

Manipulando la biodiversidad vegetal para incrementar el control biológico de insectos plaga: un estudio de caso de un viñedo orgánico en el Norte de California

Clara I. Nicholls

1. Introducción

La expansión de los monocultivos en California ha resultado en la simplificación del paisaje. Un efecto de esta simplificación es la disminución en la abundancia y actividad de enemigos naturales de plagas agrícolas, debido a la destrucción de hábitats que proporcionan recursos alimenticios y sitios para invernar, indispensables para estos insectos benéficos (Corbett & Rosenheim, 1996). Muchos científicos están preocupados por la aceleración en las tasas de destrucción de hábitats que podría disminuir la capacidad de supresión de plagas mediante los agentes de control biológico en el futuro (Fry, 1995; Sotherton, 1984), conllevando a un excesivo uso de insecticidas, lo cual puede tener un efecto negativo sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Para detener o retroceder esta disminución de controladores naturales, muchos científicos han propuesto diferentes formas de incrementar la biodiversidad vegetal de los paisajes agrícolas, ya que es conocido que el control biológico de plagas agrícolas es mucho más efectivo en sistemas de cultivo diversificados que en monocultivos (Andow, 1991; Altieri, 1994). Uno de estos métodos de diversificación empleado en viñedos y huertos de frutales, es el de manejar la vegetación residente del suelo o plantar cultivos de cobertura; esta táctica ha sido diseñada para mantener hábitats para los enemigos naturales y así incrementar sus poblaciones. Reducciones en poblaciones de ácaros (Flaherty, 1969) y cicadélidos de la uva (Daane *et al.*, 1998) han sido observadas en huertos con cobertura. Sin embargo, esta supresión biológica no ha sido suficiente desde el punto de vista económico (Daane & Costello, 1998).

Es posible que en los estudios anteriormente citados, no se haya observado una adecuada supresión biológica de plagas debido a que no mantuvieron la biodiversidad vegetal por un período suficientemente largo durante la estación de crecimiento. Estos estu-

dios fueron llevados a cabo en viñedos con cultivos de cobertura de invierno y/o con la vegetación de malezas residentes, los cuales, al secarse a principios de la estación, o al ser cortadas o incorporadas temprano en la estación, dejan el sistema como monocultivos virtuales al inicio del verano. Basados en esta observación, se planteó como hipótesis que los enemigos naturales pueden requerir una cobertura verde que sirva de hábitat y alimento alternativo durante toda la estación de crecimiento. Una forma de lograr esta condición es mediante la siembra de cultivos de cobertura de verano que florezcan temprano en la estación y se mantengan durante todo el período de crecimiento del cultivo proporcionando, de esta manera, alimento abundante en forma constante, además de microhábitats para una comunidad diversa de enemigos naturales.

Otra opción es el mantenimiento o el establecimiento de vegetación adyacente a los campos de cultivo (Thomas *et al.*, 1991). Idealmente, estas áreas proveen alimento alternativo y refugio para predadores y parasitoides y por esto incrementan la abundancia y colonización de enemigos naturales a los cultivos vecinos (Altieri, 1994; Corbett & Plant, 1993). Investigaciones que tratan de entender la dinámica de dispersión y colonización de los enemigos naturales, han encontrado que los insectos entomófagos dependen de setos vivos, cortinas rompevientos, y bosques adyacentes a campos de cultivo para su continua existencia en áreas agrícolas (Fry, 1995; Wratten, 1988). Varios estudios indican que la abundancia y diversidad de insectos entomófagos dentro de los campos depende de la composición de las especies de plantas en la vegetación circundante, además de sus límites y arreglos espaciales, factores que afectan la distancia que pueden alcanzar los enemigos naturales cuando se dispersan en el cultivo (Lewis, 1965; Pollard, 1968).

Mucha investigación ha sido realizada en California con el fin de determinar el rol de la vegetación adyacente en las poblaciones del parasitoide *Anagrus epos* y el cicadélido de la uva (*Erythroneura elegantula*). Douthett & Nakata (1973) determinaron el rol de los hábitats riparios y de los parches de mora silvestre cerca a los viñedos, encontrando que estos incrementaban la efectividad de *A. epos* en parasitar el cicadélido de la uva. Mas tarde, investigaciones de Kido *et al.*, (1984) establecieron que los ciruelos (*Prunus domestica* L.) adyacentes a los viñedos podrían servir como sitios de refugio en el invierno para el parasitoide *A. epos*, y Murphy *et al.*, (1996) detectaron que el parasitismo de los huevos del cicadélido de la uva era mucho mayor en viñedos adyacentes a ciruelos que en viñedos sin estos refugios. Corbett & Rosenheim (1996), sin embargo, determinaron que el efecto de refugio de los ciruelos era limitado a unas pocas hileras de viñas y que *A. epos* exhibía una declinación gradual en los viñedos cuando se incrementaba la distancia desde el refugio. Estos resultados indican una importante limitación en el uso de los árboles de ciruelo para incrementar el control biológico en los viñedos.

Para encontrar vías más efectivas para proporcionar hábitat para los enemigos naturales y manejar las plagas agrícolas, puede ser útil considerar los conceptos de la ecología del paisaje. El estudio descrito en este capítulo explora la importancia en el cambio espacial de la estructura del paisaje de un viñedo, particularmente al establecer un corredor

vegetal que incrementa el movimiento de benéficos más allá del “área normal de influencia” a los hábitats adyacentes o refugios. Los corredores han sido usados por los biólogos conservacionistas para proteger la diversidad biológica, ya que estos proveen múltiples avenidas para la circulación y la dispersión de la biodiversidad a través del ambiente (Rosenberg *et al.*, 1997).

En el norte de California, muchos viñedos están insertados en una matriz de bosques riparios, de este modo proporcionan amplias oportunidades para el estudio de colonización de artrópodos y el intercambio de estos entre hábitats, especialmente aquellos entre campos agrícolas y áreas no cultivadas.

Este estudio se basa en la existencia de un corredor vegetal de 300m de largo compuesto de por lo menos de 65 especies de plantas en floración. Este corredor, conectado al bosque ripario, corta el monocultivo de viñas, permitiendo así evaluar si tal faja de vegetación puede incrementar el control biológico de insectos plaga en el viñedo. El principal interés era evaluar si el corredor actuaba como un hábitat que provee recursos alimenticios alternativos consistentes, abundantes y bien distribuidos para una comunidad diversa de predadores generalistas y parasitoides, permitiendo a las poblaciones de estos enemigos naturales desarrollarse en el área de influencia del corredor antes que las poblaciones de plagas en el viñedo. También se pensó que el corredor podría servir como una carretera biológica para la dispersión de predadores y parasitoides desde el bosque y hacia dentro del viñedo, y de este modo proporcionar protección contra los insectos plaga en algún área de influencia.

Como el cultivo fue también diversificado con cultivos de cobertura, se evaluó otra hipótesis: la presencia de insectos neutrales, polen y néctar en los cultivos de cobertura proveen un suministro de recursos alimenticios abundante para los enemigos naturales. Así los predadores y parasitoides rompen su dependencia estricta de herbívoros de la uva, lo que permite a los enemigos naturales elevar sus densidades y mantener las poblaciones de plaga a niveles aceptables. Se evaluó la hipótesis y se examinaron los mecanismos ecológicos asociados con la reducción de insectos plaga cuando los cultivos de cobertura fueron plantados a principios de la estación.

