

TRABAJO CIENTÍFICO

Alternativas para el control de *Acromyrmex striatus* Roger en una plantación de *Prosopis alba* (Griseb) en el departamento Capital de Santiago del Estero, Argentina

Alternatives for control of Acromyrmex striatus Roger in a Prosopis alba (Griseb) plantation in Capital department of Santiago del Estero, Argentina

Fuster, A¹; C. Coronel¹; M. Navarro¹ y L. Diodato¹

Recibido en febrero de 2020; aceptado en abril de 2021

RESUMEN

En las últimas décadas, en la provincia de Santiago del Estero, Argentina, se están impulsando las forestaciones con *Prosopis alba* Griseb. Para lograr el buen desarrollo de las mismas, es clave indagar sobre la presencia de insectos perjudiciales. Al respecto, muy poco se conoce sobre el impacto de las hormigas cortadoras de hojas y métodos de control en plantaciones de *P. alba*. Por tales razones, en el presente trabajo se propone: 1) identificar la especie de hormigas cortadoras de hojas más frecuente en una plantación de *P. alba*; 2) caracterizar los nidos; 3) aplicar hongos entomopatógenos y antagonistas para el control y 4) evaluar insecticidas químicos. Para ello se realizaron 4 muestreos con trampas de caída, en nidos de hormigas cortadoras de hojas seleccionados según su distribución y por su apariencia superficial, en una plantación de *P. alba* en el departamento Capital de Santiago del Estero. Se capturaron 18.650 hormigas, las cuales fueron identificadas como *Acromyrmex striatus* Roger. Los nidos se caracterizaron por presentar un área circular libre de vegetación de aproximadamente de 2,80 m², destacándose la ausencia de un domo de tierra. Entre las alternativas de control utilizadas, el insecticida químico tuvo una efectividad del 100 %. Mientras que el comportamiento de *A. striatus*, de elevar la temperatura en el interior del nido evitó el desarrollo de los entomopatógenos empleados, por lo que estos no serían adecuados para esta especie de hormiga. Por ello, para llegar a una conclusión sobre la efectividad de los hongos utilizados, se debe continuar realizando trabajos de investigación dirigidos hacia las relaciones ecológicas entre hormigas y entomopatógenos.

Palabras clave: Hormigas cortadoras de hojas, caracterización de nidos, hongos entomopatógenos, hongos antagonistas, sulfluramida.

ABSTRACT

Afforestation using *Prosopis alba* Griseb has been promoted in the province of Santiago del Estero, Argentina, since the last decades. The presence of harmful insects should be investigated for them to achieve their proper development. In this regard, very little it is known about the impact that leaf cutter ants and control methods have upon *P. alba* plantations. Thus, the present work aims to: 1) identify the most frequent species of leaf cutter ants in a *P. alba* plantation; 2) characterize their nests; 3) apply entomopathogenic fungi and antagonists for control and 4) evaluate chemical insecticides. To do so, 4 samples of leaf cutter ants were collected with pitfall traps from nests selected according to their distribution and their surface appearance in a plantation of *P. alba* in the Capital department of Santiago del Estero. 18,650 ants were captured and identified as belonging to the *Acromyrmex striatus* Roger species. The nests characterized by presenting a circular area of approximately 2.80 m² in diameter, free of vegetation, highlighting the absence of a land dome. Among the various control alternatives tested, the chemical insecticide was 100 % effective. As to the behavior of *A. striatus*, raising the temperature inside the nest prevented the entomopathogens used from developing, so they would not be suitable for this ant species. Thus, to draw a conclusion on the effectiveness of the fungi used, further research on the ecological relationships between ants and entomopathogens should be carried out

Key words: *Acromyrmex striatus*, characterization of nests, entomopathogenic fungi, antagonistic fungi, sulfluramid

¹ Instituto de Protección Vegetal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: fusterandrea9@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, en la provincia de Santiago del Estero, se están impulsando las forestaciones con *Prosopis alba* Griseb. (Fabaceae, Mimosoideae); árbol que ocupa una posición dominante en la vegetación leñosa nativa de zonas áridas y semiáridas de América por sus características ecofisiológicas (Fagg y Stewart, 1994; Villagra, 2000). Además, posee una madera muy valorada por sus propiedades físico-mecánicas (Martínez *et al.*, 2017) y sus frutos son utilizados como alimento humano y como forraje para animales (Fagg y Stewart, 1994; Ewens y Felker, 2010; Sciammaro *et al.*, 2015).

