

DIVERSIDAD DE CARABIDOS (ORDEN: COLEOPTERA) Y ARAÑAS (CLASE: ARACHNIDA), EN MAÍCES *Bt* Y CONVENCIONALES EN EL CENTRO DE LA PROVINCIA DE SANTA FÉ, ARGENTINA

DIVERSITY OF CARABIDS (ORDER: COLEOPTERA) AND SPIDERS (CLASS: ARACHNIDA) IN *Bt* AND CONVENTIONAL CORN CROPS IN THE CENTER OF THE PROVINCE OF SANTA FÉ, ARGENTINA

María C. Curis^{1*}, Isabel Bertolaccini¹, Alejandra Lutz^{1,2}, y María A. Trod²

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Padre Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. Rivadavia 1917, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

* Autor para correspondencia: mcuris@fca.unl.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue cuantificar y comparar la diversidad de artrópodos benéficos de suelo de Coleopteros carabidae y del Orden Araneae, en cultivos de maíces *Bt* y convencionales. Anualmente se sembraron dos lotes de 1 ha, uno con maíz *Bt* y otro con maíz convencional, en la localidad de Pujato Norte, departamento Las Colonias, Santa Fe, Argentina, durante cinco campañas agrícolas (2005-2010). Para la captura de los artrópodos se utilizaron trampas de caída Pitfall, a razón de cuatro por lote. Los recuentos fueron semanales, desde la siembra hasta la cosecha. Se estimaron los siguientes índices ecológicos: abundancia relativa, diversidad de especies, equidad de Shannon, y se calculó el índice de Bray y Curtis para comparar las poblaciones de los dos cultivos. Las comparaciones se evaluaron mediante test no paramétrico de Mann-Whitney para datos apareados. No se hallaron diferencias en la diversidad ni en la abundancia de las especies de Carabidae y Araneae, ni en otras familias de artrópodos benéficos de suelo.

Palabras clave: Araneae, artrópodos de suelo, Argentina, diversidad, Carabidae, maíz *Bt*, maíz convencional.

ABSTRACT

The objective of this study was to quantify and compare the diversity of beneficial soil arthropods of Coleopteros carabidae and of the Araneae order, in conventional and *Bt* corn crops. Two plots of 1 ha were planted annually, one with *Bt* corn and another with conventional corn, in the town of Pujato Norte, department Las Colonias, Santa Fe, Argentina, between 2005 and 2010. Pitfall traps were used to capture arthropods at a capture rate of four per batch. Counts were conducted on weekly basis from sowing to harvest. The following ecological indices were estimated: relative abundance, species diversity and Shannon equity, while the Bray and Curtis index was calculated to compare the populations of the two crops. The comparisons were evaluated by a non-parametric Mann-Whitney test for paired data. No differences were found in the diversity or abundance of the Carabidae and Araneae species, or in other families of beneficial soil arthropods.

Key words: Araneae, soil arthropods, Argentina, diversity, Carabidae, *Bt* corn, conventional corn.

INTRODUCCIÓN

La liberación al suelo de las proteínas de plantas genéticamente mejoradas (PGM) puede ocurrir de varias formas: mediante la deposición y descomposición de material vegetal (Losey et al., 1999; Zwahlen et al., 2003a), mediante el proceso de exudación radicular de compuestos, entre las proteínas *Cry1Ab* (Saxena y Stotzky, 2002; Walker et al., 2003; Saxena et al., 2004; Margarit et al., 2006) y mediante la deposición de polen (Losey et al., 1999).

Saxena et al. (2004) y Margarit et al. (2008), informaron que las PGM de maíz que expresan el gen *Cry1Ab*, son capaces de exudar la proteína de *Bt* hacia la rizósfera en un proceso continuo durante todo el ciclo de la planta, cuya permanencia depende de una serie de factores, tales como la composición física del suelo, la actividad microbiológica y de factores abióticos, como la temperatura y las precipitaciones. Saxena y Stotzky (2001) detectaron la toxina *Bt* durante 180 días luego de la liberación por exudación y, en condiciones de laboratorio, hasta 350 días luego de la deposición del material vegetal (Saxena et al., 2004).

Las toxinas liberadas se unen a ciertos componentes, donde pueden permanecer por más de 200 días protegidas de la degradación y manteniendo su capacidad de matar las larvas de insectos (Saxena et al., 1999), característica que puede ser considerada una ventaja cuando la acción está dirigida a las plagas, pero se desconoce cómo podrían afectar a los microorganismos o a los insectos, a los cuales no se pretende controlar. A este respecto, Stotzky (2000) y Dubelman et al. (2005), concluyeron que es poco probable que las proteínas *Cry* tengan efectos negativos, incluso en las enzimas del suelo.

