nocivas para manejar (ya no exterminar) a las poblaciones de insectos dañinos. El manejo ecológico de plagas es una combinación de múltiples tácticas no nocivas para el ambiente (uso de enemigos naturales, cambios culturales de los agricultores y la diversificación de los agroecosistemas) las cuales promueven los procesos naturales para regular las poblaciones de plaga (Metcalf y Luckmann 1994, NAS 1996).

El uso de depredadores y parasitoides debe ser la consideración primaria en cualquier programa ecológico de control de plagas (Stehr 1975) y el control más accesible son los enemigos naturales nativos (Luck *et al.* 1988). Algunos enemigos naturales, tanto exóticos como nativos, tienen una alta capacidad de reducir drásticamente las poblaciones

de herbívoros y, en muchos casos de control biológico las poblaciones plaga han sido exitosamente mantenidas por debajo de los niveles de daño (Caltagirone 1981, Dixon 1998).

3.1. Enemigos naturales de *B. brassicae*

Se han hecho varios estudios para encontrar los enemigos naturales de *B. brassicae* y determinar su impacto sobre las poblaciones del pulgón (ver Hagen y Van den Bosch 1968, King y Saunders 1984, Lomeli-Flores 1993, Carranza *et al.* 1995). Lomeli-Flores (1993) y King y Saunders (1984) reportaron a *Aphelinus mali* Haldeman (Hymenoptera: Aphelinidae), *Aphidius* spp. (Hymenoptera: Aphidiidae) y, el más importante, *Diaeretiella rapae* (McInt.) (Hymenoptera: Braconidae) como parasitoides de *B. brassicae* en México y Centroamérica. Según King y Saunders (1984), las familias que tienen representantes reportados en Centro América como depredadores de áfidos son Syrphidae, Cecidomyiidae, Chrysopidae y Coccinellidae.

El impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de áfidos es variado: en algunos programas los enemigos naturales han sido exitosos para controlarlas y en otros no. Por ejemplo, Dixon (1998) encontró que el uso de coccinélidos para el control de áfidos ha sido exitoso, pero Iperti (1999) en una revisión de literatura, encontró que son eficaces en el control de escamas pero no han sido muy exitosos en el de áfidos. Probablemente el fracaso de algunos de estos programas se debió a que los enemigos naturales no pudieron sobrevivir y establecerse en los cultivos. Por esto, se necesita mejorar las condiciones de los agroecosistemas (por ejemplo, reducir el uso de insecticidas y diversificar los cultivos) para que los enemigos naturales sean más efectivos para controlar las poblaciones plaga (Pickett y Bugg 1998).

3.2. Diversificación de los agroecosistemas

Según la literatura (Hodkinson y Hughes 1982, Denno y McClure 1983, Whitham 1983, Andow 1991, Starý y Pike 1999), un policultivo tiene menos peligro de sufrir ataques de plagas que un monocultivo y existen dos hipótesis principales que explican este fenómeno. La primera, “hipótesis de los enemigos naturales” (Root 1973), dice que en los policultivos la diversidad de enemigos naturales es mayor que en los

monocultivos, por lo que mantienen bajas a las poblaciones de herbívoros. La segunda, “hipótesis de concentración de recursos”, explica que los insectos herbívoros son más abundantes en monocultivos ya que en éstos la planta hospedera se encuentra más concentrada, por lo que su localización es más probable y el establecimiento de los insectos herbívoros más exitoso (Root 1973). Por consiguiente, un policultivo puede ayudar a mejorar los resultados de los programas de manejo de plagas (Smith y McSorley 2000).

Los estudios de comparación de la diversidad de artrópodos benéficos y dañinos en mono y policultivos son muchos y sus resultados e interpretaciones son variados. Andow (1991), en una exhaustiva revisión de literatura (209 estudios) encontró que 51.9% de las especies de herbívoros estudiados tenían poblaciones más bajas en policultivos que en monocultivos y solo un 15.3% se comportaba de manera contraria. En el caso de las brasicas, por ejemplo, Pimentel (1961) encontró más poblaciones de plagas en monocultivos de *Brassica oleraceae* que en lugares en donde estaba intercalada con otros cultivos. Altieri y Nicholls (1999), observaron que las crucíferas en general sufren menos ataques de plagas si están plantadas con frijol o espinaca. Por el contrario, Pollard (1971) no encontró diferencia en el éxito de los sírfidos para controlar a *B. brassicae* en cultivos diversos y no diversos.

La existencia de plantas arvenses entre los cultivos es una forma de diversificación del agroecosistema (Hani *et al.* 1998) o un tipo de policultivo (Risch *et al.* 1983, Andow 1991). La diversificación del agroecosistema puede aumentar las poblaciones y ayudar a la actividad de los enemigos naturales porque les provee más nichos y otras fuentes alimenticias (néctar y polen) (Van Emden 1965, Stehr 1975, Altieri 1984, Altieri 1988, Andow 1988, Hodkinson y Hughes 1982, Letourneau 1987, Hani *et al.* 1998). Adicionalmente, las plantas arvenses proporcionan una fuente constante de alimento a los herbívoros principalmente en cultivos anuales (Keller y Suter 1980 citados por Hani *et al.* 1998, Andow 1991). Los enemigos naturales, por lo tanto, tienen también una fuente constante de alimento y/o oviposición, por lo que pueden sobrevivir, permanecer en el lugar (Andow 1991, Powell 1986 citado por Stary y Pike 1999) y ejercer un mejor control en la época de la siembra del cultivo (Keller y Suter 1980 citados por Hani *et al.* 1998). Cuando éste no es el caso, generalmente los herbívoros colonizan primero los

cultivos (Price y Waldbauer 1975) y cuando llegan los enemigos naturales las plantas ya están dañadas.

Muchas plantas de la familia Brassicaceae hospedan una alta densidad de avispa parasitoides y en general, las plantas con flores amarillas parecen ser muy atractivas para los artrópodos benéficos (Nentwig 1998). *Brassica rapa* es una arvense que puede llegar a medir hasta 1m de altura y sus flores son amarillas y se encuentran en la parte alta de los tallos (Cabrera-Torres *et al.* 1998). Por la posición y el llamativo color de las flores de esta planta, se espera que atraiga un mayor número de depredadores y parasitoides que las coles.

4. Métodos para evaluar el impacto de los enemigos naturales

Los estudios en los que se quiere determinar el impacto de los enemigos naturales deben incluir una combinación de colectas de las plagas sobre sus plantas hospederas, métodos directos (por ejemplo experimentos con cajas de exclusión) (Hagen y Van den Bosch 1968) y métodos para monitorear el movimiento de las poblaciones de plagas y sus enemigos naturales (como los platos amarillos).

4.1. Platos amarillos

Las trampas de platos amarillos son una combinación de trampas pegajosas y visuales (Robert *et al.* 1988). En este tipo de trampas los insectos son atraídos por el color u otros estímulos visuales y son retenidos en la trampa por medio de una sustancia pegajosa (Ruesink y Kogan 1994). En este caso los insectos son retenidos en agua con jabón.

Según Robert *et al.* (1988), con este tipo de trampas se pueden dar estimaciones de la abundancia relativa de una especie con el tiempo; sin embargo, no reflejan la composición actual de la población. Se han utilizado, principalmente, para capturar los áfidos alados que estén llegando o yéndose del cultivo (Blackman 1974).

4.2. Trampas de exclusión

Los experimentos con cajas o trampas de exclusión consisten en aislar, con una barrera física, poblaciones de herbívoros de sus enemigos naturales. Han sido muy útiles para la evaluación del control de los enemigos naturales sobre las poblaciones de áfidos y muchas otras plagas (Luck *et al.* 1988 y Hoy 1994). Estos autores reconocen que los experimentos de exclusión son los más apropiados para evaluar si los enemigos naturales tienen el potencial de controlar una población de herbívoros.

Sin embargo, Luck *et al.* (1988) y Hoy (1994), resaltan algunos problemas y recomendaciones que se han hecho acerca de estos experimentos. Primero, no proveen mucha información acerca de la tasa de depredación. Segundo, no se puede identificar cuál de los enemigos naturales es el más importante y el que controla más exitosamente a las poblaciones plaga. Por último, al analizar los resultados de estos experimentos se debe tener en cuenta que las cajas pueden causar cambios en el microclima de la planta, alterando así el comportamiento y las tasas de reproducción de los herbívoros. Por estas razones, estos autores recomiendan combinar estos experimentos con otros métodos de observación y colecta.

4.3. Colecta de individuos en las plantas hospederas

Las colectas de individuos en las plantas hospederas pueden proveer valiosa información acerca del porcentaje de parasitismo ya que los áfidos parasitados y no parasitados pueden ser contados con facilidad. Sin embargo, Hagen y Van den Bosch (1968), consideran que la simple determinación de este porcentaje no es útil. Ellos recomiendan hacer monitoreos de las densidades de las plagas por unidad de área o planta hospedera y luego hacer correlaciones de estas densidades con los porcentajes de parasitismo. En el campo también se pueden obtener estimados de tasas de depredación haciendo conteos directos y colectas de los depredadores (Luck *et al.* 1988).

B. Justificación

El cultivo de la col y el bróccoli se ha vuelto muy importante para los agricultores de la región mesoamericana, tanto como para exportación (Carranza *et al.* 1995) como para su venta en mercados locales (observación personal). El áfido cenícero de la col

representa un gran problema para este cultivo, no sólo porque causa que las plantas infectadas sean rechazadas como producto de exportación (Morales y Salguero 1995), sino también debilita a la planta y retarda el crecimiento de la cabeza; todo esto representa pérdidas económicas para los agricultores (Costello y Altieri 1995).

Brassica rapa, una pariente silvestre de la col, está presente en muchos de los cultivos de brócoli y col en la región de los Altos de Chiapas y es utilizada por los agricultores como alimento (Cabrera-Torres *et al.* 1998). Si se comprobara que la presencia de esta planta tiene un efecto positivo en el control de *B. brassicae* por medio de enemigos naturales, podría recomendarse que no sea eliminada de los cultivos, ya que mejoraría el control natural de esta plaga.

C. Objetivos

1. Generales:

Un listado de los enemigos naturales de *Brevicoryne brassicae* en los Altos de Chiapas. Determinar el impacto que tienen sobre las poblaciones de este áfido en los cultivos de coles y si la presencia de *Brassica rapa* puede mejorar este control natural.

2. Específicos:

- Determinar si el parasitismo de *B. brassicae* en coles es mayor cuando *B. rapa* está cerca de los cultivos.
- Determinar si existe una diferencia en el parasitismo de *B. brassicae* en plantas de *B. oleraceae* y *B. rapa*.
- Determinar si existen diferencias en las densidades poblacionales de *Brevicoryne brassicae* con y sin la presencia sus enemigos naturales.
- Monitorear la llegada y establecimiento de *B. brassicae* y sus enemigos naturales en los cultivos de coles con y sin *B. rapa*.
- Determinar si existe una diferencia en las densidades de áfidos entre cultivos con y sin *B. rapa*.

D. Hipótesis

- Las poblaciones de *Brevicoryne brassicae* en plantas de *Brassica oleracea* adyacentes a plantas de *Brassica rapa* tendrán un mayor parasitismo que las poblaciones de estos áfidos en *B. oleraceae* sembradas en monocultivo.
- El parasitismo de las poblaciones de *Brevicoryne brassicae* será mayor en los áfidos que se encuentren en *Brassica rapa* que en los que se encuentren en *Brassica oleracea*.
- Las poblaciones de *Brevicoryne brassicae* son mayores en la ausencia de sus enemigos naturales.
- Las poblaciones de *B. brassicae* serán menores en los policultivos.

II. METODOLOGÍA

A. Datos del sitio de trabajo

1. Los Altos de Chiapas

Los Altos de Chiapas es una región que varía entre 1200 a 2400msnm (con algunos puntos extremos) y se encuentra ubicada entre los paralelos 16° 30' y 17° de latitud norte y los meridianos 92° y 93° de longitud oeste (Parra-Vázquez y Díaz-Hernández 1997). Según estos autores el suelo es arcilloso de color amarillo y cerca de San Cristóbal de las Casas y Huitepeq hay rocas volcánicas. El clima es templado, moderado, subhúmedo frío y durante los meses de invierno pueden caer heladas (Mulleried 1957, Parra-Vázquez y Díaz-Hernández 1997).

Aquí se pueden encontrar sabanas, bosques de coníferas, de encinos, mixtos (pino, encino, liquidámbar), tropicales deciduos y selvas de montaña (Huertas-Cisneros *et al.* 1986). La actividad principal de la región es la agricultura minifundista. Para fertilizar sus cultivos y para protegerlos contra ataques de plagas, la mayoría de los agricultores utilizan insumos químicos (Parra-Vázquez y Díaz-Hernández 1997).

2. Descripción de las localidades en donde se tomaron las muestras (Figura 1)

- Teopisca. Pertenece al municipio de Teopisca. Tiene una altitud de 1800msnm. Está localizada a $-92^{\circ}28'25''$ oeste de longitud y a $16^{\circ}32'22''$ norte de latitud.
- Pozo Colorado. Pertenece al municipio de San Cristóbal de las Casas. Tiene una altitud de 1600msnm. Está localizado a $-92^{\circ}41'15''$ oeste de longitud y $16^{\circ}39'37''$ norte de latitud.
- Ocotál Huitepeq. También es parte del municipio de San Cristóbal de las Casas. Se encuentra a 2490msnm a $-92^{\circ}41'25''$ oeste de longitud y $16^{\circ}43'45''$ norte de latitud.
- La Albarrada. Se encuentra dentro de la cabecera municipal de San Cristóbal de las Casas a $92^{\circ}38'18''$ oeste de longitud y $16^{\circ}44'12''$ norte de latitud y una altitud de 2120msnm.

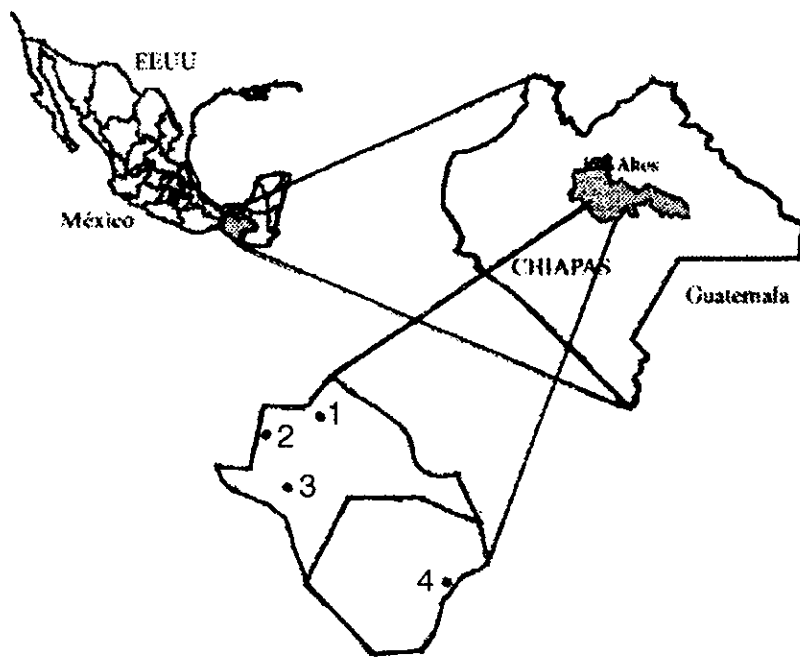


Figura 1. Mapa de las localidades en donde se realizaron las colectas de áfidos y sus enemigos naturales. 1=San Cristóbal de las Casas, 2= Ocotal Huitepeq, 3= Pozo Colorado, 4= Teopisca.

B. Trabajo de campo

Los muestreos directos y colectas con platos amarillos se realizaron en cuatro localidades: Teopisca, Pozo Colorado, Ocotal Huitepeq, y la Albarrada. Se hicieron visitas mensuales desde agosto del 2000 hasta abril del 2001.

1. Colectas directas

- Variables dependientes evaluadas
 1. Densidad de áfidos
 2. Porcentaje de parasitismo
 3. Proporción de plantas con parasitismo
 4. Proporción de plantas con áfidos
- Diseño

Se evaluó el efecto de dos factores: sistema de cultivo (mono o policultivo) y planta hospedera (col o silvestre). Ocotal Huitepeq y Pozo Colorado constituyeron las repeticiones del primer tratamiento: cultivo asociado con la brásica silvestre (policultivo). La Albarrada y Teopisca constituyeron las repeticiones del segundo

tratamiento: cultivo sólo (monocultivo). El efecto de cada factor se evaluó para las cuatro variables, excepto para la densidad de áfidos, para la cual sólo se analizó el efecto del sistema de cultivo, ya que las unidades de muestreo eran diferentes para las dos especies hospederas.