Actualmente se está avanzando en investigaciones para lograr un manejo sustentable de las plantaciones de *P. alba*. En la bibliografía se destacan estudios sobre crecimiento; densidad de plantación; tratamientos de poda, técnicas de raleo, productividad y costos (Juárez de Galíndez *et al.*, 2005; 2008; Coronel de Renolfi *et al.*, 2014; Kees *et al.*, 2018, entre otros). Asimismo, conocer sobre el estado sanitario y en particular sobre la presencia de insectos perjudiciales es clave para el buen desarrollo de las plantaciones. Sobre este tema en la literatura se citan estudios referidos a insectos que ocasionan daños a *P. alba* en su hábitat natural (Fiorentino y Diodato de Medina, 1991; Fiorentino *et al.*, 1995) y en etapa de vivero (Diodato y Carabajal de Belluomini, 2006; Carabajal de Belluomini y Fiorentino, 2006; Carabajal de Belluomini, 2009) donde la presencia de insectos fitófagos produce mayores daños.

En la mayoría de las plantaciones forestales de América se describen graves daños producidos por hormigas cortadoras de hojas (HCH) (Braga *et al.*, 2010; Zanetti *et al.*, 2014; Zanuncio *et al.*, 2016; Lemes *et al.*, 2016). Sin embargo, existen escasos antecedentes sobre las especies, ecología, comportamiento, impacto y métodos de control de las HCH en plantaciones de *P. alba* de la provincia de Santiago del Estero.

El control de las HCH puede realizarse aplicando distintos métodos mecánicos, físicos, biológicos, culturales y químicos (Boaretto y Forti, 1997). Este último es el más utilizado a pesar de sus desventajas ambientales y económicas que lo convierten en un método poco viable para el control de estos insectos (Córdoba, 2010), por lo que es imprescindible la búsqueda de otras alternativas (Montoya-Lerma *et al.*, 2012).

Una alternativa biológica para el control de HCH es la utilización de hongos entomopatógenos. Estos son organismos que tienen un importante valor ecológico, por ser reguladores de poblaciones de insectos, formando parte de una opción viable para la elaboración de bioplaguicidas (Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011). Entre las principales especies habitualmente utilizadas como agentes de control biológico se encuentra *Beauveria bassiana* (Cañedo y Ames, 2004). En la bibliografía se citan varios estudios sobre el control de HCH con esta especie arrojando resultados promisorios (Escobar *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2007; Castro y Martínez, 2008).

Otra alternativa para el control biológico de HCH es el uso de cepas de hongos antagonistas (Ortiz y Orduz, 2001). Este método consiste en inducir la colonización y destrucción de los jardines del hongo simbionte, del cual se alimentan las hormigas, a través de la aplicación de una cepa antagonista (López y Orduz, 2003). Tal es el caso de *Aspergillus sp.*, y *Penicillium sp.*, que son hongos de amplia distribución en la naturaleza y que han demostrado resultados aceptables (Serratos-Tejeda *et al.*, 2017).

Desde una perspectiva más artesanal, los productores agroecológicos de Centroamérica utilizan el “moho verde” de la naranja para controlar a las HCH. Se trata de un conjunto de cepas, conocido como “moho verde”, que está formado principalmente por *Penicillium spp.* (Ochoa *et al.*, 2007) que actuaría como antagonista del hongo cultivado por las HCH (Serratos-Tejeda *et al.*, 2017).

Su forma de aplicación es variable y centrada en su traslado al interior del nido por parte de las hormigas (dispersión del moho sobre los caminos y entradas al nido, aspersión de soluciones

acuosas, cebos tóxicos como por ejemplo los granos de arroz que son ampliamente utilizados, entre otros) (Dávila-Pino, 2018).

Por los antecedentes planteados, en el presente trabajo se propone: 1) identificar la especie de hormigas cortadoras de hojas más frecuente en una plantación de *P. alba*, del departamento Capital de Santiago del Estero; 2) caracterizar los nidos; 3) aplicar hongos entomopatógenos y antagonistas para el control y 4) evaluar insecticidas químicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una plantación experimental de *Prosopis alba* ubicada en la localidad de San Martín, departamento Capital, Santiago del Estero (27° 56' 46.9" S 64° 13' 17.4" N). La plantación fue establecida en el año 2008, en una superficie de 6 ha y nunca se realizó ningún tipo de manejo para el control de HCH.

En primera instancia se recorrió la plantación en su totalidad registrando nidos activos de HCH. Luego se seleccionaron al azar 18 nidos de apariencia semejante, considerando tamaño, número de orificios de entrada, forma del montículo de tierra y con actividad de forrajeo.

