

## Visitantes florales diurnos del girasol (*Helianthus annuus*, Asterales: Asteraceae) en la Argentina

TORRETTA Juan P.\*, Diego MEDAN\*, Arturo ROIG ALSINA\*\* y Norberto H. MONTALDO\*

\* Cátedra de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, C1417DSE, Buenos Aires, Argentina; e-mail: torretta@agro.uba.ar; diemedan@agro.uba.ar; montaldo@agro.uba.ar

\*\* Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Av. A. Gallardo 470, C1405DJR, Buenos Aires, Argentina; e-mail: arturo@macn.gov.ar

### Diurnal floral visitors of sunflower (*Helianthus annuus*, Asterales: Asteraceae) in Argentina

■ **ABSTRACT.** Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is an important oilseed crop in Argentina. During three agricultural years, the diversity and abundance of diurnal floral visitors of sunflower heads were determined in eight sites spanning much of this crop's cultivation area in Argentina. Seventy-six morpho-species of floral visitors, belonging to eight orders, were captured on sunflower. The principal order was Hymenoptera, with 37 species or morpho-species, of which 32 were bees (Apoidea). The most represented bee families were Apidae (13), Megachilidae (11) and Halictidae (7). The domestic bee (*Apis mellifera* L.) accounted for 93% of the visits. Floral visitor composition did not show an identifiable variation pattern either throughout the day or with respect to the distance to the edge of the crop, but varied among sites. It is concluded that the domestic bee is the main sunflower pollinator in Argentina, although several native bee species (*Melissodes tintinnans* (Holmberg), *M. rufithorax* Brèthes, *Melissoptila tandilensis* Holmberg, and *Megachile* spp.) could be considered as potential crop pollinators.

**KEY WORDS.** *Apis mellifera*. *Melissodes*. Native bees. Pollination.

■ **RESUMEN.** El girasol (*Helianthus annuus* L.) es un importante cultivo oleaginoso en la Argentina. Durante tres campañas agrícolas, se determinaron la diversidad y la abundancia del elenco de los visitantes florales diurnos de capítulos de girasol, en ocho sitios que cubren gran parte del área cultivada en Argentina. Setenta y seis morfo-especies de visitantes florales, pertenecientes a ocho órdenes, fueron capturados sobre capítulos de este cultivo. El principal orden fue Hymenoptera, con 37 especies o morfo-especies, de las cuales 32 fueron abejas (Apoidea). Las familias de abejas más representadas fueron Apidae (13), Megachilidae (11) y Halictidae (7). La abeja doméstica (*Apis mellifera* L.) realizó el 93% de las visitas. La composición del elenco de visitantes no mostró un patrón de variación identificable a lo largo del día, ni con respecto a la distancia al borde del cultivo, pero varió entre sitios de muestreo. Se concluye que la abeja doméstica es el principal polinizador del girasol en la Argentina, aunque varias especies nativas de abejas (*Melissodes tintinnans* (Holmberg), *M. rufithorax* Brèthes, *Melissoptila tandilensis* Holmberg, y *Megachile* spp.) podrían ser consideradas como potenciales polinizadores del cultivo.

**PALABRAS CLAVE.** *Apis mellifera*. *Melissodes*. Abejas nativas. Polinización.

## INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es un cultivo originario de América del Norte, donde actualmente se encuentra la forma silvestre de la especie. Ésta es una hierba anual, sucesional temprana, auto-incompatible, común en áreas agrícolas y costados de caminos en Estados Unidos, Canadá y México (Minckley *et al.*, 1994; Fick & Miller, 1997). Un sistema de auto-incompatibilidad contribuye a los altos niveles de polinización cruzada observados en girasoles silvestres y en algunos de los híbridos cultivados. El sitio de la reacción de incompatibilidad podría localizarse en el estigma, en el estilo o en el óvulo (Seiler, 1997). Los mejoradores genéticos han logrado cultivares comerciales auto-compatibles, que alcanzan el 80-100% de auto-fertilidad (Miller & Fick, 1997), aunque el nivel de auto-fertilidad puede estar afectado por factores ambientales (temperatura y longitud del día), por la morfología de las estructuras florales y por el control genético (Miller & Fick, 1997).

El girasol es un importante cultivo oleaginoso en la Argentina y se lo cultiva comercialmente desde Chaco hasta el sur de Buenos Aires (Fig. 1). La Argentina cuenta con ambientes agroecológicos favorables para su siembra, lo que ha permitido que el país se constituya en uno de los líderes mundiales en la producción de este cultivo.

Los primeros trabajos acerca de visitantes florales de girasol son de comienzos del siglo XX (Alfken, 1913; Cockerell, 1914a, b; Robertson, 1929, citados en Hurd *et al.*, 1980). En todos estos estudios se reportan numerosas especies de abejas de diversos géneros y familias. Posteriormente, en un trabajo exhaustivo, Hurd *et al.* (1980) mencionan 412 especies de abejas colectadas en capítulos de girasol en el sudoeste de los Estados Unidos, una región donde esta planta es nativa.

Con la aparición de líneas androestériles de girasol, utilizadas para la creación de híbridos comerciales, comenzaron a realizarse trabajos para establecer el efecto de las visitas de distintas especies de abejas a los capítulos, relacionados a la formación de frutos. Parker (1981a) comparó el efecto de la abundancia, la diversidad y la estacionalidad de distintas especies de abejas sobre la producción de frutos. DeGrandi-Hoffman & Watkins (2000) compararon la actividad de forrajeo de *Apis mellifera* L. con otras especies de abejas y su influencia sobre la polinización cruzada y la formación de frutos en híbridos comerciales. También se realizaron trabajos comparativos acerca de la tasa de visita de abejas (principalmente *Apis mellifera*) sobre cultivares androestériles y androfértiles (Parker, 1981b; DeGrandi-Hoffman & Martin, 1993), así como estudios acerca de la eficiencia de polinización de abejas nativas y *Apis mellifera* como polinizadores del cultivo (Parker, 1981c). Recientemente, distintos autores reportaron que la interacción entre abejas nativas y *Apis mellifera*, incrementa la eficiencia de polinización de esta última en capítulos de girasol cultivados para la formación de semillas híbridas (DeGrandi-Hoffman & Watkins, 2000; Greenleaf & Kremen, 2006). Por otro lado, Parker & Frohlich (1983) estudiaron la polinización de girasoles híbridos por *Eumegachile pugnata* (Say), una abeja especialista en granos de polen de Asteraceae; también realizaron estudios para manejar poblaciones de esta especie de abeja (Parker & Frohlich, 1985).

La actual crisis de polinización estimuló el estudio de las abejas nativas y la adopción de medidas de conservación en diversas regiones del mundo (Kevan & Imperatriz-Fonseca, 2002; Stephen, 2003; Freitas & Pereira, 2004; James & Pitts-Singer, 2008). Un aspecto de interés en la conservación de polinizadores radica en el papel de las

abejas no-*Apis* como polinizadores de cultivos (Kevan, 2001 y referencias allí). Al menos el 80% de los cultivos polinizados por animales dependen de abejas y otros animales silvestres (FAO, 2004). Por lo tanto, estudiar la apifauna asociada a los cultivos entomófilos posibilitaría identificar especies nativas con potencial como polinizadores, y el conocimiento de su biología permitiría trazar planes de manejo, como ya ocurre en diversas partes del mundo, con abejas solitarias como *Megachile rotundata* Fabricius, *Osmia cornifrons* (Radoszkowski), *O. lignaria* Say, *Nomia melanderi* Cockerell, y algunas especies de *Centris* Fabricius y *Xylocopa* Latreille, entre otras (Richards, 1993; Stephen, 2003; Torchio, 2003; Bosch & Kemp, 2004; Buchmann, 2004; Bosch *et al.*, 2008).

En la Argentina, los trabajos sobre polinización de girasol son escasos y se concentran principalmente en la actividad pecoreadora de la abeja doméstica (Basualdo *et al.*, 2000, Andrada *et al.*, 2004). Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue caracterizar cualitativa y cuantitativamente los elencos de visitantes florales diurnos del girasol en la Argentina en diferentes sitios de cultivo, teniendo en cuenta la variación entre posiciones dentro del lote cultivado y entre momentos del día, para intentar responder las siguientes preguntas: a) ¿Cuáles son los polinizadores del girasol en Argentina?, b) ¿Existe una variación del ensamble de visitantes florales en relación a la distancia del borde del cultivo?, c) ¿Hay diferencias en la variación temporal diaria del ensamble de visitantes? y d) ¿Existe una variación geográfica del ensamble de polinizadores?