- Descripción

Las localidades fueron escogidas por su facilidad de acceso y por haber obtenido la autorización de los propietarios de las parcelas para realizar las colectas. Sin embargo, no se pudo establecer un experimento de condiciones controladas, ya que eran los propietarios los que tomaban las decisiones de manejo. Las condiciones en las cuales se encontraba el cultivo en cada uno de los meses de colecta se presentan en cuadro I.

En las dos localidades con policultivo sembraron bróccoli y en las dos con monocultivo, repollo. Esto no se esperaba, pero como la siembra, tanto en Pozo Colorado como en Teopisca, no fue sino hasta enero y las colectas ya se venían haciendo desde agosto, no se cambió de localidad. Se partió, entonces, del supuesto de que no hay diferencias en el número de áfidos y el porcentaje de parasitismo entre bróccoli y repollo. Este supuesto se puede apoyar en el estudio de Royer y Edelson (1991) en el que no hubo diferencia en la abundancia de *Pemphigus populitransversus* Riley, otro áfido que ataca brasicas, entre col y bróccoli.

Para cada colecta se hicieron planos de todas las parcelas, las cuales eran de aproximadamente 200 metros cuadrados cada una. Se cuadrículó cada plano y con una tabla de números al azar se escogieron y marcaron cuadrantes de 1m. En el caso de los monocultivos, se escogieron 5 cuadrantes y en los policultivos, 5 para la colecta de col y 5 para la de la planta silvestre.

En cada uno de los cuadrantes elegidos se buscó una planta que tuviera áfidos. Se anotó el número de plantas revisadas antes de encontrar una infestada. Si no se encontraba una dentro del cuadrante elegido se continuaba la búsqueda en el más inmediato y así sucesivamente hasta un máximo de 15 plantas (en las primeras colectas se observó que luego de este número era improbable encontrar plantas cercanas infestadas). A las plantas de col y bróccoli se les cortaron tres hojas que representaban las unidades de muestreo: una madura, una media y una joven,

siguiendo la metodología (técnica de tres hojas) de Church y Strick (1954 citados por Van Emden 1965). Según Trumble (1982), la densidad de áfidos por planta puede ser estimada eficientemente usando hojas como submuestras. Debido a que las plantas silvestres pierden sus hojas al crecer, se utilizó como unidad de muestreo 10 cm de la punta del tallo. Las muestras fueron colocadas por separado en botes etiquetados con tapa de malla y fueron llevados al laboratorio.

Las muestras se dejaron en un lugar ventilado por cinco días para que los áfidos parasitados que aún no momificaban, lo hicieran. Luego se separaron las momias de los áfidos no parasitados. Estos últimos se sumergieron en alcohol al 70% y se colocaron en cajas petri cuadrículadas para ser contados de la siguiente manera: Se marcaron 10 de los cuadros de las cajas petri y se contó el número de áfidos en cada uno de estos cuadros. Luego se calculó el promedio de áfidos por cuadro y éste se multiplicó por el número de cuadros de la caja. Además, se contaron todos los áfidos que aunque no hubieran momificado estaban parasitados con larvas lo suficientemente grandes para poder ser observadas con el estereoscopio. Las momias se contaron y guardaron en cápsulas de gelatina hasta que eclosionaban los parasitoides. Después fueron identificados y el resto de las momias se disectaron para tratar de identificar a estos parasitoides también; si no era posible, se anotaron como desconocidos. Los áfidos y parasitoides se identificaron utilizando la colección de entomología de El Colegio de la Frontera Sur, en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Luego se calculó el porcentaje de parasitismo.

Utilizando los datos de las tres hojas, se calculó el promedio de áfidos por hoja y luego, un promedio de áfidos por hoja en la parcela (incluyendo las plantas sin áfidos). Lo mismo se hizo para el porcentaje de parasitismo. Para obtener la proporción de plantas con parasitismo, se contaron las plantas colectadas en la parcela con colonias de áfidos parasitados y este número se dividió entre el número de plantas colectadas en total en la parcela. Para obtener la proporción de plantas con áfidos se hizo el mismo procedimiento.

Como las plantas de col se encontraban en condiciones fenológicas diferentes en las localidades durante las fechas de muestreo (cuadro 1), en lugar de hacer las comparaciones por fecha, se hicieron por fenología del cultivo. En otras palabras, para cada localidad se escogieron tres fechas de muestreo consecutivas, en las cuales las coles estaban pequeñas (un mes después de la siembra), medianas (dos meses después de la siembra) y grandes (tres meses después de la siembra) sucesivamente. En Pozo

Colorado, Ocotal Huitepeq y Teopisca este ciclo coincidió en enero, febrero y marzo del 2001; en el caso de la Albarrada, el ciclo fue en diciembre del 2000, enero y febrero del 2001.

Cuadro 1. Condiciones del cultivo en las parcelas en cada una de las fechas de muestreo. Las parcelas estaban en los municipios de Teopisca y San Cristóbal, Chiapas, México.

Fecha de muestreo	Teopisca	La Albarrada	Ocotal Huitepeq	Pozo Colorado
Agosto 2000	Nada sembrado, maíz en la parcela	Repollos pequeños	Bróccoli pequeño, silvestres presentes	Parcela en desuso, silvestres presentes
Septiembre 2000	Maíz.	Repollos medianos	Bróccoli pequeño, silvestres presentes	Silvestres presentes, algunas secas
Octubre 2000	Maíz cosechado	Repollos grandes	Bróccoli mediano, silvestres presentes	Nada en la parcela
Noviembre 2000	Maíz doblado	Repollos cosechados	Bróccoli grande, silvestres presentes	Nada en la parcela
Diciembre 2000	Preparación del suelo para sembrar	Repollos pequeñas	Preparación del suelo para sembrar, silvestres presentes	Siembra de bróccoli, silvestres presentes
Enero 2001	Repollos pequeños	Repollos medianos	Bróccoli pequeño, silvestres presentes	Bróccoli pequeño, silvestre presente
Febrero 2001	Repollo mediano	Repollos grandes	Bróccoli mediano, silvestres presentes	Bróccoli mediano, silvestres presentes
Marzo 2001	Repollo grande	Repollos cosechados	Bróccoli grande, silvestres presentes	Bróccoli grande, silvestres presentes
Abril 2001	Repollos cosechados		Bróccoli cosechado	Bróccoli cosechado, silvestres presentes

Repollo=*Brassica alaracea* var. *capitata*; Bróccoli= *Brassica oleracea* var. *italica*; Silvestre= *Brassica rapa*

• Análisis de datos

Todos los análisis estadísticos se hicieron con el programa SPSS versión 9 para Windows. Se realizaron análisis de varianza de una vía para determinar si había diferencias atribuibles a los factores analizados (sistema de cultivo y planta hospedera). Se hicieron también, análisis de regresión entre el porcentaje de parasitismo y el número de áfidos por hoja; entre la proporción de plantas con parasitismo y el número de áfidos; entre la proporción de plantas con parasitismo y la proporción de plantas con áfidos; y por último, entre el porcentaje de parasitismo y la proporción de plantas con áfidos. Para escoger la curva que mejor explicaba los datos, se tomaba la que tuviera el mayor r^2 con una alta significancia.

Cuando los datos no cumplieran con los requerimientos de normalidad e independencia, se realizó una transformación de raíz cuadrada para el total de

individuos y de arcoseno para los porcentajes de parasitismo y las proporciones de plantas. Aun si después de la transformación los datos no eran completamente normales, se procedió con los análisis de varianza, por ser éstos lo suficientemente robustos para aceptar estas violaciones (Zar 1999).

2. Monitoreo del movimiento de las poblaciones de áfidos y sus enemigos naturales por medio de platos amarillos

- Variables dependientes evaluadas

1. Número de individuos de *B. brassicae* por plato
2. Número de individuos de *D. rapae* por plato.

- Diseño

Se evaluó el efecto del sistema de cultivo sobre las variables.

- Descripción

Los platos amarillos fueron colocados de modo que hubiera 3 en las orillas y 2 en el interior de los cultivos, para abarcar estos dos microclimas del cultivo. Se dejaron en las parcelas por dos días. El número de platos por parcela se determinó en un monitoreo preliminar realizado en agosto del 2000, en el que se colocaron platos en las cuatro localidades y se determinó, por medio de curvas de número de individuos acumulados vs. número de platos, que cinco platos era el número mínimo óptimo para la captura de *B. brassicae* y *D. rapae* (ver en Anexo Figuras A1, A2 y A3).

Los platos se llenaron tres cuartas partes con agua y se agregaron unas gotas de solución Kodak Photo Flo que, por ser incolora e inodora, se utilizó para romper la tensión superficial del agua. Dos días después, todos los insectos colectados se colocaron en botes con alcohol al 70% y se llevaron al laboratorio. Allí, se separaron y contaron los individuos de *B. brassicae*, los coccinélidos, sírfidos, crisopas y los himenópteros reportados como parasitoides o hiperparasitoides de esta especie de áfido.

- Análisis de datos

Se hicieron gráficos cualitativos de tiempo/número de individuos por plato de *B. brassicae* y sus enemigos naturales para cada sitio y cada tratamiento. Esto da información del efecto de *B. rapa* sobre la llegada y establecimiento de las poblaciones de áfidos y sus enemigos naturales. Se hicieron dos análisis de varianza de una vía, uno para *B. brassicae* y uno para *D. rapae*, para comparar número de individuos entre mono y policultivo.

C. Comparación de las poblaciones de áfidos con y sin enemigos naturales, y del porcentaje de parasitismo entre plantas de col y silvestre en mono y policultivo: Experimentos de exclusión

- Duración del experimento

Este experimento se realizó dos veces para cubrir la época antes del cultivo y la época de cultivo de la col: la primera, de noviembre a diciembre del 2000 y la segunda de marzo a abril del 2001.

- Variables evaluadas

1. número de áfidos por planta
2. el porcentaje de parasitismo
3. proporción de plantas con parasitismo

En el caso de la segunda y tercera variable solamente se analizaron los datos de las plantas fuera de las cajas de exclusión.

- Diseño

Se evaluó el efecto de tres factores sobre la primera variable: hospedero (col o brásica silvestre), sistema de cultivo (mono o policultivo) y presencia o ausencia de enemigos naturales (sin o con caja). Sobre la segunda y tercera variable, se evaluó el efecto de los siguientes factores: hospedero (col o brásica silvestre), sistema de cultivo (mono o policultivo).

- Descripción (Figura 2)

Los experimentos con trampas de exclusión consistieron en aislar una población de áfidos de sus enemigos naturales y compararla con una población no aislada. Como barrera física se utilizaron cajas de 60x30x60cm de estructura de madera forrada completamente con tela para pabellón (nylón tricot). Dentro de ella se colocaron dos plantas (en macetas separadas), cada una inoculada con tres hembras áfidos adultas de poblaciones criadas en invernadero (para asegurarse que no estuvieran parasitadas). Además, se les colocó plástico en la parte inferior, para evitar la entrada de enemigos naturales por el suelo. Adyacentes a éstas, se colocaron otras dos plantas (también inoculadas con áfidos) dentro de cajas de las mismas dimensiones, pero solamente forradas en la parte superior (para reducir las diferencias entre microclimas).

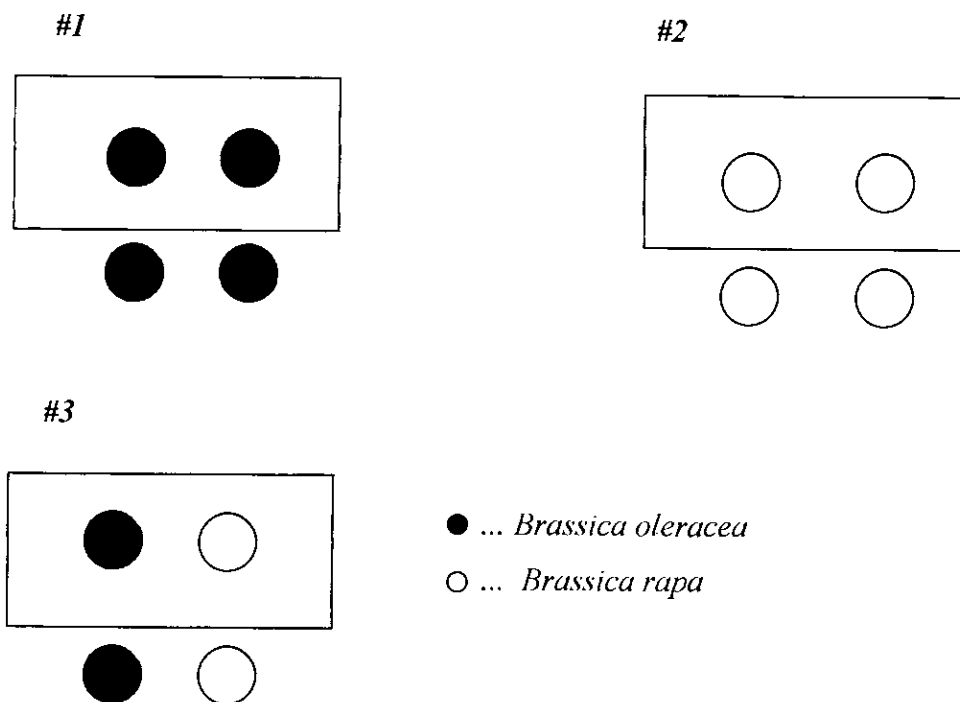


Figura 2. Esquema de los experimentos de exclusión. Los tres grupos juntos representan un bloque. Los círculos representan las macetas y los rectángulos las cajas de exclusión. Las cajas control no están esquematizadas. Los grupos 1 y 2 representan el monocultivo y el grupo 3 el policultivo. Col= *Brassica oleracea* var. *capitata*; silvestre= *Brassica rapa*.

- Experimento de exclusión 1 (noviembre - diciembre)

Fue un diseño de bloques al azar, en tres sitios, con 12 repeticiones. Se repartieron los bloques de manera que cada grupo quedara lo más alejado que fuera posible de los demás; esto se hizo para que los enemigos naturales atraídos por un grupo no se movieran a otro, porque esto hubiera ocasionado interpretaciones falsas.

Estaban distribuidos en cuatro sitios localizados en la ciudad de San Cristóbal de las Casas y colocados de la siguiente manera:

- ❖ 8 bloques distribuidos en todo el campus de ECOSUR,
- ❖ 2 bloques en el jardín del museo Na' Bolom.
- ❖ 2 bloques en el jardín de la casa particular situada en la Calle Comitán #56.

- Manejo del experimento

El 29 de agosto del 2000 se sembró una planta por maceta y se regó dos veces por semana durante los primeros dos meses y luego, una vez a la semana durante el resto del experimento. Tres semanas después de ser sembradas cada una se fertilizó con 4g de estiércol de vaca y dos meses después con otros 2 g. Se mantuvieron en condiciones de invernadero por 2 meses y medio, para que crecieran lo suficiente para soportar ser inoculadas con áfidos. Luego se trasladaron a los lugares correspondientes del experimento. El 18 de diciembre se colectaron las plantas y se introdujeron en botes etiquetados con alcohol al 70%; luego se separaron todos los áfidos y se colocaron en cajas petri cuadrículadas y se calculó el número de individuos de la misma manera como se hacía con las muestras del campo.

- Experimento de exclusión 2 (marzo - abril)

También fue un diseño de bloques al azar, sólo que esta vez se redujo el número de bloques a 5 y todos se colocaron en el campus de ECOSUR.

- Manejo del experimento

Las plantas se sembraron el 22 de enero del 2001. Esta vez se esperó solamente un mes después de ser sembradas para montar el experimento, porque se quería que el mismo estuviera montado en marzo, que es cuando más enemigos naturales se han visto (Ruiz-Montoya, com. pers.). Cada planta fue fertilizada tres veces por semana

(diez veces en total) con 0.05g de abono químico Triple 17 diluidos en 0.3 litros de agua, empezando el 23 de febrero. Esto se hizo porque se quería que las plantas crecieran rápidamente para que soportaran ser inoculadas con áfidos un mes después de su siembra. El 8 de marzo fueron inoculadas con tres hembras adultas y trasladadas a los lugares del experimento y el 23 de abril se desmontó el experimento y se siguió con el procedimiento ya mencionado para contar los áfidos y calcular el porcentaje de parasitismo.

- Análisis de datos del experimento de exclusión

Para analizar los datos se utilizó el programa SPSS para Windows (versión 9). Antes de realizar los análisis se hicieron exploraciones de los datos. Cuando no fueron normales, se hizo una transformación de raíz cuadrada para el número de individuos, una $\log(x+1)$. Luego, se procedió con el análisis de varianza multifactorial. Además, se hizo un análisis de regresión entre el porcentaje de parasitismo y el número de áfidos y como solo había cuatro datos de proporción de plantas con parasitismo (col en monocultivo, silvestre en monocultivo, col en policultivo y silvestre en policultivo), se juntaron con los datos del campo para el análisis de regresión entre esta variable y el número de áfidos.

