

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA DISTANCIA DE APLICACIÓN Y PESO DEL CEBO EN LA
EFECTIVIDAD DEL
CONTROL DE HORMIGAS CORTADORAS

por

Cristian Damián DUARTE COSTA
Christian Adrián GRECCO MORENO

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2016

Tesis aprobada por:

Director:

Dr. Martín Bollazzi

Dr. Guillermo Pérez

Ing. Agr. Luis Gallo

Fecha:

6 de mayo del 2016

Autor:

Bach. Cristian Damián Duarte Costa

Bach. Christian Adrián Grecco Moreno

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a nuestro tutor Dr. Martin Bollazzi, por su dedicación, orientación y buena voluntad durante la elaboración del presente trabajo.

Agradecemos la colaboración en las instancias prácticas del presente trabajo de la Lic. Andrea Listre.

Agradecemos a nuestra familia y amigos por el apoyo que nos han brindado durante toda la carrera.

Y también a todos los compañeros que nos han acompañado durante la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. <u>OBJETIVOS</u>	4
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1. <u>FORESTACIÓN EN URUGUAY</u>	5
2.2. <u>PLAGAS</u>	6
2.3. <u>HORMIGAS</u>	7
2.3.1. <u>Biología</u>	7
2.3.2. <u>Especies</u>	8
2.3.3. <u>Forrajeo</u>	10
2.4. <u>DAÑOS</u>	12
2.5. <u>MÉTODOS DE CONTROL</u>	13
2.5.1. <u>Control mecánico</u>	13
2.5.2. <u>Control cultural</u>	13
2.5.3. <u>Control biológico</u>	14
2.5.4. <u>Control químico</u>	15
2.5.4.1. <u>Polvos</u>	16
2.5.4.2. <u>Líquidos</u>	16
2.5.4.3. <u>Gases</u>	17
2.5.4.4. <u>Termonebulización</u>	17
2.5.5. <u>Cebos</u>	17
2.5.5.1. <u>Localizado y sistemático</u>	18
2.6. <u>HIPÓTESIS</u>	20
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	20
3.1. <u>MAXIMIZACIÓN DE LA TASA DE TRANSPORTE CON CEBOS DE DIFERENTE PESO</u>	20
3.2. <u>EFECTO DE LA DISTANCIA DE APLICACIÓN EN LA PROBABILIDAD DE ENCONTRAR Y TRANSPORTAR EL CEBO</u>	24
3.3. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	28
4. <u>RESULTADOS</u>	30
4.1. <u>MAXIMIZACIÓN DE LA TASA DE TRANSPORTE CON CEBOS DE DIFERENTE PESO</u>	30

4.2. EFECTO DE LA DISTANCIA DE APLICACIÓN EN LA PROBABILIDAD DE ENCONTRAR Y TRANSPORTAR EL CEBO	35
5. <u>DISCUSIÓN</u>	38
5.1. MAXIMIZACIÓN DE LA TASA DE TRANSPORTE CON CEBOS DE DIFERENTE PESO.....	38
5.2. EFECTO DE LA DISTANCIA DE APLICACIÓN EN LA PROBABILIDAD DE ENCONTRAR Y TRANSPORTAR EL CEBO.....	41
6. <u>CONCLUSIONES</u>	42
7. <u>RESUMEN</u>	43
8. <u>SUMMARY</u>	45
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	46
10. <u>ANEXOS</u>	53

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Figura No.	Página
1. <i>Acromyrmex lundii</i>	9
2. <i>Acromyrmex heyeri</i>	9
3. Colonia de <i>A. lundii</i>	21
4. Arena de forrajeo.....	22
5. Colonia de laboratorio utilizada para la realización de los experimentos de determinación de la Tasa de Transporte.....	23
6. Sistema montado y materiales.....	24
7. Nido de <i>A. heyeri</i>	25
8. Nido de <i>A. lundii</i>	25
9. Esquema de medidas de trabajo a campo.....	26
10. Distancia de cebos y marca.....	27
11. Materiales utilizados.....	28
Gráfico No.	Página
1. Tiempo de transporte (seg) en función del peso del cebo (mg)....	31
2. Velocidad de transporte del cebo (mm/seg) en función del peso del cebo (mg).....	31
3. Tasa de transporte (mg*mm/s) en función del peso del cebo (mg)	32
4. Tasas de transporte total en función del peso del cebo.....	34
5. Cebos levantados y remanentes según la distancia a la que fueron colocados del camino para <i>Acromyrmex lundii</i>	35
6. Cebos levantados y remanentes según la distancia a la que fueron colocados del camino para <i>Acromyrmex heyeri</i>	36
7. Cebos levantados según la distancia a la que fueron colocados del camino para <i>Acromyrmex lundii</i> y <i>Acromyrmex heyeri</i>	37