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sitios de muestreo

Durante las campañas agrícolas 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007, se relevaron ocho sitios en las distintas regiones donde se cultiva el girasol en el país (Tabla I, de aquí en adelante los sitios serán nombrados por su abreviatura). En cada sitio de muestreo, se

eligió un lote comercial del cultivo en el cual la mayoría de las plantas ya se encontraban florecidas (estadio R-5 de Schneiter & Miller, 1981). En la elección de los sitios, se dio prioridad a conseguir un muestreo que cubra un área amplia del cultivo en la Argentina (Fig. 1). El tamaño de los lotes sembrados con girasol varió entre 25 y 50 ha. (Tabla I). Todos los lotes relevados se encontraban dentro de una matriz agrícola y los lotes que circundaban el área estudiada se encontraban sembrados con otros cultivos convencionales (Tabla I). Dada la magnitud del muestreo, no fue posible relevar todos los sitios durante la misma campaña agrícola y no pudieron tenerse en cuenta las posibles diferencias interanuales en condiciones ambientales.

Debido a que se trabajó con lotes implantados por productores comerciales, las técnicas de manejo del cultivo pudieron variar entre los distintos sitios. Lo mismo ocurrió con la identidad del híbrido sembrado en cada lote muestreado, aunque en ningún caso el cultivo era utilizado para la creación de híbridos comerciales, por lo que los girasoles cultivados eran androfértiles (en los lotes muestreados la presencia de capítulos androestériles era baja, Torretta obs. pers.).

Una posible limitación del trabajo, es el hecho de que en cada sitio de muestreo solamente se relevó un lote de cultivo. La floración del capítulo del girasol es centripeta, entre uno y cuatro círculos de flores del disco abren por día, por lo que la duración total de la floración del capítulo es de 10 a 15 días (Torretta *et al.*, 2009). Debido a que el muestreo en cada lote fue intensivo, y que en cada sitio de muestreo la fenología de floración del girasol en distintos lotes es simultánea, sólo se pudo trabajar en un lote por sitio de muestreo.

### Relevamientos de los visitantes florales

Para caracterizar cualitativamente el ensamble de polinizadores, se realizaron capturas de los visitantes florales diurnos mientras forrajeaban en las flores del cultivo, caminando a lo largo de las hileras de girasol

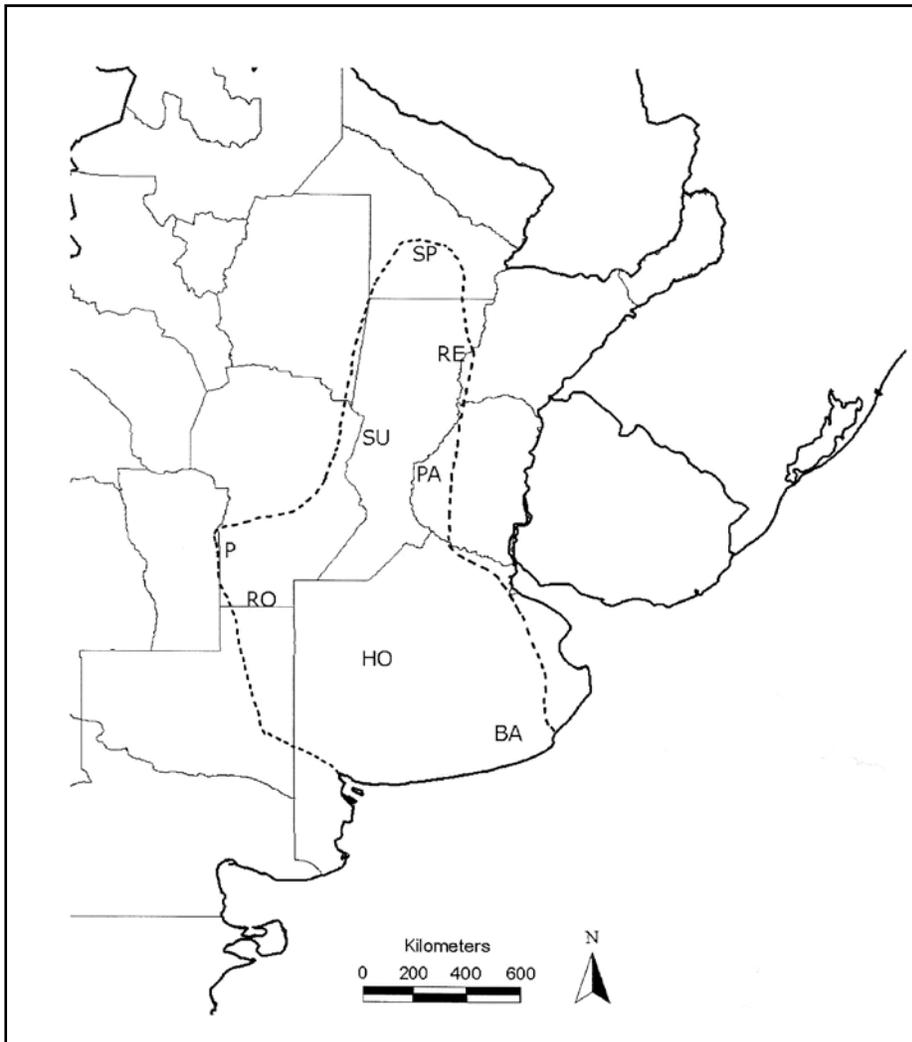


Fig. 1. Área de cultivo del girasol en Argentina (área dentro de la línea punteada) y sitios relevados durante las campañas agrícolas 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007.

Tabla I. Localización de los sitios estudiados, períodos en que fueron relevados, esfuerzo de muestreo (horas-hombre de captura) tamaño de los lotes e identidad de los cultivos circundantes.

Sitios (abreviatura)	Provincia	Posición geográfica	Fecha de muestreo	Esfuerzo de muestreo (hs/hombre)	Área sembrada del lote (ha)	Cultivos circundantes
Sáenz Peña (SP)	Chaco	S 26° 51' 12,5" O 60° 24' 44,9"	9-13 - XI - 2004	11	46	girasol, pastura
Reconquista (RE)	Santa Fe	S 29° 12' 21,1" O 59° 39' 36,4"	15-19 - XI - 2004	13	20	girasol, pastura
Sunchales (SU)	Santa Fe	S 30° 55' 04,7" O 61° 34' 57,5"	14-21 - XII - 2005	13	37	girasol, pastura, moha
Paraná (PA)	Entre Ríos	S 31° 49' 31,2" O 60° 26' 22,1"	18-22 - XII - 2004	10	25	girasol, maíz, pastura
Paunero (P)	Córdoba	S 33° 53' 28,0" O 65° 00' 05,5"	4-9 - I - 2006	12	50	girasol, pastura
Roca (RO)	Córdoba	S 34° 59' 51,3" O 64° 18' 06,7"	18-22 - XII - 2006	12	48	girasol, alfalfa, maíz
Hortensia (HO)	Buenos Aires	S 35° 56' 44,9" O 61° 11' 43,7"	4-10 - I - 2007	10	50	girasol, trigo, maíz
Balcarce (BA)	Buenos Aires	S 37° 46' 54,8" O 58° 18' 44,6"	21-27 - I - 2005	6	25	girasol, soja

a distintas horas del día, entre las 8:30 y las 19:00. Los insectos se capturaron con redes entomológicas y se sacrificaron en el campo, en frascos con cianuro de potasio. Los insectos se prepararon siguiendo las técnicas de rutina y luego fueron determinados en el laboratorio o con ayuda de especialistas (ver Agradecimientos). Los ejemplares capturados se encuentran depositados en la Colección Entomológica de la Cátedra de Botánica Agrícola de la Facultad de Agronomía de la U.B.A.

### Censos de visitantes florales

Para evaluar la abundancia de las distintas especies de visitantes florales, se realizaron censos estáticos a tres distancias del borde del cultivo (2 m, 20 m y 100 m) y en tres momentos del día (9:00-10:00, 12:00-13:00, y 17:00-18:00). En cada censo, se observaron a la vez cinco capítulos de girasol durante diez minutos, se registró la especie visitante y el número de visitas para cada capítulo por separado. Debido a que algunas especies de abejas nativas difícilmente se pueden diferenciar en el campo, las visitas se registraron asignándolas a un género (por ejemplo, *Melissodes* Latreille, *Megachile* Latreille, *Bombus* Latreille), una tribu (por ejemplo, Eucerini) o una familia (por ejemplo, Halictidae). Excepto en el sitio BA, los censos se hicieron por duplicado, es decir que dos observadores separados entre sí por una distancia de entre 20 y 40 m, censaron a la vez grupos distintos de cinco capítulos. En cada sitio de muestreo, se realizaron 27 censos (tres horarios x tres distancias x tres días = 27 censos), excepto en SP (21 censos), RE (30 censos), HO (26 censos) y BA (18 censos) (Tabla IV). Las condiciones meteorológicas de los días en que se realizaron los censos fueron similares, evitándose los días de lluvia.