2. Sitio de estudio

Este estudio fue llevado a cabo en dos bloques adyacentes de viñedo Chardonnay, localizado en Hopland, 200km al norte de San Francisco, California, en una región típica de producción de vino. Ambos bloques de viñedos estaban rodeados en la zona norte por bosque ripario, pero el bloque A estaba penetrado y cortado por un corredor de 5 metros de ancho y 300 metros de largo, compuesto por 65 especies diferentes de plantas en floración. Ambos bloques (bloque A y B, 2.5ha c/u) se encontraban bajo un manejo orgánico de abril a septiembre, en 1996 y 1997. Los cultivos de cobertura de invierno fueron sem-

brados hilera por medio cada año, y las viñas recibían en promedio 2 toneladas de compost por hectárea y aplicaciones preventivas de azufre contra *Botrytis spp.* y *Oidium spp.*

3. Métodos

3.1. Corredor

Para determinar si el corredor influenciaba la diversidad y abundancia de insectos entomófagos en el viñedo adyacente, se colocaron trampas Malaise entre las rutas de vuelo de insectos, entre el bloque A y el corredor en el lado sur y el viñedo y el bosque ripario en el lado norte. Una trampa Malaise se colocó entre el bloque B del viñedo y la zona adyacente con suelo desnudo. Para maximizar las capturas de artrópodos voladores o transportados por el viento, en las interfaces del viñedo, las muestras fueron tomadas desde mayo a septiembre. Para monitorear la diversidad y abundancia de entomofauna se colocaron trampas pegajosas de color amarillo y trampas pegajosas de color azul en diferentes puntos en el viñedo, a diferentes distancias desde el corredor o la zona de suelo desnudo (hileras 1, 5, 15, 25, 45) en los bloques A y B respectivamente. Las trampas amarillas fueron usadas para monitorear el cicadélido de la uva *E. elegantula*, el parasitoide de huevos del cicadélido de la uva, *Anagrus epos*, y varias especies de predadores. Las trampas azules fueron principalmente usadas para determinar las poblaciones de trips y el predador *Orius*. Las trampas fueron orientadas perpendicularmente a la dirección del viento y colocadas sobre el follaje de la viña. Las trampas fueron colocadas en abril y reemplazadas semanalmente durante las estaciones de crecimiento en 1996 y 1997. Todas las trampas fueron llevadas al laboratorio para el conteo del número de insectos fitófagos y enemigos naturales asociados en las trampas.

En las mismas hileras donde eran colocadas las trampas pegajosas, se examinaban las hojas de la viña en el campo y se contaba el número de ninfas de *E. elegantula*.

3.2. Cultivos de cobertura

La mitad de cada bloque se mantuvo limpia de vegetación durante la primavera y finales del verano mediante el arado (viñedo en monocultivo). En abril, las otras dos mitades de cada bloque fueron sembradas hilera por medio con una mezcla de girasol (*Helianthus annuus* Linnaeus) y trigo sarraceno (*Fagopirum esculentum* Moench) (viñedo con cultivo de cobertura). El trigo sarraceno florecía desde mayo a julio y el girasol desde julio hasta el final de la estación.

De abril a septiembre de 1996 y 1997, la abundancia y diversidad de los adultos del cicadélido de la uva, adultos y ninfas de trips, adultos de *Anagrus*, *Orius* sp. y otros predadores fueron monitoreados en los bloques de viñedo con cultivos de cobertura y los

viñedos en monocultivo, mediante trampas pegajosas amarillas y azules colocadas en 10 hileras seleccionadas al azar en cada bloque. También se determinó el número de ninfas de *E. elegantula*. Este método de muestreo fue llevado a cabo en secciones con y sin cultivo de cobertura, permitiendo así determinar rápidamente y con seguridad la proporción de hojas infestadas, la densidad de ninfas, y las tasas de parasitismo de huevos del cicadélido de la uva por el parasitoide *Anagrus epos* (Flaherty *et al.*, 1992).

Se determinó el parasitismo de huevos *E. elegantula*: los huevos que no habían eclosionado, eran examinados para determinar la presencia del desarrollo de *A. epos* o *E. elegantula* (Settle & Wilson, 1990). Los huevos eclosionados fueron examinados para determinar la presencia o no de cicatrices de emergencia del huevo que indicaban la emergencia de *A. epos* (Murphy *et al.*, 1996).

Con el propósito de determinar si el corte del cultivo de cobertura forzaba el movimiento de los enemigos naturales desde el cultivo de cobertura a las viñas, se seleccionaron tres hileras diferentes en el bloque B las cuales fueron sujetas a un corte 3 veces cada año. En ambos años, trampas pegajosas amarillas y azules fueron colocadas en hileras al azar en sistemas con cultivo de cobertura cada vez que estas fueron cortadas, y en sistemas que no fueron sometidas al corte.

4. Resultados

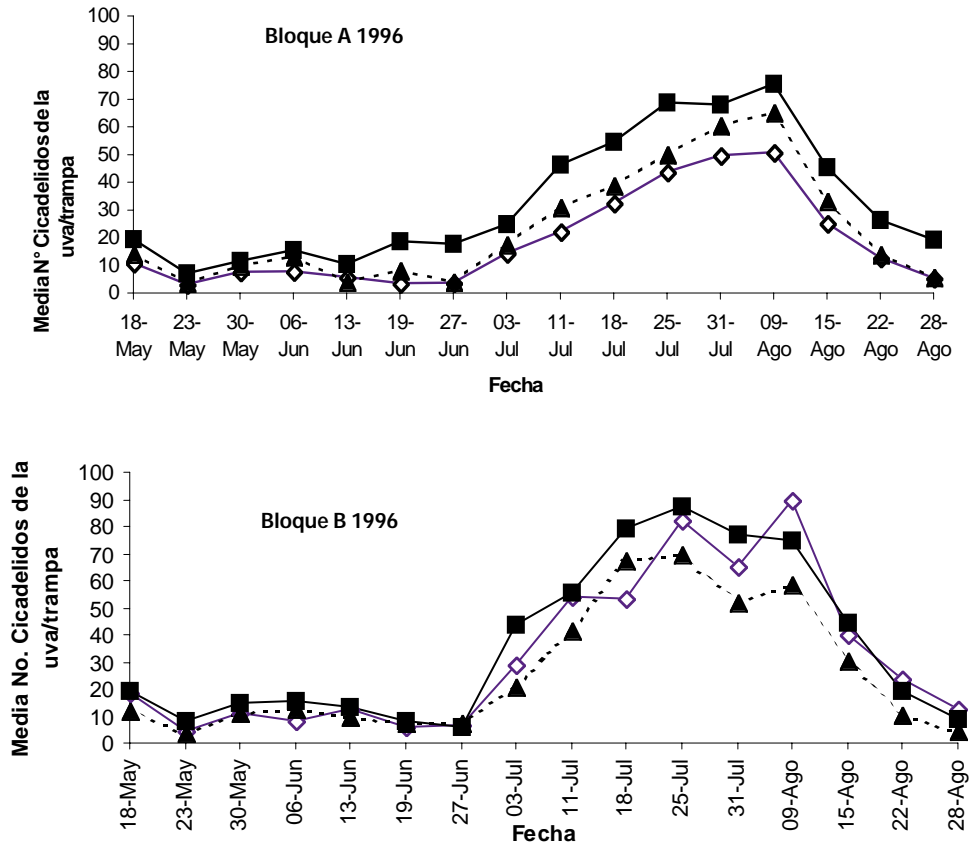
4.1. Influencia del corredor en las poblaciones del cicadélido de la uva y los trips

En el bloque A, los adultos del cicadélido de la uva exhibieron, en los dos años, un gradiente de densidad claro, alcanzando los más bajos niveles poblacionales en las hileras de viñas cerca al corredor y al bosque ripario e incrementando sus niveles hacia el centro del campo o alejado de la vegetación adyacente (Figura 1). En el bloque B, la ausencia del corredor resultó en una dispersión uniforme del cicadélido de la uva. Las poblaciones de ninfas se comportaron de forma similar, alcanzando sus niveles más altos en las hileras del centro en el bloque A en ambos años. Aparentemente, el área de influencia del corredor se extendió 15-20 hileras (25-30 metros), mientras que el área de influencia del bosque ripario sobre la población de ninfas del cicadélido de la uva alcanzó 10-15 hileras (20-25 metros). En el bloque B, las ninfas presentaron una distribución homogénea a lo largo de todo el bloque.

