

GRUPOS FUNCIONALES DE HORMIGAS: EVALUACIÓN DE SU UTILIZACIÓN COMO INDICADORES DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCTO DE LA AGRICULTURA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Verzero Villalba F.¹, Sgarbi C.¹, Culebra Mason S.², Ricci M.^{1,2}

¹. Zoología Agrícola. Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales. UNNOBA. R. Sáenz Peña 456 (6000). Junín. Bs. As. Argentina.

². Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 60 y 119. CC 31 (1900). La Plata. Bs. As. Argentina. mricci@agro.unlp.edu.ar

Las hormigas se destacan por su elevada biomasa, diversidad, dominancia numérica e importancia ecológica, por tal motivo son utilizadas como indicadores biológicos del estado de conservación de los ecosistemas. El objetivo del trabajo fue determinar la diversidad de Formicidos presentes en un pastizal natural de la localidad de 9 de Julio, a los fines de estimar el grado de disturbio que presenta el agroecosistema y evaluar la utilización de los grupos funcionales de hormigas en el seguimiento del impacto del cambio climático. Se realizaron monitoreos por captura manual y la utilización de cebos. Se calculó el índice de diversidad de Shannon Wiener, el de dominancia de Berger Parker y a los fines de determinar el grupo funcional dominante, se agrupó a las hormigas en grupos funcionales desarrollado para comunidades mirmecológicas. Se identificaron 4.533 hormigas agrupadas en 4 subfamilias y 12 géneros. La diversidad general fue de 2,33 y la dominancia general de 51,6, siendo *Solenopsis* sp₁. (Myrmicinae) dominante. Se repartieron en 6 grupos funcionales: Especialistas de Climas Tropicales (54,12%), Mirmicinae Generalistas (35,76%) y Dolicherinae Dominantes (6,13%). Los restantes grupos presentaron abundancias menores al 5%. Dada que los Dolicho-derinae Dominantes fueron escasos, podría inferirse que la competencia no fue el factor determinante de la estructura de la comunidad. Se concluye que el ambiente ocupado por la misma se encuentra bajo condiciones de estrés intermedio y disturbio moderadamente alto y que la utilización de los grupos funcionales constituye una herramienta a implementar en el seguimiento y diagnóstico de los cambios ambientales.

INTRODUCCION

El último reporte del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático afirmó que “el calentamiento global es inequívoco, dado la evidencia observada de incrementos en el promedio de las temperaturas medias de la atmósfera y de los océanos, el derretimiento en gran escala de hielo y nieve, y el incremento en el promedio global del nivel del mar” (IPCC 2007). El informe, en uno de sus principales resultados, afirma que los incrementos de temperatura observados desde la mitad del siglo XX se deben a las actividades humanas, dentro de las cuales se encuentran las agrícola-ganaderas (Vargas, 2007).

El cambio climático podría afectar al sector agrícola en forma directa mediante la modificación de la productividad vegetal o en forma indirecta a través de su influencia sobre la presión de enfermedades, plagas y malezas. Además, procesos ajenos al cambio climático como la degradación de los suelos, la contaminación ambiental y la deforestación podrían intensificar los efectos del cambio climático sobre el sector (Magrin & Travasaro, 2009).

Para la región Pampeana, los escenarios climáticos proyectan incrementos de temperatura, que serían de mayor magnitud en la zona norte, e incrementos leves de la precipitación en toda la región. Bajo estas condiciones, si no se considera el efecto biológico del incremento de CO₂, los rendimientos medios de los cultivos de trigo, maíz y soja se verían levemente perjudicados, concentrándose las mayores pérdidas en el centro y norte de la región (Magrin & Travasaro, 2009).

La tendencia a la súper especialización y al monocultivo esta aumentando la vulnerabilidad a las variaciones interanuales del clima. El cambio en el uso del suelo, el desmonte generalizado y la labranza de suelos de baja aptitud agrícola y pobres en materia orgánica, podrían inducir procesos de desertificación que impedirían el retorno a las antiguas condiciones de producción. Ante esta situación será preciso tomar medidas para enfrentar no sólo la variabilidad y el cambio del clima sino también para evitar daños colaterales derivados de la degradación de los recursos naturales (Magrin & Travasaro, 2009).

El calentamiento global, de acuerdo a estudios de Houghton y colaboradores (1996) producirá un incremento de la temperatura media del aire que oscilará entre 1 y 3,5°C en el año 2100. Desde comienzos del siglo pasado los investigadores han documentado la sensibilidad de los insectos plaga a dicho aumento. Entender cómo afecta el cambio climático en nuestra región, entonces, implica que éste sea pensado desde una visión transversal, que lo vincule a la temática de los bosques, de la desertificación, a los sistemas hídricos y a la biodiversidad, dentro de ella el comportamiento de ciertos grupos de insectos considerados indicadores del estado de disturbio ambiental (Parmesan, 2006).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Las hormigas constituyen uno de los grupos más abundantes de insectos (Chamorro & Soto, 1986) siendo consideradas de importancia tanto en los sistemas naturales como en los modificados por el hombre (Majer, 1983; Ballari & Farji-Bener, 2006). Cumplen variadas funciones ecológicas dado que utilizan distintos estratos en la nidificación, tienen un amplio espectro de alimentación y se asocian con numerosas especies de plantas y animales (Brener, 1992). Se consideran indicadores adecuados de calidad ambiental, pues presentan una serie de características deseables a este fin: son funcionalmente importantes en los ecosistemas; su respuesta a las perturbaciones es predecible, rápida, analizable y generalmente lineal; son especies abundantes, fáciles de encontrar en el campo; existe buen conocimiento de su taxonomía y su identificación es relativamente fácil (Brown, 1989).

Por estas razones las hormigas han sido utilizadas en diferentes estudios como insectos indicadores de perturbación y con fines de manejo conservacionista (Kremen, 1994; Read, 1996). Su actividad es capaz de modificar las condiciones físicas y químicas del suelo, su estructura, el pH, la disponibilidad de nutrientes y el contenido de materia orgánica (Brener, 1992). Como consecuencia de ello los patrones de la vegetación no sólo se ven alterados por la herbivoría sino además por los cambios provocados en el suelo (Ricci *et al.*, 2005).

Las hormigas pertenecen al Orden Himenóptera, Familia Formicidae. Son insectos sociales que han evolucionado exitosamente desde el Cretáceo (65 a 145 millones de años) (Bolton, 1994; Folgarait, 1998). A escala mundial se estima que existen alrededor de 21.000 especies de hormigas, distribuidas en 16 subfamilias, de las cuales sólo 11.079 han podido ser descritas (Agosti & Jonson, 2003). La Argentina, por su ubicación geográfica particular, ofrece una amplia gama de nichos susceptibles de ser ocupados por las hormigas, favoreciendo así su diversidad específica (Cuezzo, 1998). Se conocen 71 géneros pertenecientes a 7 subfamilias. De acuerdo con estas cifras, el país contaría con el 24% de los géneros mundiales de hormigas y casi el 60 % de la mirmecofauna neotropical (Fernández *et al.*, 1996).