En el experimento 1 (noviembre - diciembre) los datos de porcentaje de parasitismo no se normalizaron, aún con la transformación y se procedió a trabajar solo con los datos mayores a cero, para visualizar la tendencia ofrecida por estos (ocho datos). Teniendo en cuenta que el porcentaje de parasitismo fue mínimo y que al trabajar con 8 datos no se pueden obtener resultados muy robustos se procedió con el análisis. En este caso, se trabajó con un diseño completamente al azar.

III. RESULTADOS

La hipótesis principal de este estudio fue que la presencia de *Brassica rapa* en los cultivos de col atrae enemigos naturales al sistema y por consiguiente las poblaciones de *Brevicoryne brassicae* disminuyen. Para ayudar a comprobarla se plantearon las siguientes preguntas que se contestarán a lo largo de esta sección:

- ¿Cuáles son los enemigos naturales que están atacando al pulgón en las localidades estudiadas?
- ¿Cuándo llegan y se establecen los pulgones y sus enemigos naturales a los cultivos?
- ¿Están disminuyendo las poblaciones del pulgón por causa de sus enemigos naturales?
- ¿Hay más parasitismo en los policultivos que en los monocultivos?
- ¿Hay más parasitismo en la planta silvestre que en la col?
- ¿Hay más áfidos en los monocultivos que en los policultivos?
- ¿Hay más áfidos en la planta silvestre que en la col?
- ¿Existe una relación entre la densidad de áfidos y el parasitismo?

A. Los enemigos naturales del pulgón de la col

Para contestar la primera pregunta se tomaron los enemigos naturales colectados en platos amarillos, los vistos en las plantas de muestra en las parcelas y en las de los experimentos de exclusión. También se incluyeron los parasitoides eclosionados de momias colectadas en las parcelas y en los experimentos de exclusión.

Diaeretiella rapae (Hymenoptera: Braconidae) fue el enemigo natural del *B. brassicae* que se encontró en mayor abundancia en todas las fechas de muestreo, tanto eclosionado de momias colectadas en campo como en los platos amarillos. Además, fue el único parasitoide que eclosionó de las momias colectadas en los experimentos de exclusión. *Alloxysta* sp. (Hymenoptera: Cynipidae) eclosionó de momias colectadas en campo solamente en septiembre 2000 y marzo 2001, pero se colectó en todas las fechas con los platos amarillos. *Asaphes suspensus* (Ness) (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Aprostocerus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) también eclosionaron de momias colectadas en campo pero solamente en dos ocasiones (febrero y marzo 2001); además, se colectaron con platos amarillos en marzo y abril del 2001. Un *A. suspensus* y un *Aprostocerus* sp. adultos fueron colectados en una col en el

experimento de exclusión 1; sin embargo, no se encontró ningún áfido parasitado por estos. Individuos de Coccinellidae fueron colectados en todas las fechas de muestreo con los platos amarillos, con excepción de diciembre; sin embargo, solamente en tres ocasiones fueron observados en las plantas muestreadas en campo.

B. Llegada y establecimiento de *B. brassicae* y sus enemigos naturales a los monocultivos y policultivos

Para este monitoreo se utilizaron los datos de lo colectado en platos amarillos. Se compararon los promedios de *B. brassicae* y *D. rapae* por plato entre tratamientos (mono y policultivo); además, se analizaron cualitativamente por localidades.

En la Figura 3 se ve el promedio de *B. brassicae* alados colectados en platos desde agosto del 2000 hasta abril del 2001. En monocultivo hubo un pico de 1.5 áfidos por plato en septiembre y otro de 1.1 áfidos por plato en marzo. En policultivo el primer pico fue de 1.8 áfidos por plato en agosto y el segundo de 3.9 áfidos por plato en abril. Al tomar en cuenta todas las fechas de colecta, no se encontró diferencia significativa entre sistemas de cultivo ($F=0.667$, $p=0.5$).

En los monocultivos, no se colectó ningún individuo de *D. rapae* con los platos amarillos en la primera fecha de muestreo (agosto del 2000), sino hasta septiembre, fecha en la cual se colectó un promedio de 3.5 individuos por plato (Figura 4). En las fechas siguientes el promedio de individuos no subió de 1, pero tampoco llegó a cero. Por otro lado, en los policultivos, sí se colectó *D. rapae* en agosto y en las siguientes fechas el promedio fue mayor que en monocultivo, con excepción de noviembre, cuando no se capturó ningún individuo. Tomando en cuenta todas las fechas de muestreo, el promedio de individuos por plato de *D. rapae* en platos amarillos fue significativamente mayor ($F=29.198$; $p=0.033$) en policultivo (2.4 individuos/plato) que en monocultivo (0.6 individuos/plato).

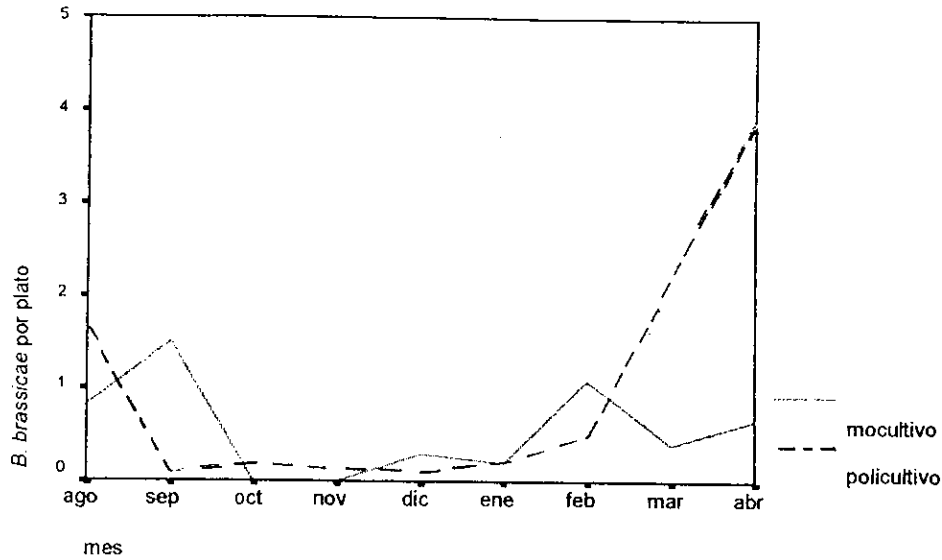


Figura 3. *Brevicoryne brassicae* (adultos alados) (Homoptera: Aphididae) colectados en platos amarillos de agosto, 2000 a abril, 2001 en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Cada punto representa el promedio de individuos de 10 platos amarillos. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* y *Brassica rapa*.

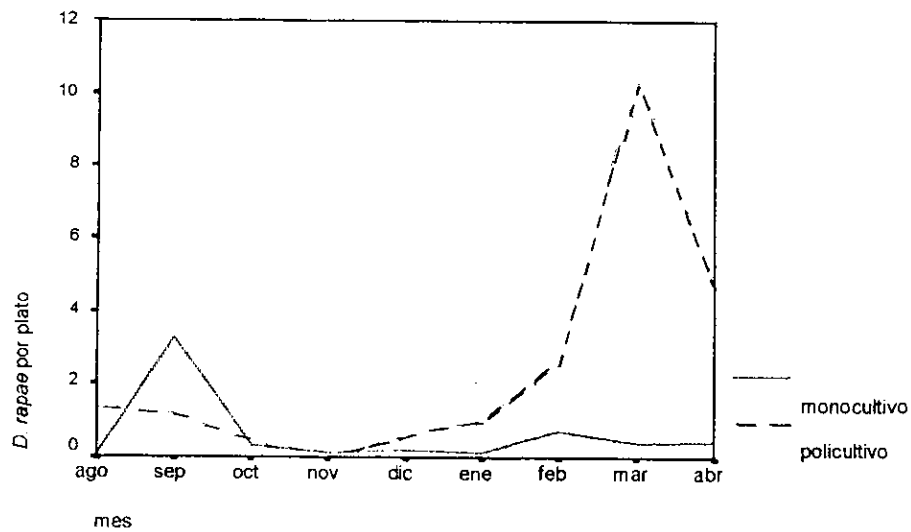


Figura 4. *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), principal parasitoide de *Brevicoryne brassicae*, colectados en platos amarillos de agosto, 2000 a abril, 2001 en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Cada punto representa el promedio de individuos de 10 platos amarillos. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* y *Brassica rapa*.

Separando los datos por localidad es interesante ver los promedios de *B. brassicae* y *D. rapae* por plato en Teopisca (monocultivo) y Pozo Colorado (policultivo) (Figuras 5 y 6). En ambas localidades no se sembró col sino hasta diciembre. En Teopisca *B. brassicae* no se colectó antes de diciembre; en cambio, en Pozo Colorado sí. Por otro lado, *D. rapae* fue colectado en ambas localidades en la época antes de la siembra de col, aunque en bajas densidades. En Pozo Colorado éstas se incrementaron grandemente después de la siembra del cultivo, mientras que en Teopisca se mantuvieron bajas.

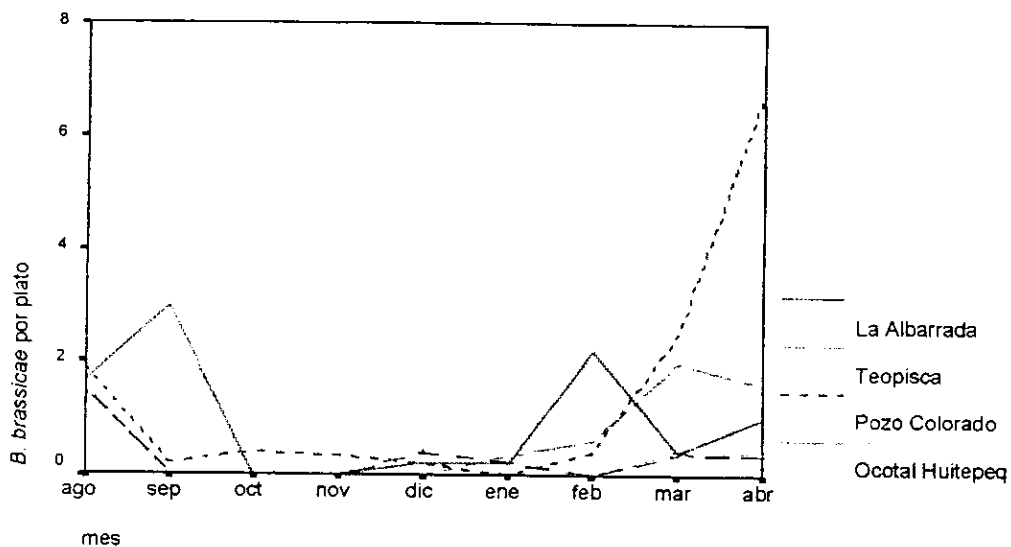


Figura 5. *Brevicoryne brassicae*, colectados en platos amarillos desde agosto, 2000 a abril, 2001 en Teopisca, Ocotál Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Cada punto representa el promedio de individuos de 5 platos amarillos.

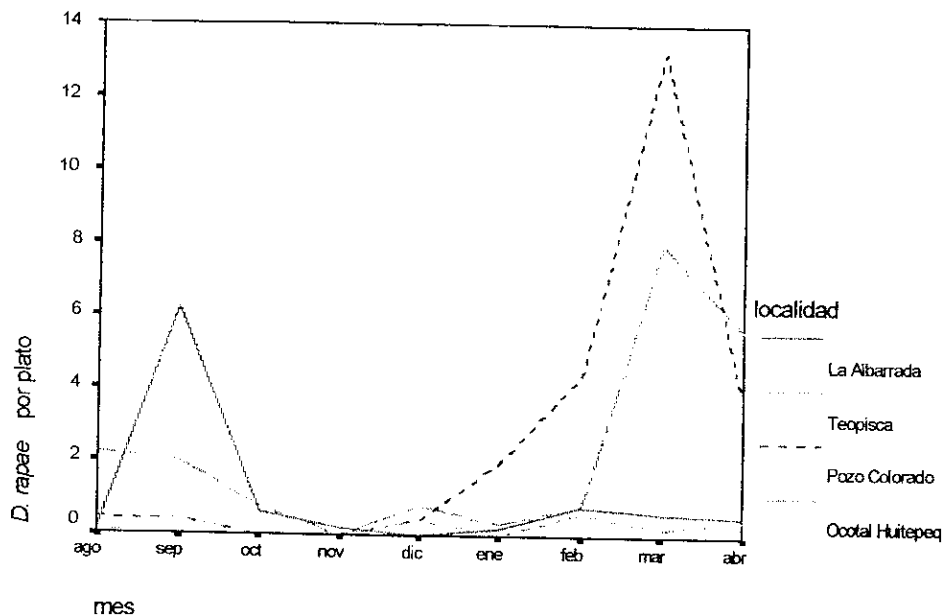


Figura 6. Promedio de *Diaeretiella rapae*, principal parasitoide de *Brevicoryne brassicae*, colectados en platos amarillos desde agosto, 2000 a abril, 2001 en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Cada punto representa el promedio de individuos de 5 platos amarillos.

C. Impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de áfidos

Puesto que el parasitismo de *B. brassicae* fue ocasionado casi exclusivamente por *D. rapae*, en adelante cuando se mencione porcentaje de parasitismo, se hablará del ocasionado por este parasitoide. El promedio máximo del porcentaje de parasitismo en campo, de un ciclo de cultivo de la col, fue 18% en policultivo en marzo (Figura 7). En el experimento de exclusión 1 (noviembre - diciembre) el parasitismo fue mínimo: de 70 macetas expuestas, solo ocho presentaron parasitismo y éste no subió de 0.25%. En el experimento de exclusión 2 (marzo- abril) el parasitismo fue mayor: de 30 plantas expuestas 20 presentaron parasitismo y el promedio máximo fue 8%.

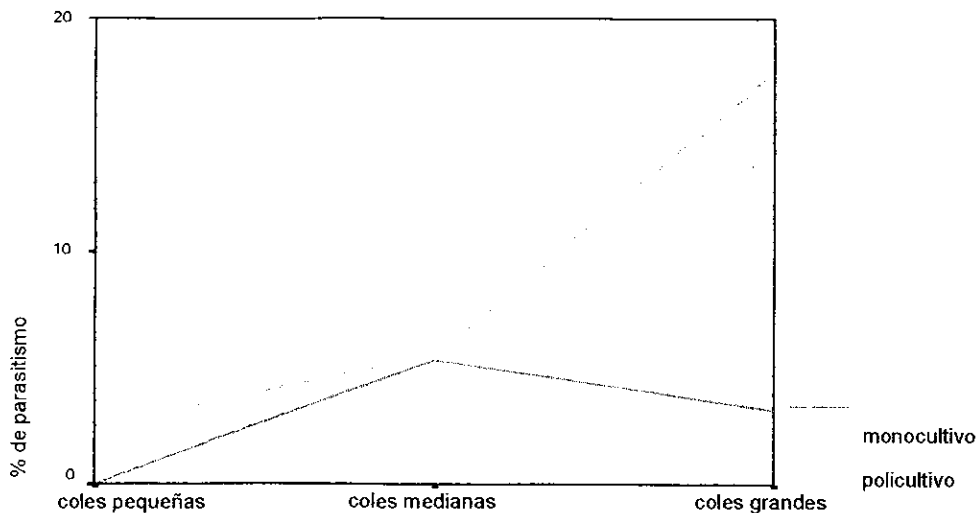


Figura 7. Porcentaje de parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* en coles (*Brassica oleracea*). Las colectas se realizaron en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisca (monocultivo), Ocotál Huitepeq (policultivo), Pozo Colorado (policultivo) y La Albarrada (monocultivo), localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* y *Brassica rapa*. Cada punto representa el promedio del parasitismo de 30 hojas de col.

En ninguno de los experimentos de exclusión las densidades de áfidos fueron menores afuera de las cajas de exclusión. En el experimento 1 el parasitismo fue muy poco como para esperar alguna diferencia y en efecto, no la hubo ($F=2.227$, $p=0.138$). Además, el efecto de este factor (caja de exclusión) era independiente de la planta hospedera y del sistema de cultivo, ya que ninguna de estas interacciones resultó significativa. En el experimento 2, aunque el parasitismo fue mayor que en el experimento 1, tampoco hubo una diferencia significativa ($F=0.022$, $p=0.883$). Las interacciones tampoco fueron significativas.

Como en el campo no se montaron experimentos de exclusión no se puede saber si allí los enemigos naturales estaban reduciendo las poblaciones de áfidos. Sin embargo, el comportamiento del parasitismo y de las poblaciones de áfidos sugieren que no. En el cuadro 2 y en las siguientes subsecciones se presentan estos resultados.