En cada nido seleccionado se realizó una descripción de la superficie del mismo detallando el tamaño, para lo cual se midieron el eje más largo y el más ancho para luego obtener la superficie de los mismos. Se contó la cantidad de orificios de entrada y se observó la presencia/ausencia de vegetación sobre el área del nido.

La intensidad de la actividad de forrajeo de los nidos seleccionados se determinó mediante un muestreo (Muestreo 0). Para ello, se utilizaron 5 trampas de caída ubicadas alrededor del nido a un metro de distancia del orificio de entrada principal. Las trampas fueron cebadas con cáscara de naranja para asegurar la captura de HCH (Bestelmeyer *et al.*, 2000; Anglada *et al.*, 2013) y estuvieron activas por 24 h por dos días consecutivos. La muestra corresponde a la suma de las cinco trampas y la variable a considerar es el número de individuos capturados por día. Los individuos capturados fueron identificados a nivel específico mediante la utilización de claves taxonómicas (Kusnezov, 1956; 1978; Mackay y Mackay, 2002; Fernández, 2003). Finalmente, la superficie, número de orificios de entrada de cada nido y la cantidad de individuos capturados fueron correlacionados mediante el coeficiente de Sperman, con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

Para los ensayos de control químico y biológicos con hongos entomopatógenos y antagonistas respectivamente, se agruparon los nidos seleccionados en tres grupos de seis nidos cada uno de acuerdo a su proximidad (50 m a 100 m entre nidos del mismo grupo y 300 m a 400 m entre nidos de grupos distintos), de manera de garantizar la introducción al nido del correspondiente agente de control.

El primer tratamiento consistió en la aplicación de un insecticida formulado como cebo granulado, cuyo principio activo es sulfloramida (N-etil perfluorooctano- sulfonamida) al 0,3 %. La dosis de aplicación fue de 10 g del producto por metro cuadrado de tierra removida del hormiguero.

El segundo tratamiento consistió en la aplicación de un control biológico mediante granos de arroz contaminados con una cepa comercial *B. bassiana*. Para ello, 250 g de arroz fueron impregnados con 200 ml de la solución comercial, que contiene los conidios del hongo. La dosis de aplicación de este preparado fue de 10 g de granos de arroz por metro cuadrado de tierra removida del hormiguero.

En el tercer tratamiento se aplicó un cebo artesanal formado por granos de arroz contaminados con "moho verde". Éste fue obtenido mediante la pudrición de un kilogramo de cáscaras de

naranjas, una vez que se observó la presencia del moho se mezclaron con un kilogramo de arroz, luego se separaron los granos y se aplicó con una dosis igual al de los tratamientos anteriores.

Para evaluar la eficiencia de los métodos de control aplicados se realizaron tres muestreos, con la misma metodología que se detalló anteriormente para el muestreo 0. Los muestreos se realizaron a los 10 días (Muestreo 1), a los 30 días (Muestreo 2) y a los 60 días (Muestreo 3) de las aplicaciones

Todos los datos obtenidos en los cuatro muestreos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis debido a que no se pudo verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad. Para ello se utilizó el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de la especie y caracterización de los nidos

Se capturaron en total 18.650 hormigas, las cuales fueron identificadas como *Acromyrmex striatus* Roger (Myrmicinae: Attini). *A. striatus*. Es endémica de América del Sur y, en Argentina, habita en regiones áridas y semiáridas entre las provincias de Jujuy y Rio Negro (Kusnezov, 1956; Bonetto, 1959, Farji-Brener y Ruggiero, 1994, Delabie *et al.*, 2011, Simões-Gomes *et al.*, 2016), por lo que se infiere que es natural su presencia en el sitio de estudio.

Los 18 nidos seleccionados se caracterizaron por presentar un área circular libre de vegetación de aproximadamente de 2,80 m² donde se encuentran 1 a 2 orificios de entrada (tabla 1). Se destaca en estos nidos la ausencia de un domo de tierra o un montículo de material vegetal seco, como es frecuente en la mayoría de HCH del género *Acromyrmex* (Farji-Brener, 2000; Farji-Brener y Sasal, 2003). Algunas especies de hormigas clarean la vegetación que crece sobre y alrededor del nido, con el fin de modificar características físicas circundantes como mayor disponibilidad de luz y de temperatura (Meyer *et al.*, 2011). Los individuos de *A. striatus* tienen preferencia por temperaturas superiores a los 25 °C. Esto explica la estructura superficial y el comportamiento de limpieza de la superficie de los nidos. Estas hormigas eliminan toda la vegetación sobre la superficie de las cámaras de cultivo de hongos con el objetivo que los rayos del sol impacten directamente sobre el nido y así la temperatura del suelo alcance valores elevados (Gonçalves, 1961; Nobua-Behrmann, 2014).

