

MANEJO DE BIODIVERSIDAD VEGETAL Y EL CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS-PLAGA: CASO DE UN VIÑEDO ORGÁNICO

Clara I. Nicholls¹

RESUMEN

En el manejo de plagas es factible incrementar poblaciones de enemigos naturales, diversificando el hábitat. En los agroecosistemas es reconocida la importancia de la vegetación marginal para la sobrevivencia de parasitoides y predadores. En cultivos comerciales de viñedos, manejados orgánicamente, se adelantó este trabajo, se establecieron corredores de 65 especies diferentes de plantas con flores. Los cultivos de cobertura se sembraron en hilera por medio cada año. Los viñedos recibieron en promedio 2 toneladas de compost por hectárea. Para el control de enfermedades se empleó preventivamente azufre. Se pretendió precisar si el corredor de 200 metros de largo, podría incrementar el control biológico de insectos plaga en el viñedo. Se evaluó la contribución del corredor como proveedor de recursos alimenticios alternativos, consistentes, abundantes y bien distribuidos de enemigos naturales. Se comprobó la utilidad del corredor para incrementar los niveles poblacionales de insectos benéficos.

Palabras clave: Hábitat, corredores, flores, parasitoides, predadores.

ABSTRACT

In the handling of plagues it is feasible to increase natural enemies' populations, diversifying the habitat. In the agroecosystems the importance of the marginal vegetation is recognized for the parasitoids survival and predators. In commercial cultivations of vineyards, managed organically, was ahead this work, corridors of 65 different species from plants with flowers were settled down. The covering cultivations were sowed in array for half every year. The vineyards received 2 tons of compost on average for hectare. For the control of illnesses it was used sulfur preventively. It sought to be necessary if the corridor 200 meters long, could increase the biological control of insects plague in the vineyard. It was evaluated the contribution of the

¹ Ph.D. University of California Cooperative Extension, Alameda Country

corridor like supplier of alternative nutritious resources, consistent, abundant and well distributed of natural enemies. It was proven the utility of the corridor to increase the populational levels of beneficent insects.

Key words: Hábitat, corridors, flowers, parasitoids, predators

INTRODUCCION

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 y Rosenheim, 1996). Muchos científicos consideran que la destrucción de hábitats, afectará los controladores naturales (Fry, 1995; Sotherton, 1984), conllevando a un ejercicio 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 mas 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 cicadelidos 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 y Costello, 1998).

Es posible que en los estudios anteriormente citados, no haya una adecuada supresión biológica de plagas debido a que estos no mantuvieron la biodiversidad vegetal por un periodo suficientemente largo durante la estación de crecimiento. Estos estudios 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. Con base en

esta observación, se planteo 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 tem-

Otra opción es el mantenimiento o el establecimiento de vegetación adyacente a los campos de cultivo (Thomas *et al.*, 1991; Nentwing *et al.*, 1998). Idealmente, estas áreas proveen alimento alternativo y refugio para predadores y parasitoides y es por esto que incrementan la abundancia y colonización de enemigos naturales a los cultivos vecinos (Altieri, 1994; Corbett y Plant 1993; Coombes y Sotherton, 1984). 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).

En California se han realizado trabajos

prano en la estación y se mantengan durante todo el periodo de crecimiento del cultivo, de esta manera se proporciona constantemente alimento abundante además de microhábitats para una comunidad diversa de enemigos naturales.

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*). El estudio clásico de Douitt y 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. Más 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 and 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 mas 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 trabajo explora la importancia en el cambio espacial de la estructura del paisaje de un viñedo, particularmente al establecer un corredor vegetal que incremente el movimiento de benéficos mas alla del "área normal de influencia" a los hábitats adyacentes o refugios. Los corredores han sido usados por los biólogos conservacionistas para

Este estudio toma ventaja de la existencia de un corredor vegetal de 300 m de largo compuesto de por lo menos de 65 especies de plantas en floración. El corredor, el cual esta 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

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.

desde el bosque y hacia dentro del viñedo, y de este modo proporcionar protección contra los insectos plaga en alguna 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.