1. INTRODUCCIÓN

Las hormigas son consideradas una de las plagas más problemáticas en los sistemas agroforestales en Sudamérica, en especial las hormigas cortadoras pertenecientes a la tribu *Attini*.

Los géneros que se destacan son *Atta* y *Acromyrmex*, los cuales están en mutualismo obligatorio con un hongo simbiótico. Este hongo utiliza como sustrato varias especies vegetales, que son recolectadas por las hormigas. Tanto el hongo como las hormigas se benefician de este mutualismo. Las hormigas aseguran la alimentación de la colonia, en especial de las larvas, en tanto que el hongo tendrá sustrato y protección para poder desarrollarse (Weber, 1972).

Se considera que el éxito de las hormigas en diversos entornos se debe a su organización social, lo que le permite la optimización de las tareas, entre ellas la cría de las larvas o el forrajeo.

El forrajeo es una actividad compleja que consta de una secuencia ordenada de pasos. Se comienza con la identificación de la fuente de alimento, considerando que las hormigas son herbívoros polívoros capaces de utilizar entre el 50% y el 80% de las especies de plantas disponibles, provenientes de diversas comunidades vegetales (Wirth et al., 2003). A pesar de ello, se debe tener en cuenta que las hormigas seleccionan el material que cosechan. Dicha selección se basa en características físicas y químicas de las plantas, mostrando una marcada preferencia por ciertas especies de plantas, plantas individuales dentro de una especie e incluso hojas dentro de una misma planta (Hubbell y Wiermer 1983, Howard 1987, 1990, Nichols-Orians y Schultz 1990, Meyer et al. 2006).

La velocidad con que se realiza la recolección va a depender del tamaño del fragmento de material vegetal. Las obreras que identifican la fuente de alimento van a transmitir la información rápidamente al resto de las obreras para comenzar con la recolección y asegurar la fuente del recurso. Esto influye en que la velocidad de las obreras, dependerá del tamaño y peso del fragmento. Siendo más eficiente pequeños fragmentos, pudiendo retornar rápidamente a la fuente del recurso (Roces y Nuñez, 1993). La distancia entre el nido y la fuente de recurso también puede influenciar el tamaño de fragmento que cargan, ya que las obreras destinadas a tramos cortos cortan tamaños menores que las obreras que más lejos del nido van a recolectar (Roces, 1990).

Las hormigas cortadoras son herbívoros polívoros, lo que lleva a que utilicen diversas especies vegetales. Esto afecta directamente a plantaciones de

Pinus y *Eucalyptus*, destacando a las hormigas cortadoras como una de las principales plagas, en especial en la etapa de post plantación y en la etapa de rebrote post tala rasa. Las empresas forestales destinan una proporción considerable del costo de plantación al control químico de las hormigas cortadoras. Este control es realizado de forma sistemática, a través de cebos granulados básicamente, cuyos principios activos son el fipronil y la sulfuramida. Los controles deben realizarse en la época del año donde sea efectivo, el cual debe coincidir con el período de mayor vulnerabilidad del ciclo biológico de las hormigas. La mejor época para realizar el control es durante la primavera, para evitar la realización de los vuelos nupciales.

Las empresas forestales certificadas por FSC (Forest Stewardship Council) tienen que reducir progresivamente las cantidades de dichos principios activos al mínimo necesario para un eficaz control (Mariane, 2013). Lo que implica aumentar la eficacia del control sistemático a campo.

Por lo tanto, en el presente trabajo se plantea indagar en los factores que afectan la efectividad del control sistemático de hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*.