En el muestreo 0 se capturaron en promedio de 75,06 y 33,11 individuos por nido en los dos días respectivamente, observándose diferencias significativas entre los valores ($H = 4,10$; $P = 0,042$). No se detectaron diferencias significativas en la cantidad de hormigas capturadas entre los 18 nidos ($H = 9,39$; $P = 0,09$). El tamaño de los nidos y la cantidad de orificios de entrada no evidenciaron una correlación con la cantidad de individuos capturados ($\rho = 0,20$; $p = 0,25$ y $\rho = 0,10$; $p = 0,54$ respectivamente).

Tabla 1. Tamaño y cantidad de orificios de entrada de los nidos de *Acromyrmex striatus* estudiados, en la plantación de *Prosopis alba* en el departamento Capital de Santiago del Estero, y cantidad de producto aplicado en los distintos métodos de control.

| Métodos de control | Nido | Superficie (m ²) | Nº orificios de entrada | Aplicación (g) |
|---|------|------------------------------|-------------------------|----------------|
| Control Químico (Sulfloramida) | 1 | 2,50 | 1 | 25 |
| | 2 | 1,96 | 1 | 19,6 |
| | 3 | 4,32 | 2 | 43,2 |
| | 4 | 1,44 | 1 | 14,4 |
| | 5 | 1,98 | 1 | 19,8 |
| | 6 | 5,25 | 2 | 52,5 |
| Control Biológico (<i>Beauveria bassiana</i>) | 1 | 3,99 | 1 | 40 |
| | 2 | 5,7 | 2 | 57 |
| | 3 | 4,08 | 2 | 40,8 |
| | 4 | 1,82 | 1 | 18,2 |
| | 5 | 1,96 | 1 | 19,55 |
| | 6 | 1,95 | 1 | 19,5 |
| Control Biológico artesanal (Moho verde) | 1 | 2,08 | 1 | 20,8 |
| | 2 | 3,42 | 2 | 34,2 |
| | 3 | 1,21 | 1 | 12,1 |
| | 4 | 1,43 | 1 | 14,3 |
| | 5 | 1 | 1 | 10 |
| | 6 | 4,24 | 1 | 42,4 |

Efectividad de los tratamientos aplicados

Según los valores observados en la tabla 2, existen diferencias significativas en la cantidad de individuos de *A. striatus* capturados en los muestreos realizados antes y después de la aplicación de los tratamientos.

La actividad de los seis nidos, donde se aplicó el control químico (Sulfloramida al 0,3 %), cesó de tal forma que en los últimos muestreos no se capturaron individuos de *A. striatus* (Tabla 2). Entre los métodos químicos de mayor efectividad se encuentra el empleado en este estudio, ya que las hormigas lo transportan fácilmente hacia el interior del hormiguero por la acción de un atrayente. El cebo utilizado contiene un ingrediente activo biodegradable en poco tiempo, conocido como Sulfloramida (Vergara, 2005), el cual resultó muy efectivo al eliminar el 100% de los nidos tratados, al poco tiempo de su aplicación. La dosis de aplicación de Sulfloramida está basada en la superficie que ocupa cada nido (Zanuncio *et al.*, 2000). En este sentido, la dosis aplicada alcanzó resultados satisfactorios por lo que puede ser recomendada su administración en este tipo de plantaciones forestales. Sin embargo, el uso de Sulfloramida se encuentra cuestionado (Nuñez-Crespo y Olmedo, 2013), como consecuencia de que no es un insecticida específico y pueden causar efectos tóxicos indeseables para especies no objetivo, además, pueden contaminar el suelo y el agua.

Los cebos a base de arroz son sumamente atractivos para las HCH (Anglada *et al.*, 2013), lo que originó conductas de aceptación hacia los dos métodos alternativos realizados. De esta forma *B. bassiana* y el “moho verde” fueron aceptados y cargados al interior de los nidos en su totalidad.

En el tratamiento con *B. bassiana* se observa que en el muestreo 1, luego de la aplicación, el número de individuos capturados aumentó con respecto al muestreo 0 y en los siguientes fue disminuyendo. Se observa que la menor cantidad de individuos se registra en el muestreo 0 y la mayor en el muestreo 1. Todos los valores obtenidos presentan diferencias significativas (Tabla 2). En los nidos donde se aplicó los granos de arroz contaminados con el “moho verde”, al igual que en el anterior, la cantidad de individuos capturados fue menor en el muestreo 0 y la mayor cantidad se obtuvo en el muestreo 1, sin embargo, entre los muestreos 1, 2 y 3 no se evidencian diferencias (Tabla 2).