SITIO DE ESTUDIO

Este estudio fue llevado a cabo en dos bloques adyacentes de viñedo Chardonnay manejados orgánicamente (bloque A y B, 2.5 ha c/u) de Abril a Septiembre, in 1996 and 1997. 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. El viñedo estaba localizado en Hopland, 200 km al norte de San Francisco, California, en una región típica de producción de vino. Antes y durante el estudio, ambos bloques se encontraban bajo un manejo orgánico. Los cultivos de cobertura de invierno fueron sembrados 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.

MÉTODOS

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. Cada trampa Malaise contenía una botella de vidrio con alcohol etílico, la cual era reemplazada cada dos semanas y llevada al laboratorio donde se contaban y separaban los artrópodos según familias y cadenas tróficas.

10 trampas pegajosas de color amarillo y 10 trampas pegajosas de color azul (10 x 17 cm [Seabright Laboratories, Emeryville, CA]) fueron colocadas 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, para monitorear la diversidad y abundancia de entomofauna. Las trampas amarillas fueron usadas para monitorear el cicadelido de la uva *E. elegantula*, el parasitoide de huevos del cicadelido de la uva, *Anagrus epos*, y varias especies de predadores.

Las trampas azules fueron principalmente usadas para determinar las poblaciones de thrips 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 y examinadas con un microscopio de disección 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 contaban el número de ninfas de *E. elegantula*. Las poblaciones de ninfas del cicadelido de la uva, fueron

estimadas semanalmente en 10 hojas que eran seleccionadas al azar en cada hilera.

Cultivos de cobertura. Mitad de cada bloque se mantuvo limpio de vegetación durante la primavera y finales del verano mediante arado (viñedo en monocultivo). En Abril, las otras dos mitades de cada bloque fueron sembrados hilera por medio con una mezcla de 30/70 de girasol (*Helianthus annuus* Linnaeus) y trigo seraceño (*Fagopirum esculentum* Moench) (viñedo con cultivo de cobertura). El trigo seraceño florecía desde Mayo a Julio y el girasol florecía desde Julio hasta el final de la estación.

De Abril a Septiembre de 1996 y 1997, la abundancia y diversidad de insectos fitófagos y enemigos naturales asociados fueron monitoreados en los bloques de viñedo con cultivos de cobertura y los viñedos en monocultivo. 10 trampas pegajosas amarillas y 10 trampas pegajosas azules (10 x 17 cm [Seabright Laboratories, Emeryville, CA]) fueron colocadas en 10 hileras seleccionadas al azar en cada bloque para estimar las densidades de los adultos del cicadelido de la uva, adultos y ninfas de thrips, adultos de *Anagrus*, *Orius* sp. y otros predadores.

En las mismas hileras donde las trampas pegajosas fueron colocadas, las hojas de las viñas fueron examinadas visualmente en el campo para determinar el número de ninfas de *E. elegantula*. Las poblaciones de ninfas del cicadelido de la uva fueron estimadas en 10 hojas seleccionadas al azar en cada hilera. 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 cicadelido de la uva por el parasitoide *Anagrus epos* (Flaherty *et al.*, 1992).

El parasitismo de huevos en los viñedos fue determinado examinando las mismas 10 hojas de viña usadas en el conteo de ninfas, las cuales fueron llevadas al laboratorio y bajo un microscopio de disección se determinaba la presencia de huevos sanos y parasitados de *E. elegantula*. Los huevos que no habían eclosionado, eran examinados para determinar la presencia del desarrollo de *A. epos* o *E. elegantula* (Settle y Wilson, 1990). Al mismo tiempo los huevos que estaban eclosionados, fueron examinados para determinar la presencia o no de cicatrices de emergencia del huevo, si era redondo, indicaba 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, 5 trampas pegajosas amarillas y 5 azules fueron colocadas en tres hileras al azar en sistemas con cultivo de cobertura cada vez que estas fueron cortadas, y en tres hileras al azar en sistemas que no fueron sometidas al corte.

