

bibliotecaplural

Alejandro Brazeiro
compilador

BIODIVERSIDAD
EN PAISAJES FORESTADOS
DE URUGUAY



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

La publicación de este libro fue realizada con el apoyo de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República.

Los libros publicados en la presente colección han sido evaluados por académicos de reconocida trayectoria en las temáticas respectivas.

La Subcomisión de Apoyo a Publicaciones de la CSIC, integrada por Luis Bértola, Magdalena Coll, Mónica Lladó, Alejandra López Gómez, Vania Markarian, Sergio Martínez y Aníbal Parodi ha sido la encargada de recomendar los evaluadores para la convocatoria 2020.

© Alejandro Brazeiro, 2019
© Universidad de la República, 2023

Ediciones Universitarias,
Unidad de Comunicación de la Universidad de la República (UCUR)

18 de Julio 1824 (Facultad de Derecho, subsuelo Eduardo Acevedo)
Montevideo, CP 11200, Uruguay
Tels.: (+598) 2408 5714 - (+598) 2408 2906
Telefax: (+598) 2409 7720
Correo electrónico: <ucur@udelar.edu.uy>
<<https://udelar.edu.uy/portal/institucional/comunicacion/ediciones-universitarias/>>

ISBN: 978-9974-0-1993-5
e-ISBN: 978-9974-0-1996-6

CONTENIDO

| | |
|---|---|
| PRESENTACIÓN DE LA COLECCIÓN BIBLIOTECA PLURAL <i>Rodrigo Arim</i> | 9 |
|---|---|

| | |
|---------------|----|
| PREFACIO..... | 11 |
|---------------|----|

Sección 1

Introducción a la forestación en Uruguay

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1. LA FORESTACIÓN EN URUGUAY: UNA MIRADA PENSANDO EN LA BIODIVERSIDAD <i>Alejandro Brazeiro</i> | 17 |
|--|----|

Sección 2

Efectos de la forestación sobre la biodiversidad

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 2. DIVERSIDAD VEGETAL Y PLANTAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN EN PAISAJES FORESTADOS <i>Carlos A. Brussa y Patricia Brussa</i> | 33 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 3. DOSEL <i>VERSUS</i> HOJARASCA: ARANEOFAUNA EN PLANTACIONES DE <i>PINUS TAEDA</i> EN URUGUAY <i>Carolina Jorge, Álvaro Laborda y Miguel Simó</i> | 49 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 4. RESPUESTA DE UN ENSAMBLE DE ANFIBIOS A LA ACTIVIDAD FORESTAL <i>Raúl Maneyro y Santiago Carreira</i> | 67 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 5. DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN DE ENSAMBLES DE AVES EN AMBIENTES NATIVOS Y PLANTACIONES FORESTALES EN EL NORTE DE URUGUAY: IMPLICANCIAS PARA LA CONSERVACIÓN <i>Juan A. Martínez-Lanfranco, Francisco J. Vilella y Darren A. Miller</i> | 87 |
|--|----|

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 6. EFECTOS DE LA FORESTACIÓN SOBRE LAS COMUNIDADES DE AVES Y MAMÍFEROS: EVALUACIÓN A MÚLTIPLES ESCALAS <i>Alejandro Brazeiro, Alexandra Cravino, Pablo Fernández, Federico Haretche y María Ruiz</i> | 117 |
|---|-----|

Sección 3

Manejo y uso sustentable de la biodiversidad en paisajes forestados

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 7. APICULTURA EN FORESTACIONES DE EUCALIPTOS: UNA OPORTUNIDAD CON MUCHOS PROBLEMAS A RESOLVER <i>Ciro Invernizzi, Belén Branchiccela, Yamandú Mendoza, Loreley Castelli, Natalia Viera, Estela Santos, Sebastián Díaz-Cetti y Karina Antúnez</i> | 155 |
| CAPÍTULO 8. EFECTO DEL SOMBREADO DE LOS MONTES FORESTALES SOBRE LA COMUNIDAD DE HORMIGAS CORTADORAS DEL GÉNERO <i>ACROMYRMEX</i> : CONSECUENCIAS PARA EL MANEJO DE PLAGAS <i>Martin Bollazzi, Guillermo Katzenstein y Julian Sabattini</i> | 177 |
| CAPÍTULO 9. MAPA DE VULNERABILIDAD DE LA BIODIVERSIDAD A LA FORESTACIÓN: UNA HERRAMIENTA PARA EL ORDENAMIENTO Y GESTIÓN AMBIENTAL DEL TERRITORIO <i>Alejandro Brazeiro y Federico Haretche</i> | 195 |
| LISTA DE AUTORES | 205 |

Efecto del sombreado de los montes forestales sobre la comunidad de hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*: consecuencias para el manejo de plagas¹

MARTIN BOLLAZZI, GUILLERMO KATZENSTEIN
Y JULIAN SABATTINI

Introducción

Manejo de hormigas cortadoras en plantaciones forestales

Todas las especies forestales cultivadas en Sudamérica son atacadas por las hormigas cortadoras del género *Atta* y *Acromyrmex* (Forti y Boaretto, 1997), que son los herbívoros nativos dominantes en la zona neotropical y se consideran un componente fundamental de la conformación de los diferentes ecosistemas de Sudamérica (Cherrett, 1989; McNaughton, Sala y Oesterheld, 1993). Durante el forrajeo, las obreras cortan vegetales para cultivar un hongo simbiote del que se alimenta toda la colonia (Weber, 1972). Debido a este particular hábito de alimentación, las hormigas cortadoras causan serios perjuicios al sector agrícola y forestal, y son consideradas la plaga agrícola más importante de la zona neotropical (Cherrett, 1986). Las pérdidas para cualquier tipo de cultivo recién implantado pueden ascender hasta el 100% (Fowler *et al.*, 1990). Cálculos realizados estiman que se pierden entre el 14 y el 14,5% de árboles por hectárea en el caso de *Eucalyptus* y *Pinus*, llegando a pérdidas del 40% de árboles recién plantados (Forti y Boaretto, 1997; Montoya-Lerma *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2011).