Para evaluar la existencia de diferencias en la frecuencia de visitas para cada sitio respecto al momento del día y la distancia al borde del cultivo, se realizó un análisis de mínimos cuadrados generalizados (gls) ajustados por máxima verosimilitud restringida (REML). Las estimaciones

realizadas mediante el análisis gls permitieron modelar la desigualdad en las varianzas y la correlación de los errores dentro de cada grupo (combinación de niveles de factores), para los modelos de efectos fijos planteados (Pinheiro & Bates, 2000). La varianza se modeló como una función de potencia ( $\text{varFunc}=\text{varPower}$ ), adecuada para casos donde la varianza aumenta o disminuye con el valor absoluto de la covarianza y que además, permite estratificar la función de varianza en categorías o factores (Pinheiro & Bates, 2000). El modelo de mejor ajuste se seleccionó según el criterio de información Akaike (AIC), al comparar modelos anidados. Los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad fueron evaluados gráficamente. Cuando hubo efectos significativos para un factor, se realizaron contrastes apareados entre los niveles del factor (Pinheiro & Bates, 2000). Los análisis se hicieron con el paquete nlme (Pinheiro *et al.* 2009) y se utilizó el programa R (R Core Team, 2007). Este análisis se realizó para visitas totales, visitas de *A. mellifera* y visitas de No-*Apis* (es decir, visitas totales – visitas de *A. mellifera*).

Por otro lado, para examinar si existe variación geográfica en el ensamble de polinizadores, se realizaron comparaciones de similitud entre pares de sitios utilizando el índice de similitud de Jaccard (Magurran, 1988),  $C_j = j/(a+b-j)$ ; donde  $j$  = el número de especies de polinizadores encontrados en ambos sitios,  $a$  = el número de polinizadores en el sitio A y  $b$  = el número de polinizadores en el sitio B. Para este análisis, sólo se tuvieron en cuenta las especies de abejas que son los principales polinizadores del girasol. Además, se llevó a cabo una regresión lineal entre la riqueza de polinizadores y la posición geográfica (latitud) de los sitios de muestreo.

## RESULTADOS

### Relevamientos de los visitantes

Sumando los ocho sitios relevados, se capturaron, en capítulos de girasol, visitantes florales diurnos pertenecientes a

76 especies o morfo-especies. El esfuerzo de muestreo (calculado como horas hombre de captura de visitantes florales) varió entre 6 y 13 hs por sitio (Tabla I). Los himenópteros fueron los visitantes más abundantes en todos los sitios y constituyeron también el orden más representado, con 37 especies o morfo-especies (Tabla II). Las especies más capturadas fueron: *Apis mellifera*, todos los individuos colectados fueron obreras; *Melissodes tintinnans* (Holmberg), 24 hembras y tres machos y *Melissodes rufithorax* Brèthes, 12 hembras y nueve machos. Otras especies capturadas en menor número fueron: *Melissoptila tandilensis* Holmberg, ocho hembras y cuatro machos; *Melissoptila desiderata* (Holmberg), tres hembras; *Bombus pauloensis* Friese, nueve hembras, cinco obreras y cuatro reinas; *B. morio* (Swederus), seis hembras, cinco obreras y una reina, *Xylocopa augusti* Lepeletier, cuatro hembras; *X. splendidula* Lepeletier, dos hembras y *X. subcyanea* Pérez, dos hembras. Todas estas especies, pertenecientes a la familia Apidae, son de tamaño mediano a grande y visitaban las flores del girasol en busca de polen y/o néctar.

Otra familia con numerosas especies capturadas fue Megachilidae. Diez de las once especies de *Megachile* capturadas resultaron sitio-específicas (Tabla II), ya que sólo *M. (Pseudocentron) gomphrenae* Holmberg (nueve hembras) fue encontrada en tres sitios (RE, RO y HO). Tres especies fueron capturadas sólo en SP [*M. (Dactylomegachile) ctenophora* Holmberg (tres hembras), *M. (Pseudocentron) hoffmannseggiae* Jörgensen (una hembra) y *M. (Dactylomegachile) sp.* (una hembra)], otras tres sólo en RE [*M. (Pseudocentron) cordialis* Mitchell (dos hembras), *M. (Leptorachis) luteipes* Friese (un macho), y *M. (Acentron) sp.* (una hembra)], dos en P [*M. (Pseudocentron) hieronymi* Friese (una hembra) y *M. (Pseudocentron) neutra* Vachal (una hembra)], una en HO [*M. (Pseudocentron) gomphrenoides* Vachal (cuatro hembras)] y la especie restante [*M. sp. 1* (una hembra)] sólo en el sitio RO. En los tres restantes (PA, BA y SU) no se capturaron individuos de *Megachile* forrajeando sobre flores de girasol.

Siete morfo-especies de abejas de la familia Halictidae fueron atrapadas en flores de girasol. Seis de ellas pertenecen a *Lasioglossum (Dialictus)*, ocho hembras, dos de las cuales fueron capturadas en SP, otras dos en RO y las dos restantes en HO. Una especie (dos hembras) de *Pseudagapostemon (Neagapostemon)* fue capturada en RO (Tabla II).

Otros himenópteros capturados en capítulos de girasol fueron tres especies de avispas pertenecientes a dos familias. En P se colectaron dos especies de avispas de la familia Crabronidae, una especie de *Ectemnius* Dalhobom y una de *Tachytes* Panzer, mientras que en BA se capturaron tres individuos de una especie de *Tiphia* Fabricius (Tiphidae). Estas avispas fueron atrapadas mientras buscaban néctar en la base del tubo floral.

Por otro lado, en SU fueron capturadas hormigas de los géneros *Camponotus* Mayr y *Acromyrmex* Mayr, las cuales cortaban las corolas de las flores liguladas y las transportaban a sus nidos.

El segundo orden de insectos más rico fue Coleoptera con diecisiete especies colectadas (Tabla III). Las especies *Eriopis connexa* (Germar) (Coccinellidae) y *Diabrotica speciosa* (Germar) (Chrysomelidae) fueron capturadas en ocho y siete de los sitios de muestreo, respectivamente. La familia con mayor cantidad de especies colectadas fue Scarabaeidae, aunque con bajo número de individuos (Tabla III). Estas especies se alimentaban de tejidos florales. Dos de las tres especies de *Astylus* (Melyridae) atrapadas, *A. atromaculatus* Blanchard y *A. quadrilineatus* (Germar), fueron muy abundantes sobre capítulos de girasol, principalmente en el sitio P. En algunos capítulos se pudieron observar simultáneamente más de 50 individuos de *A. atromaculatus* simultáneamente. Esta especie utiliza los capítulos para alimentarse y también como sitio de apareamiento (*rendezvous pollination*, Steiner, 1998).

El orden Diptera estuvo representado por 13 especies. La familia Syrphidae fue la más abundante tanto en número de especies como en número de individuos capturados. Siete especies de sírfidos eristalinos, de los

**Tabla II.** Visitantes florales himenópteros capturados sobre capítulos de girasol en los ocho sitios relevados durante las campañas agrícolas 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007.