La toxina *Cry*, aumenta en más de 2.500 veces su concentración en los suelos con cultivares *Bt* (Blackwood y Buyer, 2004), pudiendo quedar unidas a las arcillas (Stotzky, 2000). En estudios realizados en laboratorio, Crecchio y Stotzky (1998), demostraron que, a diferencia de las toxinas que se encuentran libres, no son degradadas por los microorganismos ni pierden su capacidad biocida, pero que se descomponen lentamente a pH inferiores a 5, condiciones que no son aptas para el crecimiento del maíz, razón por la cual no afectarían a los organismos terrestres. No se detectaron niveles apreciables de toxina en las arcillas de suelos con maíz transgénico, cuyas concentraciones en los restos vegetales llegan a ser indetectables a partir de la semana 17 posteriores a la cosecha. Cortet et al. (2006) concluyeron que después de 4 meses las toxinas *Bt* no influyen los procesos de descomposición

por microorganismos.

Escher et al. (2000), Saxena y Stotzky (2001), y Koskella y Stotzky (2002), no encontraron efectos de la toxina en organismos tales como, Collembola, Isopoda, protozoos, nematodos, hongos, bacterias, algas y lombrices. Sin embargo, Blackwood y Buyer (2004) observaron efectos negativos sobre la comunidad microbiana. Manachini et al. (1999) no encontraron diferencias significativas en las poblaciones de carábidos entre los maíces *Bt* y convencionales, mientras que Harwood et al. (2005) mencionan que los representantes Araneae que fueron monitoreados en maíces transgénicos contenían importantes cantidades de la endotoxina *Cry1Ab*, indicando que los efectos se trasladan a los niveles tróficos superiores.

Muchos artrópodos benéficos del suelo son considerados indicadores de la diversidad de los sistemas agrícolas, entre ellos los representantes de Carabidae (Coleoptera) (Pearce y Venier, 2006), depredadores de larvas de lepidópteros de los cultivos extensivos y las arañas (Billeter et al., 2008).

Los coleópteros carábidos, también son considerados buenos bioindicadores, porque han sido utilizados con éxito para evaluar la respuesta de sus especies a los cambios ambientales, tienen una ecología y taxonomía bien conocidas, sobre todo en las regiones templadas, presentan una elevada dependencia de factores bióticos y abióticos, tienen requerimientos de hábitat amplios y sensibilidad al cambio, el coste de captura es reducido, y reflejan cambios en otras especies de importancia económica, como algunas plagas agrícolas (Rainio y Niemelä, 2003; Kotze et al., 2011). Además, ocupan casi todos los hábitats del planeta, son un grupo suficientemente variado taxonómica y ecológicamente, muy abundante y sensible a las perturbaciones y los cambios en su ambiente (Lövei y Sunderland, 1996), en especial en los usos del territorio (Rainio y Niemelä, 2003). Se consideran además estables taxonómicamente y fáciles de capturar con trampas de caída.

El uso de coleópteros indicadores está ampliamente admitido y respaldado por numerosas investigaciones, y la familia más frecuentemente utilizada en ambientes urbanizados es la familia Carabidae (Grandchamp et al., 2000; Niemelä et al., 2000; Niemelä et al., 2002; Zelazna y Blazejewicz-Zawadzinska, 2005; Semenova, 2008; Varet et al., 2014)

Las arañas son artrópodos que constituyen el séptimo grupo en riqueza específica conocida a nivel mundial con unas 48227 (WSC, 2019). Por constituir un grupo megadiverso y ser fáciles de hallar, son sujetos de estudio para la estimación de la diversidad biológica así como en la conservación

y calidad medioambiental (Coddington et al., 1996; Cristofoli et al., 2010). Estudios como el de Avalos et al. (2007) han demostrado que las arañas son buenos indicadores de impacto ambiental, debido a su sensibilidad a los cambios ambientales naturales y antrópicos. Es necesario profundizar los estudios que permitan evaluar su impacto en estas comunidades de invertebrados (Altieri, 2000).

Debido al gran cuestionamiento del efecto de los cultivares *Bt* sobre los organismos del suelo, especialmente los benéficos, se plantearon como objetivos cuantificar y comparar la diversidad de Carabidae y Araneae, en maíces *Bt* y convencionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron durante cinco campañas agrícolas (2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 y 2009-2010), durante todo el ciclo del cultivo. En una explotación comercial de maíz, en la localidad de Pujato Norte (31°30' S; 60°55' W) (Santa Fe, Argentina). Para ello, anualmente se sembraron 2 lotes de 6 ha cada uno con los híbridos de maíz *Bt* (AX 886 MG) y convencional (892CL), ambos del criadero Nidera.