Debido a los grandes perjuicios que ocasionan, las hormigas cortadoras han sido combatidas con diversos métodos, desde culturales hasta químicos.

1 Cita recomendada: Bollazzi, M., Katzenstein, G., y Sabattini, J. (2023). Efecto del sombreado de los montes forestales sobre la comunidad de hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*: consecuencias para el manejo de plagas. En: A. Brazeiro (Ed.), *Biodiversidad en paisajes forestados de Uruguay* (pp. 177-194). Montevideo: Universidad de la República.

El control químico es el más difundido, y tradicionalmente se basaba en la aplicación de hormiguicidas líquidos, en polvo, gases, y termonebulización (Della Lucia, 1993; Forti y Boaretto, 1997). Sin embargo, la aplicación de cebos tóxicos se ha mostrado como el método más eficiente y el que exhibe los menores niveles de contaminación comparativos (Bollazzi, Moreira, Forti y Roces, 2014), y no han podido ser substituidos a pesar de ingentes esfuerzos para desarrollar alternativas basadas en control biológico con entomopatógenos, utilización de repelentes, o su substitución por extractos botánicos (De Britto *et al.*, 2016; Della Lucia *et al.*, 2014). Los cebos tóxicos consisten en una mezcla de un substrato base, que resulta atractiva para las obreras, y un ingrediente activo (IA). El cebo es aplicado de dos formas:

1. De forma localizada en los caminos de forrajeo de la colonia, de donde las obreras lo toman y transportan dentro de la colonia. Este método requiere que cada nido se localice y es practicable solo en caso de que los nidos sean fácilmente visibles, al exhibir estructuras sobre la superficie del suelo, y que el área a tratar sea de reducidas dimensiones.
2. De forma sistemática, en la cual no se buscan los nidos, sino que el cebo se aplica de forma uniforme en toda la superficie a controlar, colocándolo en dosis de cinco a diez gramos separados de manera equidistante, que se define en función de la cantidad máxima de cebo que se desee aplicar por hectárea.

Como en todo programa de manejo integrado de plagas, la estrategia a aplicar puede ir desde la tolerancia, en la cual se acepta la presencia de la plaga, a la implementación de una táctica de manejo tendiente a reducir su nivel poblacional, si el número de individuos es mayor al límite tolerable. De esta forma, si se pretende mantener el uso de cebos hormiguicidas para el control de hormigas cortadoras a niveles reducidos, esto puede lograrse, primero, de forma cualitativa, decidiendo sobre la base de un criterio determinado, si se controla o no, y, segundo, de forma cuantitativa cuando ya se ha tomado la decisión de controlar, mediante la reducción de la dosis utilizada.

La decisión cualitativa de controlar (sí o no) viene dada por dos parámetros. Primero, al saber si las especies que existen en el predio efectivamente cortan, si cortan hojas de latifoliadas, si prefieren gramíneas o si solo son recolectoras. En muchos casos, las especies de un predio no son cortadoras o son recolectoras o cortadoras exclusivas de pastos, lo que no ameritaría el control, ya que no representarían un problema durante la plantación (Figura 1). Segundo, al establecer el nivel de daño mínimo aceptable, el cual viene relacionado con una densidad crítica de las especies que en efecto cortan hojas. En el caso de las hormigas cortadoras, el área mínima de forrajeo se relacionaría de forma directa con el diámetro de un círculo imaginario cuyo perímetro está delimitado por los extremos de sus caminos de forrajeo, ya

que las hormigas cortadoras son «central-place foragers» (Bollazzi y Roces, 2011; Roces y Bollazzi, 2009). A modo de ejemplo, esa área máxima de forrajeo es de alrededor de 1460m² y de 1137m² para las especies *Acromyrmex lundii* y *Acromyrmex heyeri* respectivamente (Tabla 1).

Estos ejemplos de especies de Uruguay concuerdan con otros estudios sobre *Acromyrmex* para la región, como ser en *Acromyrmex rugosus*, *Acromyrmex crassispinus*, *Acromyrmex lundii* y *Acromyrmex heyeri*, donde las áreas máximas de forrajeo van desde 542 hasta 2000m² (Fowler *et al.*, 1986). La extrapolación del daño producido por las hormigas, partiendo desde el área de forrajeo se puede hacer al asumir que todas las plantas en el área serán atacadas. Es de destacar que estudios de daño han constatado que, en plantaciones de pinos con cuatro nidos por hectárea, el 24% de las plantas fueron defoliadas por hormigas cortadoras del género *Acromyrmex* (Nickele *et al.*, 2012), lo que resulta en un área de ataque promedio de poco más de 600m² por colonia, lo que sería el área real de ataque. Esto pone de manifiesto que el ejemplo del área de forrajeo potencial máximo como se presenta en la Tabla 1, abarca confiablemente el área real de ataque. De esta forma, se puede concluir que un solo nido adulto de *Acromyrmex* puede provocar daños del entorno del 11 al 14%/ha de los plantines de *Pinus* o *Eucalyptus* en la fase de plantación. Así, si se estipula un nivel de daño aceptado de 5%, la densidad crítica estaría dada por alrededor de 0,3 nidos/ha. Sin embargo, restaría responder cual sería el daño potencial real, el cual dependería del número de hormigueros promedio por hectárea que se encuentran en las plantaciones de *Eucalyptus*.