Familia	Subfamilia	Tribu	Especie	SP	RE	SU	PA	P	RO	HO	BA
Andrenidae	Panurginae	Calliopsini	<i>Callonychium</i> sp. 1					X			
Apidae	Apinae	Apini	<i>Apis mellifera</i> L.	X	X	X	X	X	X	X	X
		Bombini	<i>Bombus pauloensis</i> Friese	X	X		X				
			<i>Bombus morio</i> (Swederus)	X		X					
		Emphorini	<i>Ptilothrix</i> sp. 1	X							
		Eucerini	<i>Floriegus condignus</i> (Cresson)	X							
			<i>Melissodes rufithorax</i> Brèthes					X	X	X	
			<i>Melissodes tintinnans</i> (Holmberg)	X	X	X	X		X	X	
			<i>Melissoptila desiderata</i> (Holmberg)	X	X						
			<i>Melissoptila tandilensis</i> Holmberg						X	X	X
	Normadinae	Epeolini	<i>Doeringiella holmbergi</i> (Schrottky)	X							
	Xylocopinae	Xylocopini	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) augusti</i> Lepelletier						X	X	X
			<i>Xylocopa (Schoenherria) subcyanea</i> Pérez				X				
			<i>Xylocopa (Schoenherria) splendidula</i> Lepelletier							X	
Halictidae	Halictinae	Halictini	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 1	X							
			<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 2	X							
			<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 3								X
			<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 4								X
			<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 5						X		
			<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 6						X		
			<i>Pseudagapostemon (Neagapostemon)</i> sp.						X		
Megachilidae	Megachilinae	Megachilini	<i>Megachile (Acentron)</i> sp. 1		X						
			<i>Megachile (Dactylomegachile) ctenophora</i> Holmberg	X							
			<i>Megachile (Dactylomegachile)</i> sp. 1	X							
			<i>Megachile (Leptorachis) luteipes</i> Friese		X						
			<i>Megachile (Pseudacentron) cordialis</i> Mitchell		X						
			<i>Megachile (Pseudacentron) gomphrenae</i> Homberg		X				X	X	
			<i>Megachile (Pseudacentron) gomphrenoides</i> Vachal								X
			<i>Megachile (Pseudacentron) hieronymi</i> Friese					X			
			<i>Megachile (Pseudacentron) hoffmannseggiae</i> Jörgensen	X							
			<i>Megachile (Pseudacentron) neutra</i> Vachal					X			
			<i>Megachile</i> sp. 1						X		
Crabronidae	Crabronini		<i>Ectemnius</i> sp. 1					X			
	Larrini		<i>Tachytes</i> sp. 1					X			
Tiphiidae	Tiphiinae		<i>Tiphia</i> sp. 1								X
Formicidae			<i>Acromyrmex</i> sp.			X					
			<i>Camponotus</i> sp.			X					

**Tabla III.** Visitantes florales no himenópteros capturados sobre capítulos de girasol en los ocho sitios relevados durante las campañas agrícolas 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007.

Orden	Familia	Especie	SP	RE	SU	PA	P	RO	HO	BA	
Coleoptera	Cantharidae	<i>Chauliognathus scriptus</i> (Germar)							X	X	
		Cantharidae sp. 1			X						
	Carabidae	<i>Metius circumfusus</i> (Germar)								X	
	Chrysomelidae	<i>Diabrotica speciosa</i> (Germar)	X	X	X	X	X	X			X
		<i>Spintherophyta</i> sp.							X		
	Coccinellidae	<i>Eriopis connexa</i> (Germar)	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Meloidae	<i>Nemoqantha</i> sp.	X								
	Melyridae	<i>Astylus atromaculatus</i> Blanchard						X	X		
		<i>Astylus quadrilineatus</i> (Germar)							X		
		<i>Astylus</i> sp.	X								
	Scarabaeidae	<i>Anomala testaceipennis</i> Blanchard						X			
		<i>Bothynus</i> sp.									
		<i>Cychocephala</i> sp.				X					
		<i>Euphoria lurida</i> (Fabricius)	X		X						
		<i>Macroductylus</i> sp. 1			X						
		<i>Macroductylus</i> sp. 2			X						
	Tenebrionidae	<i>Epitragus</i> sp. 1						X	X		
	Diptera	Anthomyiidae	Anthomyiidae sp. 1			X					
			<i>Oxysarcodexia varia</i> (Walker)			X			X		X
Syrphidae		<i>Eristalinus taeniops</i> Wiedemann		X							
		<i>Palpada distinguenda</i> Wiedemann		X	X						
		<i>Palpada elegans</i> Blanchard								X	
		<i>Palpada furcata</i> Wiedemann									
		<i>Palpada geniculata</i> Fabricius			X						
		<i>Palpada rufiventris</i> (Macquart)		X		X					
		<i>Palpada taenia</i> Wiedemann			X						
Tachinidae		Tachinidae sp. 1		X							
		Tachinidae sp. 2		X							
		Tachinidae sp. 3			X						X
Familia no determinada		Diptera sp. 1							X		
Lepidoptera		Hesperiidae	<i>Codatractus aminias</i> (Hevitson)	X							
			<i>Lerodea eufala</i> (Edwards)					X			
	Pyalidae	<i>Palpa quadristigmalis</i> (Guenée)		X							
Neuroptera	Mantispidae	Mantispidae sp. 1			X						
Blattaria	Blatellidae	<i>Pseudomops neglecta</i> Shelford							X		
		Orthoptera sp. 1						X			
Orthoptera		Orthoptera sp. 2						X			
Hemiptera	Lygaeidae	<i>Lygaeus alboomatus</i> Blanchard	X								
		<i>Apiomerus</i> cf. <i>lanipes</i> (Fabricius)		X							

cuales seis pertenecen al género *Palpada* Macquart, fueron capturados en capítulos de girasol (Tabla III). Así como también, especies de otras familias como Tachinidae, Sarcophagidae y Anthomyiidae (Tabla III).

Pocas especies de mariposas fueron colectadas libando néctar en flores de girasol (Tabla III) y en número reducido de individuos.

Dos especies de Hemiptera se obtuvieron sobre capítulos de girasol. Una de ellas, *Lygaeus alboornatus* Blanchard (Lygaeidae), es fitófaga, mientras que la otra especie, *Apiomerus* cf. *lanipes* (Fabricius) (Reduviidae), es predadora de visitantes florales. La especie de Mantispidae (Neuroptera) capturada, también es predadora de visitantes florales. La especie de cucaracha, *Pseudomops neglecta* Shelford (Blatellidae) de hábitos diurnos, fue colectada visitando capítulos de girasol. Las dos especies de Orthoptera fueron atrapadas comiendo polen sobre los capítulos de girasol.

### Censos de visitantes florales diurnos

Durante los censos (en total 32,5 hs. de observación), se vieron 2.300 visitas de insectos a un total de 1.938 capítulos (Tabla IV). La especie más abundante fue *Apis mellifera* con 2.146 visitas (aprox.

93%), mientras que los insectos nativos sólo efectuaron 154 visitas (aprox. 7%). De éstas, 105 fueron realizadas por Eucerini (*Melissodes* spp. y *Melissoptila* spp.), ocho por Halictidae, tres por *Megachile* spp., dos por *Bombus*, siete por moscas (de las cuales cuatro fueron *Palpada* spp.) y las restantes 29 por coleópteros (principalmente, *Eriopis connexa* y *Diabrotica speciosa*). En HO, la cantidad de visitas de *A. mellifera* y de *Melissodes* spp. observadas durante los censos fue similar (83 visitas vs. 67 visitas, respectivamente, Tabla IV). En el resto de los sitios las abejas domésticas fueron mucho más abundantes que las abejas nativas. En SP, SU, PA, RO y HO se observaron (aunque no se contabilizaron) colmenas de *A. mellifera* en los bordes del cultivo o en las cercanías de los lotes de girasol, colocadas por el productor agropecuario local o de establecimientos vecinos.

Los capítulos recibieron entre 0 y 13 visitas por censo, aunque aproximadamente el 50% de los capítulos no las tuvieron (Fig. 2). La tasa de visita durante los censos en SP, PA, RE, HO, SU y RO respectivamente, fue de 0,361; 0,188; 0,169; 0,07; 0,06 y 0,06 visitas.min<sup>-1</sup>.capítulo<sup>-1</sup>. En BA y P no se registraron visitas durante los censos, por lo cual estos sitios no se incluyeron en los análisis. Durante los censos no se observaron interacciones agresivas entre *A. mellifera* y

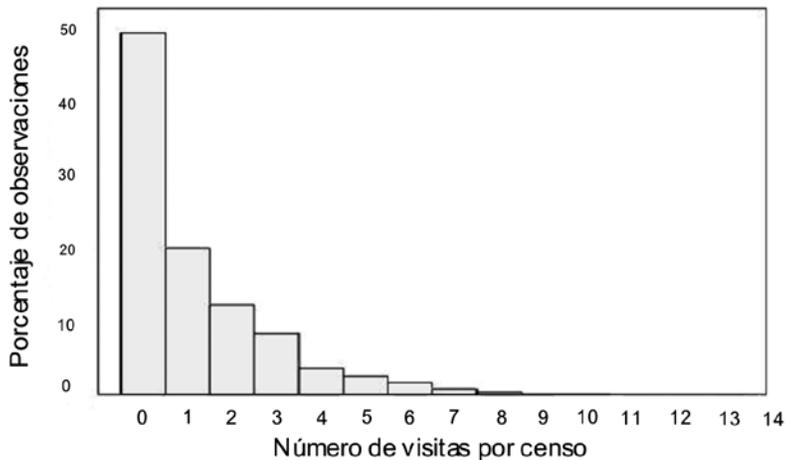


Fig. 2. Distribución de frecuencias de visitas de insectos a capítulos de girasol durante censos de diez minutos (n=203 censos; 1.938 capítulos), en los ocho sitios muestreados durante las campañas agrícolas 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007.