Cuadro 2. Resumen de los efectos de los factores sistema de cultivo y planta hospedera sobre las variables de respuestas evaluadas en dos experimentos de exclusión (uno en noviembre – diciembre, 2000, y otro en marzo – abril, 2001) en San Cristóbal de las Casas, México, y en las colectas de campo realizadas en los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Col = *Brassica oleracea*; silvestre = *Brassica rapa*. Monocultivo = B. oleracea sola; policultivo = B. oleracea + B. rapa. Las letras detrás de algunos valores representan: CC= dentro de la caja de exclusión; SC= fuera de la caja de exclusión. Los valores presentados representan los promedios de cada variable y los valores entre paréntesis representan un error estándar de la media. En el campo no se tenían parcelas con monocultivos de silvestre. En el experimento 1 el parasitismo fue menor que 0.25% por lo que no se incluyó.

Pregunta	Variable de respuesta		Monocultivo		Policultivo	
	Variable de respuesta		Col		Silvestre	
¿Hay más parasitismo en policultivo?	campo	%parasitismo	2.83 (1.36)		8.54 (2.39)	
			Experimento 2		3.59 (1.28)	
Proporción de plantas con parasitismo	campo		0.18 (9.29E-02)		0.46 (9.42E-02)	
			Experimento 2		0.77	
¿Hay áfidos en el punta (silvestre) policultivo?	Campo	Áfidos por hoja (col). Áfidos en el punta (silvestre)	19.14 (15.05)		36.88 (17.45)	
			Experimento 1		1281.08 (341.73) CC 822.25 (129.31) SC	
Proporción de plantas con áfidos	Campo		0.2610 (0.125)		0.52 (0.12)	
			Experimento 2		1696.12 (305.47) CC 1472.7 (220.39) SC	
Proporción de plantas con áfidos	Campo		969.22 (190.14) CC 549.33 (169.3) SC		690.8 (158.97) CC 654.20 (328.81) SC	
			Experimento 1		2064.25 (422.84) CC 1666.25 (346.88) SC	
Proporción de plantas con áfidos	Campo		0.2610 (0.125)		0.81 (0.15)	
			Experimento 2		923.20 (369.16) CC 486.20 (262.13) SC	

D. Comparación del parasitismo en mono y policultivo

Para hacer estas comparaciones se analizaron las variables “porcentaje de parasitismo” y “proporción de plantas con parasitismo” para los datos de las colectas de campo y las de los experimentos de exclusión. Según la hipótesis principal se esperaba que ambas variables fueran mayores en los policultivos por la atracción de los parasitoides hacia las flores de la silvestre.

En campo no se encontraron diferencias significativas al comparar el porcentaje de parasitismo en col, entre los tres muestreos ($F=2.374$; $p=0.149$), por lo que se analizaron promediando los datos para el ciclo completo del cultivo. Al analizarlos de esta manera no se encontró diferencia significativa en el porcentaje de parasitismo (transformado $\log(x+1)$) entre mono (2.83%) y policultivo (8.54%) (Figura 8 y Cuadro 2) ($F=1.385$; $p=0.360$). Además, la proporción de coles con parasitismo también fue mayor en policultivo (0.46) que en monocultivo (0.18) y esta diferencia fue significativa (con las proporciones transformadas con arcoseno) ($F=5.233$, $p=0.045$) (Figura 9 y Cuadro 2).

En el experimento de exclusión 1 al hacer el análisis de varianza con los ocho datos de porcentaje de parasitismo transformados ($\log(x+1)$) no se encontraron diferencias significativas entre sistemas de cultivo ($F=1.260$, $p=0.324$). Además, para poder analizar la proporción de plantas con parasitismo hubo muy pocos datos.

En el experimento de exclusión 2 el porcentaje de parasitismo en col era mayor en monocultivo (8.06%) que en policultivo (1.75%), pero no se encontraron diferencias significativas ($F=0.106$, $p=0.748$) con el análisis de varianza con datos transformados ($\log(x+1)$) (Figura 10 y Cuadro 2). No se pudo hacer un análisis de varianza porque sólo había cuatro datos; sin embargo, hubo una tendencia hacia mayor proporción de plantas con parasitismo en el policultivo (0.8 vs 0.44) (Cuadro 2).

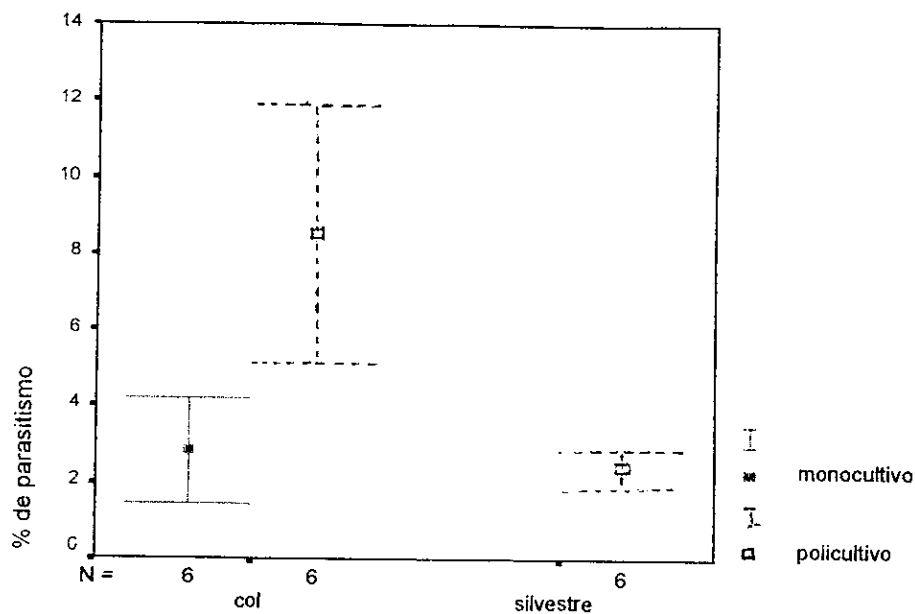


Figura 8. Promedio del porcentaje de parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* en coles (*Brassica oleracea*) y brasicas silvestres (*Brassica rapa*). Las colectas se realizaron en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisca (monocultivo), Ocotal Huitepeq (policultivo), Pozo Colorado (policultivo) y La Albarrada (monocultivo), localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* y *Brassica rapa*. Las barras representan un error estándar de la media.

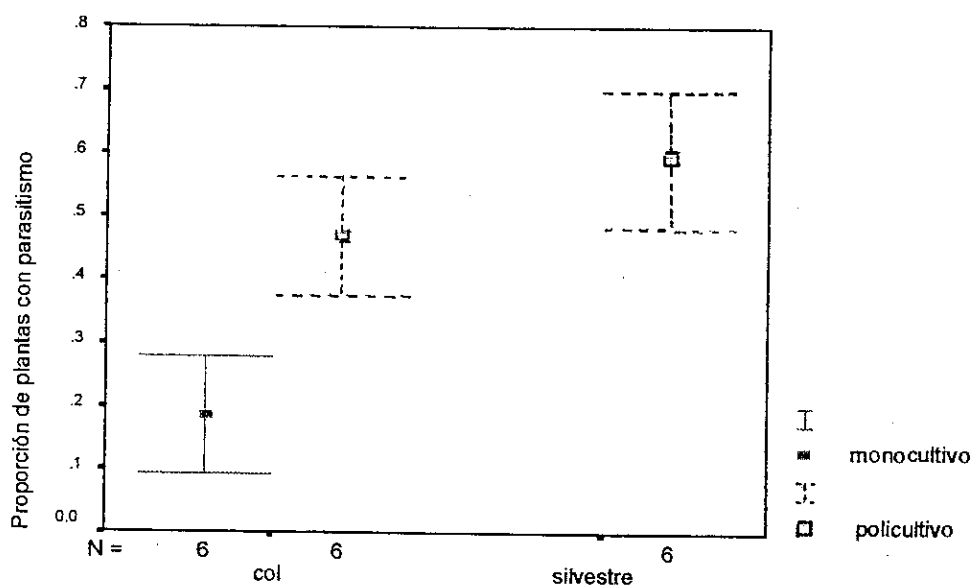
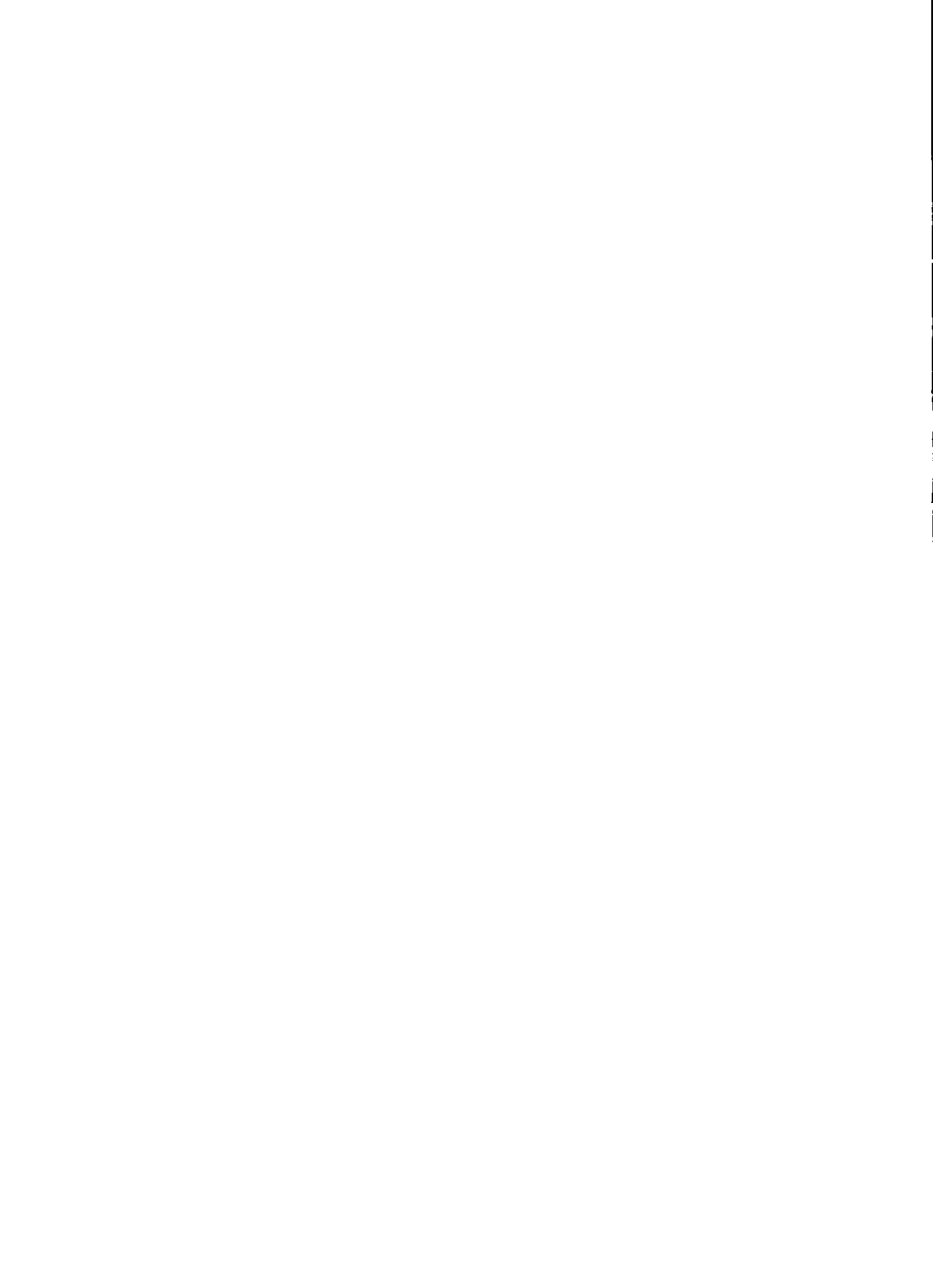


Figura 9. Promedio de la proporción de plantas con parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* en coles (*Brassica oleracea*) y brasicas silvestres (*Brassica rapa*). Las colectas se realizaron en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisca (monocultivo), Ocotal Huitepeq (policultivo), Pozo Colorado (policultivo) y La Albarrada (monocultivo), localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* y *Brassica rapa*. Las barras representan un error estándar de la media.



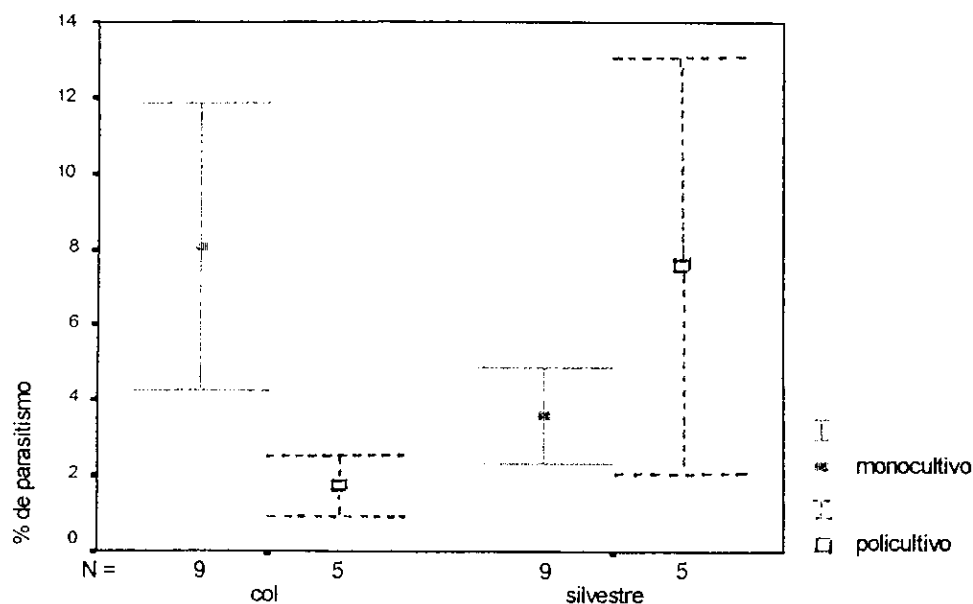


Figura 10. Porcentaje de parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* en coles (*Brassica oleracea*) y brasicas silvestres (*Brassica rapa*). Las colectas son del experimento de exclusión (2) realizado en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, en marzo y abril, 2001. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* y *Brassica rapa*. Las barras representan un error estándar de la media

E. Comparación del parasitismo entre col y silvestre

En el campo las poblaciones de áfidos que estaban en la col tuvieron un mayor porcentaje de parasitismo que los que estaban en la silvestre (8.54% vs. 3.36%) (Figura 8 y Cuadro 2), y esta diferencia fue significativa ($F=14.817$, $p=0.061$) (para el análisis se utilizaron datos transformados $\log(x+1)$). Contrario a esto, la proporción de plantas silvestres con parasitismo fue mayor que la de plantas de col (0.59 vs. 0.46), pero esta diferencia no fue significativa (transformación con arcoseno) ($F=0.574$, $p=0.466$) (Figura 9 y Cuadro 2).

En el experimento de exclusión 2 tampoco se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de parasitismo ($F=1.092$, $p=0.309$). No obstante, en el policultivo hubo una tendencia hacia mayor porcentaje de parasitismo en la silvestre (7.55%) que en la col (1.75%) (Figura 10 y Cuadro 2). Por el contrario, la tendencia de la proporción de plantas con parasitismo fue mayor en la col (0.8) que en la silvestre (0.6) (Cuadro 2). En este experimento el efecto de la planta hospedera sobre el parasitismo fue independiente del efecto del sistema de cultivo (la interacción no fue significativa).

F. Comparación de la densidad de áfidos entre mono y policultivo

Para la primera variable (promedio de áfidos) se tomaron los datos del campo y de los experimentos de exclusión; para la segunda (proporción de plantas con áfidos), solamente los de campo, ya que todas las plantas en los experimento tenían áfidos (todas fueron inoculadas).

En el campo el promedio de áfidos por hoja de col en policultivo fue 36.88 y en monocultivo 19.14 (Figura 11 y Cuadro 2), pero al hacer el análisis de varianza (con datos transformados con raíz cuadrada) no se encontró una diferencia significativa ($F=0.723$, $p=0.485$). Al comparar la proporción de plantas con áfidos tampoco se encontraron diferencias significativas ($F=2.566$, $p=0.140$), pero sí las mismas tendencias: mayor en policultivo (0.52) que en monocultivo (0.26) (Figura 12 y Cuadro 2).

En el experimento de exclusión 1, el promedio de áfidos en la col fue mayor en policultivo (1281.08 con caja y 822.25 sin caja) que en monocultivo (766.04 con caja, 725.54 sin caja) y se obtuvieron diferencias significativas ($F=4.138$, $p=0.044$) (datos transformados con raíz cuadrada) (Figura 13 y Cuadro 2). En el experimento de exclusión 2 no se encontró diferencia significativa ($F=0.716$, $p=0.402$) (Figura 14).