Los datos obtenidos arrojan resultados no definitivos, lo que podría atribuirse a factores bióticos (susceptibilidad del hospedero, relación con los hospederos, presencia de medios de propagación, dispersión y persistencia de los hongos) y abióticos (rayos ultravioleta, temperatura y humedad relativa) que juegan un rol clave para que se produzca con éxito la manifestación epizootica de los hongos utilizados (Hajek, 1997). Por ejemplo, varios autores demostraron que los rangos de temperatura para el crecimiento óptimo *B. bassiana* son de 15 a 25 °C (Doberski, 1981; Hallsworth y Magan, 1999). Por lo que probablemente *B. bassiana* no pudo desarrollarse en el interior de los nidos, por el comportamiento de *A. striatus* que eleva la temperatura dentro de los mismos, como se explicó anteriormente (ubicación, estructura exterior y limpieza de la superficie de los nidos), los que serían mecanismos de defensa efectivos contra entomopatógenos.

Por otro lado, algunos autores refieren a que la forma de aplicación de los hongos entomopatógenos es decisiva para lograr el control efectivo de HCH. Por ejemplo, Castro y Martínez (2008) observaron mayor probabilidad de éxito diluyendo los hongos con agua y aplicándolos directamente dentro de los nidos y en los caminos. Escobar y colaboradores (2002), probaron que la aplicación de cepas comerciales de *B. bassiana*, en forma de cebos preparados con avena y jugo de naranja, no afecta la actividad de forrajeo de las HCH. Estos autores atribuyen este resultado a la composición de los cebos fabricados para la comercialización de los productos biológicos, sumado a las condiciones ambientales del sitio, por lo que recomiendan identificar cepas nativas que garanticen una mayor eficacia.

La utilización del “moho verde” es una práctica artesanal y no se registran estudios científicos que corroboren o no su efectividad. Así también, existen pocos estudios referidos a la acción antagónica de *Penicillium*, hongo constituyente del “moho verde”, sobre las cepas del simbiote de las HCH. Serratos-Tejeda y otros (2017), son unos de los pocos autores que sugieren que este hongo es una alternativa agroecología para el control de las HCH. Sin embargo, estos autores afirman que la mayor efectividad de *Penicillium* se produce cuando se encuentra combinado con otros hongos antagonistas o con productos químicos.

En general, las HCH presentan comportamientos especializados de limpieza para eliminar agentes patógenos que puedan significar un riesgo para la colonia (Giraldo-Echeverri, 2009); junto a estrategias evolutivas que involucran a un tercer componente biológico dentro de la relación simbiótica, estas son bacterias que producen agentes antifúngicos que inhiben la germinación de los conidios del hongos (Currie, 2001; Currie *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2004), que también podrían haber originado los resultados observados.

Tabla 2. Promedio de individuos de *A. striatus* capturados en los muestreos realizados en la plantación de *Prosopis alba*, en la localidad San Martín, departamento Capital de Santiago del Estero. (D.E. = desviación estándar; prueba de Kruskal-Wallis, letras distintas (a, b y c) significan diferencias significativas $P < 0,05$).

| Métodos de control | Muestreos | Medias | D.E | H | P |
|--|-----------|------------|--------|-------|--------|
| Control Químico (Sulfloramida) | 0 | 32,08(b) | 29,88 | 27,41 | 0,0001 |
| | 1 | 1,25(a) | 3,14 | | |
| | 2 | 0(a) | 0 | | |
| | 3 | 0(a) | 0 | | |
| Control Biológico (<i>Beauveria bassiana</i>) | 0 | 74,5(a) | 132,58 | 19,32 | 0,0001 |
| | 1 | 348,25(c) | 243,84 | | |
| | 2 | 256(bc) | 138,73 | | |
| | 3 | 154,08(ab) | 91,55 | | |
| Control Biológico artesanal (Moho verde) | 0 | 55,67(a) | 51,59 | 16,13 | 0,0011 |
| | 1 | 260,92(b) | 154,95 | | |
| | 2 | 202,58(b) | 201,78 | | |
| | 3 | 168,83(b) | 103,48 | | |

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se exponen los primeros aportes en relación al empleo de diferentes alternativas de control para *A. striatus* asociada a *P. alba* en la localidad de San Martín, Departamento Capital, provincia de Santiago del Estero (Argentina).