Los estudios en ecología de comunidades, requieren la identificación de grupos funcionales basados en un amplio rango de caracteres ecológicos, que trascienden tanto los límites taxonómicos como biogeográficos, variando en respuesta al estrés y a las condiciones de disturbio ambiental (Andersen, 1991). El uso de los grupos funcionales constituye una herramienta que posibilita la identificación de patrones generales en la estructura de las comunidades, permitiendo además, realizar comparaciones tanto a nivel de comunidad como de ecosistemas (Vittar & Cuezzo, 2008).

Un modelo utilizado para la interpretación de la relación entre la composición de una comunidad de hormigas en término de grupos funcionales es el desarrollado por Grime *et al.* (1997) y adaptado por Andersen (1995) para comunidades mirmecológicas. El mismo clasifica las comunidades de hormigas en relación al disturbio (factor que remueve la biomasa) y al estrés (factor que disminuye la productividad), los cuales son considerados de mayor importancia en la determinación de la estructura de las comunidades de hormigas. Tres tipos primarios de comunidades pueden ser reconocidos en los ápices del triángulo: Resistentes (*Ruderal* "R") que se caracterizan por estar en lugares sometidos a bajo estrés y alto disturbio, Tolerantes al estrés (*Stress Tolerant* "S") que se caracterizan por estar en sitios que experimentan un alto estrés y un bajo disturbio, y Competitivas (*Competitive* "C") características de sitios que experimentan un bajo disturbio y estrés, en los cuales la competencia se convierte en el principal factor que determina la estructura de las comunidades (Faccioli *et al.*, 2010).

El primer tipo de estas comunidades se caracteriza por poseer especies resistentes y no especializadas como lo serían las que integran el grupo de Oportunistas (*Paratrechina* sp). En tanto, el segundo tipo de estas comunidades se caracteriza por estar formada por especies altamente especializadas y tolerantes al estrés como lo sería el grupo de Especialistas en Climas Tropicales (*Acromyrmex* spp., *Atta* spp.). Finalmente, el tercer tipo de comunidades estaría constituido principalmente por especies fuertemente competitivas como lo serían las que integran el grupo de las Dorichoderinae Dominantes (*Linepithema* sp.). No obstante, a diferentes gradientes de estrés y disturbio pueden identificarse una variedad de comunidades secundarias, que poseen características intermedias entre estos tres tipos básicos de comunidades (Vittar, 2005; Vittar & Cuezzo, 2008).

Si bien, en varias regiones del mundo ya se han realizado trabajos que describen la composición de las comunidades de hormigas en término de grupos funcionales, por ejemplo en Australia, en Sudáfrica, en los Estados Unidos y en islas del Pacífico, se requiere un análisis de este tipo en otras regiones del mundo, particularmente para América del Sur (Andersen, 1997).

La Introducción de especies exóticas de hormigas ha sido responsable de la disminución de la diversidad y abundancia de las especies nativas de hormigas y también de otros artrópodos por todo el mundo. Las invasiones biológicas han alterado profundamente los ecosistemas y sus efectos pueden rivalizar con los causados por la pérdida de hábitat y los del cambio climático global (Angulo *et al.*, 2006).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Dado que en el país son escasos los estudios referidos a la utilización tanto de índices de diversidad de hormigas como de la aplicación de sus grupos funcionales, se propone en el presente trabajo determinar la diversidad de hormigas presentes en un pastizal natural con y sin pastoreo de la localidad de 9 de Julio, a los fines de estimar el grado de disturbio que presenta el agroecosistema. Se evaluará además la implementación de los grupos funcionales de hormigas en el seguimiento del impacto del cambio climático global.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.- Monitoreo:

Para la colecta de los Formícidos, se utilizaron dos técnicas de captura:

a) Captura directa (CD): Constituye un método recomendado para obtener un cubrimiento taxonómico relativamente completo de la riqueza de hormigas de un lugar. Se utilizaron para tal fin hisopos de algodón, pinzas, pinceles, aspiradores, entre otros. Los puntos de monitoreo se tomaron al azar, recorriendo el lote en una diagonal en zig-zag, colectando por un lapso de tiempo de diez minutos las hormigas presentes, en una superficie aproximada de 1m². Se colectó además la mirmecofauna presente en árboles y arbustos del lugar.

b) El empleo de una variante de la captura directa, consistente en la aplicación de un cebo, como atrayente alimentario, sobre papel tipo Sussex de 440 cm² (Papel Cebado "PC"), que se depositó directamente sobre el suelo sin disturbar. Los cebos empleados fueron atún (atrayente rico en proteínas) y azúcar (atrayente rico en carbohidratos). El monitoreo se realizó en días sin viento y para evitar que los PC se vuelen fueron sujetos con piedras.

Los PC se retiraron a los 60 minutos y fueron dispuestos dentro de una bolsa plástica debidamente rotulada. En laboratorio se procedió a la separación, montaje, identificación y recuento de las morfoespecies colectadas a campo.

La distribución espacial de las unidades de muestreo (PC) se realizó a través del trazado de dos transectas lineales simples, sobre las cuales se dispusieron las trampas cada diez metros, cada una constituyó un tratamiento, uno con atún y otro con azúcar, según metodología propuesta por Fernández (2003) y Agosti (2000).

2.- Lugar de monitoreo:

El estudio se realizó en un predio agrícola ganadero de la Localidad de Carlos María Naón, (35°14' LS; 60°50' LO) de la localidad de 9 de Julio, Provincia de Buenos Aires, Argentina. La zona se caracteriza por presentar suelos franco arenosos, utilizados para la cría de ganado vacuno en sistemas pastoriles naturales e implantados y al cultivo de soja, en aquellos lotes que por sus cualidades lo permiten.

El agroecosistema evaluado consistió en un pastizal natural donde se realiza pastoreo (PP), y un pastizal natural sin pastorear (PNP). Ambos presentan más de diez años en el que no se implantan especies forrajeras.

Pastizal No Pastoreado: Este sitio se halla clausurado, no se realiza siembra de cultivos ni pastoreo del mismo.

Composición especies del pastizal no pastoreado:

Árboles: *Eucalyptus globulus* Labill., laurel (*Laurus nobilis* L.), ligustrina (*Ligustrum sinense* L.), platano (*platanus orientalis* L.) mora salvaje (*Rubus adenotrichos* Schltld.), magnolia (*Magnolia grandiflora* L.), Durazno de jardín (*Prunus sp.* L.).