G. Comparación de la densidad de áfidos entre plantas hospederas

No es posible comparar las densidades de áfidos entre las plantas hospederas en campo ya que se utilizaron diferentes unidades de muestreo. Por otro lado, no se encontró diferencia significativa en la proporción de plantas con áfidos en el policultivo ($F=2.800$, $p=0.125$), pero la tendencia fue mayor en las plantas de col (Figura 12).

En el experimento de exclusión 1 en policultivo las silvestres sin caja tuvieron un promedio de 1666.25 áfidos por planta; las coles sin caja tuvieron un promedio de 822.2 áfidos por planta. Se obtuvieron diferencias significativas ($F=22.610$, $p=0.000$) (Figura 13). Los efectos de todos los factores (planta hospedera, sistema de cultivo y exclusión) sobre esta variable fueron independientes entre sí, ya que ninguna de las interacciones resultó significativa. Es decir, que las silvestres tuvieron en promedio más áfidos que las coles, sin importar si estaban dentro o fuera de las cajas de exclusión, o si estaban en mono o policultivo.

En el experimento de exclusión 2, por el contrario, hubo significativamente más áfidos en la col que en la silvestre (análisis con datos transformados con raíz cuadrada) ($F=3.530$, $p= 0.067$) (Figura 14). Tampoco se encontraron interacciones significativas entre factores.

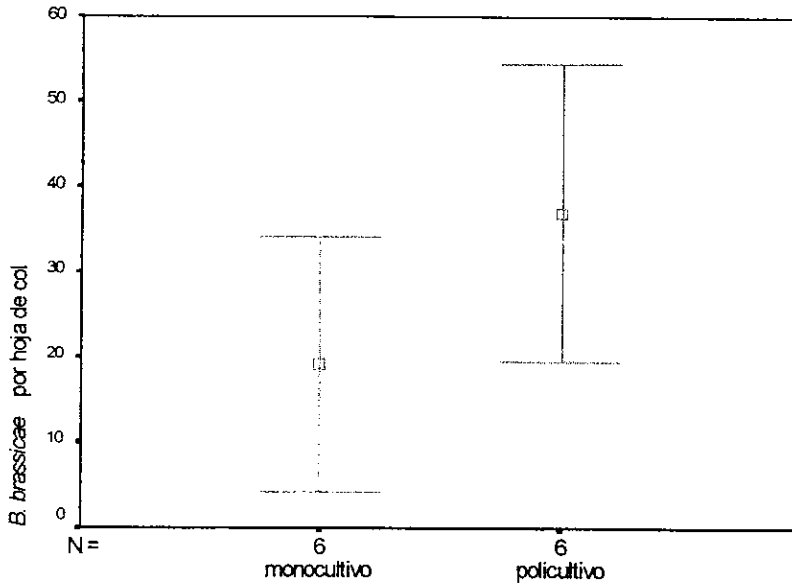


Figura 11. Promedio de *Brevicoryne brassicae* por hoja en coles (*Brassica oleracea*). Las colectas se realizaron en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisca (monocultivo), Ocotal Huitepeq (policultivo), Pozo Colorado (policultivo) y La Albarrada (monocultivo). Localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* y *Brassica rapa*. Las barras representan un error estándar de la media.

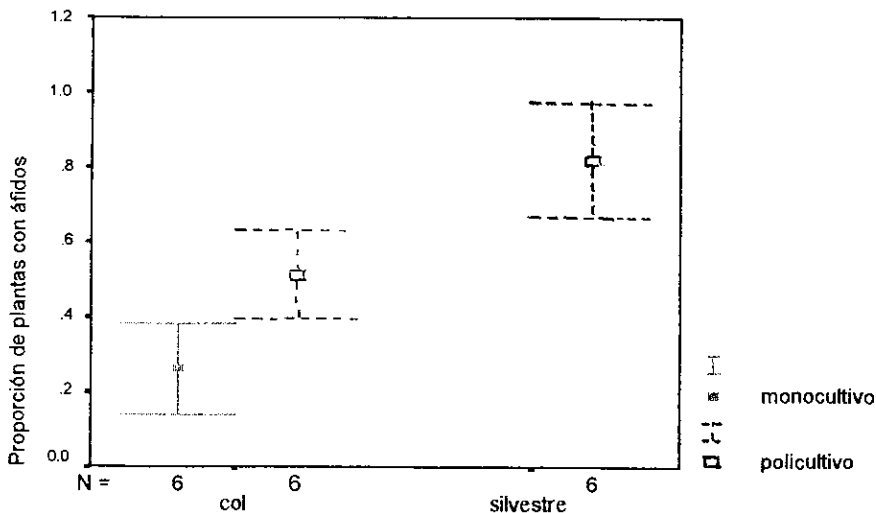


Figura 12. Proporción de plantas con *Brevicoryne brassicae*. Las colectas se realizaron en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisca (monocultivo), Ocotal Huitepeq (policultivo), Pozo Colorado (policultivo) y La Albarrada (monocultivo), localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* (col) y los policultivos de *Brassica oleracea* y *Brassica rapa* (silvestre). Las barras representan un error estándar de la media.

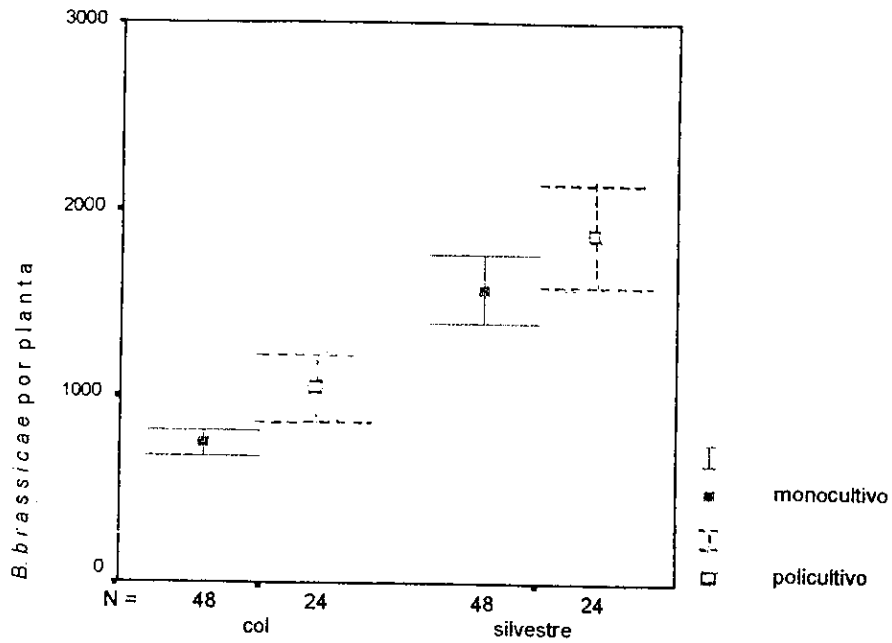


Figura 13. Promedio de *Brevicoryne brassicae* por planta en coles (*Brassica oleracea*) y brasicas silvestres (*Brassica rapa*). Las colectas son del experimento de exclusión (1) realizado en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, en noviembre y diciembre, 2000. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* (col) y *Brassica rapa* (silvestre). Las barras representan un error estándar de la media.

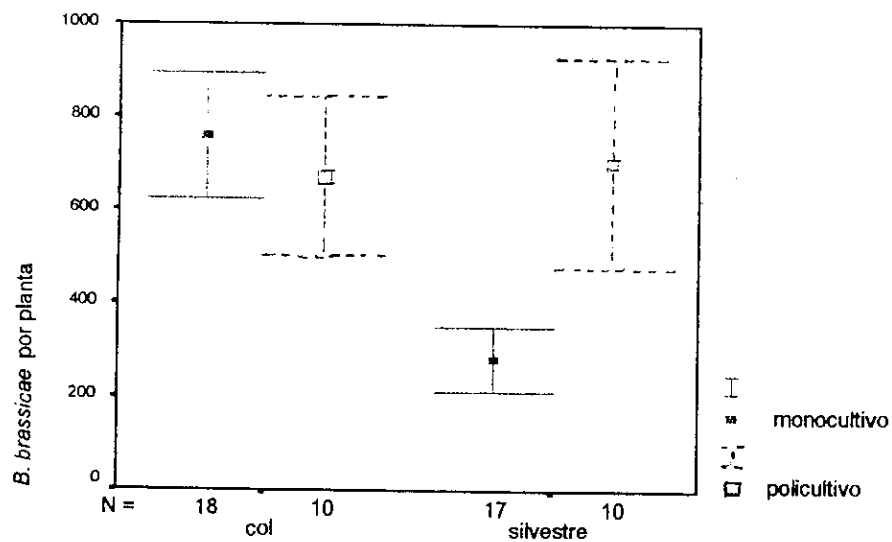


Figura 14. Promedio de *Brevicoryne brassicae* por planta en coles (*Brassica oleracea*) y brasicas silvestres (*Brassica rapa*). Las colectas son del experimento de exclusión (2) realizado en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, en marzo y abril, 2001. Los monocultivos consistían de *Brassica oleracea* y los policultivos de *Brassica oleracea* (col) y *Brassica rapa* (silvestre). Las barras representan un error estándar de la media.

H. Relación entre el parasitismo y la densidad de áfidos

Los resultados anteriores no sugieren que la planta silvestre atrae los enemigos naturales, al menos directamente; tampoco sugieren que el parasitismo reduce las poblaciones de áfidos. Al comparar los gráficos de parasitismo y las densidades de áfidos, sí se puede observar que existe una relación entre el parasitismo y la densidad de áfidos. Por esta razón, se realizaron regresiones entre las variables “% de parasitismo” “proporción de plantas con parasitismo” “promedio de áfidos” y “proporción de plantas con áfidos”.

Al realizar un análisis de regresión entre el porcentaje de parasitismo y el número de áfidos en campo, no se encontró una ecuación que explicara la relación (Figura 15). Sin embargo, al realizar este mismo análisis con los datos del experimento 2, se obtuvo una $r^2=0.396$ ($F=11.14$, $p=0.004$) según la curva $y = 206.53 x^{-0.7603}$ (Figura 16). Al juntar los datos de campo con los del experimento no se encontró una relación significativa.

Ya que los datos del experimento 2 eran sólo cuatro, se juntaron con los de campo para la regresión entre la proporción de plantas con parasitismo y el número de áfidos. Aquí se encontró un $r^2=0.343$ ($F=9.38$, $p=0.007$) según la curva logarítmica ($y = 0.2009 + 0.0694 \ln x$) (Figura 17).

La relación entre el porcentaje de parasitismo y la proporción de plantas con áfidos se explica con la ecuación cuadrática $y = -0.7494x^2 + 37.4957x - 34.811$ con un $r^2 = 0.307$ ($F=3.33$, $p=0.064$) (Figura 18). La ecuación lineal $y = 0.0319 + 0.7199 x$ explica en gran medida la relación entre la proporción de plantas con parasitismo y la proporción de plantas con áfidos ($r^2 = 0.912$) ($F=166.25$, $p= 0.000$) (Figura 19).

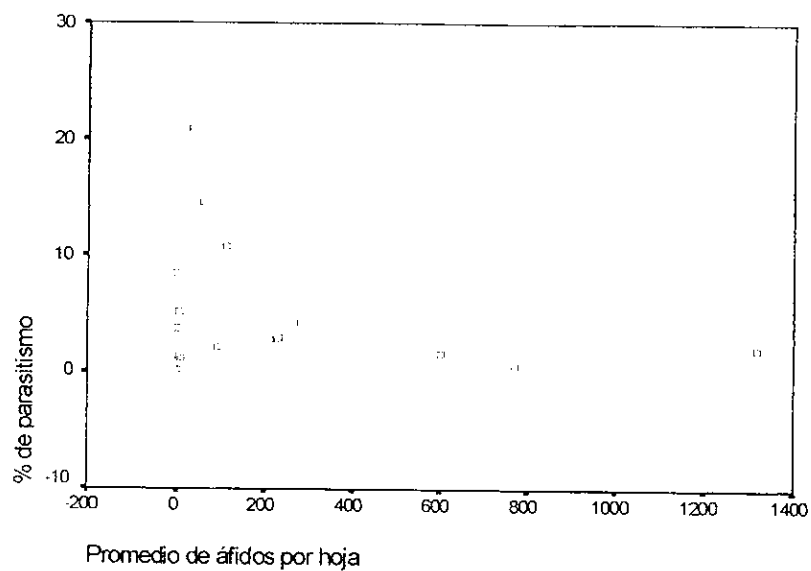


Figura 15. Porcentaje de parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* vs. promedio de áfidos por hoja de coles (*Brassica oleracea*) y por 10 cm de la punta de brasicas silvestres (*Brassica rapa*). Las colectas se realizaron en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisca, Ocotlán Huitapeq, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. N=18.

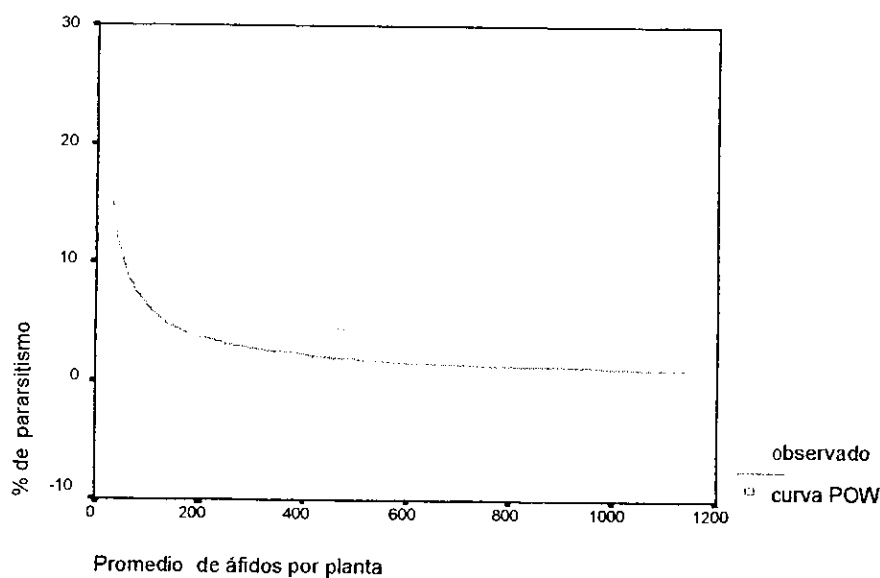


Figura 16. Porcentaje de parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* vs. promedio de áfidos por planta (*Brassica oleracea* y *Brassica rapa*). Las colectas son del experimento de exclusión (2) realizado en marzo y abril, 2001, en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, México. N=28. La curva POW está dada por la ecuación $y = 206.53 x^{-0.7603}$.

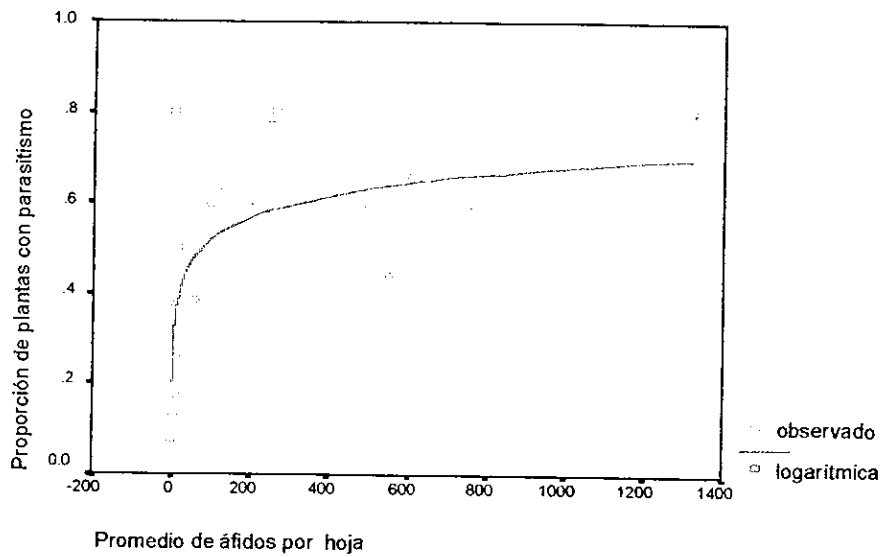


Figura 17. Proporción de plantas con parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* vrs. promedio de áfidos por hoja de coles (*Brassica oleracea*) y por 10 cm de la punta de brasicas silvestres (*Brassica rapa*). Las colectas son del experimento de exclusión (2) realizado en marzo y abril, 2001, en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, México y las colectas realizadas en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. N=22. La curva logarítmica está dada por la ecuación $y = 0.2009 + 0.0694 \ln x$.