RESULTADOS

Influencia del corredor en las poblaciones del cicadelido de la uva y los thrips. En los dos años en el bloque A, los adultos del cicadelido de la uva exhibieron 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. La mayor concentración del cicadelido de la uva se presentó entre las hileras 20-25 (30-40 metros) del corredor. Tal gradiente no fue aparente en el bloque B, donde la ausencia del corredor resultó en una dispersión uniforme del cicadelido de la uva (Figura 1, resultados similares fueron observados en 1997). 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 cicadelido de la uva alcanzo 10-15 hileras (20-25 metros). En el bloque B, las ninfas presen-

Un gradiente poblacional parecido fue observado en la distribución de thrips (Figura 2, resultados similares fueron observados en 1996). En ambos años las capturas en el bloque A fueron substancialmente 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.

Respuesta de los enemigos naturales

Los predadores generalistas de las familias Coccinellidae, Chrysopidae, Nabidae, y Syrphidae exhibieron un gradiente en la densidad en el bloque A, indicando claramente que la abundancia y la distribución espacial de estos insectos estuvo influenciada por la presencia del bosque ripario y del corredor, el cual canalizo la dispersión de insectos benéficos dentro de las viñas (Figura. 3, resultados similares fueron observados en 1996). Los predadores estuvieron mas homogéneamente distribuidos en el bloque B, 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

taron una distribución homogénea a lo largo de todo el bloque.

observar que su abundancia tendía a ser mayor en las hileras cerca al bosque ripario (10-15 metros).

En el bloque A la distribución de *Orius* sp. estuvo afectada por el corredor y el bosque ripario, así mientras las poblaciones mas altas de *Orius* se presentaron en las viñas cercanas a los bordes (hasta 20 metros), en el bloque B no se presen-

tó un gradiente poblacional aparente (Tabla 1).

Como *Anagrus* colonizo los viñedos desde el corredor y el bosque ripario hacia el área de muestreo, este parasitoide presento las densidades mas altas desde finales de Julio a finales de Agosto en los dos años de estudio en las hileras del centro, donde las poblaciones del cicadelido de la uva eran mas abundantes (Figura 4, resultados similares fueron abservados en 1997). El incremento en las capturas de *A. epos* especialmente desde finales de Junio en adelante, indican 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 periodo de ovoposición

de los adultos del cicadelido de la uva. La examinación de las hojas revelo altos niveles de parasitismo a través de las generaciones del cicadelido de la uva en los dos bloques en los años 1996 y 1997 (Tabla 2). Los huevos presentes en las hileras del centro alcanzaron una tasa promedio de parasitismo ligeramente mas alta que los huevos localizados en las hileras cercanas al bosque o el corredor. La proporción de huevos parasitados tendió a ser uniformemente distribuidos entre las hileras de ambos bloques. Se asume que la presencia del bosque ripario esta asociado con la colonización de *A. epos* pero este 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.

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 0.08	\pm 1.20 \pm 0.3	3.75 0.94	\pm 2.54 0.84	\pm 1.53 0.51	\pm 1.85 0.56
Centro del campo	1.16 0.05	\pm 1.36 0.45	\pm 2.11 0.52	\pm 2.96 0.98	\pm 1.20 \pm 0.4	1.70 0.62
Cerca del bosque	1.90 0.47	\pm 1.40 0.46	\pm 4.52 \pm 1.5	3.01 0.75	\pm 1.42 0.38	\pm 2.03 0.84

* Promedio de 4 fechas de muestreo

Tabla 2. Porcentaje de parasitismo de huevos (media \pm ES) del cicadelido 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 1. Patrones estacionales (promedios/trampa) de adultos del cicadelido de la uva *E. elegantula* en ambos bloques del viñedo, influenciados por la presencia del bosque ripario y el corredor (Hopland, California, 1996).

Figura 2. Patrones estacionales de thrips (promedio/trampa azul) en los dos bloques del viñedo, influenciado por la proximidad del bosque ripario y el corredor (Hopland, Clifornia, 1997).

Figura 3. 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, 1997).

Figura 4. 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).