Figura 1. Izquierda: ejemplar de *Acromyrmex lundii*, especie de hormiga cortadora de hojas. Nótese la presencia de cuatro pares de espinas (en la foto solo se observan las espinas izquierdas de cada par). Esta característica permite distinguir a las hormigas cortadoras de hojas de otras especies de hormigas no cortadoras. Derecha: ejemplar de *Camponotus rufipes*, especie de hormiga común en Uruguay, pero que no es cortadora, nótese la ausencia de espinas en el tórax.

Fuente: Foto *A. lundii*: from www.antweb.com, April Nobile, casent173797. *C. rufipes*: from www.antweb.com, April Nobile, casent173444.

Tabla 1. Número medio de caminos, longitud del camino más largo y área de forrajeo (\pm desvío estándar), para 20 nidos adultos de *Acromyrmex lundii* y *Acromyrmex heyeri* en la zona de Cerro Colorado, Florida.

| Especie | Número de caminos | Longitud del camino más largo (m) | Área de forrajeo (m ²) |
|------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| <i>A. lundii</i> | 3,09 (1,13) | 20,11 (7,34) | 1460,16 (877,25) |
| <i>A. heyeri</i> | 2,85 (1,02) | 17,95 (6,46) | 1137,43 (782,48) |

Fuente: elaboración propia.

Efectos del sombreado de los montes sobre la comunidad de hormigas cortadoras y su manejo

Para responder cual sería el nivel de daño real al momento de la plantación se debe considerar cual es la historia de uso previa del predio, la cual determina la composición de especies y sus densidades poblacionales. De esta forma, se pueden diferenciar dos situaciones: a) predios que no fueron forestados previamente y son plantados en primer turno y b) predios que son reforestados en segundo o tercer turno de plantación. Estas dos categorías tienen un efecto en una variable de importancia para la sobrevivencia de las especies de *Acromyrmex*, el sombreado a nivel del suelo. Ya se conoce que, para Sudamérica, las especies del género *Acromyrmex* tienden a nidificar en áreas expuestas al sol, praderas de tapiz vegetal bajo, cuanto mayor sea la latitud (Bollazzi, Kronenbitter y Roces, 2008; Bollazzi y Roces, 2010). O sea que para el rango de latitud en el que se encuentra Uruguay se esperaría que la mayoría de las especies ocurran en áreas abiertas. De esta forma, se puede hipotetizar que en un campo natural que se planta por primera vez, el nivel poblacional va a ser más alto que en un predio ya forestado, que estuvo sombreado por un período mínimo de ocho años de manera continua. En esta última situación habría que considerar la densidad al final del turno (momento precosecha) y como esta afectaría al sombreado, ya que las plantaciones con destino a pulpa culminan con una densidad de más de 900 árboles/ha y las que tienen destino madera de calidad terminan con cerca de 250 árboles/ha. Otro factor por considerar durante la situación en la cual se plantea una replantación sobre un predio previamente cosechado es la duración del período interturno, o sea el tiempo que transcurre entre la cosecha y la plantación. En este período se restablece la condición de ausencia de sombra, lo cual puede determinar que se dé un incremento poblacional de las especies de *Acromyrmex*. En conclusión, en las plantaciones forestales, ciertos factores ambientales relacionados a variables silviculturales

pueden influir en la densidad de colonias de hormigas cortadoras del género *Acromyrmex* que encontraremos antes de la plantación, ya sea en el primer turno o en replantación en los sucesivos turnos. Sin embargo, el factor ambiental sombreado solo ejercería un efecto supresor de las poblaciones en aquellas especies que son susceptibles a este. En Uruguay, la mayoría de las especies de *Acromyrmex* de importancia forestal (*A. lundii*, *A. heyeri* y *A. lobicornis*) se consideran intolerantes al sombreado por ser de áreas abiertas y con un tapiz vegetal bajo, sin embargo, para el caso de *A. crassispinus* se la cita asociada a montes nativos en ecosistemas no forestados (Bollazzi *et al.*, 2008; Bonetto, 1959).

De esta forma, esta interacción entre las variables silviculturales que afectan el sombreado a nivel del suelo y el grado de susceptibilidad que las diferentes especies de *Acromyrmex* exhiben ante este, parece ser determinante para los niveles poblacionales que las comunidades de *Acromyrmex* alcanzarían o, lo que es lo mismo, en el potencial como plaga de *Acromyrmex* al afectar en forma directa la densidad de nidos por hectárea. Más aún, si el sombreado afecta negativamente a todas las especies del género, tanto en reducir su número como en afectar su distribución a la escala predio, esto tendría efectos destacables sobre el manejo mediante aplicación de cebos (Tabla 1).

Debido a que el sombreado de los rodales de *Eucalyptus* puede tener un importante efecto sobre las densidades de colonias de *Acromyrmex*, en este trabajo se presenta una serie de resultados que muestran cual es la relación entre sombreado, densidad y distribución de colonias de *Acromyrmex* tanto en su evolución desde un control en plantación, como en la caracterización en montes adultos.