El monitoreo se realizó a través de trampas de caída ("pitfall"), que consistieron en recipientes de plástico de 10 cm de alto, 6 cm de diámetro inferior y 7,5 cm de diámetro superior, los que fueron enterrados, quedando su parte superior al ras del suelo, y se llenaron con una solución de ácido acético al 6%. En cada lote se colocaron 4 trampas equidistantes (Manachini et al., 1999), cuyo contenido se renovó semanalmente, a fin de facilitar la conservación de los artrópodos. Los insectos recolectados se colocaron en frascos, debidamente etiquetados y fueron llevados al laboratorio de la cátedra de Zoología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional del Litoral, Argentina). Los representantes recolectados se conservaron en recipientes Eppendorf® (1,5 mm), en alcohol 70°, para su posterior identificación bajo lupa estereoscópica de 40x (Olympus SZ40).

A partir del análisis de las muestras se confeccionaron tablas de abundancia relativa de las especies, lo cual permitió la estimación de índices ecológicos (Martínez et al., 2009; Armendano y González, 2010). Se calcularon índices de diversidad Alfa, que hace referencia a la diversidad local dentro de una comunidad e índices de diversidad Beta, la cual representa el cambio en la diversidad entre dos o más comunidades. Se estimaron los siguientes índices ecológicos (Martínez et al., 2009; Armendano y González, 2010), para la diversidad Alfa: 1) Índice

de abundancia relativa, 2) Índice de diversidad de especie, 3) Índice de equidad de Shannon, y 4) Índice de dominancia, y para la diversidad Beta: 5) Índice de Bray y Curtis.

1.- **Abundancia relativa:** Representa el porcentaje de una especie sobre el total, incluyendo a todas las especies o familias observadas.

2.- **Diversidad de especies:** Se aplicó el índice de Shannon-Wiener (H' utilizado para caracterizar la diversidad de especies en cada híbrido (*Bt* y convencional), el que se estima según la siguiente ecuación:

Shannon-Weiner $H' = -\sum pi \ln pi$ (Ecuación 1)

donde:

pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de las especie i : ($pi = ni/N$))

ni = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos de todas las especies ($\sum ni$)

3.- Índice de equidad de Shannon (E_H): El índice de equidad de Shannon se basa en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice indica que tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies, compara la diversidad observada en una comunidad con la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética, con el mismo número de especies (Newman y Unger, 2003)

$$E_H = \frac{H'}{\ln S} \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde: S es el número de especies (riqueza) y H' el índice de diversidad de Shannon (ver Ecuación 2)

Se alcanza la uniformidad cuando $pi = 1/S$ para toda pi , máxima, siendo pi la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (ni/N) (Franco et al., 1989) Asume valores entre 0 y 1, en donde cuanto más cercano a 1 es el valor, mayor es la uniformidad.

4.- Índice de **Bray y Curtis:** Mide la similitud cuantitativa entre dos comunidades, toma valores iguales a 1 en casos de similitud completa, e igual a 0 si las comunidades son disímiles y no tienen especies en común; se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum |x_i - y_i|}{\sum (x_i + y_i)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde x_i es la abundancia de la especie i en la comunidad una e y_i la abundancia de esa especie en la comunidad dos.

Las especies de arañas fueron agrupadas en gremios según los criterios que hacen al tipo de recurso explotado y forma de obtenerlo (Root, 1967; Uetz et al., 1999): tamaño del adulto, estrato donde preferentemente vive, hábitos de desplazamiento y período de actividad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las cinco campañas agrícolas, se recolectó un total de 24.251 artrópodos, de los cuales 4720 fueron Carabidos y arañas, correspondiendo 2792 y 1928 a los maíces convencionales y *Bt*, respectivamente (Tabla 1).

No se hallaron diferencias significativas en la abundancia de la fauna benéfica del suelo entre ambos cultivos, según la aplicación del test de Mann-Whitney, el cual arrojó un valor de $p = 0,5798$ (Fig. 1). Los órdenes más abundantes, con el 80% del total de las capturas, fueron Coleoptera (Carabidae) 52%, y Araneae (26,5%), con las familias: Lycosidae (12%), Araneidae (4%), Oxyopidae (2%), Thomisidae (2,5%) y Anyphaenidae (6%).

Al comparar la diversidad de especies dentro de las dos comunidades de maíz (índices de diversidad alfa), el índice de Shannon- Wiener (H') toma un valor semejante en el maíz *Bt* y el convencional (Tabla 2), lo que indicaría que la diversidad en los dos híbridos es muy parecida. El índice de equidad (E_H) indica que la relación en

la abundancia de cada especie fue relativamente uniforme. El índice de Bray y Curtis (índice de diversidad beta), dio un valor de 0,92, lo que indica que ambas comunidades fueron muy similares, teniendo en cuenta que cuando toma valor = 1 ambas comunidades son idénticas.