Respuesta de la densidad del cicadelido de la uva a los cultivos de cobertura de verano . En ambos años, las densidades del cicadelido de la uva fueron significativamente menores a través de la estación (excepto en 6/27 y 7/18 en 1996 y temprano en el verano de 1997) en las viñas con cultivo de cobertura de verano que en las viñas en monocultivo (Figura 5, $t=2.612$, $df=10$, $p<0.05$). Comparando los viñedos con cultivos de cobertura con los viñedos en monocultivo se observa que el incremento en la diversidad de plantas también resulta en una disminución del número de ninfas del cicadelido de la uva. Durante 1996, las densidades de ninfas fueron generalmente menores en secciones de las viñas con cultivos de cobertura.

Las diferencias no fueron estadísticamente significativas, sin embargo, desde Agosto 15 hasta el final de la estación si lo fueron ($t=2.31$, $df=13$, $p<0.05$). En 1997, los niveles de abundancia de ninfas fueron significativamente menores en viñas con cultivos de cobertura siendo mas evidente desde Julio 9 en adelante ($t=2.50$, $df=6$, $p<0.05$) (Fig. 6).

Efectos de los cultivos de cobertura en las poblaciones de *Anagrus* y en las tasas de parasitismo. Durante 1996, la densidades medias de *Anagrus* presentes en las trampas pegajosas amarillas colocadas en las secciones con cultivo de

cobertura y en secciones en monocultivo fueron similares, aunque al final de la estación *Anagrus* logro alcanzar niveles significativos en las secciones en monocultivo. De igual forma, durante 1997, un año de capturas elevadas, los muestreos revelaron un número de *Anagrus* significativamente mayor en las secciones de monocultivo especialmente a finales de Julio (Figura 7, $t=2.41$, $df=9$, $p<0.05$). Claramente, *A. epos* fue mas abundante en el viñedo en monocultivo asociado con las altas densida-

des del cicadelido hospedero.

Diferencias en las capturas de *Anagrus* en las trampas amarillas entre secciones con cultivos de cobertura y secciones en monocultivo no se reflejaron en las tasas de parasitismo de *E. elegantula*. Tampoco hubo una relación entre la abundancia del cicadelido de la uva y los niveles medidas 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 mas altas en las secciones con cultivos de cobertura , pero no lo suficientemente significativas (Tabla 3, $t=3.67$, $df=2$, $p<0.05$).

Efectos de los cultivos de cobertura en las poblaciones de thrips y predadores generalistas. Las capturas de thrips en las trampas pegajosas azules en 1996 muestran que las densidades fueron significativamente menores ($t=2.37$, $df=9$, $p<0.05$) en secciones del viñedo con cultivos de cobertura que en secciones en

monocultivo. Las densidades de thrips permanecieron bajas durante toda la estación de crecimiento (Figura 8). Tales diferencias fueron también aparentes en 1997, un año con alta presión poblacional de thrips. Las poblaciones en 1997 fueron significativamente mayores en las secciones de monocultivo especialmente al final de Julio. Es claro destacar que el incremento en la diversidad de plantas estuvo asociado con las menores poblaciones de thrips.

Tabla 3. Porcentaje de parasitismo de huevos del cicadelido 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)

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 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 25 m muestreado con D-Vac

El muestreo del cultivo de cobertura con D-Vac en los dos bloques revela que en 1996 el predador mas abundante en las flores de trigo seraceño y girasol fue *Orius*, seguido por varias especies de Coccinellidae. Entre las diferentes especies arañas encontradas, los miembros de la familia Thomisidae fueron los mas abundantes (Tabla 5). En 1997, *Orius*

fue de nuevo el predador mas 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>		Coccinellids		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.

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

Para determinar si el corte influenciaba la abundancia del cicadelido 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 esta fue cortada.

Antes del corte, las densidades de las ninfas del cicadelido 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 ($t=2.93$, $df=4$, $p<0.05$), sin embargo, 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 (Figura 9).

Figura 5. Densidades de adultos del cicadelido 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 (número de adultos/trampa) y error estándar.