Un gradiente poblacional parecido se observó en la distribución de trips. En ambos años las capturas en el bloque A fueron substancialmente más altas en las hileras centrales que en las hileras adyacentes al bosque; las capturas fueron particularmente menores en las hileras cerca del corredor. En el bloque B, no se presentaron diferencias en las capturas entre las hileras centrales y las hileras cercanas al área de suelo desnudo, sin embargo las capturas cerca del bosque ripario fueron menores, especialmente durante 1997.

Figura 1

Patrones estacionales (promedios/trampa) de adultos del cicadélido de la uva *E. elegantula* en ambos bloques del viñedo, influenciado por la presencia del bosque ripario y el corredor (Hopland, California, 1996). Referencias: corredor bosque centro



4.2. Respuesta de los enemigos naturales

La abundancia y distribución espacial de los predadores generalistas de las familias Coccinellidae, Chrysopidae, Nabidae, y Syrphidae en el bloque A estuvo influenciada por la presencia del bosque ripario y del corredor, el cual canalizó la dispersión de insectos benéficos dentro de las viñas (Fig. 2 > página 502). Los predadores estuvieron más homogéneamente distribuidos en el bloque B donde no se presentaron diferencias en las capturas espaciales de los predadores entre el área de suelo desnudo y las hileras del centro. Sin embargo, se pudo observar que su abundancia tendía a ser mayor en las hileras cerca al bosque ripario.

La distribución de *Orius sp.* estuvo afectada por el corredor y el bosque ripario. Así, mientras en el bloque A, las poblaciones más altas de *Orius* se presentaron en las viñas cercanas a los bordes (hasta 20 metros), en el bloque B no se presentó un gradiente poblacional aparente (Tabla 1).

Tabla 1

Densidad media (\pm ES) de *Orius sp.* (No./trampa pegajosa azul)* observado en las hileras del borde y centro de ambos bloques del viñedo en Hopland, California (1996)

	Junio		Julio		Agosto	
	A	B	A	B	A	B
Cerca del corredor/ borde limpio	1,33 \pm 0,08	1,20 \pm 0,3	3,75 \pm 0,94	2,54 \pm 0,84	1,53 \pm 0,51	1,85 \pm 0,56
Centro del campo	1,16 \pm 0,05	1,36 \pm 0,45	2,11 \pm 0,52	2,96 \pm 0,98	1,20 \pm 0,4	1,70 \pm 0,62
Cerca del bosque	1,90 \pm 0,47	1,40 \pm 0,46	4,52 \pm 1,5	3,01 \pm 0,75	1,42 \pm 0,38	2,03 \pm 0,84

*promedio de 4 fechas de muestreo

El parasitoide *Anagrus* colonizó los viñedos desde el corredor y el bosque ripario hacia el área de muestreo, presentando las densidades más altas desde finales de julio a finales de agosto en los dos años de estudio en las hileras del centro, donde las poblaciones del cicadélido de la uva eran más abundantes (Fig. 3 > página 503). El incremento en las capturas de *A. epos* especialmente desde finales de junio en adelante, indica que el parasitoide empezó a moverse en el viñedo a principios de junio, semanas después que los adultos de *E. elegantula* colonizaron los viñedos. La aparición de *A. epos* coincidió con el inicio del período de oviposición de los adultos del cicadélido de la uva.

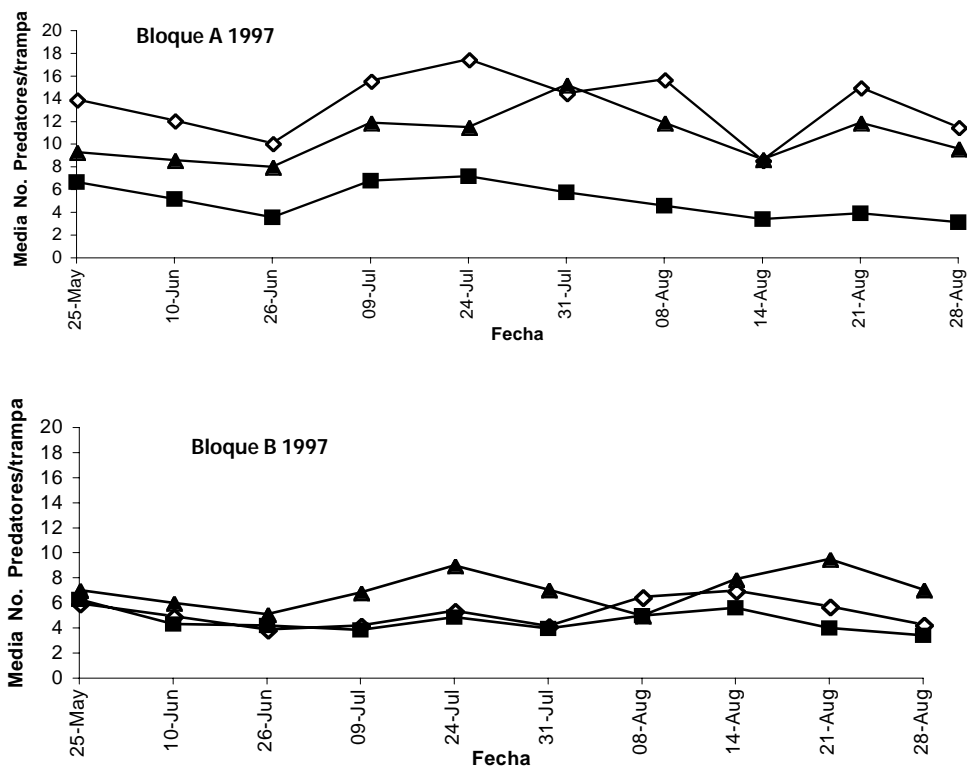
Se observaron altos niveles de parasitismo a través de las generaciones del cicadélido de la uva en los dos bloques en los 2 años (Tabla 2 > página 502). Los huevos presentes en las hileras del centro alcanzaron una tasa de parasitismo ligeramente más alta que los huevos localizados en las hileras cercanas al bosque o el corredor. La proporción de huevos parasitados tendió a ser uniformemente distribuida entre las hileras de ambos bloques. Se asume que la presencia del bosque ripario está asociada con la colonización de *A. epos*, pero éste no resulta en una prevalencia en el parasitismo de huevos de *E. elegantula* a lo largo de la estación en hileras adyacentes a tales hábitats.

4.3. Respuesta de la densidad del cicadélido de la uva a los cultivos de cobertura de verano

En ambos años, las densidades del cicadélido de la uva fueron menores en las viñas con cultivo de cobertura de verano que en las viñas en monocultivo (Fig. 4 > página 504).