Pastos cebadilla (*Bromus unioloides* H.B.K.), trébol blanco (*Trifolium repens* L.); flor de santa lucia (*Commelina benghalensis* L.); Sorgo de Alepo (*Sorghum halepense* L.), visnaga (*Ammi visnaga* L.), llantén (*Plantago lanceolata* L.), lengua de vaca (*Rumex crispus* L.) caapiqui (*Stellaria media* L.Vill), diente de león (*Taraxacum officinale* Weber). Verónica (*Veronica pérsica* Poir.). Pasto amargo (*Eriochloa punctata* L.), frutilla salvaje (*Fragaria vesca* L.), Chinchiya (*Tagetes minuta* L.) Verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), Gramilla rastrera (*Cynodon hirsutus* Stent), Pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir), rama negra (*Conyza bonariensis* L.), cicuta (*Conium maculatum* L.) Cardos (*Carduus nutans* L.).

Pastizal Pastoreado: En este sitio se realiza cría de ganado vacuno con una carga animal de 0,8 vacas/ha. El periodo de mayor uso va desde octubre a enero (periodo en el cual se realiza el servicio del rodeo). En mayo y junio se deja descansar, para luego manejar la cría en el mismo. En general, el rodeo presenta un 20% de pérdida (entre vacas vacías, abortos y terneros muertos al nacer).

Composición de especies del pastizal pastoreado:

Árboles: *E. globulus*

Pastos: Gramillón (*Stenotaphrum Secundatum* Walt), Gramilla (*Cynodon dactylon* L.), Gramilla rastrea (*C. hirsutus*), Pasto miel (*P. dilatatum*), espina colorada (*Solanum sisymbriifolium* Lamarck), pelo de chancho (*Distichlis spicata* L.), Hunquillo (*Juncus acutus* L.), paraguaita (*Hydrocotyle bonariensis* Lam.), Junco grande (*Scirpus californicus* Mey.), totora (*Typha latifolia* L.), Roseta (*Acicarpa Tribuloides* Juss.), Ciperito grande (*Cyperus digitatus* Roxb.), trébol blanco (*T. repens*), cebadilla (*Bromus unioloides* H.B.K.), Abrojo (*Tribulus terrestris* L.).

El área de estudio tomada corresponde aproximadamente a 90 ha, de las cuales 70% son inundables.

3.- Identificación de los Formicidos capturados:

Una vez finalizada la captura se inició la etapa de separación y montaje de los especímenes a los fines de su identificación. Para ello se utilizaron las claves taxonómicas de Gonçalves (1961), Kusnezov (1978), Borgmeier (1959), Hölldobler and Wilson (1990) y Fernández (2003).

4.- Determinación de la riqueza, abundancia y diversidad de especies:

Para determinar la diversidad de especies se utilizó el índice de Shannon o de Shannon-Wiener (H').

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

- S – número de especies o riqueza de especies
- p_i – proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia

relativa de la especie *i*): $\frac{n_i}{N}$

- n_i – número de individuos de la especie *i*
- N – número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*).

5.- Índice de Berger – Parker o de abundancia:

Este índice expresa la importancia proporcional de las especies más importantes a través de la siguiente expresión:

$$d = N_{\max}/N$$

N_{\max} : N° de individuos de la especie más abundante

N: N° total de individuos de todas las especies.

6.- Identificación de los grupos funcionales:

A los fines de estimar el grupo funcional dominante y así estimar el estado del ambiente motivo del estudio, se agrupó a las hormigas identificadas según la clasificación de grupos funcionales desarrollado por Grime *et al.* (1997) y adaptado por Andersen (1995) para comunidades mirmecológicas.

RESULTADOS y DISCUSION

Se capturaron e identificaron en total 4.533 hormigas agrupadas en 4 subfamilias y 12 géneros. Se identificaron 2 especies y 2 morfoespecies. Los ejemplares hallados pertenecen a los siguientes géneros: *Solenopsis* sp., *Pheidole* sp., *Linepithema* sp., *Dorymyrmex* sp., *Brachymyrmex* sp., *Paratrechina* sp., *Prenolepsis* sp., *Camponotus* sp y *Acromyrmex* sp.

Los géneros colectados con mayor frecuencia fueron *Solenopsis* (51,69%), *Pheidole* (35,76%) y *Linepithema* (6,13%). El género *Dorymyrmex* sp. y *A. heyerii* estuvieron representados en un 3,35 y 1,47% respectivamente. Las demás especies presentaron frecuencias menores al 1% (Figura 1).

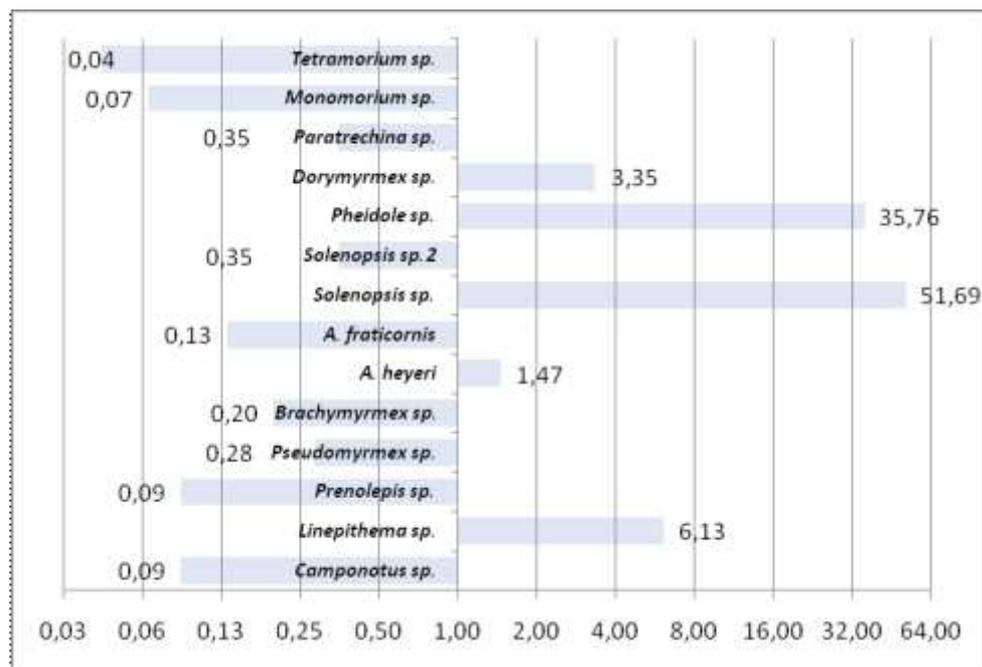


Figura 1.