Figura 6. Densidades de ninfas de *E. elegantula* en sistemas con cultivos de cobertura y en sistemas en monocultivo en el viñedo durante dos estaciones de crecimiento en Hopland, California.

Figura 7. 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.

Figura 8. 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.

Figura 9. Efectos del corte del cultivo de cobertura en el viñedo en (a) las ninfas del cicadelido de la uva y (b) *Anagrus epos* durante 1997 en Hopland, California.

CONCLUSIONES

Esta investigación demuestra que los cultivos de cobertura mantienen un gran número de *Orius*, coccinellidos, 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 seraceño y girasol produce un incremento en la densidad de predadores. Este resultado es consistente con las observaciones reportadas por Daane y 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) explica las bajas poblaciones del cicadelido de la uva y de thrips observados en los viñedos diversificados. Algunos investigadores (Hanna *et al.*, 1996) creen que las reducciones del cicadelido de la uva puede ser atribuida 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. Los análisis de este estudio

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

revelan que las altas densidades de predadores esta correlacionada con las bajas poblaciones de cicadelidos de la uva y esta relación es mas clara en el caso de la interacción *Orius*-thrips.

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 cicadelido 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 arboles para ejercer un control temprano del áfido de los nogales. Claramente, mas investigación es requerida para determinar en que momento es necesario hacer el corte en relación a la biología del cicadelido de la uva y la fonología de la viña y los cultivos de cobertura.

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 y 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 sobrevivencia (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 y 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 influyó 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 Homoptera (para Coccinellidae y Chrysopidae) y néctar y polen (para Syrphidae). Algunas especies de plantas albergan poblaciones de insectos neutrales de los órdenes Homoptera y Hemiptera, 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 y Rosenheim, 1996). En este estudio el parasitoide siguió los patrones de abundancia del cicadelido de la uva y no mostró una respuesta de distribución tal y como se observó con los predadores. Otros investigadores quienes 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 disperso 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 cicadelido de la uva y de los thrips en las hileras del borde del bloque A. Este impacto exitoso de los predadores puede ser asumido porque pocos adultos y ninfas del cicadelido de la uva y thrips 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

- 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 periodos 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).

Este 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

ALTIERI, M.A. Biodiversity and pest mana-

cicadelido de la uva y de thrips en los viñedos.

gement in agroecosystems. New York: Harworth, 1994.

ANDOW, D. A. Vegetational diversity and arthropod population response. *En: Annual Review of Entomology*. Vol. 36 (1991); p.561-586.

BAUDRY, J. Effects of landscape structure on biological communities: the cases of hedgerows network landscapes. *En: Brandt, J. y Agger, P., eds. Methodology in landscape ecological research and planning*. Denmark: Roskilde University Center, v.1. 1984. p.55-65.