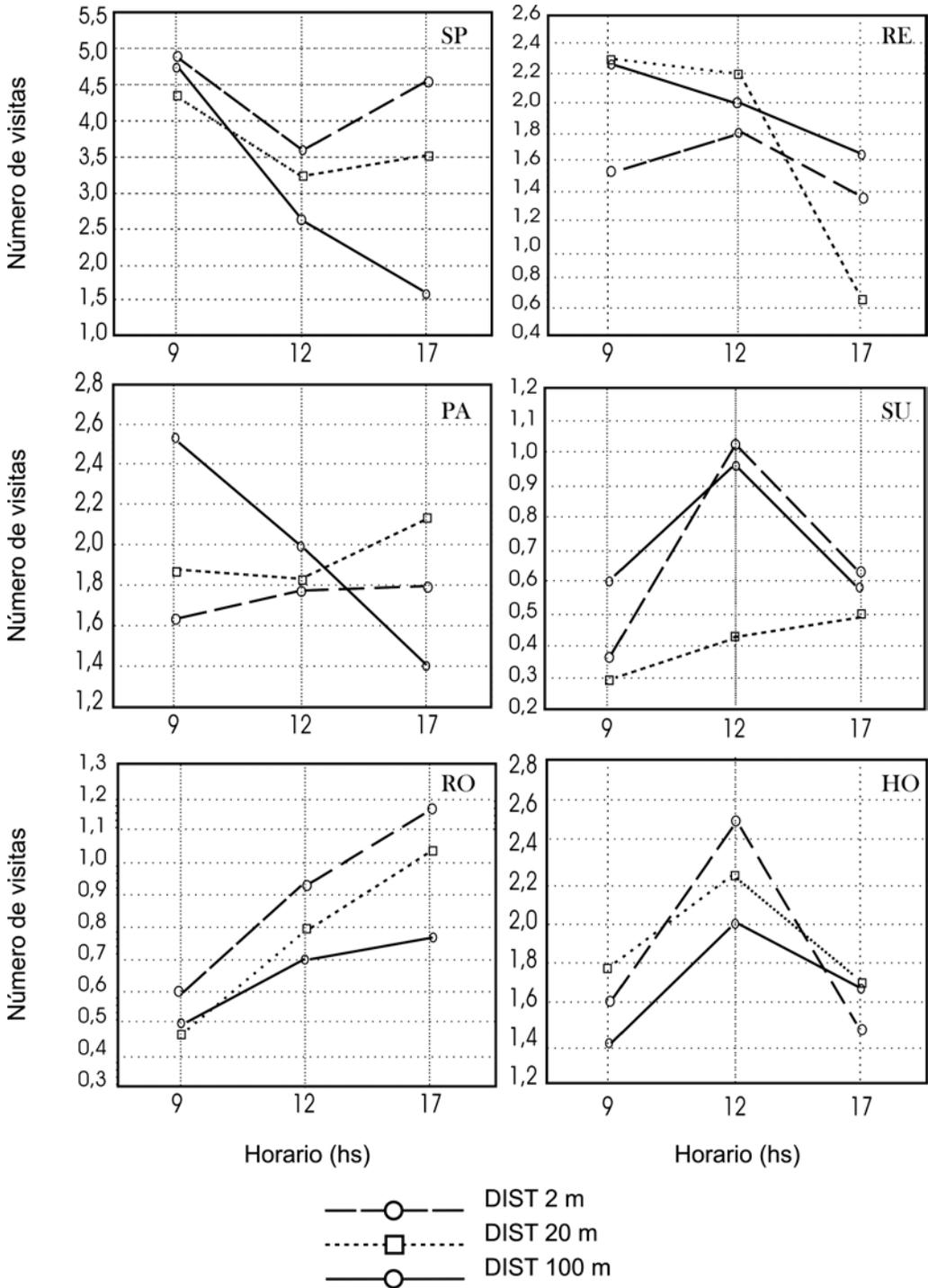


Fig. 3. Variación del número medio de visitas de insectos a capítulos de girasol en función de la distancia del capítulo al borde del lote, en seis sitios analizados durante las campañas agrícolas 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007 (N= 158 censos).

**Tabla IV.** Número de visitantes florales a capítulos de girasol (totales, *Apis mellifera* y No-*Apis*) observados durante censos de 10 minutos, en los ocho sitios muestreados durante las campañas agrícolas 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007. Se detalla por sitio el número de censos, cantidad de capítulos observados, tiempo de observación y el número de visitantes discriminando por horario (9, 12 y 17 hs) y por distancia al borde del cultivo (2, 20 y 100 m). p: indica el valor de significancia del resultado de análisis de la varianza. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas. s.a.: sin análisis.

Sitios (abreviatura)	Censos (Capítulos)	Tiempo de observación (hs)	Visitantes florales	Distancia al borde			p	Horario			p	
				2	20	100		9	12	17		
Sáenz Peña (SP)	21 (209)	3,5	Totales	755	307a	253b	195b	<0,0001	260a	185b	290a	<0,0001
			<i>Apis</i>	729	303a	243b	183b	<0,0001	273a	172b	284a	<0,0001
			No- <i>Apis</i>	26	4	10	12	0,121	7	13	6	0,0866
Reconquista (RE)	30 (299)	5	Totales	507	154a	159a	194b	0,0054	183a	178a	146a	<0,0001
			<i>Apis</i>	500	153a	153a	194b	0,0039	179a	176a	145b	<0,0001
			No- <i>Apis</i>	7	1	6	0	0,0646	4	2	1	0,6441
Sunchales (SU)	27 (270)	4,5	Totales	162	61a	37b	64a	0,0440	38a	73b	51a	0,0401
			<i>Apis</i>	157	59a	37a	61a	0,0891	38a	71a	48a	0,0621
			No- <i>Apis</i>	5	2	0	3	s.a.	0	2	3	s.a.
Paraná (PA)	27 (270)	4,5	Totales	509	156a	175a	178a	0,7044	181a	168a	160a	0,5435
			<i>Apis</i>	488	147a	171a	170a	0,5453	176a	158a	154a	0,5871
			No- <i>Apis</i>	21	9a	4a	8a	0,2878	5a	10a	6a	0,8237
Paunero (P)	27 (270)	4,5	Totales	0	0	0	0	s.a.	0	0	0	s.a.
			<i>Apis</i>	0	0	0	0	s.a.	0	0	0	s.a.
			No- <i>Apis</i>	0	0	0	0	s.a.	0	0	0	s.a.
Roca (RO)	27 (270)	4,5	Totales	209	81a	69a	59a	0,2781	47a	73b	89b	0,0093
			<i>Apis</i>	189	72a	66a	51a	0,2508	40a	66ab	83b	0,0043
			No- <i>Apis</i>	20	9a	3a	8a	0,1366	7a	7a	6a	0,6441
Hortensia (HO)	26 (260)	4,5	Totales	158	59a	63a	36a	0,4897	35a	86b	37a	<0,0001
			<i>Apis</i>	83	34a	24a	25a	0,5719	10a	43b	30b	0,0002
			No- <i>Apis</i>	75	25a	39a	11a	0,2593	25a	43b	7a	0,0001
Balcarce (BA)	18 (90)	1,5	Totales	0	0	0	0	s.a.	0	0	0	s.a.
			<i>Apis</i>	0	0	0	0	s.a.	0	0	0	s.a.
			No- <i>Apis</i>	0	0	0	0	s.a.	0	0	0	s.a.
Todos los sitios	203 (1938)	32,5	Totales	2300	818	756	726	s.a.	764	763	773	s.a.
			<i>Apis</i>	2146	768	694	684	s.a.	716	686	744	s.a.
			No- <i>Apis</i>	154	50	62	42	s.a.	48	77	29	s.a.

otras abejas e incluso, en algunas ocasiones, se advirtieron ejemplares de distintas especies forrajeando simultáneamente sobre el mismo capítulo.

En algunos de los sitios estudiados, el número de visitas (visitas totales, visitas de *A. mellifera* y visitas de No-*Apis*) a los capítulos de girasol varió con respecto a la distancia al borde del cultivo y a la hora del día (Tabla IV), mientras que en otros sitios sólo se hallaron diferencias en el horario entre los distintos horarios (Tabla IV); pero estas variaciones no siguieron un patrón uniforme (Fig. 3).