La efectividad del control sistemático se fundamenta principalmente en dos factores, probabilidad de que las hormigas encuentren los cebos a una determinada distancia del camino y la cantidad de cebos que logren transportar en un período (día) de forrajeo.

La probabilidad de encontrar el cebo depende tanto de la atractividad del cebo, como del efecto negativo de la distancia de aplicación de los cebos con respecto al camino. En lo que refiere a la atractividad, el cebo que está hecho con pulpa de naranja resulta atractivo para las hormigas cortadoras. Sin embargo, el efecto negativo de la distancia de aplicación de los cebos respecto al camino, genera dificultades para que las hormigas puedan encontrar dicho cebo. Este paso es importante, ya que permite su posterior transporte. Si las hormigas no encuentran el cebo, no podrán transportarlo a la colonia, por lo que no habrá ingreso de ingrediente activo a la misma para su eliminación, repercutiendo de forma negativa en la efectividad del control sistemático.

En referencia a la cantidad de cebos que las obreras cargan en un período (día) de forrajeo, este condiciona la cantidad de principio activo que ingresa a la colonia. El cebo debe mantener una concentración fija de ingrediente activo no muy alta, de 0,3 %, debido a que no puede matar la hormiga antes que llegue a la colonia, ya que es allí, donde comienza a actuar sobre otras hormigas a través de trofalaxia. El peso promedio de cada cebo es de 13 mg (Bellucci y

Pintos, 2014), se requiere que ingresen un total de 10 gramos por nido para realizar dicho control, lo que implica que las obreras deben transportar 800 cebos para eliminar la colonia. Transcurridas 24 horas los cebos comienzan a desgranarse por las condiciones ambientales (humedad, lluvias, etc.) a las que se vería expuesto, quedando fragmentos más pequeños del mismo, lo que provoca que en lugar de cargar 800 cebos, las obreras deban realizar más viajes aún para ingresar la misma cantidad de ingrediente activo a la colonia.

Lo ideal sería disminuir el número de cebos que la colonia debería transportar en 24 horas para ser eliminada. Sin embargo, se debe tomar en cuenta el efecto negativo que tiene el peso sobre la velocidad de transporte. Se debe encontrar un peso de cebo en el cual se aumente el ingreso de ingrediente activo a la colonia sin disminuir la velocidad de transporte.

Se busca en este caso aumentar la cantidad de ingrediente activo que tiene cada cebo, ya que generaría el ingreso de ingrediente activo a la colonia en menos cebos, propiciando un aumento en la efectividad del control sistemático, debido a que tendrían que transportar una menor cantidad de cebos para el ingreso del principio activo necesario para la eliminación de la colonia.

Dentro de los factores ya mencionados, se plantea, en primer lugar, evaluar si existe un efecto negativo de la distancia de aplicación del cebo respecto al camino en la probabilidad de que las obreras encuentren el cebo. Y segundo, se pretende determinar el peso óptimo del cebo que maximice el ingreso de ingrediente activo a la colonia.

Para el estudio del efecto de la distancia de colocación de los cebos con respecto al camino, se plantea realizar un procedimiento que consiste en colocar los cebos a distintas distancias del camino, para determinar el efecto de la distancia en el porcentaje de cebos levantado por las obreras.

En lo que refiere al peso del cebo que maximice el ingreso de ingrediente activo a la colonia, se plantea encontrar el peso óptimo de cebo que permita el ingreso de una mayor cantidad de ingrediente activo en un número menor de cebos. Para ello se estudiará la tasa neta de transporte de cebos, que refiere al peso transportado por unidad de tiempo, en función del peso de éste, cuando las hormigas lo transportan hacia la colonia.

1.1 OBJETIVOS

Determinar el peso óptimo de los cebos que maximizaría el ingreso de ingrediente activo a la colonia en hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*.