Por los resultados obtenidos, se puede afirmar que para lograr con éxito el control de HCH con hongos entomopatógenos y/o antagonistas, es necesario, en primer lugar, conocer los requerimientos ecológicos de los hongos tales como la humedad relativa, temperatura, patogenicidad, virulencia y hospederos a los que infecta activamente (Meyling y Eilenberg, 2007); las relaciones ecológicas entre insecto-entomopatógeno, es decir, los diferentes mecanismos que los hongos tienen para infectar a los insectos y los mecanismos que los insectos tienen para defenderse (Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

En consecuencia, se debe continuar realizando trabajos de investigación, con estos organismos u otros componentes alternativos que separados o combinados, presenten resultados similares a los logrados con productos químicos, pero con menos efectos nocivos en el ambiente y la salud. También es necesario estudiar la ecología y comportamiento de la diversidad de especies de HCH en la región y en particular las que se encuentran asociadas a plantaciones de *Prosopis alba*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Santiago del Estero por el financiamiento de las investigaciones realizadas para la elaboración del presente trabajo, en el marco del proyecto “Biodiversidad y funciones ecosistémicas en sistemas naturales y productivos forestales en la región del Chaco Semiárido”. PI-UNSE Código 23B/148

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anglada, M. M.; A. Saluso; O. Ermácora; A. Maidana; D. Dans y C. Decuyper. 2013. Hormigas podadoras: Estudios bioecológicos y alternativas de manejo en sistemas agrícolas y vegetación de monte en Entre Ríos. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 3 (3):1-19.
- Bestelmeyer, B. T.; D. Agosti; L. E. Alonso; C. R. F. Brandao; W. L. Brown Jr.; J. H. C. Delabie and R. Silvestre. 2000. Field techniques for study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation. pp. 122-144. *En* D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso y T. R. Schultz (eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Boaretto M. A. C and L. C. Forti. 1997. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. *Serie Técnica IPEF*. 11:31-46.
- Bonetto, A. A. 1959. *Las hormigas “cortadoras” de la Provincia de Santa Fe (Gén. Atta y Acromyrmex)*. Minist. de Agric. y Ganadería de Santa Fe. Dir. Recursos Naturales. Santa Fe. Argentina. 89 pp.
- Braga D. L.; J. N. Louzada; R. Zanetti y J. Delabie. 2010. Avaliação Rápida da Diversidade de Formigas em Sistemas de Uso do Solo no Sul da Bahia. *Neotropical Entomology* 39(4):464-469.
- Carabajal de Belluomini, M. y D. C. Fiorentino. 2006. Caracterización fitosanitaria de viveros de *Prosopis alba* (Griseb) en Santiago del Estero. *Quebracho* 13: 93-102.
- Carabajal de Belluomini, M.; L. Castresana; V. Salim y A. Notario. 2009. The diversity of galls and their occurrence in productive forest systems of *Prosopis alba* (Griseb.) in Santiago del Estero, Argentina. *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas* 35:255-265.