La familia Carabidae fue la más abundante, con dos especies identificadas: *Calosoma argentinensis* (Csiki) y *Gallerita collaris* (Dejean). En la abundancia media se hallaron diferencias significativas entre ellas, según los meses del desarrollo del cultivo (Tabla 3). *C. argentinensis* fue la especie más abundante en todos los meses, con picos poblacionales en verano y fue la única presente en el mes de diciembre, momento en que se da su pico poblacional y, si bien disminuye en enero, se mantuvo alta respecto a las restantes especies. *Gallerita collaris* y *Scarites* spp., con pocos individuos colectados, presentaron un comportamiento semejante. Las capturas de la primera especie mencionada comenzaron a partir de octubre y *Scarites* sp. a partir de noviembre. Si bien en el maíz convencional los carábidos fueron más abundantes, no se observaron diferencias significativas al comparar la abundancia con el híbrido *Bt*, en ninguno de los meses muestreados (Tabla 4).

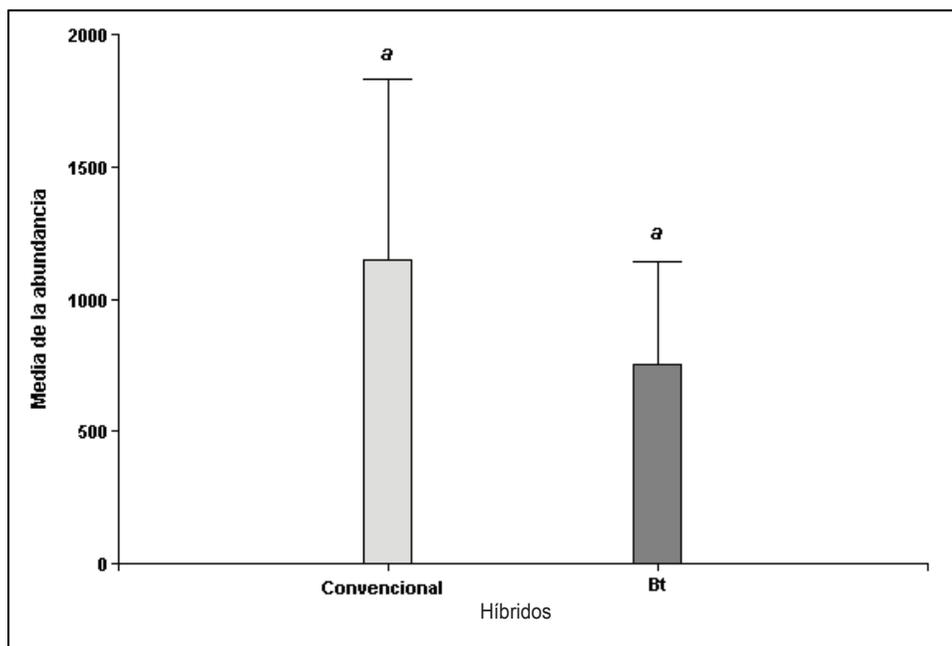
Los carábidos no presentaron diferencias entre los maíces convencionales y *Bt*, resultados que coinciden con los hallados por (Alvarez-Alfageme et al., 2009) aunque, en estudios

Tabla 1. Abundancia de artrópodos benéficos de suelo, agrupados por familia, en maíces *Bt* y convencionales, en cinco campañas agrícolas (2005-2010).

Table 1. Abundance of beneficial soil arthropods in *Bt* and conventional corn crops in five production seasons (2005-2010).

Familias	Abundancia		
	Género y especie	Convencional	<i>Bt</i>
Carabidae	<i>Calosoma argentinensis</i>	1.116	974
	<i>Gallerita collaris</i>	702	150
	<i>Scarites</i> sp.	110	56
Thomisidae	<i>Misumenops</i> sp. 1,		
	<i>Misumenops</i> sp. 2,		
	<i>Misumenops</i> sp. 3,		
	<i>Misumenops</i> sp. 4	134	97
Lycosidae	<i>Lycosa</i> sp. 1, <i>Lycosa</i> sp. 2,		
	<i>Lycosa</i> sp. 3, <i>Lycosa</i> sp. 4,		
	<i>Lycosa</i> sp. 5	431	311
	<i>Alpaida</i> sp., sp. 2, sp. 3 sd.	224	199
Oxyopidae	sp.1, sp. 2, sp. 3 sd.	43	99
Anyphaenidae	<i>Gayenna</i> sp.	32	42
TOTAL		2792	1928

sd.= sin identificar



**Fig. 1. Abundancia media (\pm DS) de artrópodos benéficos del suelo, en maíces convencionales y *Bt*.
Fig. 1. Mean abundance (\pm DS) of beneficial soil arthropods in *Bt* and conventional corn crops.**

Letras iguales no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según Test no paramétrico de Mann-Whitney para muestras apareadas.

Tabla 2. Abundancia, índice de diversidad específica (H'), índice de Equidad ($E_{H'}$) de los artrópodos benéficos en maíz *Bt* y convencional en cinco campañas agrícolas.

Table 2. Abundance, specific diversity index (H') and Equity index ($E_{H'}$) of beneficial arthropods in *Bt* and conventional corn crops in five production seasons.