Distribución de frecuencias de los géneros de Formicidae identificados en la superficie total de un pastizal natural (PNP y PP) de la Localidad de 9 de Julio. Provincia de Buenos Aires.

En el Pastizal no Pastoreado (PNP) se identificaron a *Solenopsis sp*₁ y *sp*₂., *Paratrechina sp.* y *A. fraticornis*. En el Pastizal Pastoreado (PP) se hallaron a *Linepithema sp.*, *Dorymyrmex sp.*, *Brachymyrmex sp.*, *Prenolepis sp.* y *Camponotus sp.*; mientras que *Solenopsis sp*₁., *Pheidole sp.*, *Pseudomyrmex sp* y *A. heyerii* se hallaron en ambas situaciones (Figura 2).

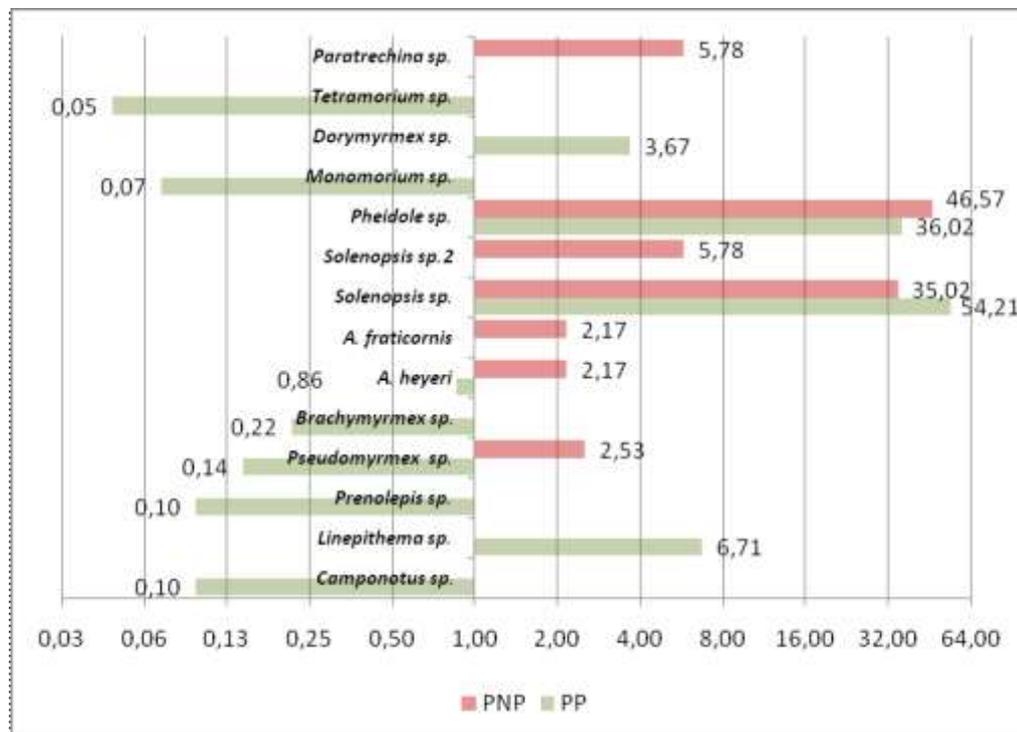


Figura 2.

Distribución de frecuencias de los géneros colectados en los dos subsistemas: Pastura Pastoreada (PP) y No Pastoreada (PNP).

El empleo de los cebos permitió relevar géneros como *Brachymyrmex*, *Prenolepis*, *Monomorium*, *Tetramorium* y *Solenopsis sp*₂, que no se hubieran capturado empleando como único método de muestreo a la captura directa (CD). El cebo en base a atún atrajo en mayor medida a *Solenopsis* y *Pheidole*, ya que permitió capturar un elevado número de individuos de dichas especies (49,66% y 31,80% respectivamente). Comparando ambos cebos el atún atrajo 3 especies (*Camponotus*, *Monomorium*, *Tetramorium*) que no fueron

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

atraídas por el azúcar. Mientras que *A. fraticornis* y *Pseudomyrmex* fueron atraídas por el azúcar y no por el atún. Las demás especies fueron atraídas por ambos cebos, aunque no con la misma frecuencia/abundancia de captura.

La diversidad general, calculada a partir del índice de Shannon – Wiener, fue de 2,33 y la dominancia general, calculada a partir del índice de Berger-Parker, fue de 51,6, siendo *Solenopsis* sp₁. (Myrmicinae) la especie dominante de la comunidad.

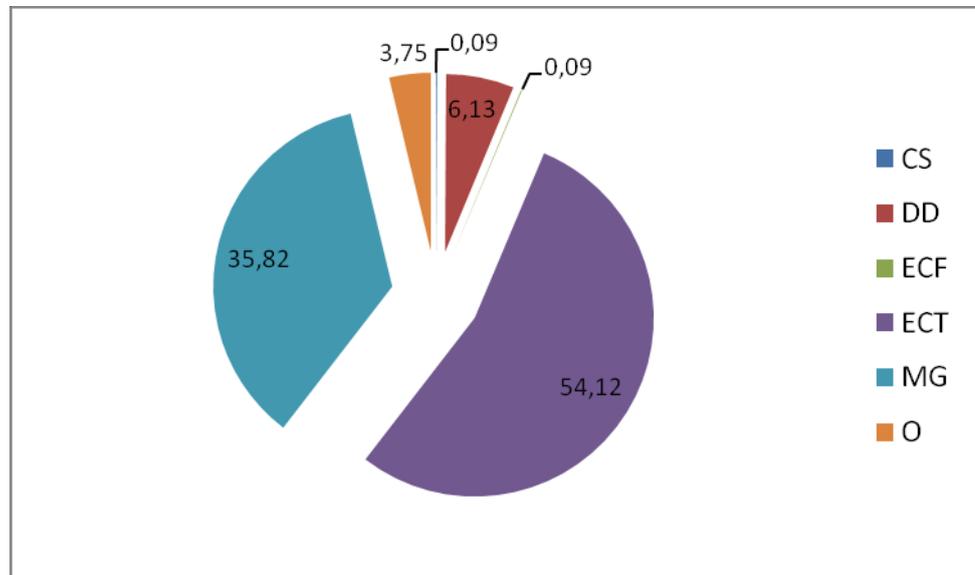
Al analizar la diversidad de especies en ambas situaciones, la misma disminuyó en el lote disturbado (PP) (H: 1,97) vs. el lote sin pastorear (PNP) (H: 2,57). Por otro lado, se diferenciaron en la especie dominante: *Pheidole* sp. que predominó en el lote de PNP, mientras que *Solenopsis* sp₁., lo hizo en el pastizal pastoreado (PP).