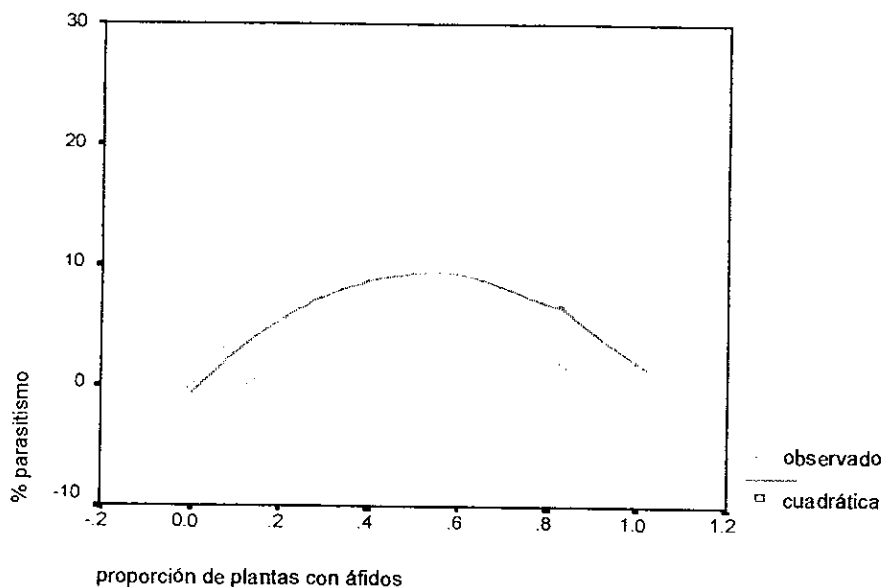


Figura 18. Porcentaje de parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* vrs. proporción de plantas (*Brassica oleracea* y *Brassica rapa*) con áfidos. Las colectas fueron realizadas en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisca, Ocotal Huitepeq, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisca, Chiapas, México. N= 18. La curva cuadrática está dada por la ecuación $y = -0.7494 x^2 + 37.4957x - 34.841$.

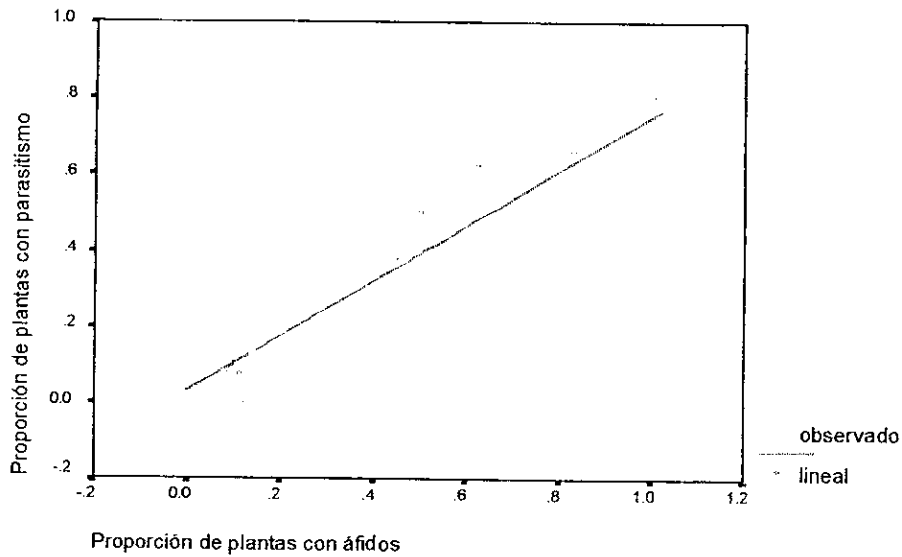


Figura 19. Proporción de plantas con parasitismo de *Brevicoryne brassicae* ocasionado por *Diaeretiella rapae* vs. proporción de plantas con áfidos de coles (*Brassica oleracea*) y por 10 cms de la punta de brasicas silvestres (*Brassica rapa*). Las colectas fueron realizadas en diciembre, 2000, enero, febrero y marzo, 2001, en Teopisea, Ocotal Huitepec, Pozo Colorado y La Albarrada, localidades de los municipios de San Cristóbal y Teopisea, Chiapas, México. N=18. La curva lineal está dada por la ecuación $y = 0.0319 + 0.7199 x$.

IV. DISCUSION

A. ¿Cuáles son los enemigos naturales que están atacando al pulgón en las localidades estudiadas?

Diaeretiella rapae fue el principal parasitoide de *Brevicoryne brassicae*, y esto concuerda con lo reportado en la literatura en diferentes partes del mundo (Root 1973, Hagen y Van den Bosch 1968, Van Emden 1965, Lomeli-Flores 1993). Este himenóptero fue el único enemigo natural que se presentó consistentemente, tanto en el campo como en condiciones experimentales. Se ha reportado que el impacto de *D. rapae* sobre *B. brassicae* no es tan eficaz por causa del hiperparasitismo de *Alloxysta* sp. (Van Emden 1965, Hagen y Van den Bosch 1968, Chua 1977). En este estudio se encontraron, además de *Alloxysta* sp., otros hiperparasitoides de *D. rapae*: *Asaphes suspensus* y *Aprostocerus* sp. Estos hiperparasitoides no estuvieron presentes durante todo el ciclo y se desconoce el impacto de éstos sobre las poblaciones de *D. rapae* en la región estudiada.

En cuanto a depredadores, se colectaron coccinélidos en platos amarillos, pero solo en dos ocasiones se les observó en las plantas muestreadas. No se colectó ningún sírfido. En varios estudios (ver Hodek 1996), se ha visto que *B. brassicae* es menos preferido por los coccinélidos que otros áfidos, debido a la capa cerosa que cubre su cuerpo. Puede ser que los coccinélidos presentes en las localidades se hayan estado alimentando de otras presas. El hecho que no se hayan encontrado sírfidos es raro porque están reportados como muy atraídos hacia los colores amarillos y hacia las brasicas (Altieri 1984, Nentwig 1998).

B. ¿Cuándo llegan y se establecen los pulgones y sus enemigos naturales a los cultivos?

En general, el número de individuos de *B. brassicae* y de *D. rapae* entre octubre y enero fue muy bajo (Figuras 3 y 4). Esto pudo deberse a las bajas temperaturas registradas en el área en estas fechas, y concuerda con el bajo parasitismo que se registró en el experimento de exclusión 1 (noviembre – diciembre). En un principio se pensó que éste se debía a que los parasitoides no habían localizado a las plantas por estar éstas en macetas aisladas, pero el parasitismo en el experimento 2 (marzo – abril) prueba lo

contrario: las plantas se encontraban en los mismos lugares y en las mismas condiciones y el parasitismo fue mucho mayor.

Al analizar los datos de los platos amarillos separados por tratamiento (mono o policultivo) es muy difícil poder decir cuándo llegaron los áfidos y sus enemigos naturales. En los dos tratamientos, tanto los áfidos como el parasitoide, ya se encontraban en los cultivos en la primera fecha de muestreo y se siguieron colectando en todas las fechas siguientes (Figuras 3 y 4).

Por lo anterior, los datos de los platos amarillos son más interesantes al separarlos por localidad (Figuras 5 y 6). En Teopisca y Pozo Colorado no se sembró col sino hasta diciembre, mientras que en La Albarrada y en Ocotil Huitepeq hubo coles todo el año. En Teopisca no se colectó ningún individuo de *B. brassicae* de agosto a diciembre, lo cual es lógico al no haber ningún hospedero. Sin embargo, sí se colectó *D. rapae*, aunque en muy bajas cantidades. Al no estar presente su hospedero principal se esperaba que el parasitoide tampoco lo estuviera. Se sabe que *D. rapae* oviposita en otros áfidos si *B. brassicae* no está presente, pero solamente si éstos se han alimentado recientemente de alguna crucífera (Read *et al.* 1970) y en esta parcela solamente había maíz. Letourneau (1987), reportó que las plantas de maíz atraen a algunos parasitoides. Puede ser que éste haya sido el caso de *D. rapae* o puede ser que los individuos colectados hayan estado migrando y fueron atraídos por el amarillo de los platos.

En estas mismas fechas en Pozo Colorado se colectaron, también en bajas cantidades, *B. brassicae* y *D. rapae*. Esto se esperaba, ya que al estar presente la brasicia silvestre, el áfido tuvo una fuente constante de alimento y, por lo tanto, el parasitoide una fuente constante de oviposición.

Después de la siembra de col, el número de individuos de *B. brassicae* y *D. rapae* se mantuvo bajo en Teopisca y subió drásticamente en Pozo Colorado. La razón por la que las poblaciones se mantuvieron bajas en Teopisca puede haber sido que los áfidos tienen pocas probabilidades de colonizar un cultivo lejano, debido a su poca capacidad de dirigir su vuelo (Hughes 1963). Al no llegar los áfidos al cultivo, el parasitoide tampoco llegó. Por otro lado, en Pozo Colorado los áfidos estuvieron siempre presentes y según Hughes (1963), el traslado de una planta adyacente a otra es bastante probable; ellos simplemente se trasladaron de las silvestres a las coles, sin tener que migrar grandes

distancias. Al haber áfidos en el cultivo, los parasitoides pueden reproducirse y aumentar sus poblaciones.

En La Albarrada y Ocotál Huitepeq, en donde el cultivo estuvo siempre presente, los áfidos y parasitoides tuvieron fuentes constantes de alimento. Esto explica por qué fueron colectados en casi todas las fechas de muestreos.

Parece que la llegada y el establecimiento de los pulgones y sus enemigos naturales, depende en gran medida de cuándo se siembran los cultivos y de la presencia de alguno de las plantas hospederas durante todo el año. Sería muy interesante realizar un estudio que compare, en condiciones controladas, si el efecto de esta planta silvestre sobre las poblaciones de áfidos y parasitoides es diferente cuando el cultivo se siembra solo en una época del año y cuando se siembra todo el año.

C. ¿Están disminuyendo las poblaciones del pulgón por causa de sus enemigos naturales?

En los experimentos de exclusión no parece ser que el número de áfidos esté siendo afectado significativamente por el parasitismo. Se esperaba que, por acción de los enemigos naturales, hubiera menos áfidos en las plantas fuera de las cajas de exclusión. Aunque los datos mostraron levemente esta tendencia, no se encontraron diferencias significativas. Parece ser entonces, que en los experimentos, los enemigos naturales no redujeron las poblaciones de áfidos. Otra posibilidad es que, como los errores estándares grandes lo sugieren (Cuadro 2), hayan hecho falta réplicas en el experimento para encontrar diferencias significativas.

No es posible saber si esto mismo sucedió en el campo, ya que allí no se tenían experimentos de exclusión. Sin embargo, según Hughes y Gilbert (1967), un parasitismo del 10% puede acelerar la disminución de las poblaciones de los áfidos y en el último muestreo de campo el porcentaje superó este 10% (Figura 7). Sería muy interesante montar experimentos de exclusión dentro de los cultivos para poder contestar la pregunta planteada.

Aún sin tener estos experimentos, el comportamiento del parasitismo y las densidades de áfidos colectados en el campo ayudaron a contestar la pregunta. Se observa que el porcentaje de parasitismo se "diluyó" al haber muchos áfidos; es decir, hubo un

menor porcentaje de parasitismo en una población grande de áfidos que en una pequeña (se puede observar en la relación inversa entre el porcentaje de parasitismo y el número de áfidos (Figuras 15 y 16)). En una revisión de literatura Hagen y Van den Bosch (1968) encontraron que, por la incapacidad de *D. rapae* de aumentar sus poblaciones tan rápidamente como su hospedero, su impacto sobre el pulgón es muy bajo. Sin embargo, estos autores también encontraron reportes en los cuales se afirma que este parasitoide es muy importante para el control de *B. brassicae*. En el presente estudio pareciera que *D. rapae* no pudo controlar las poblaciones de áfidos. Adicionalmente, se esperaba que, si en los policultivos había más parasitismo, hubiera allí menos áfidos que en los monocultivos; como se ve en las siguientes subsecciones, no se dió este caso.

D. ¿Hay más parasitismo en los policultivos que en los monocultivos?

Con esta pregunta se buscaba contestar si la planta silvestre atraía a los parasitoides al sistema. Además, para ayudar a explicar el comportamiento de los parasitoides dentro del sistema, se comparó el parasitismo entre coles y plantas silvestres. Al comparar el porcentaje de parasitismo, tanto en el campo como en los experimentos, no se encontraron diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo, y entre planta hospedera sólo se encontró diferencia en el campo (fue mayor en la col). Esto podría sugerir que la presencia de *B. rapa* no tiene ningún efecto sobre la actividad de los parasitoides. Sin embargo, es interesante ver algunas tendencias.

En el campo hubo una tendencia hacia mayor porcentaje de parasitismo en policultivo (Figura 8) y, además, la proporción de plantas de col con parasitismo fue significativamente mayor en policultivo que en monocultivo (Figura 9). Esto concuerda con los datos del experimento de exclusión 2 (Cuadro 2), en el que la proporción de plantas con parasitismo también fue mayor en policultivo; sin embargo, esta tendencia no fue significativa. Adicionalmente, con las colectas con platos amarillos, *D. rapae* fue más abundante en policultivo que en monocultivo. Todo esto concuerda con la literatura, en la cual en general los parasitoides son más abundantes en los policultivos (Root 1973, Andow 1988, Andow 1991). La presencia durante todo el año de la brásica silvestre y sus llamativas flores amarillas puede haber sido la causa.

Por otro lado, en el campo el porcentaje de parasitismo fue significativamente mayor en las coles que en las silvestres (Figura 8). Esto podría explicarse por el hecho que una vez dentro del hábitat escogido, *D. rapae* encuentra a su hospedero al azar (Hafez 1961 citado por Read *et al.* 1970). Por esta forma de búsqueda era más probable que los parasitoides localizaran plantas de col con áfidos, por haber sido éstas más abundantes y haber estado más concentradas que las silvestres. Esto sería una situación ideal para el manejo de la plaga, ya que la planta silvestre, además de atraer parasitoides, no estaría funcionando como "trampa" para ellos. Sin embargo, las demás comparaciones entre plantas hospederas, tanto del porcentaje de parasitismo como de la proporción de plantas con parasitismo, no resultaron significativas y sus tendencias no son consistentes entre sí (Figuras 9 y 10 y Cuadro 2).

La variable que estaría explicando mejor el comportamiento y movimiento de los parasitoides es la proporción de plantas con parasitismo, ya que el porcentaje de parasitismo se "diluye" con el número de áfidos. Por consiguiente, al menos en tendencia, sí hay una mayor presencia de parasitoides en los policultivos. Sin embargo, no queda claro, ni se obtuvo evidencia para saber si la planta silvestre atrajo a los parasitoides.

E. ¿Hay mayor densidad de áfidos en el monocultivo?

Se encontraron resultados contrarios a los esperados. No se encontraron diferencias significativas en el número de áfidos entre sistema de cultivo en el experimento 2. En el experimento 1, el número de áfidos fue significativamente mayor en policultivo. En el campo, aunque las diferencias no fueron significativas, también se encontró esta tendencia y la proporción de plantas con áfidos también fue mayor en este sistema de cultivo. Estos resultados son inconsistentes con trabajos anteriores, en los cuales el número de áfidos fue menor en el policultivo (por ejemplo Root 1973, Horn 1981). Sin embargo, en estos trabajos los policultivos consistían de cultivos de brasicas y varias especies de hierbas de diferentes familias, mientras que *Brasica rapa* es del mismo género que las coles.

Puede ser que la hipótesis de concentración de recursos, y no la de los enemigos naturales, sea la que podría explicar, en este caso, el mayor número de áfidos en el policultivo. En varios estudios (ver Rish *et al.* 1983), se ha demostrado que las

poblaciones de insectos polípagos son mayores en policultivos si su movimiento y dispersión opera con más fuerza que el efecto de los enemigos naturales. En una revisión de literatura, Andow (1991) encontró que esto ocurre en la mayoría de los casos. Un insecto puede ser considerado polípago si se alimenta de más de una de las plantas del sistema (Rish *et al.* 1983), y este es el caso de *B. brassicae* en un sistema de *B. oleracea* y *B. rapa*. Al tener más recursos, el áfido pudo aumentar sus poblaciones.

Al comparar planta hospedera en el experimento 1, se encontraron más áfidos en la silvestre; según Ruiz-Montoya y Núñez-Farfán (en prensa) *B. brassicae* tiene mayor éxito en *B. rapa* que en *B. oleracea*. Sin embargo, en el experimento 2, se encontraron más áfidos en la col. Esto pudiera deberse a que las silvestres en este experimento estaban más pequeñas que en el otro experimento. En el campo no se pudieron hacer estas comparaciones por haber tomado diferentes unidades de muestreo.