Los valores obtenidos del índice de similitud de Jaccard (Tabla V) fueron bajos para la mayoría de los pares de sitios analizados. Los valores más altos obtenidos fueron 0,43 (RO-HO) y 0,40 (SU-PA). En el par RO-HO, el alto valor obtenido para el índice de similitud se debe a que los principales polinizadores del girasol (*A. mellifera*, *Melissodes rufithorax*, *M. tintinnans* y *M.*

*tandilensis*) están presentes en ambos sitios. En cambio, el valor de similitud obtenido en el par SU-PA se debe a que, si bien solamente comparten 1 polinizador (*A. mellifera*), en ambos sitios la riqueza de polinizadores de girasol es baja (3 y 4, respectivamente). Por otra parte, no se observó correlación lineal ( $R^2=0,13$ ,  $P=0,378$ ,  $N=8$ ) entre la riqueza de abejas y la latitud de los sitios de muestreo.

## DISCUSIÓN

Si bien se registraron numerosas especies de insectos como visitantes diurnos del girasol, la abeja doméstica (*Apis mellifera*) fue el principal polinizador de esta especie en todos los sitios relevados. Fue el visitante más abundante en los censos y estuvo presente en todos los sitios muestreados. El papel preponderante de la abeja doméstica en la polinización del girasol en Argentina

**Tabla V.** Índices de similitud (Jaccard) entre los ensamblajes de abejas que visitaron cultivos de girasol en ocho sitios relevados durante las campañas agrícolas 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007.

	Número de abejas	SP	RE	SU	PA	P	RO	HO	BA
Sáenz Peña (SP)	13	X	0,21	0,23	0,21	0,06	0,10	0,10	0,07
Reconquista (RE)	8		X	0,22	0,33	0,08	0,20	0,20	0,10
Sunchales (SU)	3			X	0,40	0,14	0,18	0,18	0,20
Paraná (PA)	4				X	0,13	0,17	0,17	0,17
Paunero (P)	5					X	0,15	0,15	0,14
Roca (RO)	10						X	0,43	0,30
Hortensia (HO)	10							X	0,30
Balcarce (BA)	3								X

concuera con numerosos trabajos realizados acerca de polinización de esta oleaginosa en otras regiones (McGregor, 1976; Griffiths & Erickson, 1983; Free, 1993; Ortiz-Sánchez & Tinaut, 1994; Delaplane & Mayer, 2000; Nunes Morgado *et al.*, 2002).

La gran cantidad de visitas de abejas a los capítulos de girasol (aprox. 93% de las visitas totales) podría estar asociada a la presencia de colmenas colocadas por los productores agropecuarios o a la falta de un recurso floral alternativo. Porcentajes algo mayores de visitas de abejas domésticas fueron reportados para Queensland, Australia: 99,5% (Radford *et al.*, 1979, citado en Sosa, 1988); para Victoria, Australia: 99,3% (Landgride & Goodman, 1974, citado en Sosa, 1988) y para California, Estados Unidos: 98,9% (Skinner, 1987, citado en Sosa, 1988).

La abeja doméstica, un polinizador cosmopolita, no manifiesta preferencia acentuada por el girasol, por lo cual abandona el cultivo cuando otras fuentes de polen y néctar están disponibles. En Argentina, esa falta de preferencia se manifiesta cuando florecen simultáneamente especies más apetecidas como *Eucalyptus* spp., *Trifolium repens*, *T. pratense*, *Brassica nigra*, *Melilotus albus*, *Lotus* spp., *Carduus acanthoides*, *Centaurea solstitialis*, *Taraxacum officinale*, *Medicago sativa*, y *Echium plantagineum*, entre otras (Basualdo *et al.*, 2000). En presencia de algunas de estas especies, la proporción de polen de girasol sobre el

cuerpo de las abejas se redujo entre el 70 y el 80%, al cabo de seis días de la instalación de las colmenas en un lote de producción de híbridos en Gral. Villegas, lo que indica el rápido abandono del cultivo por parte de las abejas domésticas (Basualdo *et al.*, 2000). Andrada *et al.* (2004) mencionan que las abejas melíferas de colmenas, colocadas en lotes de girasol para la producción de semillas híbridas en el Valle Inferior del Río Colorado (extremo sur del cultivo del girasol en Argentina), forrajean intensamente por polen en las flores de la vegetación del borde del cultivo. Estos autores argumentan que una posible explicación para ello sea el bajo contenido de proteínas (menos del 15%) que tienen los granos de polen del girasol (Andrada *et al.*, 2004).

Otras especies de abejas que visitaron los capítulos son los eucerinos *Melissodes* spp. y *Melissoptila* spp., como así también las once especies de *Megachile* colectadas en los distintos sitios. Excepto en el sitio HO, el número de visitas realizadas por estas abejas nativas al girasol fue bajo. En América del Norte, los capítulos de girasol son visitados por una gran cantidad de especies de eucerinos (Hurd *et al.*, 1980), posiblemente debido a que el género *Helianthus* y este grupo de abejas comparten la historia evolutiva en esa región. En Argentina, Medan (obs. pers.) observó *Melissodes rufithorax*, *M. tintinnans*, *Melissoptila desiderata* y *M. tandilensis* en cultivos de girasol en Gral. Villegas (NO de Buenos Aires), y Andrada *et al.* (2004)

mencionan a *Melissoptila tandilensis* como la especie nativa más abundante en cultivos de girasol en el extremo sur del cultivo del girasol en Argentina. Estos últimos autores, también observaron individuos de *Pseudogapostemon* y *Lasioglossum* (citado como *Dialictus*). Debido al comportamiento de forrajeo de las abejas nativas observadas (estas abejas caminaban rápidamente por el capítulo contactando los estigmas) y a la presencia de granos de polen en las cargas polínicas corporales (Torretta, obs. pers.), tanto las especies de eucerinos como los megaquílidos podrían ser polinizadores efectivos del girasol.

Otros visitantes y posibles polinizadores eficientes de girasol son las especies de *Bombus* y *Xylocopa* capturadas en diversos sitios. Aunque las visitas fueron ocasionales, estas especies de gran tamaño corporal transportan granos de polen de girasol en su cuerpo (Torretta, obs. pers.). Abrahamovich *et al.* (2001) reportan observaciones de *Bombus pauloensis* (como *B. atratus*) y *B. bellicosus* en capítulos de girasol. Sin embargo, debido a la baja frecuencia de visitas advertidas, el aporte de estas especies a la polinización del girasol parece escaso.

Las otras especies de abejas encontradas en capítulos de girasol, sólo parecen ser polinizadores ocasionales o posiblemente se comportan como ladrones de polen y/o néctar. *Florilegus condignus* (Apidae: Eucerini, una hembra) y *Ptilothrix* sp. (Apidae: Emphorini, una hembra) fueron capturadas mientras libaban néctar y se las observó con poco polen en sus cuerpos (Torretta, obs. pers.). Aunque, por el tamaño de estas abejas, es improbable que no contacten los ciclos fértiles de las flores durante la actividad de forrajeo. Por el contrario, las especies de Halictidae y Andrenidae (tres hembras), debido a su pequeño tamaño, probablemente hurten polen y no sean polinizadores eficientes.

En cuanto al sexo, las abejas colectadas u observadas en los distintos sitios estudiados fueron principalmente hembras. En el caso de *A. mellifera*, la gran mayoría de obreras observadas y/o capturadas forrajeaban por néctar en las flores tubulosas del girasol,

mientras que las abejas nativas colectaban activamente polen (Torretta, en prep.) y libaban néctar ocasional y rápidamente. Las hembras de *Melissodes* y *Melissoptila* fueron vistas forrajeando por néctar exclusivamente hacia el atardecer (Torretta, en prep.).

La abeja doméstica es un polinizador relativamente ineficiente (por visita) del girasol (Parker, 1981c), Greenleaf & Kremen (2006), trabajando con girasoles híbridos para formación de semillas (cultivos de híbridos androfértiles y androestériles intercalados), comentaron que la eficiencia de estas abejas puede incrementarse debido a su interacción con abejas nativas. Según estas autoras, el incremento en la eficiencia de polinización del girasol puede ocurrir por dos mecanismos: 1) interacciones comportamentales interespecíficas (es decir, por interacciones entre individuos de distintas especies, se genera mayor movimiento de *A. mellifera* entre capítulos androfértiles hacia capítulos androestériles) y 2) por la acción que puede ejercer *A. mellifera* al distribuir entre las flores de un capítulo los granos de polen que depositó una abeja nativa sobre un estigma en su visita (Greenleaf & Kremen, 2006).