Tabla 2. Interacción entre variables silviculturales y manejo de la población de *Acromyrmex*.

| Factores | Variables / características | Objetivo | Efecto sobre el manejo de <i>Acromyrmex</i> |
|--|---|--|--|
| El incremento de la población en los períodos interturno depende de: | La duración del período interturno. | a) Conocer cuál es la ventana temporal libre de colonias luego de la cosecha. | Se podría evitar el control reduciendo el período interturno antes de que se alcance el momento en el cual se recupera la población. |
| El nivel poblacional que esté presente al momento de la plantación depende de: | a) variables silviculturales: primera plantación o replantación, como cantidad de turnos previos o destino de producción, celulosa/calidad, y su efecto en el sombreado a nivel del suelo | b) Determinar la densidad de hormigueros al final del turno previo en función de variables silviculturales, y c) determinar la posición de las colonias en los rodales: si se ubican en bordes soleados o en el centro sombreado | Si las colonias de <i>Acromyrmex</i> no sobreviven dentro de los rodales debido al sombreado se podría reducir el uso de cebos, ya que solo se debería controlar a las colonias que se distribuyen en los bordes. |
| | b) características de las hormigas cortadoras: la mayor tolerancia que exhiben algunas especies al sombreado. | d) Determinar la sobrevivencia diferencial de las especies de <i>Acromyrmex</i> al final del turno previo, y e) determinar las regiones del país donde tanto las especies tolerantes como susceptibles al sombreado tienen mayor probabilidad de ocurrir | Si todas las especies de <i>Acromyrmex</i> en las diferentes regiones del país son susceptibles al sombreado, entonces se podría establecer como regla general un control en borde al final del turno (precosecha), lo cual redundaría en una menor utilización de cebo. |

En cada momento de plantación la población efectiva de cortadoras dependerá de dos factores, que se correlacionan con variables/características silviculturales y de biología de las hormigas cortadoras, los cuales determina objetivos de investigación, para así determinar las acciones posibles de manejo.

Fuente: Elaboración propia.

Métodos

Determinación de los niveles poblacionales en los rodales y en el período interturno

Como se dijo antes, y aunque en Uruguay la mayoría de las especies de *Acromyrmex* serían intolerantes al sombreado, la cuantificación del porcentaje de rodales que pueden ser colonizados por especies tolerantes al sombreado al final del turno es de crucial importancia. Si en la mayoría de los casos existen poblaciones de *Acromyrmex* dentro de los rodales, y esos niveles alcanzan la densidad crítica, no se podría efectuar un control focalizado en el borde (Tabla 2), sino que se debería controlar toda la superficie a plantar en el próximo turno. Por lo tanto, se procedió a cuantificar los niveles poblacionales de *Acromyrmex* en rodales de Eucalyptus de más de cuatro años en todo el país. Para cuantificar los niveles poblacionales al final del turno, así como la composición de especies y su posición en el rodal (centro o borde) se hicieron 68 censos poblacionales en rodales de Eucalyptus de más de 4 años hasta la precosecha (10 a 12 años). Estos censos fueron aplicados en todo el país, dividiéndose en tres regiones: 1) Sierras, en el eje de la ruta 7 entre Cerro Colorado y Santa Clara del Olimar (27 rodales); 2) Norte, en el eje de la ruta 5 en Tacuarembó y Rivera (16 rodales), y 3) Litoral, en los ejes de las rutas 3, 24, 25 y 90 entre Andresito y Chapicuy (23 rodales) (Figura 2). En estos sitios se seleccionaron parcelas de 0,5 ha (70 × 70 m) que contenían por lo menos un borde en el lado norte más expuesto como forma de incluir el efecto borde debido al acceso a la radiación solar. Asimismo, al menos dos bordes de la parcela debían estar orientados al interior del rodal, de forma que se incluyera el interior sombreado. En cada parcela se contaron y georreferenciaron todas las colonias de hormigas cortadoras dentro del rodal, y se registraron las especies y la posición relativa: 1) centro o 2) borde (3 filas, 9-10 m).

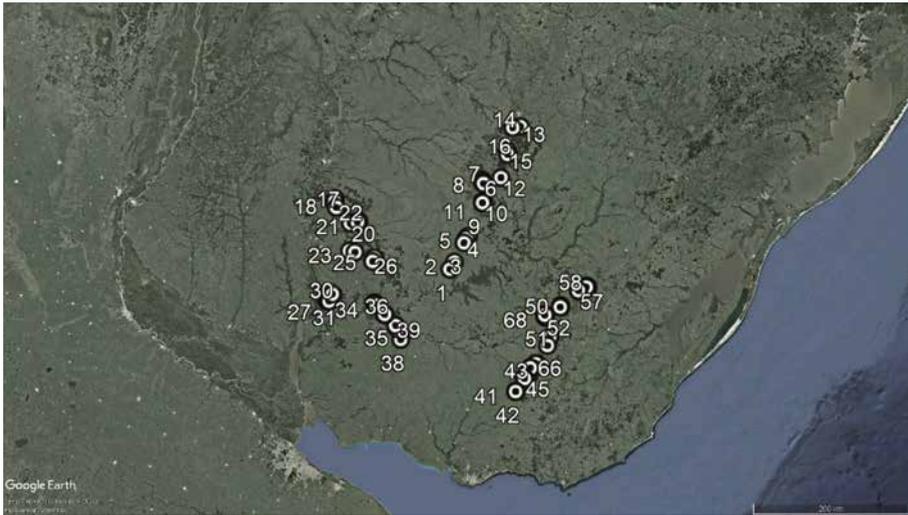


Figura 2. Localización de los rodales en los que se realizaron los 68 censos poblacionales de *Acromyrmex* en las tres regiones: litoral, norte y sierras.