Cultivo	Abundancia	H'	$E_{H'}$
Maíz convencional	12.936	2,61797	0,90
Maíz <i>Bt</i>	11.315	2,54940	0,88

realizados en laboratorio, Álvarez-Alfageme et al. (2009) encontraron la toxina en representantes de esta familia.

Dentro del Orden Araneae, la familia con mayor abundancia en la superficie del suelo fue Lycosidae, que representó el 49% del total de las colectas y de la cual se identificaron cinco especies pertenecientes al género *Lycosa* (Latreille). La segunda familia más abundante fue Araneidae, representada por el género *Alpaida* (Pickard-Cambridge), con dos especies no identificadas. De la familia Thomisidae, se encontraron cuatro morfo-especies del género *Misumenops* (Pickard-Cambridge). Siguen en importancia Oxyopidae, representada por tres especies, y por último la familia Anyphaenidae, de la cual se identificó el género *Gayenna* (Nicolet) spp.

En el presente estudio los carábidos no

presentaron diferencias entre los maíces convencionales y *Bt*, resultados que coinciden con los hallados por Lozzia (1999) aunque, en estudios realizados en laboratorio, Álvarez-Alfageme et al. (2009), encontraron la toxina en representantes de esta familia. Considerando la abundancia relativa por gremios (Uetz et al., 1999), el más abundante fue el gremio II (familia Lycosidae), seguido por los sedentarios que ocupan el estrato más bajo de la vegetación (gremio V) y en tercer lugar siguieron los tomísidos (gremio I) que si bien se mueven en los estratos superiores y medios de la planta, en este estudio fueron colectados en un número importante en las trampas de caída. Se encontraron arañas durante todo el ciclo fenológico del cultivo, con un pico máximo en verano, especialmente en el mes de diciembre, con una marcada disminución

**Tabla 3. Abundancia (media mensual \pm desvío estándar), de cinco campañas de géneros de carábidos presentes en el maíz.
Table 3. Abundance (monthly mean \pm standard deviation) of carabids genera in corn crops in five production seasons.**

Géneros	Meses							
	Sept.*	Oct.*	Nov.*	Dic.*	En.*	Feb.*	Mar.*	Abr.*
<i>Calosoma</i>	26,0 \pm 7,0 b	35,0 \pm 14,1 a	82,0 \pm 21,2 a	419,0 \pm 74,2 b	382,0 \pm 4,9 b	190,0 \pm 90,5 a	28,0 \pm 7,0 a	5,5 \pm 7,7 a
<i>Galerita</i>	0,0 a	5,5 \pm 7,7 a	50,5 \pm 37,4 a	150 \pm 131,0 a	120,0 \pm 83,0 a	82,0 \pm 106 a	17,6 \pm 4,0 a	4,5 \pm 6,3 a
<i>Scarites</i>	0,0 a	0,00 a	11,5 \pm 2,1 a	34 \pm 15,5 a	33,5 \pm 20,5 a	8,0 \pm 5,6 a	4,0 \pm 5,6 a	0,0 a

*Letras iguales en la columna no son significativamente diferente según el Test no paramétrico de Mann-Whitney para muestras apareadas.

**Tabla 4. Abundancia (media mensual \pm desvío estándar), de las cinco campañas del total de carábidos, en los híbridos convencionales y Bt.
Table 4. Abundance (monthly mean \pm standard deviation) of total carabids in conventional and Bt corn crops in five production seasons.**

	Meses							
	Sept.*	Oct.*	Nov.*	Dic.*	En.*	Feb.*	Mar.*	Abr.*
<i>Convencional</i>	10,3 \pm 17,9 a	18,6 \pm 23,6 a	62,3 \pm 43,8 a	218,3 \pm 162,4 a	204,3 \pm 170,4 a	141 \pm 121,7 a	19,0 \pm 9,6 a	3,6 \pm 5,2 a
<i>Bt</i>	7,0 \pm 12,1 a	8,3 \pm 14,4 a	33,6 \pm 29,7 a	184 \pm 249,3 a	153 \pm 196,8 a	45,6 \pm 69,5 a	11,3 \pm 18,7 a	3,6 \pm 6,3 a

*Letras iguales en la columna no son significativamente diferente según el Test no paramétrico de Mann-Whitney para muestras apareada.

a medida que nos acercamos al otoño. Los picos poblacionales de arañas y carábidos se dieron durante los meses de diciembre, enero y febrero; durante esos meses el mayor aporte los hicieron los carábidos representando el 58; 75 y 79%, respectivamente del total.

Las arañas fueron más abundantes que los carábidos durante los meses de primavera y otoño, principalmente durante noviembre, donde representaron el 55% del total de los recuentos. Durante el verano, los recuentos disminuyeron y en el otoño, si bien las poblaciones fueron menores, se mantuvieron constantes, a diferencia de lo mencionado para los carábidos, quienes a partir del mes de marzo comenzaron a disminuir drásticamente.