Evaluar el efecto de la distancia de aplicación respecto al camino de forrajeo en la probabilidad de encontrar y recolectar los cebos por parte de hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. FORESTACIÓN EN URUGUAY

El sector forestal en Uruguay comienza a fines del siglo XIX con pequeñas plantaciones en predios ganaderos con el fin de abrigo para el ganado y extracción de madera para diversos fines, esto se mantiene sin cambios hasta la década del 70 donde en Rivera se realizan las primeras plantaciones a mayor escala con fines comerciales. Es en el año 1987, a partir de la segunda ley forestal, donde comienza la fuerte expansión del sector, desarrollándose una cultura forestal con la plantación de especies de rápido crecimiento con fines industriales y comerciales. Además, se promueve la protección del bosque nativo, el cual comienza gradualmente a recuperar la superficie que había perdido. El sector fue adquiriendo mayor importancia con el paso del tiempo debido a los beneficios fiscales que se le otorgaron, esto promovió una rápida inclusión en zonas de baja productividad para sectores ganaderos y agrícolas. El aumento de superficie atrajo capitales externos que deciden invertir en el rubro tanto en fase primaria como en fase industrial, convirtiéndolo en el tercero a nivel exportaciones en los últimos años.

Hoy en día el área plantada es de 960.000 de hectáreas, de las cuales 25 % son del género *Pinus*, dominando el *P. taeda*, y 75 % del género *Eucalyptus*, con varias especies como *E. grandis*, *E. globulus*, *E. dunnii*, *E. maidenii*, *E. tereticornis*, entre otras (Pou, 2015).

Las distintas actividades realizadas en cada fase de la plantación determinan el futuro del monte y la supervivencia del mismo, en especial en el primer año de establecimiento. En la instalación de una plantación forestal, los plantines necesitan establecerse en los primeros meses, claves para su supervivencia, que puede estar afectada por tres causas principales; heladas, déficit hídrico severo y hormigas.

2.2. PLAGAS

Una de las causas de la fuerte expansión de la forestación en el país, es que las especies implantadas se adaptaron bien al medio y presentaron inicialmente buenos comportamientos sanitarios asociados a buenos rendimientos. Sin embargo, el incremento del área forestada y la apertura de nuestras fronteras al tránsito de productos forestales han generado un aumento de los problemas sanitarios del país, como resultado de la introducción y establecimiento de nuevas especies.

Se pueden encontrar diversas plagas, las mismas están dispersas en tiempo y espacio, dependiendo del órgano del árbol al que atacan, así como en la edad que provocan daños significativos. Para su mejor identificación, estudio y control se las divide en gremios y a saber:

-Picosuctores; atacan hojas y brotes nuevos, absorben los nutrientes de las hojas provocando la muerte de tejido y reducción de actividad fotosintética del árbol.

-Agalladores; provocan agallas en hojas, brotes y raíces.

-Xilófagos; atacan el tronco y ramas principales afectando el xilema, haciendo galerías que reducen la calidad de la madera, e incluso pueden ser entrada para otras enfermedades que pueden eventualmente matar al árbol.

-Floeofagos; al igual que los xilófagos, este gremio de insectos afecta al tronco del árbol, pero al floema. También dañan la calidad de la madera, y pueden matar al árbol tanto por los mismos insectos, como por entrada de otras enfermedades.

- Insectos que atacan madera elaborada; insectos que atacan la madera ya cortada, que está almacenada en campo, como en patios de plantas industriales. Pueden degradar la estructura de la madera en plazos muy largos, lo que afecta la estructura de la madera con el paso del tiempo.

-Defoliadores; a este gremio pertenecen insectos que atacan las hojas, defoliando el árbol, afectando la fotosíntesis y procesos metabólicos, que ocurriendo a edad temprana pueden llevarlo a la muerte. En este gremio encontramos a las hormigas cortadoras, las cuales son el objetivo de estudio de este trabajo.

2.3. HORMIGAS

2.3.1. Biología

Las hormigas pertenecen al orden *Hymenoptera*, suborden *Apocrita*, superfamilia *Formicoideae* y familia *Formicidae*. Estas presentan al menos 3 castas, machos (alados), reinas (aladas o ápteras) y obreras (ápteras).

Los machos alados y las hembras aladas sólo aparecen en determinadas épocas del año para realizar el vuelo nupcial para la formación de un nuevo nido. El vuelo nupcial en especies del género *Acromyrmex* es realizado en primavera, bajo condiciones meteorológicas que estimulen la abertura de los orificios de salida de los mismos.