Fuente: elaboración propia.

El control en replantación se justificaría cuando el tiempo interturno llegó a una duración que permitió la recuperación de las poblaciones de hormigas cortadoras y que estas alcanzaran la densidad crítica más allá de la cual se justificaría el control. Por lo tanto, se procedió a determinar el tiempo interturno mínimo necesario para que las poblaciones de cortadoras lleguen a un nivel crítico que justifique el control partiendo desde un nivel poblacional *ceró* a consecuencia de un control con alto nivel de eficiencia. Para ello, se procedió a la instalación de seis parcelas en la zona de Cerro Colorado, Florida, en las cuales se monitoreó la dinámica poblacional y la distribución de las colonias de *Acromyrmex*. Primero, se seleccionaron parcelas en predios donde se hubieran hecho controles en condiciones normales de operativa por parte de las empresas. Luego del control, se procedió a verificar la efectividad de este, para luego censar el número de colonias, su posición en el rodal y la especie para cada estación del año desde la primavera de 2017 hasta el otoño de 2019. La tabla 3 describe las seis parcelas y especifica las fechas de control, área, posición y las características al momento del inicio de los censos de repoblamiento.

Tabla 3. Descripción de las parcelas A, B, C, D, E y F para los censos de repoblamiento interturno

| Parcela | Localización | Tapiz vegetal | Área (ha) | Fecha de control | Número de nidos | Densidad de nidos (n.º/ha) |
|---------|------------------------------|--------------------|-----------|------------------|-----------------|----------------------------|
| A | 33°49.090' S 55°29.070' W | <i>E. globulus</i> | 7,4 | primavera 2013 | 16 | 2,16 |
| B | 33°54.144' S 55°35.480' W | <i>E. globulus</i> | 4,4 | otoño 2015 | 33 | 7,50 |
| C | 33°53.529' S 55°35.264' W | <i>E. globulus</i> | 1,7 | otoño 2015 | 16 | 9,41 |
| D | 33°54.224' S 55°35.560' W | campo | 6,0 | otoño 2015 | 26 | 4,33 |
| E | 33°50.830' S 55°29.409' W | <i>E. globulus</i> | 15,7 | verano 2017 | 50 | 3,18 |
| F | 33°82.017' S 55°48.767' W | <i>E. grandis</i> | 1,42 | verano 2018 | 6 | 4,23 |

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Nivel poblacional y distribución de las colonias de *Acromyrmex* en montes de *Eucalyptus*

La probabilidad de que en un rodal mayor a cuatro años ocurran colonias de *Acromyrmex* es de aproximadamente un 68% (en 46 rodales sobre un total de 68), registrándose la presencia de *A. crassispinus*, *A. ambiguus* y *A. heyeri*. La especie predominante en todas las regiones fue *Acromyrmex crassispinus*, la cual, hoy en día, puede ser considerada la especie más problemática dentro del género *Acromyrmex* debido a su presencia dentro de los rodales (Figuras 3 y 4, Tabla 4). Tanto para las zonas Litoral, Norte y Sierras no solo el porcentaje de parcelas con presencia de *A. crassispinus* fue el mayor comparado con otras especies, sino que además también lo fue el número de colonias encontrado dentro de las parcelas (Tabla 4). Al considerar su distribución en los rodales, se observa con claridad que más del 80% de las colonias se encuentran en el centro de estos, evidenciando una alta tolerancia al sombreado. La zona Norte del país puede ser considerada la región que presentaría más dificultades para el control, ya que suma la presencia de *A. ambiguus* dentro

de los rodales (Tabla 4). Aunque en menor medida que a *A. crassispinus*, en *A. ambiguus*, el 75% de las colonias ocurren en el centro. La composición de especies de *Acromyrmex* en los rodales se completa con la presencia de *A. heyeri*. Sin embargo, se diferencia respecto a las otras dos especies de *Acromyrmex* en que se la encuentra mayormente en el borde de los rodales (83% de los casos) (Figura 4 y Tabla 4). A su vez, la densidad en rodales con presencia de *Acromyrmex* supera con amplitud los niveles críticos de 0,3 nidos/ha para promediar los casi 8 nidos/ha y llegar incluso a 11 nidos/ha en los rodales censados en la zona norte del país (Figura 5). El conjunto de datos indica que, a pesar del sombreado persistente, al final del turno la mayoría de los rodales de *Eucalyptus* de todo el país cuentan con presencia de al menos una especie de *Acromyrmex*, alcanzando niveles poblacionales que justificarían su control, debiéndose proceder a la aplicación de cebo para su control en toda la superficie a plantar en el próximo turno.