Figura 2

Patrones estacionales de las capturas de predadores (promedio / trampa) en los bloques del viñedo, influenciado por la proximidad al bosque ripario y al corredor (Hopland, California, 1996). Referencias: corredor bosque centro

**Tabla 2**

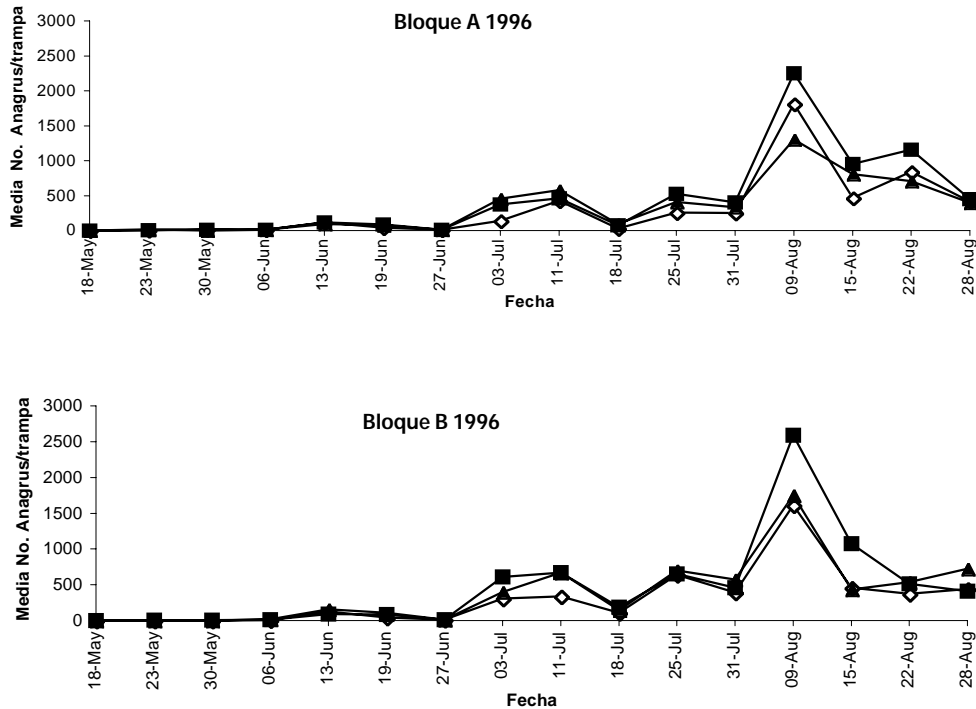
Porcentaje de parasitismo de huevos (media \pm ES) del cicadélido de la uva* por *Anagrus epos* en hileras del borde y el centro de los bloques de viñedo en Hopland, California.

	Bloque A		Bloque B	
	1996	1997	1996	1997
Cerca del corredor/ borde limpio	46 \pm 16	59 \pm 14	62 \pm 21	73 \pm 45
Centro del campo	61 \pm 23	82 \pm 33	75 \pm 32	80 \pm 37
Cerca del bosque	57 \pm 31	77 \pm 27	74 \pm 43	75 \pm 29

*promedio de 12 fechas de muestreo durante la estación

Figura 3

Patrones estacionales de las capturas de *Anagrus* (promedio de adulto / trampa) en los bloques del viñedo influenciado por la proximidad del bosque ripario y el corredor (Hopland, California, 1996). Referencias: corredor bosque centro



Comparando los viñedos con cultivos de cobertura con aquellos en monocultivo se observó que el incremento en la diversidad de plantas también resulta en una disminución del número de ninfas del cicadélido de la uva. Las densidades de ninfas fueron generalmente menores en secciones de las viñas con cultivos de cobertura en 1996, pero esto fue más evidente en 1997 (Fig. 5 > página 505).

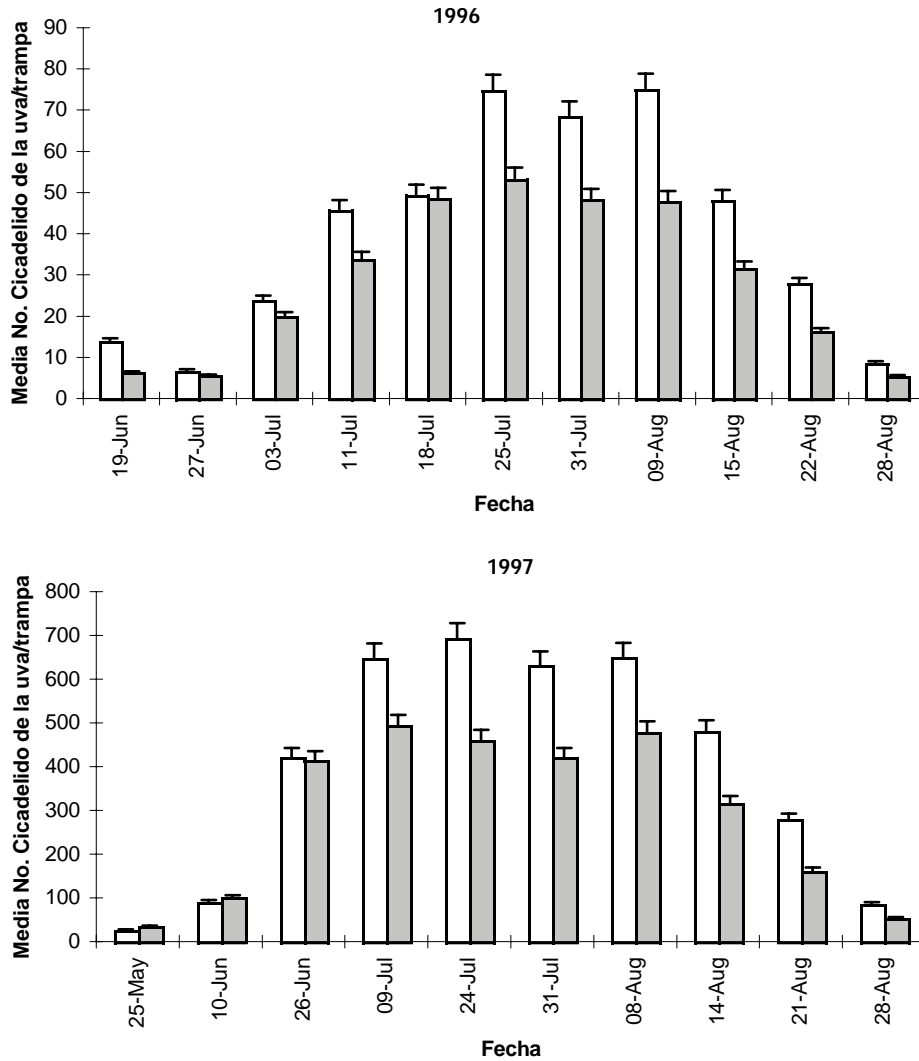
4.4. Efectos de los cultivos de cobertura en las poblaciones de *Anagrus* y en las tasas de parasitismo

Durante 1996, las densidades medias de *Anagrus* en las secciones con cultivo de cobertura y en secciones en monocultivo fueron similares, aunque al final de la estación *Anagrus* logró alcanzar niveles significativos en las secciones en monocultivo (figura 6 > página 506). De igual forma, durante 1997, un año de capturas elevadas, el número de *Anagrus* fue significativamente mayor en las secciones de monocultivo especialmente a

finales de julio. Claramente, *A. epos* fue más abundante en el viñedo en monocultivo asociado con las altas densidades del cicadélido hospedero.