Durante los censos no se detectaron interacciones de agresividad entre *A. mellifera* y otros visitantes florales. Una posible explicación para este hecho es que la cantidad de abejas (domésticas y/o nativas) sea baja. Como se mencionó anteriormente, aprox. el 50% de los capítulos observados durante los censos no fueron visitados por ningún insecto. Además, en la mayoría de los sitios, la cantidad de abejas nativas fue mucho menor que las domésticas (Tabla IV). Por otro lado, durante las observaciones no se analizó la posibilidad de la distribución entre las flores del capítulo por la acción de *Apis mellifera*, de los granos de polen depositados tras una visita previa de una abeja nativa.

Dentro del grupo de los dípteros, merecen destacarse los sírfidos que son considerados polinizadores eficientes de numerosas especies (Proctor *et al.*, 1996). Las especies de *Palpada* podrían ser polinizadoras del girasol debido a su abundancia y las

repetidas visitas a los capítulos. Si bien no se estudió la carga polínica corporal de estas especies, fue evidente que todos los individuos capturados transportaban polen en sus cuerpos (Torretta, obs. pers.). Las otras familias de moscas capturadas sobre el girasol no son reconocidas como polinizadores eficientes (Proctor *et al.*, 1996), aunque son comúnmente encontradas en flores (Larson *et al.*, 2001).

Algunas de las especies de coleópteros registradas en los capítulos son conocidos visitantes florales, como *Astylus* spp., *Eriopis connexa* y *Diabrotica speciosa*. Las especies de la familia Melyridae son asiduos visitantes florales y en muchos casos son polinizadores eficientes (Di Iorio, 2004). *Astylus atromaculatus* es un consumidor oportunista de polen que utiliza diversas fuentes disponibles, entre ellas el girasol (Human & Nicolson, 2003). Los adultos y las larvas de *E. connexa* (Coccinellidae) son predadores de pulgones y cochinillas comunes sobre capítulos de girasol (Saini, 2004). Por su parte, *Diabrotica speciosa* (Chrysomelidae) utiliza plantas de girasol como alimento (Charlet *et al.*, 1997; Saini, 2004), siendo considerada una plaga de éste y otros cultivos estivales (Cabrera Walsh, 2003). Por lo general, los escarabajos tienden a ser visitantes sedentarios, es decir, se movilizan poco dentro de y entre capítulos (Proctor *et al.*, 1996) por lo que su actividad como polinizadores del girasol probablemente sea de poca importancia. Sin embargo, el escarabajo *Astylus atromaculatus* en Sudáfrica, donde ha sido introducido, fue un polinizador tan eficiente como la abeja *A. mellifera* en un experimento llevado a cabo con capítulos embolsados con escarabajos dentro de las bolsas (du Toit, 1990, citado en Charlet *et al.*, 1997).

El número de visitas a los capítulos de girasol varió con respecto a la distancia al borde del cultivo y a la hora del día, pero estas variaciones no siguieron un patrón uniforme en los seis sitios de muestreo analizados. Una posible explicación, podría ser la posición de las colmenas de abejas melíferas (numéricamente, los principales visitantes florales) respecto a los sitios de

muestreo dentro del lote o a la presencia, cercana al lote cultivado, de otras especies florales más aceptadas por estas abejas (ver arriba).

Algunas de las especies de abejas capturadas en flores de girasol nidifican dentro o en el borde del cultivo, por ejemplo, *Melissodes tintinnans*, *M. rufithorax* y *Megachile gomphrenae* nidifican en el suelo. Las primeras especies fueron observadas nidificando tanto en el interior (entre surcos de girasol) como en el borde, mientras que la especie de *Megachile* fue observada sólo en el borde (Torretta, obs. pers.). Otra especie que nidifica en torno al lote de cultivo es *Megachile gomphrenoides*, abeja que nidifica en trampas-nido de cañas (Torretta *et al.*, en prep.). También, se observaron nidos de *Xylocopa splendidula* en los escapos florales de plantas de *Eryngium* sp. en los bordes del cultivo (Torretta, obs. pers.).

En un estudio de las cargas polínicas escopales de las dos especies de *Melissodes*, Cilla *et al.* (2007) reportan la presencia constante de granos de girasol en *M. tintinnans* (N=37 hembras) y cargas puras en diez de once hembras de *M. rufithorax* estudiadas. Por otra parte, Tellería (2000) encontró granos de polen de girasol en nidos de *Xylocopa splendidula* (aunque en muy baja proporción).

El ensamble de polinizadores de girasol mostró una gran variación geográfica, tal como se observa en los bajos valores obtenidos en los índices de similitud de Jaccard entre pares de sitios. Esta variación en la composición de los ensambles de especies que visitan el girasol en los distintos sitios relevados, hace necesario profundizar el estudio en cada uno de los sitios, para conocer en detalle el ciclo de vida de los principales polinizadores; con especial atención al hábitat de nidificación y al recurso polínico utilizado por las abejas para alimentar sus larvas. Si bien actualmente se están llevando a cabo trabajos con algunas especies de *Melissodes* (Cilla *et al.*, 2007) y *Megachile gomphrenoides* (Torretta *et al.*, en prep.), es escasa la información acerca de nidificación de abejas en agroecosistemas en la Argentina. Una importante ventaja del

manejo de abejas nativas como polinizadores de cultivos, es evitar el impacto causado por la introducción de abejas exóticas (Hingston & McQuillan, 1999; Morales, 2007, Vergara, 2008). De las 32 especies de abejas registradas en este trabajo como visitantes del girasol, aproximadamente la mitad (*Melissodes tintinnans*, *M. rufithorax*, *Melissoptila tandilensis* y *Megachile* spp.) pueden ser consideradas potenciales polinizadores del cultivo y ameritan por lo tanto estudios más profundos.

## AGRADECIMIENTOS

A los propietarios de lotes de girasol que nos permitieron desinteresadamente trabajar en sus campos. A Gabriela Cilla y Julieta Sciarra por la ayuda en el campo. Cecilia Casas colaboró con el análisis estadístico. Silvana Durante (Megachilidae), Pablo Mulieri (Sarcophagidae), Diego Carpintero (Hemiptera), Francisco Crespo (Blattaria), Fernando Navarro (Pyralidae), Armando Cicchino (Carabidae) y Osvaldo Di Iorio (otros Coleoptera) colaboraron en la determinación de algunos visitantes florales. A la ANPCyT y la Universidad de Buenos Aires por el apoyo económico (subsidios PICT 08-12504 y G065, respectivamente). Este estudio formó parte de la tesis doctoral de J.P.T. A Diego Vázquez y a dos revisores anónimos por las oportunas sugerencias que permitieron mejorar el manuscrito. J.P.T., D.M. y A.R.A. son investigadores del CONICET, Argentina.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. ABRAHAMOVICH, A. H., M. C. TELLERÍA & N. B. DÍAZ. 2001. *Bombus* species and their associated flora in Argentina. *Bee World* 82: 76-87.
2. ANDRADA, A., A. VALLE, P. PAOLONI & L. GALLÉZ. 2004. Pollen and nectar sources used by honeybee colonies pollinating sunflower (*Helianthus annuus*) in the Colorado river valley, Argentina. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 39: 75-82.
3. BASUALDO, M., E. BEDASCARRASBURE & L. DE JONG. 2000. Africanized honey bees have a greater fidelity to sunflowers than do European bees. *J. Econ. Entomol.* 93: 304-307.
4. BOSCH, J. & W. P. KEMP. 2004. The life cycle of *Osmia lignaria*: implications for rearing populations. *En: Freitas, B. M. & J. O. P. Pereira (eds.), Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination.* Imprensa Universitária, Fortaleza, pp. 153-160.
5. BOSCH, J., F. SGOLASTRA & W. P. KEMP. 2008. Life cycle ecophysiology of *Osmia* mason bees used as crop pollinators. *En: James, R. R. & T. L. Pitts-Singer (eds.), Bee pollination in agricultural ecosystems.* Oxford University Press Inc., Oxford, pp. 83-104.
6. BUCHMANN, S. L. 2004. Aspects of Centridine biology (*Centris* spp.) importance for pollination, and use of *Xylocopa* spp. as greenhouse pollinator of tomatoes and other crops. *En: Freitas, B. M. & J. O. P. Pereira (eds.), Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination.* Imprensa Universitária, Fortaleza, pp. 203-211.
7. CABRERA WALSH, G. 2003. Host range and reproductive traits of *Diabrotica speciosa* (Germar) and *Diabrotica viridula* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), two species of South American pest rootworms, with notes on other Species of Diabroticina. *Environ. Entomol.* 32: 276-285.
8. CHARLET, L. D., G. J. BREWER & B. A. FRANZMANN. 1997. Sunflower insects. *En: Schneiter A. (ed.), Sunflower technology and production.* American Society of Agronomy, Madison, pp. 183-261.
9. CILLA, G., J. P. TORRETTA, J. SCIARRA, A. ROIG ALSINA & D. MEDAN. 2007. Relación entre la floración del girasol (*Helianthus annuus* L.) y la fenología de abejas nativas del género *Melissodes* L. (Hymenoptera: Eucerini). III Reunión Binacional de Ecología, La Serena.
10. DeGRANDI-HOFFMAN, G. & J. H. MARTIN. 1993. The size and distribution of the honey bee (*Apis mellifera* L.) cross-pollinating population on male-sterile sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *J. Apic. Res.* 32: 135-142.
11. DeGRANDI-HOFFMAN, G. & J. C. WATKINS. 2000. The foraging activity on honey bees *Apis mellifera* and non-*Apis* bees on hybrid sunflowers (*Helianthus annuus*) and its influence on cross-pollination and seed set. *J. Apic. Res.* 32: 37-45.
12. DELAPLANE, K. S. & D. F. MAYER. 2000. *Crop pollination of bees.* CAB International, Cambridge.
13. DI IORIO, O. R. 2004. Melyridae. *En: Cordo, H. A., G. Logarzo, K. Braun & O. Di Iorio (eds.), Catálogo de los insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas.* Sociedad Entomológica Argentina ediciones, Buenos Aires, pp. 175-179.
14. FAO. 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – The international response. *En: Freitas, B. M. & J. O. P. Pereira (eds.), Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination.* Imprensa Universitária, Fortaleza, pp. 19-25.
15. FICK, G. N. & J. F. MILLER. 1997. Sunflower breeding. *En: Schneiter A. (ed.), Sunflower technology and production.* American Society of Agronomy, Madison, pp. 395-439.
16. FREE, J. B. 1993. *Insect pollination of crops.* Academic Press, San Diego.
17. FREITAS, B. M. & J. O. P. PEREIRA. 2004. *Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination.* Imprensa Universitária, Fortaleza.
18. GREENLEAF, S. S. & C. KREMEN. 2006. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *P. Nat. Acad. Sci. USA* 103: 13890-13895.
19. GRIFFITHS, W. A. & E. H. ERICKSON JR. 1983. Hybrid sunflowers. *En: Jones, C. E. & R. J. Little (eds.), Handbook of experimental pollination biology.* Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 522-530.