- Castro, J. F. y G. Martínez. 2008. Evaluación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, como control biológico de la hormiga arriera *Atta cephalotes* con diferentes técnicas de aplicación en el Centro de Investigaciones Macagual. *Momentos de Ciencia* 5(1-2):41-45.
- Cañedo, V y T. Ames. 2004. *Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú, 62 p.
- Córdoba, S. V. 2010. *Evaluación de hongos entomopatógenos como potencial biocontrolador de la hormiga arriera Atta colombica (G.) del municipio de Lloró - Chocó*. Tesis Universidad Nacional De Colombia Facultad De Agronomía Bogotá, D.C. 88 pp.
- Coronel de Renolfi M.; G. Cardona; J. G. Moglia y A. T. 2014. Productividad y costos del raleo de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en Santiago del Estero, Argentina. Una primera aproximación. *Agrociencia Uruguay* 18(2):128-136.
- Currie, C. R. 2001. A community of ants, fungi and bacteria: A multilateral approach to studying symbiosis. *Annual Review of Microbiology*. 55:357-380.
- Currie, C. R.; A. N. Bot and J. J. Boomsma. 2003. Experimental evidence of a tripartite mutualism: bacteria protect ant fungus gardens from specialized parasites. *Oikos*. 101:91-102.
- Dávila Pino, T. V. 2018. *Determinación de la actividad insecticida o repelente del extracto acuoso de los hongos de naranjas Citrus sinensis sobre hormigas Lasius niger de una finca orgánica del Chontal*. Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 80 pp.
- Delabie, J. H.; H. Alves; G. Reuss-Strenzel; A. Carmo and I. Nascimento. 2011. Distribuição das formigas cortadeiras dos generos *Acromyrmex* e *Atta* no Novo Mundo, pp. 80–101. In: T. M. C. Della-Lucia (eds.), *Formigas Cortadeiras: da Bioecologia ao Manejo*. 1ra. edición. Viçosa-MG, Editora da Universidade Federal de Viçosa.
- Delgado, P. A. M. y B. Murcia-Ordoñez. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambi-Agua, Taubaté* 6(2):77-90.
- Diodato, L. y M. Carabajal de Belluomini. 2006. *Insectos que inciden en la producción de algarrobo blanco (Prosopis alba)*. II Jornadas Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. [fecha de consulta: Junio 2019]. Disponible en: fcf.unse.edu.ar/eventos/2-jornadas-forestales/pdfs/Plagas%20de%20algarrobo%20blanco.pdf
- Di Rienzo, J. A.; F. Casanove; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C. W. Robledo. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: <http://www.infostat.com.ar>
- Doberski, J. W. 1981. Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: pathogenicity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus* to larvae and adults of *S. scolytus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 37(2):188-194.
- Escobar, R.; F. Garcia; L. Neita; D. Murillo y S. Mena. 2002. Hormigas cortadoras de la Tribu Attini en sistemas productivos del departamento del Chocó *Rev. Institucional Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó* 15:35-41.
- Ewens, M. and P. Felker. 2010. A comparison of production and insect ratings of 12 elite *Prosopis alba* clones in a 5-year Semi-arid Argentine field trial. *Forest Ecology and Management* 260(3):378-383.
- Fagg, C. W. and J. L. Stewart. 1994. The value of *Acacias* and *Prosopis* in Arid and Semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* 27:3-25.
- Farji-Brener, A. and Y. Sasal. 2003. Is dump material an effective small-scale deterrent to herbivory by leaf-cutting ants? *Ecoscience* 10:151-154.
- Farji-Brener, A. G. 2000. Leaf-cutting ant nests in temperate environments: mounds, mound damages and mortality rates in *Acromyrmex lobicornis*. *Stud. Neotrop. Faun. & Environm* 35:131-138.
- Farji Brener, A.G. and A. Ruggiero. 1994 Leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) inhabiting Argentina: patterns in species richness and geographical range sizes. *Journal of Biogeography* 21:391-399.

- Fernández, F. (Ed.) 2003. *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, XXVI + 398 pp.
- Fiorentino, D. C. y L. Diodato de Medina. 1991. *Breve panorama de las plagas entomológicas forestales argentinas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España 16: 181-190.
- Fiorentino, D.C.; V. Bellomo; L. Diodato; A. Notario y L. Castresana, L. 1995. Coleópteros cerambícidos xilófagos del Parque Chaqueño Seco (Argentina). *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas* 21:617-626.
- Giraldo Echeverri C. 2009. *Microbiota asociada a la casta obrera de la hormiga arriera Atta cephalotes (Hymenoptera: Myrmicinae)*. MSc Thesis. Universidad de Antioquia, Instituto de Biología, Medellín, Colombia, pp 86.
- Gonçalves, C. R. 1961. O genero *Acromyrmex* no Brasil (Hym. Formicidae). *Studia Entomologica* 4:113-180.
- Hajek A. E. 1997. Ecology of terrestrial fungal entomopathogens. *Advances in Microbial Ecology* 15:193-249.
- Hallsworth, J. E. and N. Magan. 1999. Water and temperature relations of grown of entomopatogenous fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 74 (3):261-266.
- Juárez de Galindez, M.; A. M. Giménez; N. Ríos; M. Balzarini. 2005. Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb. empleando dos modelos biológicos. *Quebracho* 12:34-42.
- Juárez de Galindez, M.; A. M. Giménez; N. Ríos y M. Balzarini. 2008. Determinación de la edad de aprovechamiento de individuos de *Prosopis alba* mediante un modelo logístico de intercepto aleatorio para incrementos radiales. *Ciencia e Investigación Forestal*. 14 (2): 287-299.
- Kees, S. M.; P. Ferrere; A. M. Lupi; J. F. Michela y J. J. Skoko. 2018. Producción y crecimiento de las plantaciones de *Prosopis alba* Griseb. en la provincia Chaco. RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 44 (2).
- Kusnezov, N. 1956. Claves para la identificación de las hormigas de la fauna argentina. *IDIA* N° 100:1-56.
- Kusnezov, N. 1978. *Hormigas argentinas: clave para su identificación*. Edición preparada por R. Golbach, Fundación Miguel Lillo, Miscelánea 61. San Miguel de Tucumán. Argentina, 146 pp.
- Lemes P. G.; J. C. Zanuncio; E. Serrao and S. A. Lawson. 2016. Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy and integrated pest management in certified tropical plantations. *Environmental Science and Pollution Research* 24(2):1283-1295.
- Lopez, E. and S. Orduz. 2003. *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. *Biological Control* 27(2):194-200.
- Mackay, W. y E. Mackay. 2002. *Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae) América Central*. Department of Biological Sciences Laboratory for Environmental Biology The University of Texas.
- Martínez, R.; M. Ewens; R. Schimpf; A. Ruiz y F. Benitez. 2017. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de corta final de *Prosopis alba* Gris. *Foresta Veracruzana* 19 (1):17-22.
- Meyer, S. T.; I. R. Leal; M. Tabarelli and R. Wirth. 2011. Ecosystem engineering by leaf-cutting ants: nests of *Atta cephalotes* drastically alter forest structure and microclimate. *Ecological Entomology* 36:14-24.
- Meyling, N. V and J. Eilenberg. 2007. Ecology of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in Temperate Agroecosystems: Potential for Conservation *Biological Control*. *Biological Control* 43:145-155.
- Montoya-Lerma, J.; C. Giraldo-Echeverri; I. Armbrrecht; A. Farji-Brener and Z. Calle. 2012. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management* 58 (3):225-247.