Figura 4

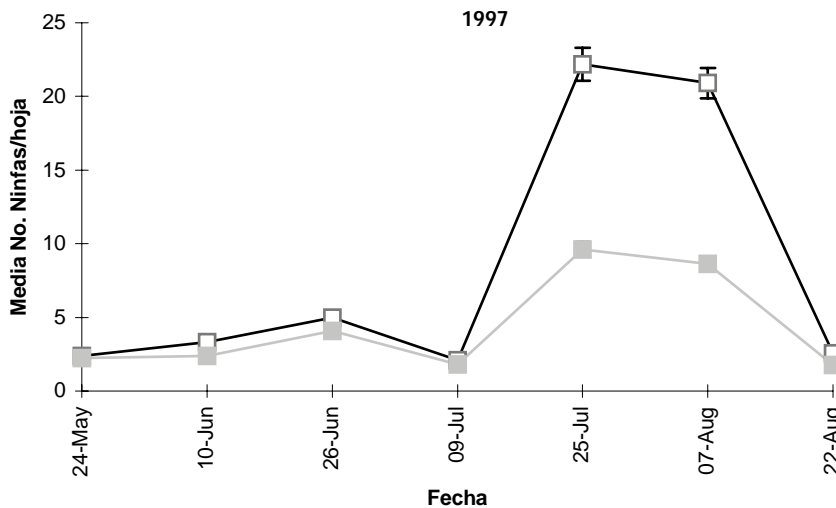
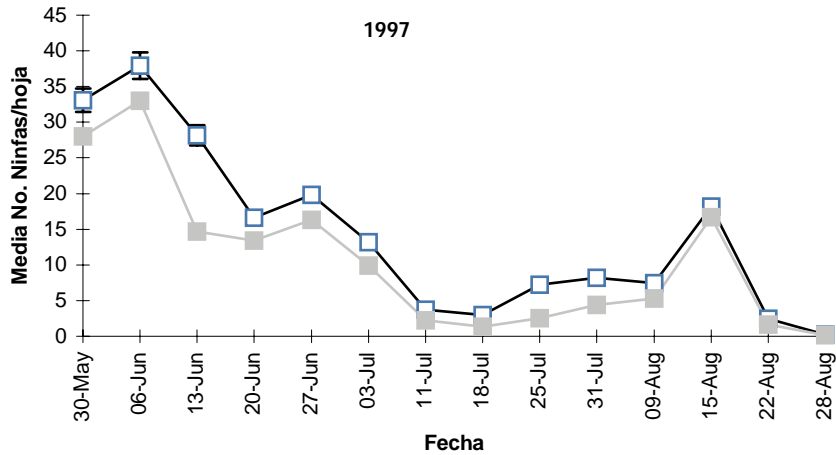
Densidades de adultos del cicadélido de la uva *E. elegantula* en sistemas con cultivos de cobertura y en sistemas en monocultivo en el viñedo en Hopland, California, durante 2 estaciones de crecimiento. Densidad promedio (numero de adultos / trampa) y error estándar. Barras claras: sin cobertura, barras oscuras: con cobertura.



Las diferencias en las capturas de *Anagrus* en secciones con cultivos de cobertura y secciones en monocultivo no se reflejaron en las tasas de parasitismo de *E. elegantula*.

Figura 5

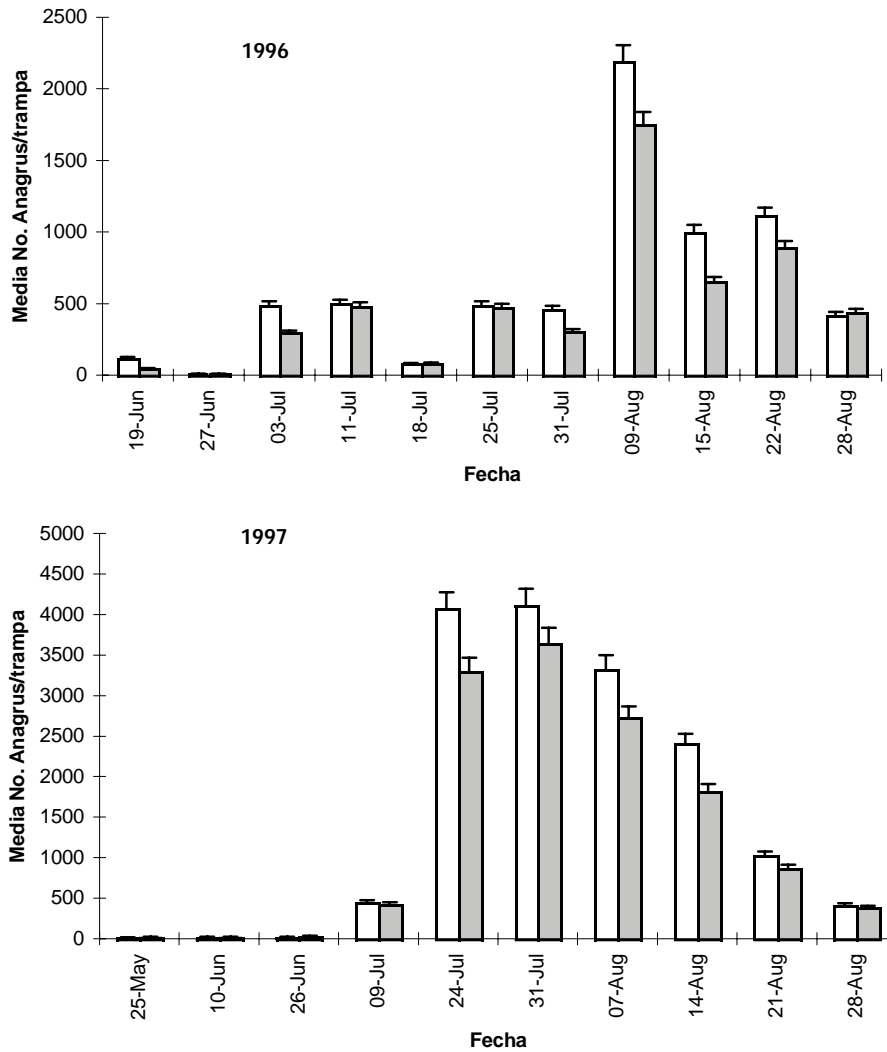
Densidades de ninfas de *E. elegantula* en sistemas con cultivo de cobertura y en sistemas en monocultivo en el viñedo durante dos estaciones de crecimiento en Hopland, California. Símbolos claros: sin cobertura, símbolos oscuros: con cobertura.



Tampoco hubo una relación entre la abundancia del cicadélido de la uva y los niveles medidos de parasitismo observados en este estudio. No se presentaron diferencias estadísticas en las tasas de parasitismo entre los tratamientos en los dos años del estudio, aunque en julio de los dos años las tasas de parasitismos fueron ligeramente más altas en las secciones con cultivos de cobertura, pero no lo suficientemente significativas (Tabla 3 > página 507).

Figura 6

Número promedio de *Anagrus epos* por trampa amarilla en sistemas con cultivo de cobertura y en sistemas en monocultivo en el viñedo durante dos estaciones de crecimiento en Hopland, California. Barras claras: sin cobertura, barras oscuras: con cobertura



4.5. Efectos de los cultivos de cobertura en las poblaciones de trips y predadores generalistas

Las densidades de trips en 1996 fueron menores en las secciones del viñedo con cultivos de cobertura que en secciones en monocultivo. Las densidades de trips permanecieron

Tabla 3

Porcentaje de parasitismo de huevos del cicadélido de la uva por *Anagrus epos* durante 2 estaciones de crecimiento, en viñedos con y sin cultivos de cobertura (Hopland, California).