En cualquier caso, la morfología, el tamaño y el área de estas dos plantas son muy diferentes; se tendrían que hacer comparaciones de número de áfidos por área dada para poder concluir cuál de las dos plantas alberga más áfidos. Sería recomendable también, hacer experimentos de preferencia, tanto de los áfidos como de los parasitoides.

Hasta aquí se ha visto que hubo una tendencia hacia mayor proporción de plantas con parasitismo en los policultivos, pero esto no causó que las poblaciones de áfidos en este sistema de cultivo disminuyeran. Por el contrario, hubo una tendencia hacia más áfidos y mayor proporción de plantas con áfidos en los policultivos. Esto sugiere que, así como en los experimentos de exclusión, en el campo los parasitoides tampoco estaban disminuyendo las poblaciones de áfidos.

Adicionalmente, al relacionar el porcentaje de parasitismo y el número de áfidos, existe una relación inversa: a más áfidos menor el porcentaje de parasitismo (Figuras 15 y 16). Por otro lado, la proporción de plantas con parasitismo aumenta linealmente al aumentar la proporción de plantas con áfidos (Figura 19); pero el porcentaje de parasitismo disminuye al aumentar mucho la proporción de plantas con áfidos (Figura 18). Esto sugiere que, a pesar de que sí hay parasitoides en el sistema y que éstos se distribuyen en casi todas las plantas que tienen áfidos, no son capaces de responder a los incrementos poblacionales de sus hospederos.

F. ¿Qué es lo que realmente atrae a los parasitoides?

Al comparar los gráficos de proporción de plantas con parasitismo y los de densidad de áfidos, tanto en campo como en el experimento 2, pareciera que es esta última variable la que está determinando el comportamiento de aquella.

Es sabido que la densidad de áfidos afecta el parasitismo (LaSalle 1991); los enemigos naturales se ven atraídos por colonias grandes de áfidos (Hughes 1963). En los análisis de regresión, sí se obtuvo una relación significativa entre estas dos variables: a más áfidos, mayor es la proporción de plantas parasitadas, hasta un límite determinado (Figura 17).

Tanto en el campo como en el experimento de exclusión 2, la proporción de plantas con parasitismo fue mayor cuando había más áfidos, no importando la planta hospedera. Esto sugiere que fue la densidad de áfidos la que determinó la atracción de los parasitoides hacia las plantas y no algún efecto físico o químico de la planta en sí. No se puede saber si esto mismo pasó con la atracción hacia el sistema de cultivo, porque siempre hubo mayor proporción de plantas con parasitismo en policultivo, y también siempre hubo más áfidos. Puede ser, entonces, que la atracción de los parasitoides a los sistemas de cultivo con la silvestre se deba a que en éstos las densidades de áfidos fueron levemente mayores.

El hecho de que los tratamientos hayan estado en parcelas separadas, que hayan estado expuestos a diferentes condiciones ambientales y de manejo, que en un tratamiento el cultivo haya sido bróccoli y en otro repollo, y muchos otros factores causantes de "ruido", hacen imposible obtener conclusiones definitivas. Además, las áreas que rodeaban a las parcelas eran muy diferentes y se ha reportado (Stary 1970 y Van Emden 1965), que las áreas no cultivadas pueden influir en las poblaciones de plagas y de enemigos naturales en los cultivos.

Por consiguiente, no queda claro qué efecto tiene la presencia de la brassica silvestre en los cultivos. Parece que, aunque indirectamente, sí atrae parasitoides al sistema; sin embargo, debido a que éstos no parecen ser capaces de controlar las poblaciones de áfidos, el incremento de estos herbívoros en los policultivos, también aparentemente causado por la silvestre, podría llegar a ser dañina para el cultivo. No obstante, no se sabe si realmente es un incremento lo suficientemente grande para causar un daño (en el

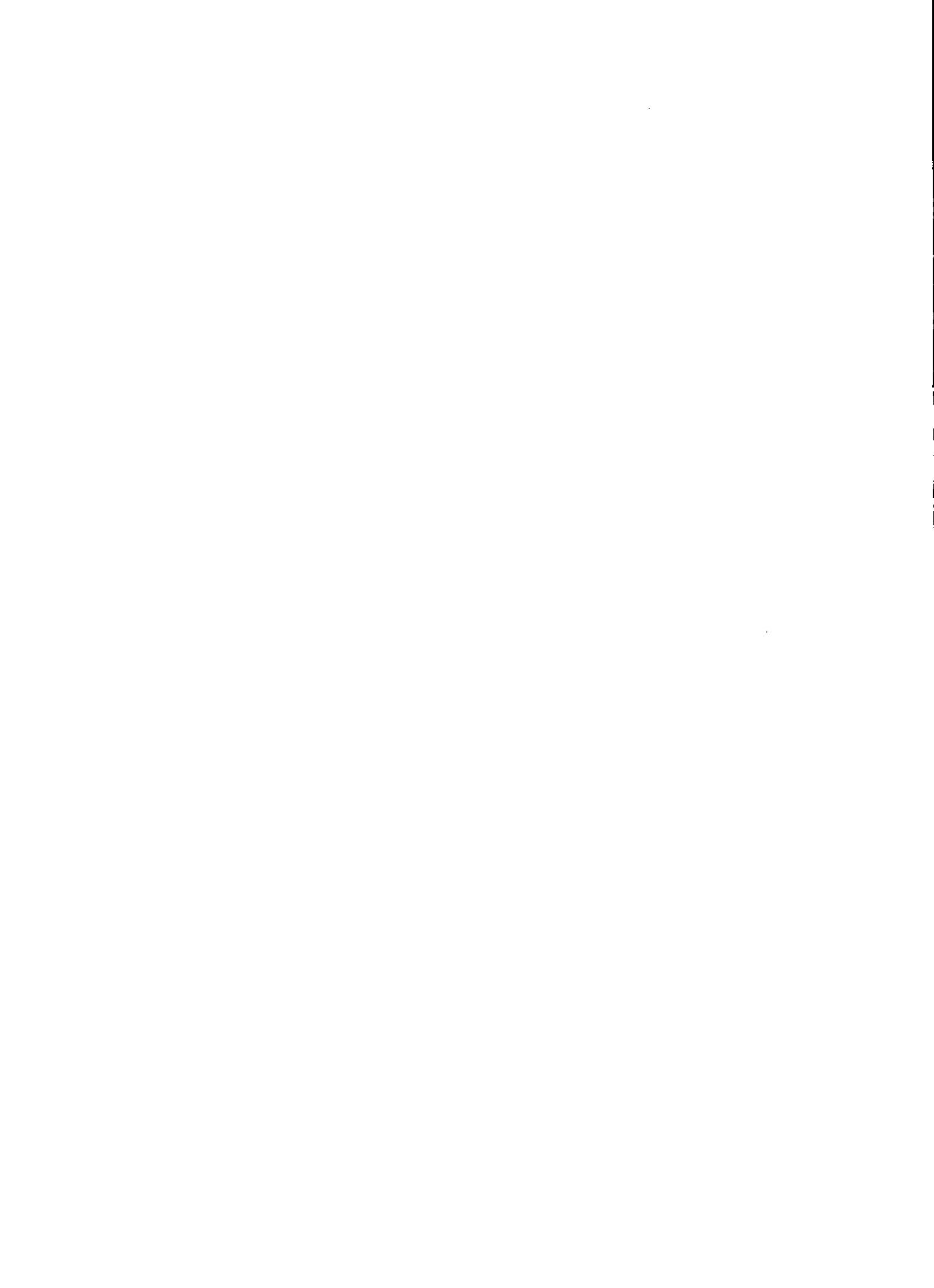
campo la diferencia no fue significativa). Se necesitarían estudios acerca del rendimiento y nivel de tolerancia del cultivo con diferentes densidades de áfidos. Tomando en cuenta esto y que la silvestre les es útil a los agricultores, no se considera necesario recomendar eliminarla de los cultivos.

V. CONCLUSIONES

1. El principal enemigo natural encontrado fue *Diaeretiella rapae*. Se encontró eclosionar de momias en todas las fechas de muestreo de campo. Además, fue el único parasitoide que eclosionó de las momias de los experimentos de exclusión.
2. Se encontró a *Alloxysta* sp. hiperparasitando a *D. rapae*; sin embargo, no se obtuvo evidencia acerca de su impacto sobre las poblaciones del parasitoide.
3. No se observó depredación alguna causada por coccinélidos y sírfidos. De estos últimos no se colectó ningún individuo.
4. El efecto de *Brassica rapa* sobre la llegada y establecimiento de *Brevicoryne brassicae* no se pudo monitorear con exactitud, porque en unas parcelas hubo cultivo todo el año y en otras no. No obstante, se cree que la permanencia de alguna brásica en los sistemas fue un factor muy importante sobre la llegada, establecimiento y crecimiento poblacional del áfido.
5. La proporción de coles con áfidos parasitados fue mayor en policultivo que en monocultivo; además, con platos amarillos se colectaron más parasitoides en los policultivos. Sin embargo, esto no fue suficiente para disminuir las poblaciones de áfidos en este sistema de cultivo.
6. A pesar que los parasitoides se distribuyeron en casi todas las plantas con áfidos dentro de los cultivos, el porcentaje de parasitismo fue muy bajo.
7. No hubo diferencia en las poblaciones de áfidos dentro y fuera de las cajas de exclusión. Además, el porcentaje de parasitismo está relacionado inversamente con la densidad de áfidos. Esto sugiere que *D. rapae* no fue capaz de controlar las poblaciones de *B. brassicae*.
8. La proporción de plantas con parasitismo se incrementó al aumentar las densidades de áfidos, por lo que parece que el principal factor que atrae a los parasitoides es la densidad de áfidos y no una característica intrínseca de la planta hospedera.

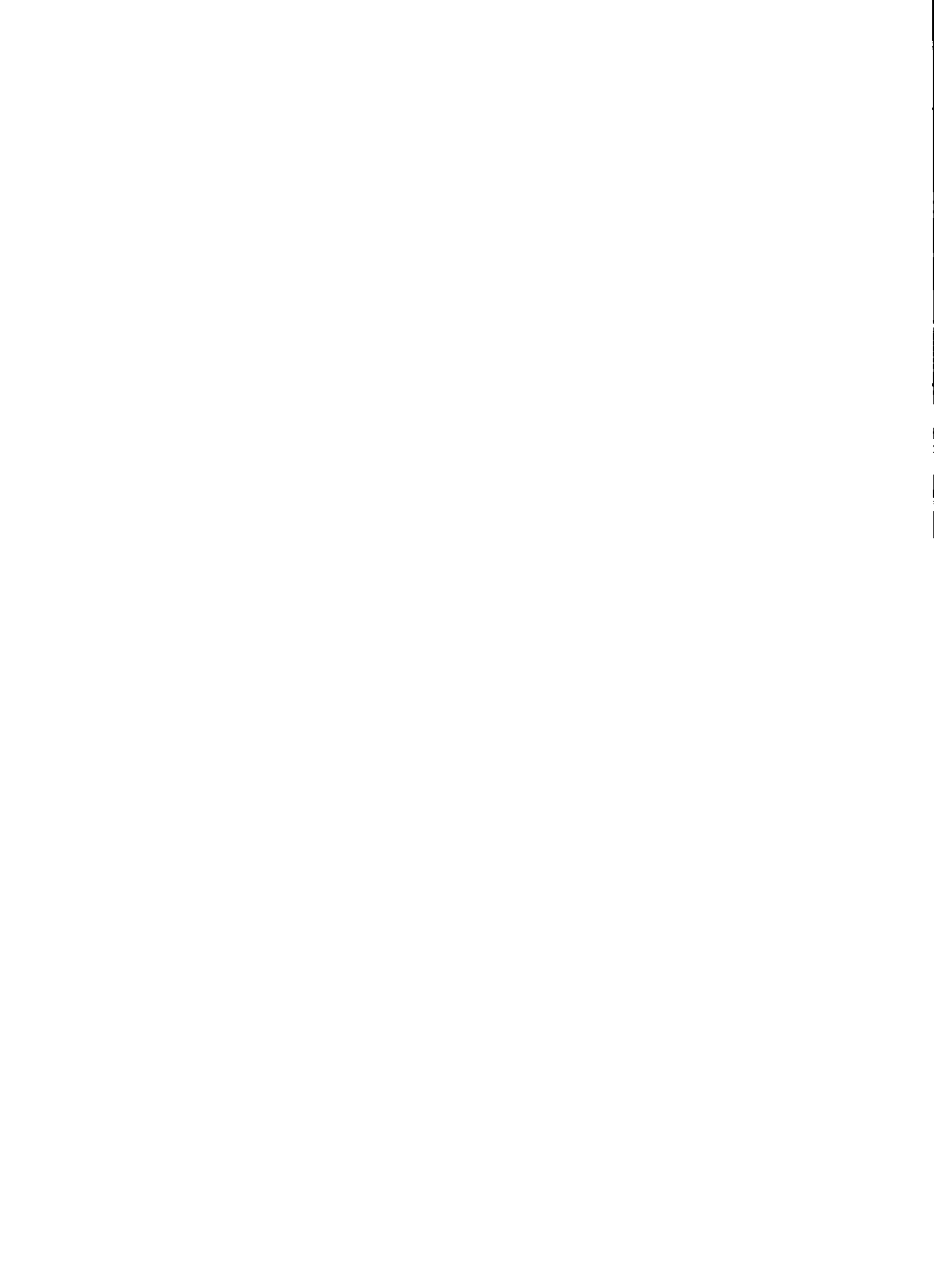
VI. RECOMENDACIONES

- Determinar la densidad máxima de áfidos que *Brassica oleracea* y *Brassica rapa* pueden tolerar, y la densidad máxima aceptada para exportación.
- Realizar experimentos para evaluar si los áfidos y los parasitoides tienen preferencia por *Brassica oleracea* o por *Brassica rapa*.
- Realizar estudios parecidos con arvenses de otras familias y analizar el comportamientos de los áfidos y sus enemigos naturales en sistemas más diversos.
- Realizar un estudio en el que se comparen las tasas de crecimiento poblacional, tanto de los áfidos como de los parasitoides, para corroborar si, efectivamente, el parasitoide no es capaz de incrementar sus poblaciones lo suficientemente rápido como para controlar las poblaciones del áfido.
- Montar experimentos de exclusión en parcelas de campo para poder controlar la presencia/ausencia de enemigos naturales en condiciones de campo.
- Tratar de controlar lo más posible las condiciones de manejo de las parcelas para poder evitar muchos “ruidos” en los experimentos. Principalmente controlar fechas de siembra, usos de insecticidas y áreas aledañas, ya que estos son factores que pueden afectar en gran medida a las poblaciones de los áfidos y sus enemigos naturales.



VII. LITERATURA CITADA

- Altieri, M.A. 1984. Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of Brussels sprouts. *Protection Ecology* 6:227-232.
- Altieri, M.A. 1988. The impact, uses, and ecological role of weeds in agroecosystems. Pp 2-6. En: Altieri, M.A. y M. Liebmann (eds.). *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. CRC Press, Boca Raton. 354pp.
- Altieri, M.A. y M. Liebmann. 1988. *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. CRC Press, Boca Raton. 354pp
- Altieri, M.A. y C.I. Nicholls. 1999. Biodiversity, ecosystem function and insect management in agroecosystems. Pp 69-84. En: W. W. Collins y C.O. Qualset (eds.). *Biodiversity in Agroecosystems*. CRC Press LLC, Boca Raton. 334pp.
- Andow, D.A. 1988. Management of weeds for insect manipulation in agroecosystems. Pp 266-294. En: Altieri, M.A. y M. Liebmann (eds.). *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. CRC Press, Boca Raton. 354pp.
- Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561-586pp.
- Blackman, R. B. 1974. *Aphids. Invertebrate Types*. Ginn & Company, London. 175pp.
- Cabrera-Torres, J.J., A.Casas-Fernandez, M.C Rojas-Canales y J.L. Viveros-Salinas. 1998. *Alimentos de la Naturaleza: Algunas Plantas Comestibles, Silvestres, Arvenses y Ruderales*. SEMARNAP, México. 160pp.
- Caltagirone, L.E. 1981. Landmark examples in classical biological control. *Annual Review of Entomology* 26:213-232.
- Carranza, H., D. Dardón y V. Salguero. 1995. *Manejo Integrado de Plagas en Brócoli*. MIP-ICTA-CATIE-ARF, Guatemala. 147pp.
- Carson, R. 1962. *The Silent Spring*. Houghton Mifflin Co., Boston. 368pp.