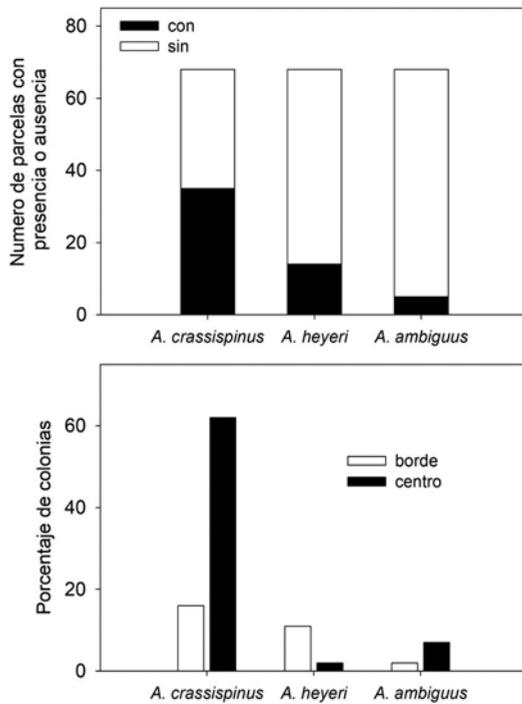


Figura 3. Arriba: Número de parcelas con presencia (negro) o ausencia (blanco) de colonias de *Acromyrmex crassispinus*, *A. heyeri* o *A. ambiguus*. La proporción de presencias y ausencias es significativamente diferente entre las diferentes especies ($X^2 = 21,99$; $P < 0,01$). Abajo: Porcentaje de colonias de las tres especies que se distribuyeron en el borde o en el centro de los rodales (abajo) La proporción centro/borde es muy diferente entre las especies ($X^2 = 12,7$; $P < 0,01$).

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Número de rodales con presencia/ausencia de colonias de *Acromyrmex* y localización de las colonias dentro de estos (centro/borde) en función de la especie

| Región | Número de rodales con presencia o ausencia de <i>Acromyrmex</i> | | Número de colonias de <i>Acromyrmex</i> en el centro o borde de los rodales con presencia | | | | | |
|---------|---|-----------|---|-------|-----------|-------|-------------|-------|
| | | | A. crassispinus | | A. heyeri | | A. ambiguus | |
| | ausencia | presencia | centro | borde | centro | borde | centro | borde |
| | | | centro | borde | centro | borde | centro | borde |
| TOTAL | 22 | 46 | 110 | 28 | 4 | 19 | 12 | 4 |
| Litoral | 10 | 14 | 53 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Norte | 4 | 12 | 34 | 8 | 2 | 7 | 12 | 4 |
| Sierras | 8 | 20 | 23 | 12 | 0 | 12 | 0 | 0 |

Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Nidos de *Acromyrmex heyeri* y de *Acromyrmex crassispinus*. Derecha: nido de *Acromyrmex heyeri* en un pastizal aledaño a plantaciones de Eucalyptus (Guichón, Paysandú), una especie intolerante al sombreado. Izquierda: nido de *Acromyrmex crassispinus* en un rodal de Eucalyptus (Tres Bocas, Río Negro), una especie tolerante al sombreado. Escala: 20 cm.

Fuente: Fotos personales de los autores.

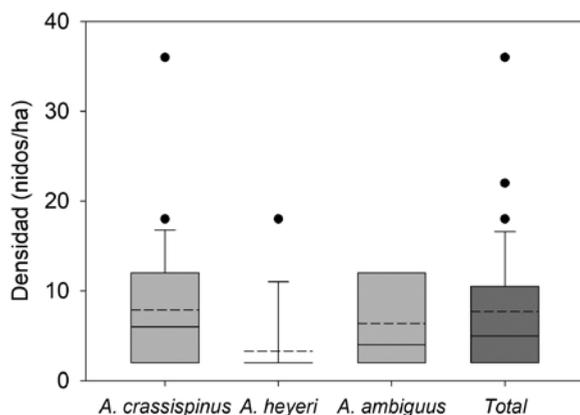


Figura 5. Densidad de hormigueros de las diferentes especies de *Acromyrmex* presentes en los rodales para todas las regiones del país y promedio total para todas las especies en las tres regiones. La línea punteada representa la media. Comparación entre especies mediante prueba de Kruskal-Wallis de una vía (también conocido como ANOVA no paramétrico): $H_2 = 8,88$; $P = 0,011$.

Fuente: elaboración propia.

Repoblamiento por *Acromyrmex* luego de un control

La Figura 6 muestra el porcentaje de recuperación de la población de hormigas cortadoras en función del tiempo transcurrido desde el control, viéndose que la recuperación aumenta con el tiempo, y que, a medida que transcurren los meses, las poblaciones tienden a alcanzar el valor que había al momento del control, excepto para el sitio E. La Tabla 5 muestra los valores obtenidos al momento del último censo para cada parcela. Los resultados muestran que se puede alcanzar el nivel poblacional previo al control, luego de tres a cuatro años (censos D en 34 meses y A en 51 meses), con valores mayores al 90%. Sin embargo, la recuperación ocurre de manera más rápida en el caso donde no se replantó y se dejó sin reforestar (ensayo D) que dentro del monte (restantes ensayos). En el caso de las mediciones a los 34 meses en los ensayos reforestados B y C se ve la misma situación: la recuperación es más lenta que en el ensayo D donde no se reforestó. En los muestreos del momento de la erradicación había ocurrido entre uno y dos años antes, entre 12 y 25 meses (ensayos E y F), los niveles de recuperación de la población llegaron a alcanzar valores de entre 33 y 36%. En todos estos casos la densidad poblacional sobrepasó el nivel poblacional crítico que justificaría el control, asumido como un 5% y representado por una densidad de 0,3 nidos/ha (Tabla 3). Cuando se tiene en cuenta las especies responsables del repoblamiento se puede ver que *A. heyeri* repobló en su mayoría los bordes de los rodales, mientras que *A. crassispinus*

fue encontrada mayormente en el centro de estos (Tabla 5). En general, la tendencia indica que el punto de inflexión en la tendencia de incremento se da recién a los treinta meses, pasándose ya a la fase de recuperación de la población de nidos (más allá del 50%) (Figura 6).