El vuelo nupcial es el que da inicio a la formación de una nueva colonia, las hembras aladas vírgenes parten del nido de origen y son fecundadas por uno o más machos. Las hembras fecundadas, ahora llamadas reinas, parten con un conjunto de hifas del hongo simbionte del nido, que será utilizado como inóculo inicial en la formación de la futura honguera. A su vez se desprenden de sus alas y después buscan un sitio para establecer la nueva colonia. Generalmente forman nidos realizando excavaciones en el suelo, asociadas a troncos y piedras o en cavidades de plantas.

Luego de instalada y que las paredes del nuevo nido han sido alisadas, expulsa el micelio de hongo simbionte, el cual es cultivado con el agregado de excrementos y huevos triturados. Durante este tiempo la hembra se mantiene con sus propias reservas; músculos alares, tejido adiposo y se alimenta de un porcentaje de huevos que ella misma ovipone.

Transcurridos 5 a 7 días comienza la puesta de los primeros huevos que tendrán emergencia como larvas a los 15-20 días. Estas son alimentadas por la madre hasta que se transformen en pupas. Finalmente, pasados 10-15 días emergen las primeras obreras en un bajo número. Éstas son las encargadas de ayudar a la reina a cultivar el hongo y criar la nueva descendencia. El ciclo completo dura entre 33 a 39 días.

Dentro de los hormigueros también se encuentran las castas permanentes, a las que pertenecen las reinas y las obreras ápteras encargadas de las distintas tareas de la colonia. Las obreras presentan un marcado polimorfismo en su tamaño, que deriva a su vez en una división de tareas acorde al mismo. En un funcionamiento normal de la colonia, las más pequeñas se dedican a elaborar la papilla para cultivar el hongo, cuidar las crías y alimentarlas. Las medianas se ven abocadas al arreglo del nido. Finalmente, las mayores son

las que se ocupan de cortar y transportar los restos vegetales, arreglar el nido en el exterior y defender la colonia.

La actividad de las obreras se ve afectada por diversos factores, siendo los principales; temperatura, lluvia y viento. Es por eso que existe un contraste en los momentos en los que se trabaja durante el invierno y el verano, siendo el día durante el invierno para no verse afectadas por el frío y durante la noche en los meses de verano por las altas temperaturas presentes durante el día.

2.3.2. Especies

Se estima que hay entre mil billones (10^{15}) y diez mil billones (10^{16}) de hormigas viviendo sobre la Tierra (Brusca y Brusca, 2005). Están divididas en 13.000 especies descritas, pero se presume que pueden ser más de 22.000 (Schultz, 2000).

La principal diferencia entre hormigas denominadas cortadoras y las no cortadoras es la presencia de espinas en el tórax de las obreras. Los géneros más significativos para la realidad forestal uruguaya están ubicados dentro de la tribu *Attini*, estos son *Aromyrmex* y *Atta*. El género *Acromyrmex* posee 11 especies, en tanto que el género *Atta* cuenta con dos especies.

A su vez para diferenciar ambos géneros se deben contabilizar las espinas que poseen en el tórax, *Acromyrmex* posee cuatro espinas y *Atta* tiene tres. En relación al género *Acromyrmex*, y particularmente en las especies *A. heyeri* y *A. lundii*, existen varias formas de diferenciarlas. Una de las más rápidas es observar el color de las mismas, *A. lundii* es de color negro (figura 1), en tanto que *A. heyeri* es de color rojo. También se puede observar el nido para diferenciarlas, siendo superficial con un túmulo de paja y ramillas el de *A. heyeri*, mientras que el de *A. lundii* es subterráneo y sólo construye túmulos cuando se ubican en la base de un árbol.