Estos resultados se corresponden con su hábito de hibernación, *C. argentinense* pertenecería al grupo de "reproductores de primavera". En éstos la maduración de los adultos está dirigida por el fotoperíodo, en una secuencia de días cortos seguidos de días largos, con un período intermedio de diapausa invernal; la hibernación ocurre en el estado adulto y las larvas se desarrollan durante el verano (Santos et al., 1985).

Las arañas son los mayores colonizadores de los sistemas agrícolas (Uetz et al., 1999) y son los predadores generalistas más comunes (Dippenaar-Schoeman y Jocqué, 1997). Las poblaciones no dependen de la cantidad de una presa determinada, y son capaces de acomodar su consumo (Sabogal y Pinzón, 2001). Lycosidae fue la más abundante en la superficie del suelo, que coincide con la información reportada por Minervino (1996) y Liljeström et al. (2002), siendo reportado como el grupo dominante entre las arañas caminadoras de hábitos epigeos (Dippenaar-Schoeman y Jocqué 1997; Whitmore et al., 2000), cuyos representantes se caracterizan por buscar sus presas en el suelo y la vegetación baja (Flórez, 1998).

Los tomísidos son muy comunes en la vegetación, se caracterizan por sus coloraciones crípticas y emboscar y capturar a sus presas (Whitmore et al., 2000); prefieren el estrato herbáceo por lo que estar en el suelo se podría relacionar con que utilizan este recurso como lugar de forrajeo, lo que facilitó su colecta. Si bien no existen muchos estudios realizados con arañas que permitan determinar el efecto de la toxina *Bt*, en este trabajo no se encontró diferencias en la diversidad ni en la abundancia entre los maíces convencionales y *Bt*. Los resultados de este estudio prestan un fuerte apoyo a las conclusiones de otros informes publicados (Pilcher et al., 1997; Lozzia, 1999; Zwhalen et al., 2000) respecto de que no hay efectos ocasionados por las plantas transgénicas resistentes a lepidópteros plagas del maíz sobre

los organismos benéficos del suelo que no son objetivo del control. En el futuro son necesarios estudios que abarquen una combinación de experiencias de laboratorio, de invernadero y de campo, debido a que la toxina puede tener un comportamiento diferente en distintos ambientes y la actividad insecticida puede variar con cambios en la textura, el pH, así como con las diferentes condiciones climáticas de suelo (Zwhalen et al., 2003b).

No se encontraron efectos ni sobre la diversidad de especies ni en la abundancia de artrópodos benéficos del suelo. Estos resultados coinciden con los hallados en otras investigaciones que indican que el maíz que expresa endotoxinas *Bt* activas contra lepidópteros plaga, no afectan adversamente la población de otros artrópodos, permaneciendo inalterada la diversidad (Bhatti et al., 2005). A iguales resultados llegaron Yu et al. (1997) con colémbolos y ácaros, y Saxena y Stotzky, (2001) con lombrices y nemátodos.

CONCLUSIONES

No se encontraron efectos de los maíces *Bt* sobre la abundancia ni la diversidad de los Carabidae y Arañas en la región centro de la provincia de Santa Fe (Argentina). Los carábidos presentaron las mismas especies y distribución similar en los dos híbridos. Las arañas más abundantes sobre la superficie del suelo fueron las de la familia Lycosidae.

AGRADECIMIENTOS

El soporte financiero para este estudio fue provisto por la Universidad Nacional del Litoral (Argentina), a través de los Proyectos CAI+D.

LITERATURA CITADA

- Altieri, M.A. 2000. The ecological impacts of transgenic crops on agroecosystem health. *Ecosystem Health* 6(1):13-23.
- Álvarez-Alfageme, F., F. Ortego, and P. Castañera 2009. *Bt* maize fed-prey mediated effect on fitness and digestive physiology of the ground predator *Poecilus cupreus* L. (Coleoptera: Carabidae). *J. Insect. Physiol.* 55:143-149.
- Avalos, G., G. Rubio, M. Bar, y A. González. 2007. Arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a dos bosques degradados del Chaco húmedo en Corrientes, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 55(3-4):899-909.