- BOLLER, E.F. The ecosystem approach to plan and implement integrated plant protection in viticulture of eastern Switzerland. *Err*: Cavalloro, R., ed. Plant-protection problems and prospects of integrated control in viticulture, *Err*: Proceedings of the International CEC-IOBC Symposium, Lisboa, Portugal: Report EVR 11548, 1990. p.607-617.
- BUGG, R.L and WADDINGTON, C. Using cover crops to manage arthropod pests of orchards: a review. *Err*: Agriculture Ecosystems and Environment. Vol. 50 (1994); p.11-28.
- CORBETT, A. and ROSENHEIM, J.A. Impact of natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Err*: Ecological Entomology. Vol. 21 (1996); p.55-164.
- CORBETT, A. and PLANT, R.E. Role of movement in the response of natural enemies to DOUTT, R.L and NAKATA, J. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape-pest management. *Err*: Environmental Entomology Vol.2 (1973); p.381-386.
- DUELLI, P; STUDER, M.; MARCHANDM I. and JAKOB, S. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Err*: Biology Conservation. Vol.54 (1990); p.193-207.
- FLAHERTY, D.L. Ecosystem trophic complexity and the Willamette mite, *Eotetranychus willamettei* (Acarine: Tetranychidae) densities. *Err*: Ecology. Vol. 50 (1969); p.911-916.
- _____; CHRISTENSEN, P.T.; LANINI, T.; MAROIS, J. and WILSON, L.T. Grape Pest Management. California: University of California Division of Agriculture and Natural agroecosystem diversification: a theoretical evaluation. *Err*: Environmental Entomology. Vol. 22 (1993); p.519-531.
- COOMBES, D. S. and SOTHERTON, N.W. The dispersal and distribution of polyphagous predatory Coleoptera in cereals. *Err*: Annals of Applied Biology. Vol.108(1986); p.461-474.
- DAANE, K.M.; COSTELLO, M.J.; YOKOTA, G.Y. and BENTLEY, W.J. Can we manipulate leafhopper densities with management practices? *Err*: Grape Grower Vol.30, No.4 (1998); p.18-36.
- DAANE, K.M. and COSTELLO, M.J. Can Cover crops reduce leafhopper abundance in vineyards? *Err*: California Agriculture Vol. 52, No. 5 (1998); p.27-32.
- Resources, 1992.
- FRY, G. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. *Err*: Glen D.M, Greaves, M.P. y Anderson H.M., eds. Ecology and Integrated Farming Systems. Bristol, UK: John Wiley and Sons, 1995. p.177-202.
- HANNA, R.; ZALOM, F.G. and ELMORE, C.L. Integrating cover crops into vineyards. *Err*: Grape Grower. (feb., 1996); p.26-43.
- KIDO, H., FLAHERTY, D.L.; BOSCH, D.F. and VAERO, K.A. French prune trees as overwintering sites for the grape leafhopper egg parasite. *Err*: American Journal of Entomology Vitic. Vol.35 (1984); p.156-160.
- LEWIS, T. The effects of shelter on the distribution of insect pests. *Err*: Scientific Horticulture. Vol. 17 (1965); p.74-84.

No.10 (1997); p.677-687.

LYS, J.A.; ZIMMERMANN, M. and NENTWING, W. Increase in activity density and species number of carabid beetles in cereals as a result of strip-management. *Err. Entomology Exp. Applied.* Vol.73 (1994); p.1-9.

MURPHY, B.C.; ROSENHEIM, J.A. and GRANETT, J. Habitat diversification for improving biological control: Abundance of *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae) in grape vineyards. *Err. Environmental Entomology.* Vol.25, No.2 (1996); p.495-504.

POLLARD, E. Hedges IV. A comparison between the carabidae of a hedge and field site and those of a woodland glade. *Err. Journal of Applied Ecology.* Vol. 5 (1968); p.649-657.

ROSENBERG, D.K.; NOON, B.R. and MESLOW, E.C. Biological corridors: form, function and efficacy. *Err. Bio Science* Vol.47, THOMAS, M.B.; WRATTEN, S.D. and SOTHERTON, N.W. Creation of "islands" habitats in farmland to manipulate populations of biological arthropods: predator densities and emigration. *Err. Journal of Applied Ecology.* Vol. 28 (1991); p.906-917.

SETTLE, W.H. and WILSON, T. Invasion by the variegated leafhopper and biotic interactions: parasitism, competition, and apparent competition. *Err. Ecology.* Vol. 71 (1990); p.1461-1470.

SETTLE, W.H.; WILSON, L.T.; FLAHER, D.L. and ENGLISH-LOEB, M. The variegated leafhopper, as increasing pest of grapes. *Err. California Agriculture.* Vol. 40 (1986); p.30-32.

SLUSS, R.R. Population dynamics of the walnut aphid *Chromaphis juglandicola* (Kalt) in northern California. *Err. Ecology* Vol.48 (1967); p.41-58.

SOTHERTON, N.W. The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. *Err. Annual of Applied Biology.* Vol.105 (1984); p.423-429.

WRATTEN, S.D. The role of field margins as reservoirs of natural enemies. *Err. Burn, A.J., ed. Environmental Management in Agriculture.* London: Belhaven, 1988.

Aprobado para su publicación: Agosto 30 - 2000