		Con cultivos de cobertura	Sin cultivos de cobertura
1996	Junio	48 a	49 a
	Julio	62 a	59 a
	Agosto	67 a	66 a
1997	Junio	52 a	54 a
	Julio	64 a	55 b
	Agosto	69 a	68 a

* valores en la misma hilera seguido por la misma letra significa que no son estadísticamente significativos ($p < 0,05$, "t" test)

cieron bajas durante toda la estación de crecimiento (Fig. 7 página 508). Tales diferencias fueron también aparentes en 1997, un año con alta presión poblacional de trips. Las poblaciones en 1997 fueron significativamente mayores en las secciones de monocultivo especialmente al final de julio. El incremento en la diversidad de plantas estuvo asociado con las menores poblaciones de trips

La Tabla 4 presenta la densidad poblacional de predadores en las secciones con cultivos de cobertura así como en las secciones en monocultivo. Los predadores estaban compuestos por arañas, *Nabis* sp., *Orius* sp., *Geocoris* sp., *Coccinellidae*, y *Chrysoperla* sp. Generalmente, las poblaciones fueron menores al comienzo de la estación y se incrementaron cuando las presas empezaron a incrementarse durante la estación. La tabla 4 muestra que durante 1996, las poblaciones de los predadores generalistas en las viñas tendían a ser más altas en las secciones con cultivos de cobertura que en las secciones en monocultivo.

Tabla 4

Densidades medias mensuales* (\pm SE) de diferentes especies de artrópodos predadores en viñas con y sin cultivos de cobertura, Hopland, California. 1996)

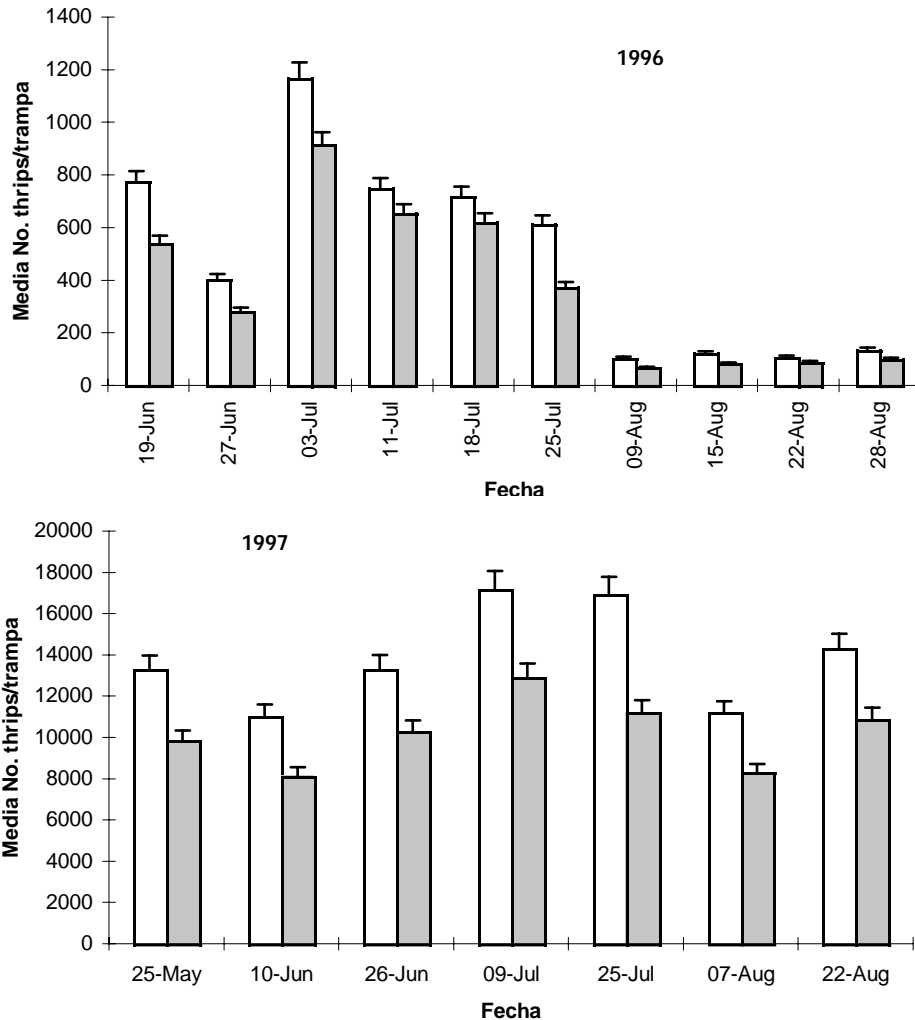
		<i>Orius</i>	Arañas	Coccinellidae	<i>Geocoris</i> sp.	<i>Nabis</i> sp.	<i>Chrysoperla</i> sp.
Con cultivos de cobertura	Junio	3 \pm 0,7	3 \pm 1,3	0	0	1 \pm 0,3	3 \pm 2,2
	Julio	5 \pm 1,9	9 \pm 3,4	4 \pm 1,9	2 \pm 1,7	1 \pm 0,6	5 \pm 3,1
	Agosto	4 \pm 2,0	12 \pm 3,7	1 \pm 0,8	4 \pm 2,3	2 \pm 1,1	2 \pm 1,0
Sin cultivos de cobertura	Junio	2 \pm 1,3	2 \pm 1,1	2 \pm 0,7	0	0	2 \pm 0,7
	Julio	3 \pm 0,9	8 \pm 2,6	2 \pm 0,4	1 \pm 0,5	0	4 \pm 1,5
	Agosto	2 \pm 0,8	9 \pm 3,4	1 \pm 0,3	2 \pm 0,9	1 \pm 0,7	2 \pm 0,8

* Número de individuos por transecto de 25m muestreado con D-Vac

En 1996 el predador más abundante en las flores de trigo sarraceno y girasol fue *Orius*, seguido por varias especies de Coccinellidae. Entre las diferentes especies de arañas

Figura 7

Densidad promedio de thrips por trampa azul en sistemas con cultivos de cobertura y en sistemas en monocultivo en el viñedo durante dos estaciones de crecimiento en Hopland, California. Barras claras: sin cobertura, barras oscuras: con cobertura.



encontradas, los miembros de la familia Thomisidae fueron los más abundantes (Tabla 5 página 509). En 1997, *Orius* fue de nuevo el predator más abundante en las secciones con cultivo de cobertura, seguido por varias especies de arañas Thomisidae y algunas especies de Coccinellidae, Nabidae, y *Geocoris* sp. Muchos de estos predadores probablemente respondieron al complejo de insectos neutrales y al polen y néctar presente en el cultivo de cobertura.

Tabla 5

Proporciones de grupos de predadores albergados por los cultivos de cobertura de verano (1996-1997) en ambos bloques del viñedo en Hopland, California.

	<i>Orius</i>		Coccinellidae		Arañas		Otros*	
	Bloque A	Bloque B	Bloque A	Bloque B	Bloque A	Bloque B	Bloque A	Bloque B
1996	76**	68	15	24	-	-	9	8
1997	83	72	-	-	12	17	5	11

* Otros incluyen: *Nabis* sp., *Geocoris* sp., *Chrysoperla* sp. y varias especies de arañas.