Del análisis de la influencia del tipo vegetal y la cobertura, se obtuvo que la riqueza fue mayor en aquellos lugares en los que el suelo estaba cubierto moderadamente por hierbas y arbustos (PP) en comparación con lugares totalmente cubiertos y con vegetación arbórea (PNP). Esta simplificación en la estructura de la vegetación, debido al disturbio, podría incrementar la diversidad de hormigas por un aumento en la heterogeneidad de los microclimas o reduciendo la actividad de las especies dominantes (Wisdom & Whitford, 1981 en Bestelmeyer & Wiens, 1996). La disminución de la vegetación a nivel edáfico sería consecuencia directa del pisoteo y la herbivoría a la que ha sido sometido este ambiente. En estas situaciones la captura manual sería el método más sesgado por factores como la visibilidad y facilidad de captura; así en lugares donde el suelo poseía una menor cobertura vegetal, las hormigas fueron posiblemente más fáciles de ver y capturar, y viceversa.

Las especies halladas se repartieron en 6 grupos funcionales. La abundancia relativa de hormigas se distribuyó en los mismos de manera desigual. El grupo de las Especialistas de Climas Tropicales (ECT) concentró a la mayoría de los individuos capturados (54,12%), seguidas por las Mirmicinae Generalistas (MG) (35,76%) y las Dolicherinae Dominantes (DD) 6,13%. Los restantes grupos funcionales presentaron abundancias relativas menores al 5% (Figura 3).

Figura 3.

Grupos Funcionales identificados en un pastizal natural (PNP y PP) de la Localidad de 9 de Julio. Provincia de Buenos Aires.



En cuanto al número de especies por grupo funcional, analizando el predio en general, el grupo de las Especialistas de Climas Tropicales (ECT) fue el que presentó mayor riqueza con 6 especies, seguido por las Oportunistas (O) con 3 especies y las Myrmicinae Generalista (MG), los restantes grupos funcionales estuvieron representados por un género cada uno (Tabla 1).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Tabla 1: Géneros y especies, Subfamilias y Grupos funcionales de los Formicidae identificados en un pastizal de la Localidad de 9 de Julio, Bs. As. Argentina.

Subfamilia	Géneros y Especies	Grupos Funcionales	Subfamilia	Géneros y Especies	Grupos Funcionales
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex sp.</i>	O	Myrmicinae	<i>Acromyrmex heyeri</i>	ECT
Dolichoderinae	<i>Linepithema sp.</i>	DD	Myrmicinae	<i>Pheidole sp.</i>	MG
Formicinae	<i>Brachymyrmex sp.</i>	ECT	Myrmicinae	<i>Solenopsis sp.</i>	ECT
Formicinae	<i>Camponotus sp.</i>	CS	Myrmicinae	<i>Solenopsis sp2</i>	ECT
Formicinae	<i>Prenolepis sp.</i>	ECF	Myrmicinae	<i>Monomorium sp.</i>	MG
Formicinae	<i>Paratrechina sp.</i>	O	Myrmicinae	<i>Tetramorium sp.</i>	O
Myrmicinae	<i>Acromyrmex fraticornis</i>	ECT	Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex sp.</i>	ECT

O: Oportunistas; DD: Dolichoderinae Dominantes; ECT: Especialistas de Climas Tropicales (ECT); ECF: Especialistas de Climas Fríos; MG: Myrmicinae generalistas.

En el PNP, las especies de formícidos halladas se distribuyeron en 3 grupos funcionales, (ETC, MG, O) con abundancia relativa diferente. Mientras que en el (PP), se hallaron otros 3 grupos funcionales, además de los encontrados en PNP, aunque su abundancia relativa fue baja (DD: 6,57; CS: 0,09; ECF: 0,09). En ambas situaciones el grupo que concentró la mayor riqueza específica fue el de ECT con 5 especies en PNP y 4 en PP (Figura 4).

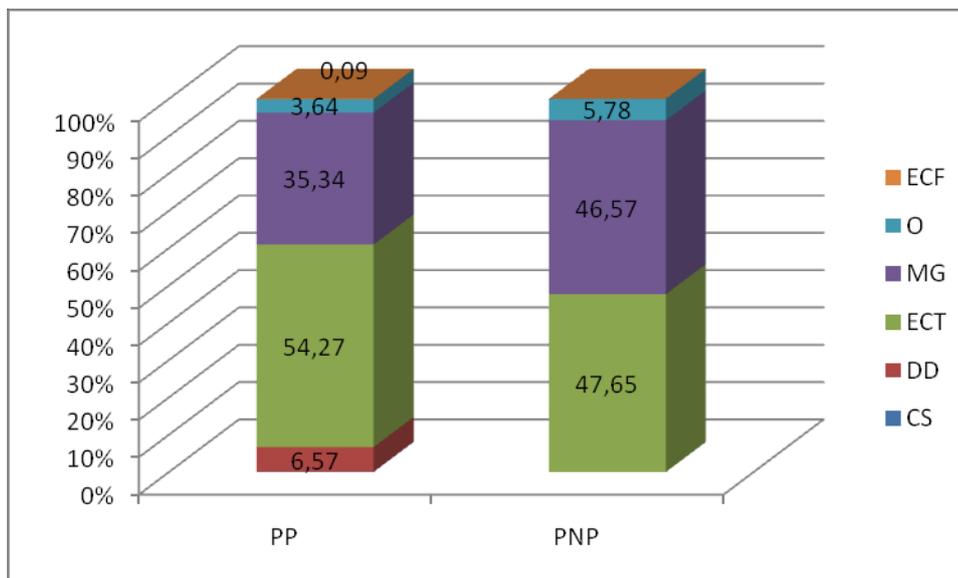


Figura 4.

Distribución de los grupos funcionales identificados en la Pastura Pastoreada (PP) y no Pastoreada (PNP).

La realización de un inventario completo de la biota de la tierra sigue siendo una prioridad para la conservación de la biodiversidad. Uno de los principales desafíos es explorar las regiones más salvajes del mundo, donde los ecosistemas intactos, de alto valor de conservación, siguen siendo desconocidos. De igual manera, debería ser prioritario el estudio de la diversidad de especies, en aquellos ecosistemas modificados por

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

el hombre con fines productivos (Cheli *et al.*, 2010). La pérdida de diversidad de los mismos puede verse agravada por el efecto aditivo del cambio climático.

En regiones áridas los invertebrados son los animales más abundantes. En esos hábitats, los artrópodos juegan un rol importante (principalmente en y sobre el suelo) como descomponedores, herbívoros y predadores, controlando el flujo de energía y los nutrientes a través de los niveles tróficos en la cadena de alimentación (Ayal, 2007). Cheli y colaboradores (2010), quienes realizaron por primera vez un estudio intensivo sobre la diversidad de artrópodos de suelo de la Península Valdéz, de un total de 28.111 individuos capturados durante 2005 a 2007, encontraron que las comunidades de hormigas fueron las más abundantes, siendo la especie dominante *Pheidole bergi* Mayr.