Figura 1. Obrera de *Acromyrmex lundii*. Nótese el color negro y la presencia de 4 espinas en el tórax. ^a

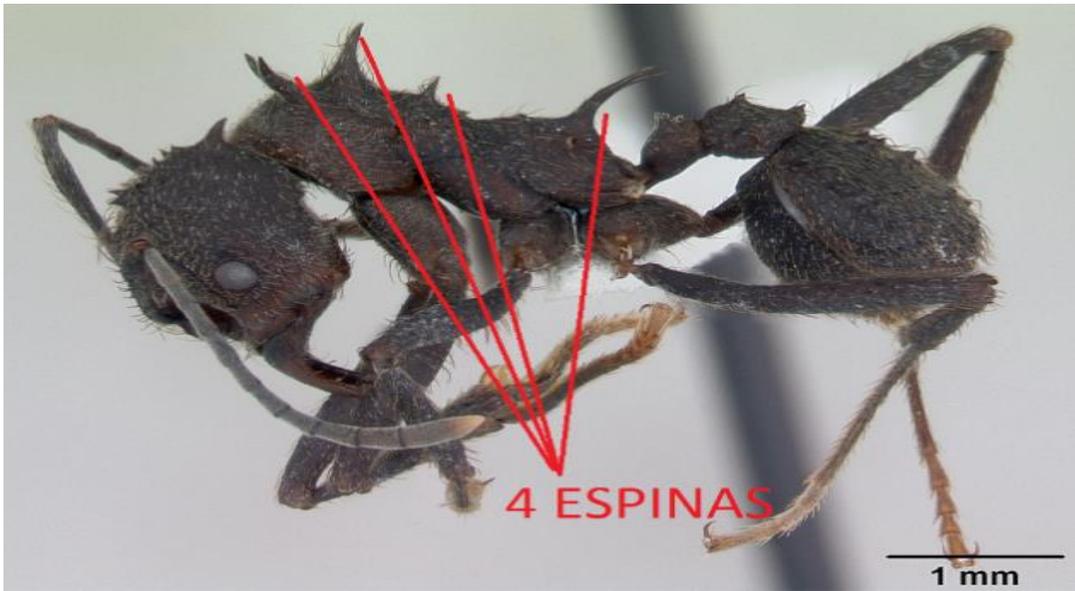


Figura 2. Obrera de *Acromyrmex heyeri*. Nótese el color rojizo y la presencia de 3 espinas en el tórax. ^b



Fuente: modificado de Nobile (2002^a, 2002^b).

2.3.3. Forrajeo

El forrajeo es la actividad principal que realizan las hormigas de la tribu *Attini* para cultivar el hongo simbiótico, que es utilizado posteriormente como alimento principal de las larvas (Webber, 1966). Son consideradas uno de los grupos más importantes de herbívoros de los trópicos y subtrópicos (Cherret 1972, Hubbel et al. 1983, Howard 1987, Rockwood y Hubbel 1987).

Por forrajeo nos referimos a la forma de alimentarse de un organismo, es decir la búsqueda y posterior recolección de alimento en la naturaleza, de una manera eficiente, para asegurar su supervivencia y reproducción.

En el caso de las hormigas se pueden observar dos tipos de forrajeo, el de las inferiores (*Cyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mycocepurus*, y *Myrmicocrypta*) y el de las superiores (*Atta* y *Acromyrmex*). Esta división se basa en dos factores, el tipo de sustrato que utilizan para cultivar el hongo y la distancia a la cual obtienen ese sustrato. En el caso de las hormigas inferiores el mismo se basa en heces, cadáveres de insectos y material vegetal principalmente, se manejan en una distancia próxima al nido, en el entorno de uno a dos metros. Por otra parte, tenemos a las hormigas superiores que aumentan su distancia de búsqueda a varios metros, decenas e inclusive centenas de metros del nido, teniendo como objetivo principalmente el material vegetal. La diferencia observada en las distancias abarcadas por ambas clases se debe fundamentalmente al tamaño de las obreras y en consecuencia al tamaño del nido, cuanto más grande es el mismo, mayor distancia abarcan (Leal y Olivera, 2000).

Ingresando en los géneros más estudiados, las hormigas cortadoras pertenecientes a *Atta* y *Acromyrmex*, existen varios pasos en el proceso de forrajeo. Éste involucra la selección de la planta, el reclutamiento de las obreras, el corte del material vegetal y finalmente su transporte hacia el nido. Existen diversos factores que pueden afectar al forrajeo, éstos pueden ser bióticos o abióticos. Dentro de los bióticos se pueden observar la abundancia de obreras y el tamaño de la colonia (Hölldobler y Wilson, 1990), así como el estado reproductivo y los requerimientos nutricionales de la colonia (Lewis et al., 1974). En tanto que dentro de los factores abióticos se encuentran las temperaturas del aire y suelo (Pilati y Quirán 1996, Claver 2000) con una importancia relevante, acompañada por la humedad relativa del ambiente, la intensidad de la luz y la presión atmosférica (Lewis et al., 1974).