** % de insectos capturados con red entomológica, promedio de 12 fechas de muestreo durante la estación.

4.6. Efectos del corte de los cultivos de cobertura en la población del cicadélido de la uva y *A. epos*

Para determinar si el corte influenciaba la abundancia del cicadélido de la uva, las densidades de este, fueron determinadas en viñas seleccionadas antes y después del corte, comparando los niveles poblacionales en los sistemas con cultivos de cobertura y en los que ésta fue cortada.

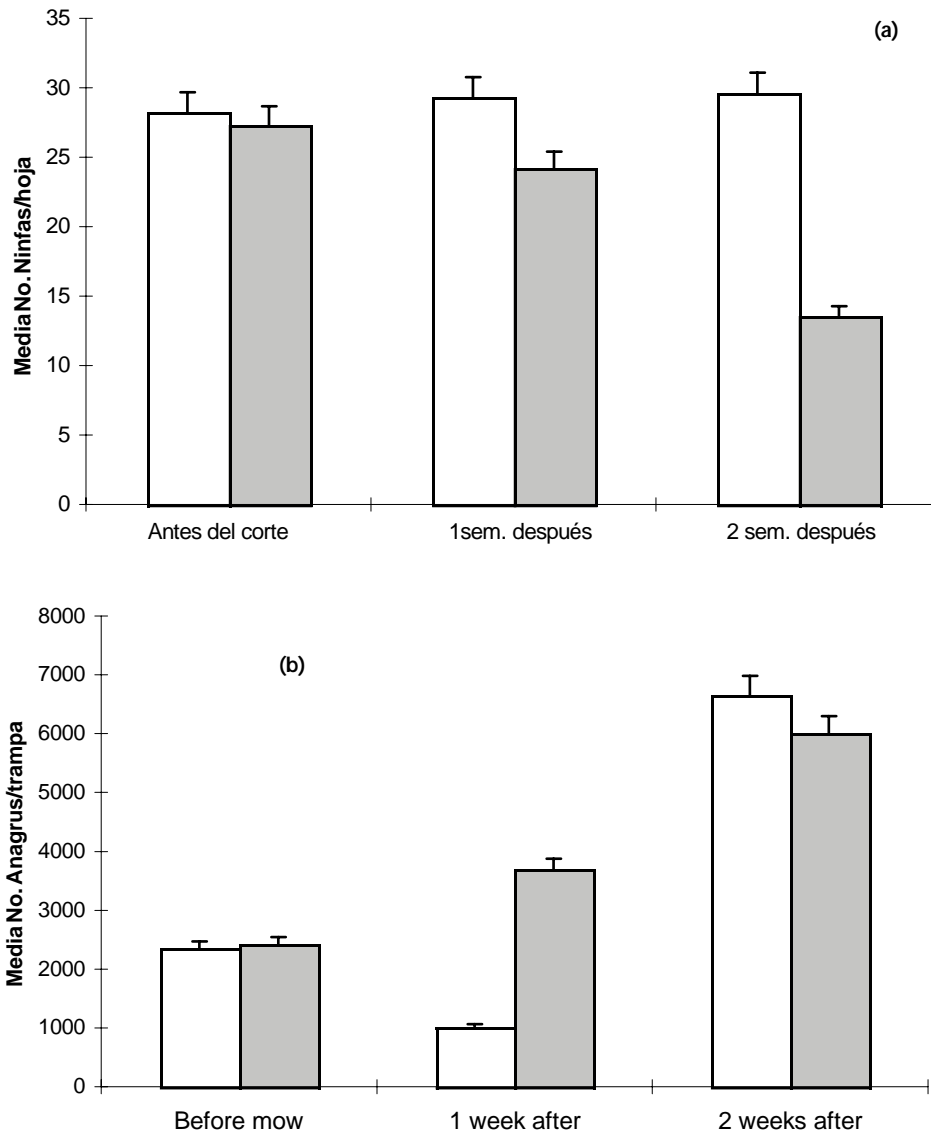
Antes del corte, las densidades de las ninfas del cicadélido de la uva en las viñas fueron similares en las hileras con cultivos de cobertura. Una semana después del corte, el número de ninfas disminuyó en las viñas donde el cultivo de cobertura fue cortado, coincidiendo con un incremento en las densidades del parasitoide *Anagrus*. Durante la segunda semana, esta disminución fue más pronunciada, aunque las diferencias en la población de *Anagrus* entre los sistemas en los que el cultivo de cobertura se cortó y en los que no, no fueron significativas (Fig. 8 página 510).

5. Conclusiones

Esta investigación demuestra que los cultivos de cobertura mantienen un gran número de *Orius*, coccinélidos, arañas especialmente de la familia Thomisidae y otras especies de predadores. Comparaciones de la abundancia de predadores en los sistemas con y sin cultivos de cobertura muestran que la presencia de trigo sarraceno y girasol produce un incremento en la densidad de predadores. Este resultado es consistente con las observaciones reportadas por Daane & Costello (1998), quienes encontraron que los cultivos de cobertura influenciaban la abundancia relativa de arañas presentes en los viñedos. La pregunta es si tales incrementos en la abundancia de predadores (especialmente dado que *Anagrus* actúa de manera similar en los dos sistemas) explican las bajas

Figura 8

Efectos del corte del cultivo de cobertura en el viñedo en (a) las ninfas del cicadélido de la uva y (b) *Anagrus epos* durante 1997 en Hopland, California. Barras claras: sin cobertura, barras oscuras: con cobertura



poblaciones del cicadélido de la uva y de trips observados en los viñedos diversificados. Algunos investigadores (Hanna *et al.*, 1996) creen que las reducciones del cicadélido de la uva pueden ser atribuidas, en parte, al incremento en la actividad de cierto grupo de

arañas, las cuales son consistentemente encontradas en altas densidades en sistemas con cultivos de cobertura que en sistemas limpios de monocultivo. Este estudio revela que la alta densidad de predadores está correlacionada con la baja población de cicadélidos de la uva y esta relación es más clara en el caso de la interacción *Orius*-trips.

Los experimentos del corte de la cobertura sugieren una conexión ecológica directa, puesto que el corte del cultivo de cobertura forzó el movimiento de *Anagrus* y de predadores que se encontraban en las flores, resultando así en una disminución de la población del cicadélido de la uva en las viñas adyacentes a los sistemas donde el cultivo de cobertura fue cortado. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Sluss (1967), quien recomendaba el corte del cultivo de cobertura en huertos de nogales a finales de abril o principios de mayo para forzar el movimiento de *Hippodamia convergens* hacia los árboles para ejercer un control temprano del áfido de los nogales. Claramente, se requieren más investigaciones para determinar el momento más propicio para hacer el corte con relación a la biología del cicadélido de la uva y la fenología de la viña y los cultivos de cobertura.

Esta investigación también sugiere que la dispersión y las subsecuentes densidades de los herbívoros y los enemigos naturales asociados, están influenciadas por las características del paisaje tales como el bosque ripario y el corredor adyacente al viñedo. La presencia de los hábitats riparios incrementa la colonización de predadores y su abundancia en los viñedos adyacentes, sin embargo esta influencia es limitada por la distancia en la cual los enemigos naturales pueden dispersarse dentro del viñedo (Corbett & Plant, 1993). El corredor, sin embargo, amplifica esta influencia permitiendo incrementar la dispersión y circulación de predadores al centro del campo. La gran disponibilidad de polen y néctar proporcionada por varias flores en el corredor, así como la diversidad y prevalencia de insectos neutrales, atrae un gran número de predadores generalistas. El incremento de la abundancia de alimento alternativo ha sido asociado con un incremento en la abundancia de predadores al afectar su reproducción y/o supervivencia (Lys *et al.*, 1994). Es así como se promueve un mayor impacto de los predadores, especialmente en las hileras del cultivo cerca a los hábitats que proveen este alimento alternativo (Coombes & Sotherton, 1986).