En resumen, los resultados muestran que los niveles poblacionales que justificarían un control se recuperan a los doce meses desde el control, aún en situaciones con sombreado por la presencia de un monte. Asimismo, se constató que, el 50% del nivel poblacional previo al control se recupera antes de los tres años luego del control, ocurriendo que una recuperación total se puede dar a partir de los cuatro años. A su vez, los resultados muestran que el sitio de repoblamiento (centro o borde) depende de la especie de hormiga cortadora, estando *A. crassispinus* en el centro y *A. heyeri* mayormente en el borde.

Tabla 5. Recuperación del número de colonias de *Acromyrmex* para las diferentes parcelas, abril de 2019

| Parcela | Meses desde el control al último censo | <i>A. crassispinus</i> | | <i>A. heyeri</i> | | Total de nidos | nidos/ha | Recuperación porcentual |
|---------|--|------------------------|-------|------------------|-------|----------------|----------|-------------------------|
| | | Centro | Borde | Centro | Borde | | | |
| A | 51 | 9 | 5 | 0 | 1 | 15 | 2,03 | 93,8 |
| B | 34 | 0 | 1 | 1 | 21 | 23 | 5,23 | 69,7 |
| C | 34 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 5,29 | 56,3 |
| D | 34 | 0 | | 24 | | 24 | 4,00 | 92,3 |
| E | 25 | 13 | 1 | 1 | 3 | 18 | 1,15 | 36,0 |
| F | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1,41 | 33,3 |

Composición de especies, posición en el rodal, total de nidos, densidad y porcentaje de recuperación respecto al momento anterior al control.

Fuente: elaboración propia.

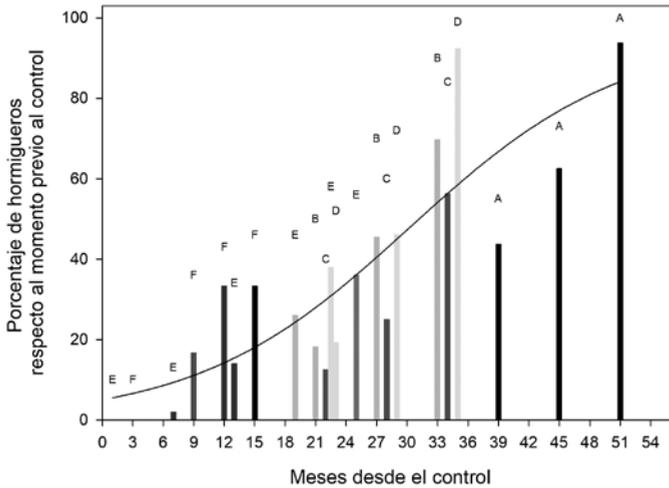


Figura 6. Porcentaje de hormigueros (barras) respecto al momento del control en las diferentes parcelas de repoblamiento (A-F, Tabla 3) en función de los meses desde el control. Cada parcela fue censada en seis oportunidades en el período de estudio: otoño de 2017, primavera de 2017, otoño de 2018, primavera de 2018, verano de 2019 y otoño de 2019. La línea continua representa la regresión no lineal ajustada: porcentaje = $95,67 / (1 + \exp(-(\text{meses} - 30,26) / 10,45))$; $R^2 = 0,74$; $P < 0,01$.

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El sombreado de los rodales adultos de *Eucalyptus* tiene un importante efecto sobre las densidades y la distribución de las colonias de *Acromyrmex*. Aunque la mayoría de los montes (70%) alojan colonias de tres especies de *Acromyrmex*, estas están ausentes de un porcentaje considerable de rodales (30%). Cuando están presentes, el efecto del sombreado provoca que solo algunas especies sobrevivan, y es *A. crassispinus* la especie más frecuente. Es de destacar la ausencia de especies muy comunes en todo el país como *A. lundii* y *A. lobicornis*, así como la baja presencia de *A. heyeri*.

Al considerarse el potencial de daño por la presencia de *Acromyrmex* en los rodales, se puede decir que sobrepasan ampliamente los niveles críticos con una densidad cercana a los 8 nidos/ha, cuando la densidad crítica es de 0,3 nidos/ha. De esta forma se puede concluir que, aunque el sombreado tiene un efecto supresor de las poblaciones de algunas especies de *Acromyrmex*, este no se evidencia para *Acromyrmex crassispinus*, que parece ser la más tolerante al sombreado. Por lo tanto, la eliminación de los controles, o incluso la implementación de un control solo en el borde de los rodales al finalizar

el turno, no puede ser recomendada como regla general. Sin embargo, resta conocer cuáles son las variables que determinan que un 30% de los rodales no tengan presencia de ninguna especie de *Acromyrmex*. Al considerarse la recuperación de las poblaciones de *Acromyrmex* luego de un control, se evidencia que se llega a una densidad crítica luego de nueve a doce meses, aún en condiciones de sombreado. Además, se evidencia que los niveles poblacionales se recuperan a partir de los tres años, un plazo menor a la duración total del turno, de alrededor de once años, lo que evidencia que, aunque los controles provocan una erradicación local de la comunidad de especies de *Acromyrmex*, este impacto se disipa con el tiempo y las poblaciones estarían completamente recuperadas al final del turno.