- Armendano, A., y A. González. 2010. Comunidad de arañas (Arachnida, Araneae) del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en Buenos Aires, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 58:747-757.
- Bhatti, M.A., J. Duan, G. Head, C. Jiang, M.J. McKee, and T.E. Nickson. 2005. Field evaluation of the impact of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). Protected *Bt* corn on ground-dwelling invertebrates. *Environ. Entomol.* 34:1325-1335.
- Billeter, R., J. Liira, D. Bailey, R. Bugter, P. Arens, I. Augenstein, et al. 2008. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45:141-150.
- Blackwood, C.B., and J.S. Buyer. 2004. Soil microbial communities associated with *Bt* and non-*Bt* corn in three soils. *J. Environ. Quality* 33:832-836.
- Coddington, J.A., L.H. Youngand, and F.A. Coyle. 1996. Estimating spider species richness in a southern Appalachian cove hardwood forest. *Journal of Arachnology* 24:111-128.
- Cortet, J., M.N. Andersen, S. Caul, B. Griffiths, R. Joffre, B. Lacroix, et al. 2006. Decomposition processes under *Bt* (*Bacillus thuringiensis*) maize: results of a multi-site experiment. *Soil Biology and Biochemistry* 38(1):195-199.
- Crecchio, C., and G. Stotzky. 1998. Binding of DNA on humic acids: Effect on transformation of *Bacillus subtilis* and resistance to DNase. *Soil Biology and Biochemistry* 30:1061-1067.
- Cristofoli, S., J. Piqueray, M. Dufréne, J.P. Bizouxand, and G. Mahy. 2010. Colonization credit in restored wet heathlands. *Restoration Ecology* 18:645-655. doi:10.1111/j.1526-100X.2008.00495.x
- Dippenaar-Schoeman, A.S., and R. Jocqué. 1997. African spiders, an identification manual. Biosystematics Division, ARC Plant Protection Research Institute. Handbook. Pretoria, South Africa
- Dubelman, S., B.R. Ayden, B.M. Bader, C.R. Brown, C. Jiang, and D. Vlachos. 2005. Cry1Ab protein does not persist in soil after 3 years of sustained *Bt* corn use. *Environmental Entomology* 34:915-921.
- Escher, N., B. Kach, and W. Nentwig. 2000. Decomposition of transgenic *Bacillus thuringiensis* maize by microorganisms and woodlice *Porcellio scaber* (Crustacea: Isopoda). *Basic. Appl. Ecol.* 1:161-169.
- Flórez, E. 1998. Estructura de comunidades de arañas (araneae) en el departamento del Valle, suroccidente de Colombia. *Caldasia* 20(2):173-192.
- Grandchamp, A.C., J. Niemeläand, and J. Kotze. 2000. The effects of trampling on assemblages of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in urban forests in Helsinki, Finland. *Urban Ecosystems* 4(4):321-332.
- Harwood, J.D., W.G. Wallin, and J.J. Obrycki. 2005. Uptake of *Bt* endotoxins by nontarget herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. *Mol. Ecol.* 14:2815-2823.
- Koskella, J., and G. Stotzky. 2002. Larvicidal toxins from *Bacillus thuringiensis* subspp, *kurstaki*, *morrisoni* (strain *tenebrionis*), and *israelensis* have no microbicidal or microbiostatic activity against selected bacteria, fungi, and algae in vitro. *Canadian J. Microbiol.* 48:262-267.
- Kotze, A.C., P. Steinmann, H. Zhou, Z.W. Du, and X.N. Zhou. 2011. The effect of egg embryonation on field-use of a hookworm benzimidazole-sensitivity egg hatch assay in Yunnan Province, People's Republic of China. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 5(6), e 1203.
- Liljeström, G., E. Minervino, D. Castro, y A. González. 2002. La comunidad de arañas del cultivo de soja en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Neotrop. Entomol.* 31:197-210.
- Lozzia, G.C. 1999. Biodiversity and structure of ground beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in *Bt* corn and its effects on non target insects. *Bolletino di Zoolia Agraria e Bachicoltura (Ser. II)* 31:37-58.
- Losey, J.E., L.S. Raynor, and M.E. Carter. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399:214.
- Lövei, G.L., and K.D. Sunderland. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology* 41(1):231-256.
- Manachini, B., M. Agostiand, I.E Rigamonti, and M. Trevisan. 1999. Environmental impact of *Bt*-corn on non target entomofauna: Synthesis of field and laboratory studies. p. 11-15. In *Proceedings of the XI Symposium on Pesticide Chemistry*. Cremona, Italy.
- Margarit, E., M.I. Reggiardo, R.H. Vallejos, and H.R. Permingeat. 2006. Detection of *Bt* transgenic maize in foodstuff. *Food Research International* 39:250-255.
- Margarit, E., Reggiardo, M.I., and H.R. Permingeat. 2008. *Bt* protein rhizosecreted from transgenic maize does not accumulate in soil. *Electronic Journal of Biotechnology* 11(2):20-29.