Hasta el presente, son escasos los estudios en la Argentina sobre el efecto de las prácticas agrícolas y de los cambios climáticos sobre la diversidad de insectos y/o de hormigas. Dentro de ellos existen trabajos sobre el efecto del fuego, como agente de disturbio en la Patagonia Argentina. Sasal y colaboradores (2010) evaluaron el efecto del fuego sobre las comunidades de insectos y otros artrópodos. El mismo al eliminar las comunidades vegetales existentes en el lugar, altera la cadena de alimentación, afectando a las comunidades de herbívoros y predadores asociados a las mismas. Esto podría equipararse a los efectos que podría producir un vacuno al pastorear o al efecto de la aplicación de un herbicida.

Estudios realizados en la localidad de Esperanza, Santa Fe por Vittar (2005), en una comunidad de hormigas asociadas a un monte de algarrobos, determinaron en coincidencia con los resultados obtenidos en la localidad de 9 de Julio, que la subfamilia Myrmicinae fue la más abundante (54%) seguida por Formicinae con el 24%. En el mismo identificaron a *Paratrechina silvestrii* como la especie más abundante (52,14%). De acuerdo a nuestros resultados, si bien son ecosistemas totalmente distintos, la subfamilia Myrmicinae alcanzó valores muy elevados de casi el 90%, mientras que Formicinae sólo tuvo una representación del 0,72 %, estos registros determinaron de manera marcada el grupo funcional dominante.

Otros estudios realizados en pasturas implantadas y naturales, en la localidad de Saladillo, Provincia de Buenos Aires (Catalano, 2010), encontraron de manera similar, que la subfamilia dominante fue Myrmicinae (92,49 %) seguida de Formicinae (1,20 %). En dicho trabajo se identificaron 15 géneros y 17 especies/morfoespecies con un H' que osciló entre 0,90 y 0,23. Estos valores son considerados muy bajos, teniendo en cuenta que el índice de diversidad de Shannon oscila entre 1 y 3,5 en hábitats muy disturbados y en equilibrio respectivamente (Alonso y Agosti, 2000). En el presente trabajo, los valores de diversidad fueron muy superiores a pesar que se identificaron un menor número de géneros (12) 2 especies y 2 morfoespecies. Esto podría atribuirse a que en el cálculo de H' intervienen la riqueza y la abundancia, que se evidencia en los valores obtenidos de la especie dominante *Solenopsis sp* con un 51,69% en 9 de Julio versus una dominancia de la misma especie, que osciló entre un 95,7 a un 73,1% en Saladillo. Es decir, en la última localidad, la dominancia fue más marcada, encontrándose vestigios en la abundancia los otros 14 géneros, mientras que en 9 de Julio el resto de los géneros (11) estuvieron más uniformemente repartidos aumentando el valor de H'.

Según el estudio de Vittar (2005) en Santa Fe, el índice de diversidad de Shannon (H') fue de 2,22, valor levemente inferior al obtenido en el presente estudio ya que el H' general fue de 2,33.

La diversidad general de la comunidad estudiada en este trabajo (H'= 2,33) podría considerarse alta si se la compara nuevamente con la diversidad obtenida por Catalano (H'= 0,90) en una pastura implantada con pastoreos rotativos y una carga animal adecuada, vs. el H' = 0,20 en una pastura natural en la cual se realizó un pastoreo excesivo y prolongado. Estos resultados concuerdan con la idea ampliamente aceptada que disturbios moderados incrementan la diversidad biótica de una comunidad (Connell, 1978; Huston, 1994). La modificación de un hábitat, como consecuencia de las modificaciones de origen natural y/o antrópico puede producir grandes efectos en la estructura y composición de la comunidad de hormigas. Las perturbaciones moderadas producen un mosaico de hábitats. Si estas perturbaciones están desfasadas (es decir que no se dan simultáneamente), la comunidad resultante comprende un mosaico de manchas en etapas distintas de sucesión (Begon *et al.*, 1995).

Los microhábitats, producidos por disturbios intermedios, poseen diferentes condiciones de temperatura, cobertura del suelo y complejidad estructural que aumentaría la cantidad y disponibilidad de sustrato para la nidificación y forrajeo de las hormigas (Wilson, 1987; Andersen, 1990). Esta heterogeneidad en el ambiente permite que especies con diferentes requerimientos nutricionales y climáticos habiten allí.

Según estudios realizados por Tadey & Farji-Brener (2007) el ganado produce un impacto directo al utilizar las plantas como alimento e indirecto sobre el ciclo de los nutrientes que podría afectar la riqueza y abundancia de especies en dichos sistemas, los cuales presentaron los menores valores de H'.

La predominancia de especies invasoras como *Solenopsis sp* y *Pheidole sp.*, podría atribuirse a las fuentes de alimento que explotan en los mismos, ya que todas las especies invasoras son omnívoras. Existen nu-

merosos estudios que enfatizan la importancia de los tejidos animales como fuente proteica en su dieta. Sin embargo obtienen energía a través los carbohidratos que obtienen del exudado de plantas y/o el melado de pulgones (Hemíptera: Aphididae), como así también de algunas semillas. Además pueden producir daños en cultivos agrícolas y presumiblemente, al colectar el floema que fluye de las plantas dañadas durante el forrajeo (Helms & Vinson, 2008). Estos autores encontraron que existe una asociación positiva entre la graminea invasora *C. dactylon* y *S. invicta*, dado que en los hábitats donde se encuentran ambas, se observaron las mayores tasas de crecimiento de las colonias de la hormiga invasora. Esta asociación se observó en el presente estudio.

En Argentina son escasos los estudios referidos al diagnóstico del impacto ambiental por la actividad antrópica a través de los grupos funcionales de hormigas. Trabajos realizados en un monte de Algarrobos de la zona centro de la Provincia de Santa Fe, determinaron la existencia de seis grupos funcionales, entre los cuales el grupo de las Oportunistas fue el que presentó el mayor número de individuos, seguida por las Especialistas de Climas Tropicales. Los restantes cuatro grupos funcionales presentaron abundancias relativas iguales o menores al 15% (Vittar, 2005). En este trabajo, el grupo más abundante fue el de las Especialistas de Climas Tropicales (54,12%), seguidas de las Myrmicine Generalistas (35,82%), mientras que las Oportunistas solo estuvieron representadas en un 3,75%.