- Nobua Behrmann, B. E. 2014. *Interacciones tróficas entre dos especies simpátricas de hormigas cortadoras y el ensamble de plantas en el Monte central*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Ochoa, J. L.; M. L. Hernández, B. H. Latisnere, J. L. León de la Luz, y C. C. Larralde. 2007. Aislamiento e identificación de hongos patógenos de naranja *Citrus sinensis* L. Obseck cultivada en Baja California Sur, México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5(5):352-359.
- Ortiz, A and S. Orduz. 2001. In vitro evaluation in *Trichoderma* and *Gliocladium* antagonism against the symbiotic fungus of leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. *Mycopathol* 150:53-60.
- Santos, A.V.; R. J. Dillon; V. M. Dillon; S. E. Reynolds and R. I. Samuels. 2004. Occurrence of the antibiotic producing bacterium *Burkholderia* sp. in colonies of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. *Microbiology Letters*. 239: 319-323.
- Santos, A. V.; B. Lorenz and R. I. Samuels. 2007. Selection of entomopathogenic fungi for use in combination with sublethal doses of imidacloprid: perspectives for the control of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). *Mycopathologia* 163:233-240.
- Serratos Tejeda, C.; A. Aragón García; B. C. Pérez Torres y J. F. López Olguín. 2017. Alternativa agroecológica para el manejo de *Atta mexicana* en Puebla, México. *Southwestern Entomologist* 42(1):261-273.
- Sciammaro, L.; Ferrero C. y Puppo C. 2015. Agregado de valor al fruto de *Prosopis alba*. Estudio de la composición química y nutricional para su aplicación en bocaditos dulces saludables. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 114 (1):115-123.
- Simões Gomes F. C.; D. C. Cardoso and M. P. Cristiano. 2016. Geographical Distribution Patterns and Niche Modeling of the Iconic Leafcutter Ant *Acromyrmex striatus* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Science* 17(2);32:1-5.
- Téllez Jurado A.; M. G. Cruz Ramírez; Y. Mercado Flores; A. A. Torres y A. Arana Cuenca. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología* 30:73-80.
- Vergara Castrillón J. C. 2005. *Biología, manejo y control de la hormiga arriera*. Gobernación del Valle del Cauca. Cali. 9 p.
- Villagra, P. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina* 9(2):35-51.
- Zanetti R.; J. C. Zanuncio; J. C. Santos; W. L. P. Silva; G. T. Ribeiro and P. G. Lemes. 2014. An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. *Forest* 5:439-454.
- Zanuncio J. C.; P. Lemes; L. R. Antunes, J. L. Maia; J. E. P. Mendes; K. M. Tanganelli; J. F. Salvador and J. E. Serrão. 2016. The impact of the Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy on the management of leaf-cutting ants and termites in certified forests in Brazil. *Annals of Forest Science* 73:205-215.
- Zanuncio, J. C.; G. Mageste; J. M. M. Pereira y R. Zanetti. 2000. Utilización del cebo Mirex - S (Sulfloramida 0.3%) para el control de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymneoptera: Formicidae) en área estratificada de hormigueros. *Revista Colombiana de Entomología* 26(3-4):4.