20. HINGSTON, A. B. & P. MCQUILLAN. 1999. Displacement of Tasmanian native megachilid bees by the recently introduced bumblebee *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae). *Aust. J. Zool.* 47: 59-65.
21. HUMAN H. & S. W. NICOLSON. 2003. Digestion of maize and sunflower pollen by the spotted maize beetle *Astylus atomaculatus* (Melyridae): is there a role for osmotic shock? *J. Insect. Physiol.* 49: 633-643.
22. HURD, P. D. JR., W. E. LABERGE & E. G. LINSLEY. 1980. Principal sunflower bees of North American with emphasis on the southwestern United States (Hymenoptera: Apoidea). *Smithson. Contrib. Zool.* 310: 1-158.
23. JAMES, R. R. & T. L. PITTS-SINGER. 2008. *Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford University Press Inc., Oxford.
24. KEVAN, P. G. 2001. Pollination: a plinth, pedestal, and pillar for terrestrial productivity. The why, how, and where of pollination protection, conservation, and promotion. *En: Stubbs, C. S. & F. A. Drummond (eds.). Bees and crop pollination – Crisis, crossroads, conservation*. Entomological Society of America, Maryland, pp. 7-68.
25. KEVAN, P. G. & V. L. IMPERATRIZ-FONSECA. 2002. *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Ministry of Environment, Brasilia.
26. LARSON, B. M. H., P. G. KEVAN & D. W. INOUE. 2001. Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *Can. Entomol.* 133: 439-465.
27. MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey.
28. MCGREGOR, S. E. 1976. *Insect pollination of cultivated plants*. Agriculture Handbook N° 496. Agricultural Research Service, Washington.
29. MILLER, J. F. & G. N. FICK. 1997. The genetics of sunflower. *En: Schneiter, A. (ed.), Sunflower technology and production*. American Society of Agronomy, Madison, pp. 441-495.
30. MINCKLEY, R. L., W. T. WCISLO, D. YANEGA & S. L. BUCHMANN. 1994. Behavior and phenology of a specialist bee (*Dieunomia*) and sunflower (*Helianthus*) pollen availability. *Ecology* 75: 1406-1419.
31. MORALES, C. L. 2007. Introducción de abejorros (*Bombus*) no nativos: causas, consecuencias ecológicas y perspectivas. *Ecol. Austral* 17: 51-65.
32. NUNES MORGADO, L., C. FREIRE CARVALHO, B. SOUZA & M. P. SANTANA. 2002. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras – MG. *Ciênc. Agrotec., Lavras* 26: 1167-1177.
33. ORTIZ-SÁNCHEZ, F. J. & A. TINAUT. 1994. Composición y dinámica de la comunidad de polinizadores potenciales del girasol (*Helianthus annuus* L.) en Granada (España). *Bol. San. Veg. Plagas* 20: 737-756.
34. PARKER, F. D. 1981a. Sunflower pollination: abundance, diversity and seasonality of bees and their effects on seed yields. *J. Apic. Res.* 20: 49-61.
35. PARKER, F. D. 1981b. Sunflower pollination: abundance, diversity and seasonality of bees on male-sterile and male-fertile cultivars. *Environ. Entomol.* 10: 1012-1017.
36. PARKER, F. D. 1981c. How efficient are bees in pollinating sunflowers? *J. Kansas Entomol. Soc.* 54: 61-67.
37. PARKER, F. D. & D. R. FROHLICH. 1983. Hybrid sunflower pollination by a manageable Compositae specialist: the sunflower leafcutter bee (Hymenoptera: Megachilidae). *Environ. Entomol.* 12: 576-581.
38. PARKER, F. D. & D. R. FROHLICH. 1985. Studies on management of the sunflower leafcutter bee *Eumegachile pugnata* (Say) (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Apic. Res.* 24: 125-131.
39. PINHEIRO, J. C. & D. M. BATES. 2000. *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Springer New York.
40. PINHEIRO, J. C., D. M. BATES, S. D. ROY, D. SARKAR & R. CORE TEAM. 2009. Nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3: 1-96.
41. PROCTOR, M., P. YEO & A. LACK. 1996. *The natural history of pollination*. Timber Press, Portland, Oregon.
42. R CORE TEAM. 2007. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org>
43. RICHARDS, K. W. 1993. Non-*Apis* bees as crop pollination. *Rev. Suisse Zool.* 100: 807-822.
44. SAINI, E. D. 2004. *Insectos y ácaros perjudiciales al cultivo del girasol y sus enemigos naturales*. Publicación del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola N° 8. INTA. Buenos Aires.
45. SCHNEITER, A. A. & J. F. MILLER. 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Sci.* 21: 901-903.
46. SEILER, G. J. 1997. Anatomy and morphology of sunflower. *En: Schneiter, A. (ed.) Sunflower technology and production*. American Society of Agronomy, Madison, pp. 67-111.
47. SOSA, M. A. Inéd.. Hymenoptera pollinators on sunflower in North Dakota. M. Sc. Thesis, North Dakota State University, Fargo, 1998, 100 pp.
48. STEINER, K. E. 1998. The evolution of beetle pollination in a South African orchid. *Am. J. Bot.* 85: 1180-1193.
49. STEPHEN, W. P. 2003. Solitary bees in North American agriculture: a perspective. *En: Strickler K. & J. H. Cane (eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future?* Entomological Society of America, Maryland, pp. 41-66.
50. TELLERIA, M. C. 2000. Exploitation of pollen resources by *Xylocopa splendidula* in the Argentine pampas. *J. Apic. Res.* 39: 55-60.
51. TORCHIO, P. F. 2003. The development of *Osmia lignaria* as a managed pollinator of apple and almond crops: a case history. *En: Strickler K. & J. H. Cane (eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future?* Entomological Society of America, Maryland, pp. 67-84.
52. TORRETTA J. P, F. NAVARRO & D. MEDAN. 2009. Visitantes florales nocturnos del girasol (*Helianthus annuus*, Asterales: Asteraceae) en la Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 68 (3-4): 339-350.
53. VERGARA, C. H. 2008. Environmental impact of exotic bees introduced for crop pollination. *En: James R. R. & T. L. Pitts-Singer (eds.), Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford University Press Inc., Oxford, pp.145-165.