- Cerón, O.J. y V.E. Salguero. 1995. Fluctuaciones poblacionales de las especies de áfidos (Aphididae) y su distribución en la planta de brócoli (*Brassica oleraceae* var *italica*). Pp 77-90. En: Carranza, H, D. Dardón y V. Salguero (eds.). Manejo Integrado de Plagas de Brócoli. Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF, Guatemala. 147pp.
- Chua, T. 1977. Population studies of *Brevicoryne brassicae* (L.), its parasites and hyperparasites in England. Res. Population. Ecology 19:125-139.
- Costello, M.J. y M.A. Altieri. 1995. Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli in living mulches. Agriculture, Ecosystems and Environment 52:187-196.
- Denno, R. y M. McClure. 1983. Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed systems. Academic Press, New York. 717pp.
- Dixon, A.F. 1978. Biology of Aphids. Edward Arnolds, London. 55pp.
- Dixon, A.F. 1998. Aphid Ecology. 2^{da} ed. Chapman & Hall, London. 300pp.
- Gudiel, V.M. 1985. Manual Agrícola. 5ta.ed. Productos Superb, Guatemala. 393pp.
- Hagen, K.S. y Van den Bosch. 1968. Impact of pathogens, parasites and predators on aphids. Annual Review of Entomology 13:325-384.
- Hani, F.J., E.F. Boller y S. Keller. 1998. Natural regulation at the farm level. Pp 161-210. En: Pickett, C.H. y R. Bugg (eds.). Enhancing Biological Control. University of California Press, Berkeley. 422pp.
- Hodkinson, I.D. y M.K. Hughes. 1982. Insect Herbivory. Chapman and Hall, London. 77pp.
- Horn, D. J. 1981. Effect of weedy backgrounds on colonization of collards by green peach aphid, *Myzus persicae*, and its major predators. Environmental Entomology 10:285-289.
- Horn, D. J. 1988. Ecological Approach to Pest Management. The Guilford Press, New York. 285pp.
- Hodek, I. 1996. Food relationships. Pp 143-238. En: Hodek, I. y A. Honek (eds.). Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 464pp.

- Hoy, M.A. 1994. Parasitoids and predators in management of arthropod pests. En: R.L Metcalf y W.H. Luckmann (eds.). Introduction to Insect Pest Management. 3^{ra} ed. John Wiley & Sons, New York. 650pp.
- Huertas-Cisneros M., E. Reyes-Aguilar y J.L Gómez-Valdivia. 1986. Características generales de la vegetación y su utilización en la Unidad de Administración Forestal No.2. en los Altos de Chiapas. Imprenta México, San Cristóbal de las Casas. 39pp.
- Hughes, R. D. 1963. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). *Journal of Animal Ecology* 32:393-424.
- Hughes, R. D. y N. Gilbert. 1967. A model of an aphid population- A general statement. *Journal of Animal Ecology* 37:553-563.
- Iperti, G. 1999. Biodiversity of predaceous Coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 323-342.
- King, A.B. y J.L Saunders. 1984. Las Plagas Invertebradas de Cultivos Anuales Alimenticios en América Central. Administración de Desarrollo Extranjero, Londres. 182pp.
- LaSalle. J. 1991. Parasitic hymenoptera, biological control and biodiversity. Pp 197-215. En: LaSalle, J. y Gauld (eds.). *Hymenoptera and Biodiversity*. CAB International, United Kingdom.
- Letourneau, D.K. 1987. The enemies hypothesis: Tritrophic interactions and vegetational diversity in tropical agroecosystems. *Ecology* 68:1616-1622.
- Lomeli-Flores, J.R. 1993. Himenópteros parasitoides de áfidos en México. Tesis de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional, México D.F. 148pp.
- López-Ahumado, B. 1990. Dinámica poblacional de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) en brócoli en Champingo, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo. 82pp.
- Luck, R., B. Shepard y P. Kenmore. 1988. Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. *Annual Review of Entomology* 33:367-391.

- MacVean, C., R. Pérez y H. Morales. 1993. Impacto ecológico de cultivos hortícolas no-tradicionales en el altiplano de Guatemala. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala* 3:14-22.
- Metcalf, R.L. y W.H. Luckmann. 1994. *Introduction to Insect Pest Management*. 3^{ra} ed. John Wiley & Sons, New York. 650pp.
- Miranda, F. 1998. *La Vegetación de Chiapas*. 3ra.ed. Consejo Editorial para la Cultura Las Artes, Tuxtla Gutiérrez. 596pp.
- Morales, R. E. y V. Salguero. 1995. Evaluación de insecticidas, aceites y detergentes para el control de áfidos en brócoli. Pp 118-125. En: Carranza, H, D. Dardón y V. Salguero (eds.). *Manejo Integrado de Plagas de Brócoli*. Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF, Guatemala. 147pp.
- Morales, R. E., V. Salguero y A. Ortiz. 1995. Relación entre diversidad poblacional y rendimiento y calidad en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Pp. 101-117. En: Carranza, H, D. Dardón y V. Salguero (eds.). *Manejo Integrado de Plagas de Brócoli*. Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF, Guatemala. 147pp.
- Mulleried, F.K. 1957. *Geología de Chiapas*. Publicaciones del Gobierno del Estado, Tuxtla Gutierrez. 180pp.
- NAS. 1996. *Ecologically Based Pest Management: New solutions for a new century*. National Academy Press, Washington D.C. 144pp.
- Nentwig, W. 1998. Weedy plant species and their beneficial arthropods: potential for manipulation in field crops. Pp 49-72. En: Pickett, C.H. y R. Bugg (eds.). *Enhancing Biological Control*. University of California Press, Berkeley. 422pp.
- Parra-Vásquez, M. R. y B.M. Díaz-Hernández. 1997. *Los Altos de Chiapas: Agricultura y Crisis Rural*. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas. 192pp.
- Pollard, E. 1971. Hedges VI.-Habitat diversity and crop pests, a study of *Brevicoryne brassicae* and its Syrphid predators. *Journal of Applied Ecology* 1:751-780.
- Pickett, C.H. y R. Bugg. 1998. *Enhancing biological control*. University of California Press, Berkeley. 422pp.
- Pimentel, D. 1961. Animal population regulation by genetic feed-back mechanism. *American Naturalist* 95:65-79.

- Price, P. y G. Waldbauer. 1975. Ecological aspects of pest management. En: R.L Metcalf y Luckmann (eds.). Introduction to Insect Pest Management. John Wiley & Sons, New York. 587pp.
- Read, D., P. Feeny y E. Root. 1970. Habitat selection by the aphid parasite *D. rapae* (Hymenoptera: Braconidae) and hyperparasite *Charips brassicae* (Hymenoptera: Cynipidae). Canadian Entomologist 102:1567-1578.
- Risch, S., D. Andow y M. Altieri. 1983. Agroecosystems diversity and pest control: Data, tentative conclusions, and key research directions. Environmental Entomology 12:625-29.
- Robert, Y., C.A. Dedryver y P. S. Pierre. 1988. Sampling Techniques. En: Minks A, K. y P. Harrewijn (eds.). Aphids, their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, Amsterdam. 364pp.
- Royer, T. y J. Edelson. 1991. Seasonal abundance and within-field dispersion patterns of petiolegall aphid (Homoptera: Aphididae) in cabbage and broccoli. Environmental Entomology 20:1267-1273.
- Ruesink, W.G. y M. Kogan. 1994. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. En: R.L Metcalf y W.H. Luckmann (eds.). Introduction to Insect Pest Management. 3^{ra} ed. John Wiley & Sons, New York. 650pp.
- Root, R.B. 1973. Organization of a plant arthropod association in simple and diverse habitats: The fauna of collards (*Brassica oleraceae*). Ecological Monographs 43:95-124.
- Saunders, J.L., A.B. King y C.L. Vargas. 1983. Plagas de cultivos en América Central: Una lista de referencia. CATIE, Turrialba. 90pp.
- Smith, A. H. y R. McSorley. 2000. Intercropping and pest management: a review of major concepts. American Entomologist 46:154-161.
- Stary, P. 1970. Biology of Aphid Parasites (Hymenoptera: Aphidiidae), with Respect to Integrated Control. Dr. W. Junk N. V., Holanda. 643pp.
- Stary, P. y K.S. Pike. 1999. Uses of beneficial insect diversity in agroecosistem management. Pp 49-67. En: Collins W. W. y C.O Qualset (eds.). Biodiversity in Agroecosystems. CRC Press LLC, Boca Raton. 334pp.

- Stehr, F. 1975. Parasitoids and predators in pest management. En: R.L Metcalf y Luckmann (eds.). Introduction to Insect Pest Management. John Wiley & Sons, New York. 587pp.
- Trumble, J. T. 1982. Within-plant distribution and sampling of aphids (Homoptera: Aphididae) on broccoli in southern California. *Journal of Economic Entomology* 75:587-592.
- Van Emden, H.F. 1965. The effect of uncultivated land on the distribution and sampling of aphids (Homoptera: Aphididae) on broccoli in Southern California. *Journal of Economic Entomology* 75:587-592.
- Van Emden, H.F. 1966. Studies on the relations of insect and host plant III: A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on brussels sprout plants supplied with different rates of nitrogen and potassium. *Entomology Experimental and Applied* 9:444-460.
- Van Emden, H.F. y M.A. Bashford. 1969. A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* in relation to soluble nitrogen concentration and leaf age (leaf position) in the brussels sprout plant. *Entomology Experimental and Applied* 351-364.
- Whitham, T. 1983. Host manipulation of parasites: within-plant variation as a defense against rapidly evolving pests. En: Denno, R. y M. McClure (eds). *Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed Systems*. Academic Press, New York. 717pp.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4ta. ed. Prentice-Hall, New Jersey. 663pp.

ANEXOS

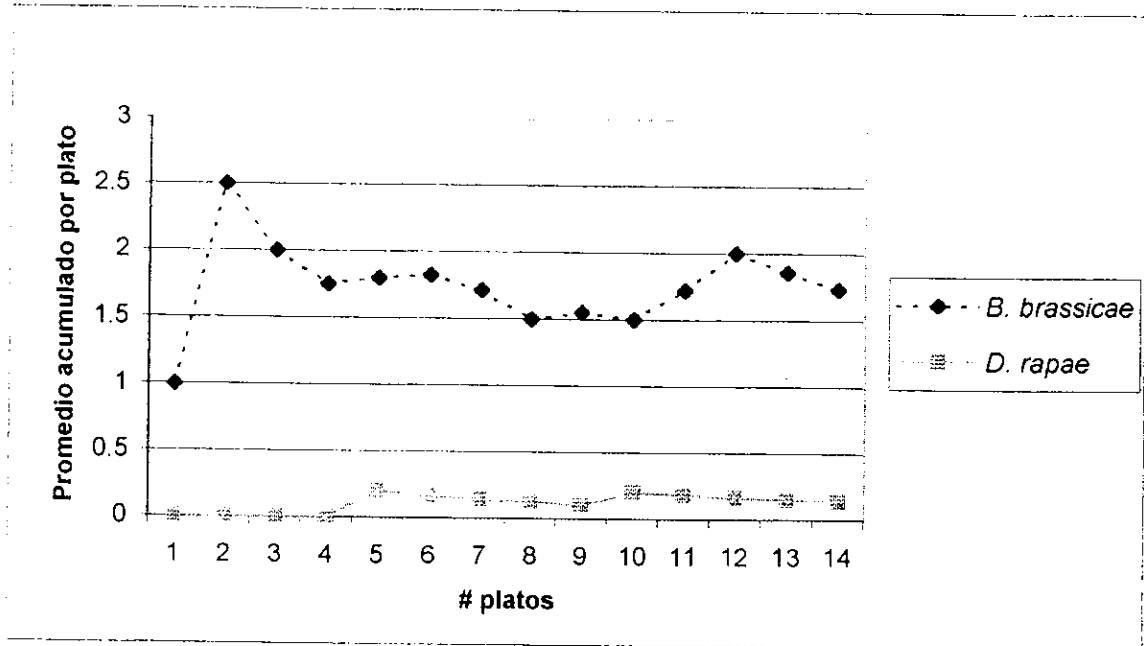


Figura A1. Promedio acumulado por plato amarillo de individuos de *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) y su principal parasitoide *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), colectas en La Albarrada, San Cristóbal, Chiapas, México en agosto, 2000. El promedio acumulado se calculó dividiendo el número de individuos acumulados entre el número de platos.

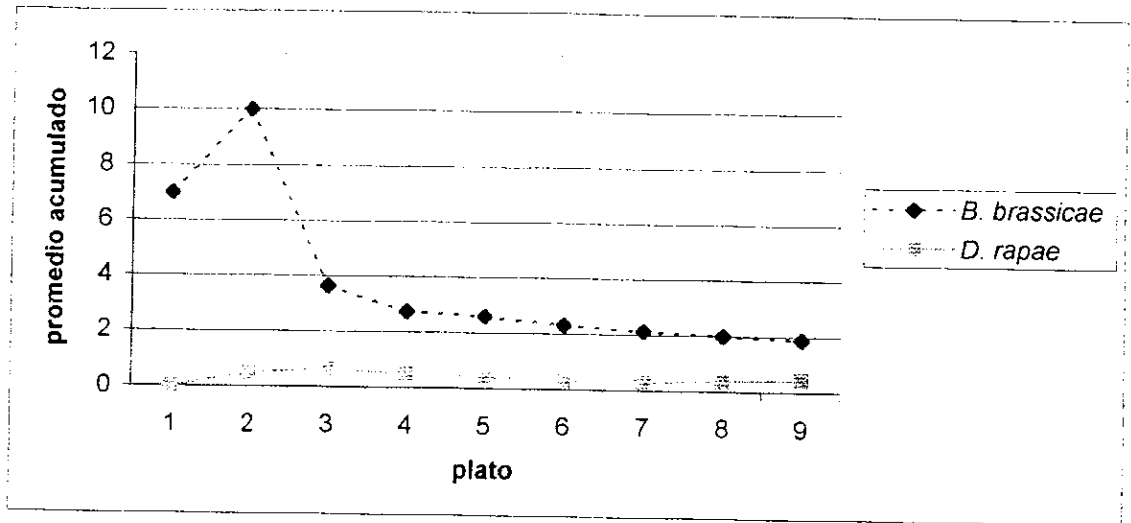


Figura A2. Promedio acumulado por plato amarillo de individuos de *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) y su principal parasitoide *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), colectados en Pozo Colorado, San Cristóbal, Chiapas, México, en agosto 2000. El promedio acumulado se calculó dividiendo el número de individuos acumulados entre el número de platos.

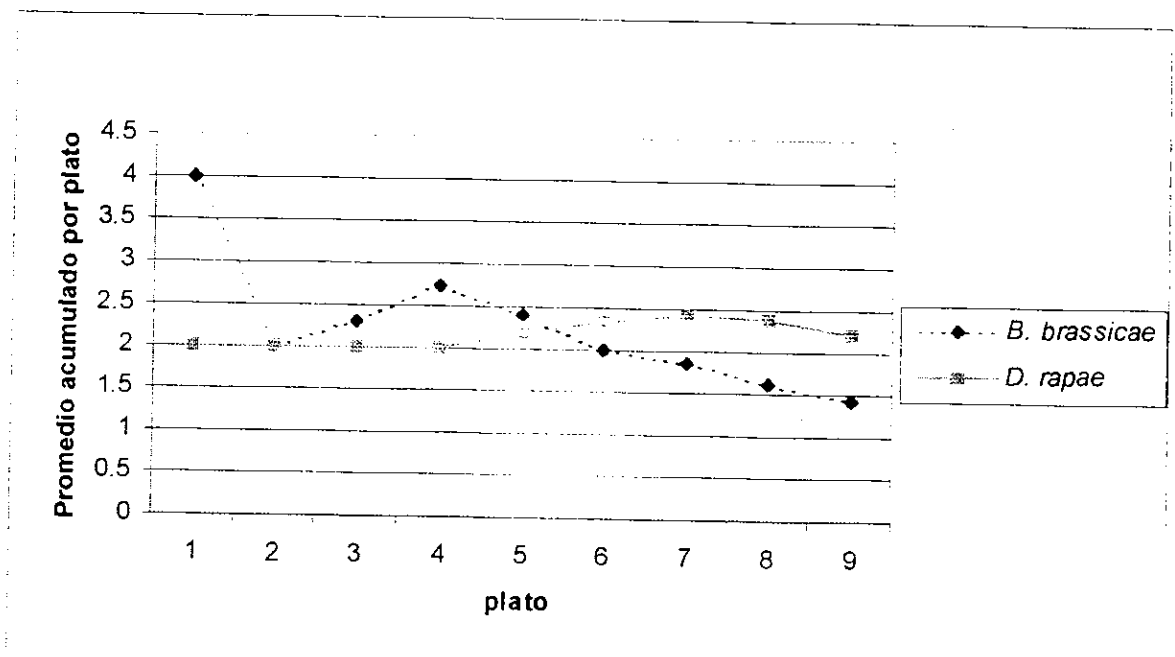


Figura A3. Promedio acumulado por plato amarillo de individuos de *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) y su principal parasitoide *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), colectados en Ocotlán Huitepec, San Cristóbal, Chiapas, México, en agosto 2000. El promedio acumulado se calculó dividiendo el número de individuos acumulados entre el número de platos.