Agradecimientos

A las empresas agrupadas en la Sociedad de Productores Forestales (SPF) por permitir la realización de los censos en sus predios. Al Comité de Sanidad de la SPF por el soporte para su ejecución, en especial a la Ing. Agr. Andrea Regusci y al Ing. Agr. Jorge Martínez Haedo.

Bibliografía

- BOLLAZZI, M., KRONENBITTER, J., y ROCES, F. (2008). Soil temperature, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. *Oecologia*, 158, 165-175.
- BOLLAZZI, M., MOREIRA, S., FORTI, L. C., y ROCES, F. (2014). Efficiency and soil contamination during underground application of insecticides: control of leaf-cutting ants with thermal foggers. *Journal of Pest Science*, 87, 181-189.
- BOLLAZZI, M., y ROCES, F. (2010). The thermoregulatory function of thatched nests in the South American grass-cutting ant *Acromyrmex heyeri*. *Journal of Insect Science*, 10, 1-17. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3016983/>
- BOLLAZZI, M., y ROCES, F. (2011). Information needs at the beginning of foraging: grass-cutting ants trade off load size for a faster return to the nest. *Plos ONE*, 6, e17667. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0017667>
- BONETTO, A. A. (1959). Las hormigas «cortadoras» de la provincia de Santa Fé (Géneros: *Atta* y *Acromyrmex*). Santa Fe: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- CHERRETT, J. M. (1986). History of the leaf-cutting ant problem. En: C. S. LOFGREN y R. K. VANDER MEER (Eds.), *Fire Ants and Leaf-Cutting Ants - Biology and Management* (pp. 10-17). Boulder: Westview Press.
- (1989). Leaf-cutting ants. En: H. LIETH y M. J. A. WERGER (Eds.), *Tropical Rain Forest Ecosystems - Biogeographical and Ecological Studies*. Vol. 2 (pp 473-488). Amsterdam: Elsevier.
- DE BRITTO, J. S., FORTI, L. C., DE OLIVEIRA, M. A., ZANETTI BONETTI, R. FILHO, WILCKEN, C. F., COLA ZANUNCIO, J., LOECK, A. E., ... DA SILVA CAMARGO, R. (2016). Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. *International Journal of Research in Environmental Studies*, 3, 11-92. doi.org/10.33500/ijres.2016.3.002
- DELLA LUCIA, T. M. C. (1993). *As Formigas Cortadeiras*. Minas Gerais: Viçosa.
- DELLA LUCIA, T. M. C., GANDRA, L. C., y GUEDES, R. N. (2014). Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. *Pest management science*, 70, 14-23.
- FORTI, L. C., y BOARETTO, M. A. C. (1997). *Formigas Cortadeiras - Biologia, Ecologia, Danos e Controle*. San Pablo: Governo do Estado. Recuperado de http://www.biológico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/prosaf/apostilas/formigas_cortadeiras.pdf
- FOWLER, H. G., PEREIRA-DA-SILVA, V., FORTI, L. C., y SAES, N. B. (1986). Population dynamics of leaf-cutting ants: A brief review. En: C. S. Lofgren y R. K. Vander Meer (Eds.), *Fire Ants and Leaf-Cutting Ants - Biology and Management* (pp 123-45). Boulder: Westview Press.
- FOWLER, H. G., BERNARDI, J. V. E., DELABIE, J. C., FORTI, L. C., y PEREIRA-DA-SILVA, V. (1990). Major ant problems of South America. En: R. K. Vander Meer y K. Jaffé (Eds.), *Applied Myrmecology - A World Perspective* (pp 3-14). Boulder: Westview Press.
- McNAUGHTON, S. J., SALA, O. E., y OESTERHELD, M. (1993). Comparative ecology of African and South American arid to subhumid ecosystems. En: P. GOLDBLATT (Ed.), *Biological relationships between Africa and South America* (pp 548-567). New Haven: Yale University Press.

- MONTOYA-LERMA, J., GIRALDO-ECEVERRI, C., ARMBRECHT, I., FARJI-BRENER, A. G., y CALLE, Z. (2012). Leaf-cutting ants revisited: towards rational management and control. *International Journal of Pest Management*, 58, 225-247.
- NICKELE, M., REIS-FILHO, W., BATISTA, E., TADEU, E., CALDATO, N., y STRAPASSON, P. (2012). Leaf-cutting ant attack in initial pine plantations and growth of defoliated plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileria*, 47(7), 892-899.
- PÉREZ, P., CORLEY, J., y FARJI-BRENER, A. G. (2011). Potential impact of the leaf-cutting ant *Acromyrmex lobicornis* on conifer plantations in northern Patagonia, Argentina. *Agriculture and Forest Entomology*, 13, 191-196. Recuperado de <http://www.liho.com.ar/liho/wp-content/uploads/2018/06/Perez-Corley-farji-Brener-AgForestEntomol2011.pdf>
- ROCES, F., y BOLLAZZI, M. (2009). Information transfer and the organization of foraging in grass- and leaf-cutting ants. En: S. JARAU Y M. HRNCIR (Eds.), *Food exploitation by social insects, ecological behavioral and theoretical approaches* (pp. 251-264). Boca Ratón: CRC Press.
- WEBER, N. A. (1972). *Gardening Ants - The Attines*. Philadelphia: The American Philosophical Society.