Muchas de las especies de predadores presentes en el corredor provienen del bosque ripario. Para algunos predadores tales como Coccinellidae, Chrysopidae, y Syrphidae, el corredor influenció su abundancia y dispersión a finales de la primavera y a principios del verano, el efecto actúa por medio de presas alternativas como áfidos y otros Homóptera (para Coccinellidae y Chrysopidae) y néctar y polen (para Syrphidae). Algunas especies de plantas albergan poblaciones de insectos neutrales de los ordenes Homóptera y Hemíptera, los cuales actúan como importante reservorio alimenticio para predadores tales como Anthocoridae y Miridae que migran desde el bosque y que se mueven más tarde al viñedo.

Actuando diferente a los predadores, el parasitoide *A. epos* no fue afectado directamente por la diversidad vegetal. Sin embargo, se ha observado que *Anagrus epos* coloniza las viñas desde los bordes del viñedo (Corbett & Rosenheim, 1996). En este estudio el parasitoide siguió los patrones de abundancia del cicadélido de la uva y no mostró una

respuesta de distribución tal y como se observó con los predadores. Otros investigadores que han encontrado un efecto positivo de las flores en la diversidad y abundancia de parasitoides han reportado también la dificultad de mostrar un gradiente evidente de parasitoides desde un hábitat en floración hacia sistemas de cultivo (Duelli *et al.*, 1990). Dado que *A. epos* se dispersó similarmente en las hileras en los dos bloques en estudio, es aparente que el incremento de predadores cerca a las interfaces con vegetación puede explicar mejor las bajas poblaciones del cicadélido de la uva y de los trips en las hileras del borde del bloque A. Este impacto exitoso de los predadores puede ser asumido porque pocos adultos y ninfas del cicadélido de la uva y trips fueron capturados cerca del corredor que en el centro del viñedo.

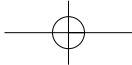
Los datos obtenidos en este estudio conllevan a 2 conclusiones principales:

- La diversificación del hábitat usando cultivos de cobertura de verano alberga altas poblaciones de predadores durante toda la estación, favoreciendo así un incremento en el control biológico del cicadélido de la uva y de trips en los viñedos.
- La creación de corredores dentro de los viñedos puede servir como una estrategia clave que permite a los enemigos naturales emerger desde los bosques riparios y dispersarse sobre grandes áreas que serían de otra forma monocultivos. Tales corredores podrían estar compuestos de especies de plantas localmente adaptadas, que exhiban períodos secuenciales de floración, los cuales atraen y albergan una abundante diversidad de predadores y parasitoides. Estos corredores o fajas, los cuales pueden estar conectados con varios sistemas de cultivo o bosques riparios, pueden crear una red de hábitats que permitan la dispersión de muchas especies de insectos benéficos a través de un gran rango de regiones agrícolas, trascendiendo las barreras de las fincas (Baudry, 1984).

Nuestro estudio sugiere que es posible restaurar los controladores naturales en los agroecosistemas a través de la diversificación vegetal, la cual provee una fundación ecológica robusta para el diseño de viñedos sustentables en el Norte de California, y en cualquier área del mundo mediterráneo.

Bibliografía citada

- Altieri MA** (1994) Biodiversity and pest management in agroecosystems. Haworth Press, New York.
- Andow DA** (1991) Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561-586.
- Baudry J** (1984) Effects of landscape structure on biological communities: the cases of hedgerows network landscapes. In: *Methodology in Landscape Ecological Research and Planning*. Brandt J & P Agger (Eds). Roskilde University Center, Denmark. 1:55-65.
- Corbett A & RE Plant** (1993) Role of movement in the response of natural enemies to agroecosystem diversification: a theoretical evaluation. *Environmental Entomology* 22:519-531.
- Corbett A & JA Rosenheim** (1996) Impact of natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecological Entomology* 21:155-164.
- Coombes DS & NW Sotherton** (1986) The dispersal and distribution of polyphagous predatory Coleoptera in cereals. *Annals of Applied Biology*, 108: 461-474.
- Daane KM & MJ Costello** (1998) Can cover crops reduce leafhopper abundance in vineyards? *California Agriculture* 52 (5):27-32.
- Daane KM, MJ Costello, GY Yokota & WJ Bentley** (1998) Can we manipulate leafhopper densities with management practices? *Grape Grower* 30 (4):18-36.
- Doutt R & J Nakata** (1973) The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape-pest management. *Environmental Entomology* 2:381-386.
- Duelli P, M Studer, I Marchand & S Jakob** (1990) Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biol. Conserv.* 54:193-207.
- Flaherty DL** (1969) Ecosystem trophic complexity and the Willamette mite, *Eotetranychus willamettei* (Acarine; Tetranychidae) densities. *Ecology* 50:911-916.
- Flaherty DL, PT Christensen, T Lanini, J Marois & LT Wilson** (1992) Grape pest management. University of California Division of Agriculture and Natural Resources.
- Fry G** (1995) Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. In: *Ecology and Integrated Farming Systems*. Glen DM; MP Greaves & HM Anderson (Eds). John Wiley & Sons, Bristol, UK, pp. 177-202.
- Hanna R, FG Zalom & CL Elmore** (1996) Integrating cover crops into vineyards. *Grape Grower*, February, pp.26-43.
- Kido H, DL Flaherty, DF Bosch & KA Vaero** (1984) French prune trees as overwintering sites for the grape leafhopper egg parasite. *Am. J. Enol. Vitic.* 35: 156-160.
- Lewis T** (1965) The effects of shelter on the distribution of insect pests. *Scientific Horticulture* 17:74-84.
- Lys JA, M Zimmermann & W Nentwing** (1994) Increase in activity density and species number of carabid beetles in cereals as a result of strip-management. *Entomol. Exp. Appl.* 73:1-9.
- Murphy BC, JA Rosenheim & J Granett** (1996) Habitat diversification for improving biological control: Abundance of *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae) in grape vineyards. *Environ. Entomol.* 25 (2):495-504.
- Pollard E** (1968) Hedges IV. A comparison between the carabidae of a hedge and field site and those of a woodland glade. *Journal of Applied Ecology* 5:649-657.
- Rosenberg DK, BR Noon & EC Meslow** (1997) Biological corridors: form, function and efficacy. *BioScience* 47 (10):677-687.
- Settle WH & T Wilson** (1990) Invasion by the variegated leafhopper and biotic interactions: parasitism, competition, and apparent competition. *Ecology* 71:1461-1470.
- Sluss RR** (1967) Population dynamics of the walnut aphid *Chromaphis juglandicola* (Kalt) in northern California. *Ecology* 48:41-58.
- Sotherton NW** (1984) The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. *Annual of Applied Biology* 105:423-429.
- Thomas MB, SD Wratten & NW Sotherton** (1991) Creation of "islands" habitats in farmland to manipulate populations of biological arthropods: predator densities and emigration. *J. Appl. Ecol.* 28:906-917.
- Wratten SD** (1988) The role of field margins as reservoirs of natural enemies. In: *Environmental Management in Agriculture*. Burn AJ (Ed.) Belhaven Press, London.



Agroecología: El Camino hacia una Agricultura Sustentable