Estudios recientes realizados por Calcaterra (2010), en la Reserva Natural del Iberá, en los cuales se evaluó el efecto del pastoreo sobre la diversidad de hormigas, arribaron a resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, ya que en los sistemas pastoreados se incrementó el número de grupos funcionales en relación a los no pastoreados. De manera similar, la subfamilia dominante fue Myrmicinae.

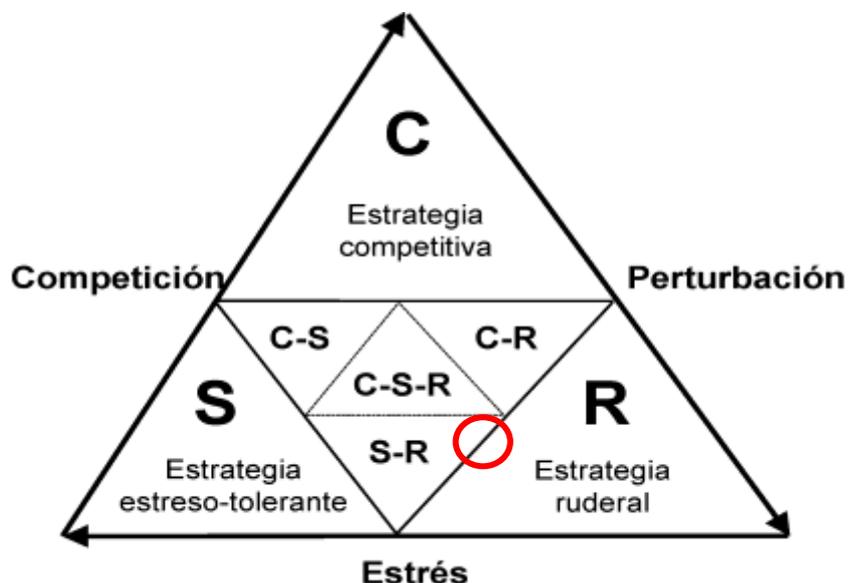
En el PP de la Localidad de 9 de Julio, la aparición en baja frecuencia, de los grupos funcionales de las Dolichoderinae Dominantes y Camponotini Subordinadas, podría atribuirse a el efecto del pastoreo, el cual genera microhábitats abiertos con poca vegetación a nivel del suelo, que beneficia a dichos grupos. Con respecto al grupo funcional de las Oportunistas, que incluye especies de baja competitividad, si bien estuvo presente con bajo número de especies en ambas situaciones, PNP y PP (Tabla 1), su presencia se encuentra asociada a ambientes con altos niveles de disturbio por lo tanto su incremento a futuro, podría asociarse a malas prácticas de manejo del rodeo y/o al impacto ambiental.

En el presente trabajo, la comunidad de hormigas se caracterizó por una notable abundancia de los Especialistas de Climas Tropicales (54,12 % del total de individuos) seguidas por las Myrmicinae Generalistas (35,82 %) y las Dolichoderinae Dominantes (6,13 %). Considerando esto, y de acuerdo al modelo de *ordenación triangular de conceptos* (Figura 5), la comunidad estudiada estaría en un nivel intermedio entre comunidades típicamente resistentes y típicamente tolerantes al estrés. Teniendo en cuenta, además, que los Dolichoderinae Dominantes aportaron muy pocos individuos a la abundancia total (6,13 %), podría decirse que la competencia no sería un factor determinante de la estructura de esta comunidad.

Así, se podría concluir que el ambiente ocupado por la misma se encuentra bajo condiciones de estrés intermedio y disturbio moderadamente alto (Figura 5). El hecho de que los Myrmicinae Generalistas hayan sido relativamente abundantes corroboraría esta idea, ya que este grupo tiende a predominar en ambientes de estas características.

Figura 5.

Clasificación de las comunidades vegetales en relación al estrés y la perturbación, siguiendo la nomenclatura de Grime (1974, 1979). Modificado a partir de Andersen (2000) para comunidades mirmecológicas. El círculo rojo indica el estado de la comunidad estudiada: estrés intermedio y disturbio moderadamente alto.



CONCLUSIONES

La comunidad de hormigas asociada al pastizal natural de la Localidad de 9 de Julio, se caracteriza de la subfamilia Myrmicinae, con una sola especie dominante (*Solenopsis* sp.) y por la predominancia del grupo de las Especialistas de Climas Tropicales. Por tal motivo se infiere que dicho ambiente se encuentra en un estado de disturbio moderadamente alto y un estrés moderado. Todas estas características de la comunidad podrían explicarse por la influencia que tiene, a nivel de microhábitat, las perturbaciones moderadas producidas por el pastoreo.

El seguimiento de las comunidades presente podrá ofrecer información de su evolución, y evaluar las causas que originan las perturbaciones y el estrés, y así poder inferir si se deben a factores antrópicos por un mal manejo, a variaciones del clima como el efecto "Niña" o "Niño" y/o al efecto del cambio climático.

Al comparar los índices de diversidad con los grupos funcionales, en la PP el índice fue menor pero se encontraron mayor cantidad de grupos funcionales, por lo tanto la utilización de los primeros estarían reflejando la realidad parcialmente. Se concluye que la utilización de los grupos funcionales de hormigas ofrece mayor información, referida al estado en que se encuentra un agroecosistema o un ecosistema natural y podría constituir una herramienta que permita evaluar los efectos de los factores que los afectan, dentro de los cuales se encuentra el cambio climático global.

El presente trabajo constituye el primer aporte al conocimiento de la mirmecofauna de un predio productivo de la Localidad de 9 de Julio, evidenciando la necesidad de implementar nuevos estudios que permitan describir mejor la composición y estructura de la comunidad de hormigas.