- Martínez, A.T., F.J. Ruiz-Dueñas, M.J. Martínez, J.C. Río, and A. Gutiérrez. 2009. Enzymatic delignification of plant cell wall: from nature to mill. *Current Opinion in Biotechnology* 20(3):348-357.
- Minervino, E. 1996. Estudio biológico y ecobiológico de arañas depredadoras de plagas de soja. Tesis de Ph. D. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Newman, M.C., and M. A. Unger. 2003. *Fundamentals of Ecotoxicology*. Lewis Publishers, Estados Unidos. 458 p. Referenciada 10/5/2009. Disponible: <http://foros.monografias.com/archive/index.php/t-38141.html>
- Niemelä, J., J. Kotze, A. Ashworth, P. Brandmayr, K. Desender, T. New, et al. 2000. The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network. *Journal of Insect Conservation* 4(1):3-9.
- Niemelä, J., J.D. Kotze, S. Venn, L. Penev, I. Stoyanov, J. Spence, et al. 2002. Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison. *Landscape Ecology* 17(5):387-401.
- Pearce, J.L., and L.A. Venier. 2006. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecological Indicators* 6:780-793.
- Pilcher, C. D., J. J. Obrycki, M.E. Rice, and L.C. Lewis. 1997. Preimaginal development, survival, and field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. *Environ. Entomol.* 26:446-454.
- Platnick, N.I. 2011. The world spiders catalog, versión 11.5 By The American Museum of Natural History. Available online at <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog> (Accessed 02 January 2014).
- Root, R.B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-grey gnatcatcher. *Ecology Monography* 37:317-350.
- Raino, J., and J. Niemelä. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiv. Conserv.* 12:487-506.
- Sabogal, A., y J. Pinzon. 2001. Estudio del ciclo de vida y hábitos alimenticios de la araña *Alpaida variabilis* Keyserlin (Araneidae) en la Sabana de Bogotá. 120 p. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Santos, De Los A, C Múntes y L. Ramírez-Díaz. 1985. Ciclos de vida de algunas poblaciones de carábidos (Col. Carabidae) de dos ecosistemas del bajo Guadalquivir (S.O. de España) con especial referencia a *Steropus globosus ebenus* Quens, 1806. *Rev. Eco. Bio. Sol.* 22(1):75-95
- Saxena, D., S. Flores, and G. Stotzky. 1999. Insecticidal toxin in root exudates from *Bt* corn. *Nature* 402:480
- Saxena, D., and G. Stotzky. 2001. *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) toxin released from root exudates and biomass of *Bt* corn has no apparent effect on earthworms, nematodes, protozoa, bacteria, and fungi in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 33(9):1225-1230.
- Saxena, D., and G. Stotzky. 2002. *Bt* toxin is not taken up from soil or hydroponic culture by corn, carrot, radish, or turnip. *Plant and Soil* 239:165-172.
- Saxena, D., C.N. Stewart, I. Altosaar, Q. Shuang, and G. Stotzky. 2004. Larvicidal Cry proteins from *Bacillus thuringiensis* are released in root exudates of transgenic *B. thuringiensis* corn, potato, and rice but not of *B. thuringiensis* canola, cotton, and tobacco. *Plant Physiology and Biochemistry* 42:383-387.
- Semenova, O.V. 2008. Ecology of ground beetles in an industrial city. *Russian Journal of Ecology* 39(6):444-450.
- Stotzky, G. 2000. Persistence and biological activity in soil of insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis* and bacterial DNA bound on clays and humic acids. *J. Environ. Quality* 29:691-705.
- Uetz, G., J. Halaj, and A.B. Cady. 1999. Guild structure of spiders in Makor Crops. *J. Arachnol.* 27:270-280.
- Varet, M., F. Burel, and J. Pétilion. 2014. Can urban consolidation limit local biodiversity erosion?. Responses from carabid beetle and spider assemblages in Western France. *Urban Ecosystems* 17(1):123-137.
- Walker, T.S., H.P. Bais, E. Grotewoldand, and J.M. Vivanco. 2003. Root exudation and rhizosphere biology. *Plant Physiology* 132(1):44-51.
- Whitmore C., R. Slotow, T.E. Crouch, and A.S. Dippenaar-Schoeman. 2000. Diversity of spiders (Araneae) in a savanna reserve, Northern Province, South Africa. *J. Arachnol.* 30:344-356.
- WSC. 2019. World Spider Catalog. Version 20.0. Natural History Museum Bern. Available at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on 2018-06-02. doi: 10.24436/2

- Yu, C. G., M.A. Mullins, G.W. Warren, M.G. Koziel, and J.J. Estruch. 1997. The *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein Vip3A lyses midgut epithelium cells of susceptible insects. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:532-536.
- Żelazna, E., and M. Błażejwicz-Zawadzińska. 2005. Species diversity of carabids (Coleoptera, Carabidae) in different types of Bydgoszcz urban green belts and suburban environments. *Folia Biológica* 53(4):179-186.
- Zwahlen, C., W. Nentwig, F. Bigler, and A. Hilbeck. 2000. Tritrophic interactions of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn, *Anaphothrips obscurus* (Thysanoptera: Thripidae), and the predator *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Environ. Entomol.* 29:846-850.
- Zwahlen, C., A. Hilbeck, P. Gugerli, and W. Nentwig. 2003a. Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* corn tissue in the field. *Mol. Ecol.* 3:765-775.
- Zwahlen, C., A. Hilberck, R. Howald, and W. Nentwig. 2003b. Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* com tissue in the field. *Mol. Ecol.* 12:765-775.