En particular, se destaca la importancia de emprender investigaciones cuyo objetivo sea el estudio de la ecología de las especies de hormigas y de este modo, lograr un conocimiento más amplio de esta comunidad. El diseño metodológico evaluado puede ser propuesto para muestreos en los otros ambientes de la región, que permitan describir la respuesta de la comunidad a los cambios ambientales evaluando así la utilización de las hormigas como bioindicadores del estado de conservación de los distintos ambientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Agosti, D. 2000. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Donat Agosti, Jonathan D. Majer, Leeanne E. Alonso Colaborador Edward Osborne Wilson (Eds) Smithsonian Institution Press Whashington & London. 269 pp.
- Agosti D & Johnson N. 2003. La nueva taxonomía de hormigas. In Fernández F. (ed.). *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI + 398 p. Cap. 2. p.45-47.
- Andersen, A. N. 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia* 16: 347-357
- Andersen, A.N. 1991. Parallels between ants and plants: implications for community ecology. En: C.R. Huxley and D.C. Cutler, (eds). *Ant-plant interactions*. Oxford University Press, Oxford, England, pp. 539-558.
- Andersen, A. N. 1995. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography*. 22:15-29.
- Andersen A. N. 1997. Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia. *Journal of Biogeography* 24: 433-460.
- Andersen, A. N. 2000. A Global Ecology of Rainforest Ants: Functional Groups in Relation to Environmental Stress and Disturbance. Chapter 3. In: Agosti D, Majer JD, Alonso L, Schultz R. (eds) *Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp 25-34
- Angulo, E.; Boulay R.;Rodrigo A.; Retana J. & Cerdá X. 2006. Efecto de una especie invasora, *Linepithema humile*, la hormiga Argentina de Doñana (Huelva): descripción de las interacciones con las hormigas nativas. *Proyectos de investigación en parques naturales*.
- Ayal, Y. 2007. Trophic structure and the role of predation in shaping hot desert communities. *Journal of Arid Environments* 68: 171-187
- Ballari, S. A. & Farji-Brener, A. G. 2006. Refuse dumps of leaf-cutting ants as a deterrent for ant herbivory: does refuse age matter. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 121: 215-219.
- Begon M., J. Harper & C. Townsend. 1995. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega S.A. Barcelona. 544 pp.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Bolton B. 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Harvard University press. Cambridge, Massachusetts. 222 p.
- Borgmeier, T. 1959. Revision der Gattung *Atta Fabricius*. *Studia Entomologica*. 2: 321-390.
- Brener, F. 1992. Modificaciones al suelo realizada por hormigas cortadoras de hojas (*Formicidae, Attini*): Una revisión de sus efectos sobre la vegetación. *Ecología Austral*. 2: 87-94.
- Brown, K. Jr. 1989. The conservation of neotropical environments. Insects as indicators. En: The conservation of insects and their habitats. N. M. Collins & J. A. Thomas (Eds). 15th Symposium of Royal Entomological Society of London. Academic Press. Hartcourt Brace Jovanovich Pbs. pp 753-1680.
- Calcaterra L.A. Distribución y abundancia de la hormiga colorada *Solenopsis invicta* en Argentina: sus interacciones con hormigas competidoras y moscas parasitoides (*Pseudacteon* spp.). Tesis doctoral. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Catalano, Pablo. 2010. Monitoreo de los formicidos presentes en un predio agrícola ganadero de la localidad de Saladillo. Determinación de las especies dominantes y su impacto económico. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Informe de trabajo final.
- Cheli, G.H., J. C. Corley, O. Bruzzone, M. del Brío, F. Martínez, N. Martínez Román, & I. Ríos. 2010. The ground-dwelling arthropod community of Península Valdés in Patagonia, Argentina. *Journal of Insect Science* 10 (50):2-16.
- Connel, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Chamorro, C. & Soto L. 1986. Cambios en la comunidad mirmecofaunística en suelos de Vichada afectados por las quemadas. *Acta Biológica Colombiana*. 1(3): 45-67.
- Cuezco F. 1998. Formicidae. En: Morrone JJ y S Coscaroón (eds.), *Diversidad de Artrópodos Argentinos*. Ediciones Sur. La Plata. Argentina. pp: 452-462.
- Faccioli, V.; Cáceres M.; Panozzo L & Vittar F. 2010. Primeros aportes al conocimiento de la mirmecofauna del parque escolar rural Enrique Berduc, Entre Ríos. *Biologica* 12:17-24.
- Fernández F.; Palacios E.; Mackay W. P. & Mackay E. 1996. Introducción al estudio de las Hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*) de Colombia, En: Andrade *et al.* (eds.) *Insectos de Colombia: Estudios escogidos*. pp: 349-412.
- Fernández, F. 2003. Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fernández, F (ed). Bogotá, Colombia. 398 pp.
- Folgarait, 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7, 1221-1244.
- Grime J. P. 1974. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature* 250:26-31
- Grime J. P. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. John Wiley and Sons, Chichester, UK
- Grime J.P.; Thompson K. & Hunt R. 1997. Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants. *Oikos*. 79: 259-281.
- Ground-Foraging Ant Communities in The Argentine Chaco. *Ecological Applications*. (6) 4: 1225-1240.
- Helms, K. & Vinson B. 2008. "Plant resources and colony growth in an invasive ant: the importance of honeydew-producing Hemiptera in carbohydrate transfer across trophic levels", *Environ. entomol.* 37(2): 487-493.
- Hölldobler, B. & Wilson E. O. 1990. *The Ants*. Cambridge. Harvard University Press. 732p.
- Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Katzenberg, A. and Maskell, K. eds., (1996), *Climate Change 1995: the Science of Climate Change*. Contribution to Working Group 1 to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, 572 pp.
- Huston, M. A. 1994. *Biological Diversity: the coexistence of species on changing landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 2007. *Climate change: the physical science basis – summary for del IPCC sobre el Cambio Climático, Cuarta Evaluación*. Ginebra, Suiza.
- Kremen, C. 1994. Biological inventory using target taxa: a case study of the butterflies of Madagascar. *Ecological applications: Ecological Society of America* 4(3): 407-422.
- Kusnezov, N. 1978. Hormigas argentinas. Clave para su identificación. (Editada por R. Golbach). Fundación Miguel Lillo. Ministerio de Cultura y Educación (61): 35-139

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Magrin C. y Travasaro M. 2009. El Cambio Climático en Argentina Secretaría de Ambiente y recursos naturales de la nación. Presidencia de la Nación. 90 p. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/09ccargentina.pdf>
- Majer, J. 1983. Ants: bioindicators of mine-site rehabilitation, land use and land conservation. *Environmental Management*. 7(4): 375-383.
- Parmesan C. 2006 Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2006. 37:637-69.
- Read, J. 1996. Use of ants to monitor environmental impacts of salt spray from a mine in Arid Australia. *Biodiversity and Conservation*. 5: 1533-1543.
- Ricci, M., Benítez D.; Padín D. & Maceiras A. 2005. Hormigas Argentinas: Comportamiento, Distribución y Control. http://www.agro.unlp.edu.ar/documentos/extension/publicaciones_tecnicas/Informe%20Hormigas%202005.p
- Vittar F. y Cuezzo F. 2008. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la provincia de Santa Fe, Argentina. *Rev. Soc. Entomolol. Argent.* 67(1-2):175-178.
- Vittar, F. 2005. Diversidad, distribución y estructura de la comunidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en el monte de algarrobos de la Reserva de la Escuela Granja de Esperanza, Santa Fe, Argentina. Tesina Final. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Humanidades y Ciencias. Licenciatura en Biodiversidad. 55 pp.
- Vargas A. R. 2007. Cambio climático, agua y agricultura. COMUNIICA Edición N° 1, II Etapa, enero-abril, 2007
- Wisdom W. & Whitford W. G.. 1981. Effects of vegetation change on ant communities of arid rangelands. *Environmental Entomology*. 10: 893-897.