En lo que refiere al proceso de forrajeo, comienza con la selección de la planta, en este paso los parámetros físicos y químicos de la misma, forman parte de la aceptación o no por parte de las hormigas (Foles y Stiles, 1980). Aspectos

como la presencia de tricomas y látex generan un rechazo por parte de las hormigas a ese material (Stradling, 1978), así como un bajo contenido de agua. Las hormigas en general tienden a preferir las partes tiernas de las plantas (Cherret, 1972).

Luego de la selección del alimento, a cargo de una hormiga exploradora, le sigue el reclutamiento de otras obreras a través de señales químicas, estableciendo caminos con feromonas. Durante el proceso de reclutamiento las obreras exploradoras transmiten información acerca de la calidad y localización del alimento encontrado a las obreras reclutadas (Roces, 1994, 2002).

En *Acromyrmex lundii*, la velocidad de las obreras reclutadas, el tamaño de carga y la velocidad con la que marcan el camino depende de la calidad del alimento (Roces y Núñez, 1993). Las obreras reclutadas cortan fragmentos más chicos, depositan más feromonas y caminan más rápido hacia el nido cuando el alimento es de alta calidad, esto tiene como objetivo el reclutamiento de nuevas obreras para transportar más material vegetal al nido (Roces y Núñez, 1993).

En lo que tiene que ver con el corte del material vegetal a transportar, ha sido demostrado que la relación entre el tamaño de material vegetal cortado y el tamaño de la hormiga tienen una correlación positiva tanto en el género *Atta* (Wetterer 1990b, Burd 2000), como en el género *Acromyrmex* (Roces y Núñez 1993, Quirán y Steibel 2001). Esto tiene que ver con la forma de corte que tienen las hormigas, estableciendo sus patas posteriores en el borde de la hoja para luego trazar, girar y ejecutar el corte, manejando una forma geométrica, de tal manera que el corte se ve limitado por el alcance de la obrera, es decir por su tamaño (Webber, 1972). El tamaño de carga también puede verse afectado por otros factores como pueden ser la densidad, espesor y dureza de la hoja del material seleccionado, así como la familiaridad que se tenga con el mismo y la distancia a la que este del nido (Nicholas-Orians y Shults 1989, Roces 1990).

Durante el proceso de forrajeo puede existir una división de tareas para maximizar la eficiencia y disminuir el desgaste de las hormigas. Debido a que el proceso de corte es más desgastante, es común que este sea llevado a cabo por las hormigas de mayor tamaño, siendo las de menor tamaño las encargadas de transportar el fragmento (Fowler y Robinson 1979, Roces y Lighton 1995, Röschard y Roces 2003b). Esto puede ocurrir dependiendo de la distancia que haya del nido al sitio de forrajeo, generalmente si se trata de distancias cortas, la obrera que corta también se encarga de transportar la carga. Si son distancias muy largas, puede establecerse un transporte en cadena, directo, pasándose el fragmento de hormiga a hormiga, o indirecto si transportan una distancia y lo

dejan en el camino para que lo recoja otra obrera (Lopes et al. 2003, Röschard y Roces 2003a).

Uno de los fenómenos que puede ocurrir durante el forrajeo es el rechazo de un material, que si bien fue aceptado inicialmente, luego de transcurridas varias horas puede ser rechazado, durante semanas e incluso meses (Ridley et al. 1996, Herz et al. 2008, Saversheck et al. 2010). Esto tiene que ver con una señal química transmitida por el hongo (Ridley et al., 1996) hacia las obreras menores que lo cultivan, que posteriormente transmiten hacia las mayores que son las encargadas del forrajeo, cesando así el trabajo con ese material (North et al., 1999).

2.4. DAÑOS

Las hormigas cortadoras pertenecientes a los géneros *Atta* y *Acromyrmex*, tienen esencialmente como sustrato al material vegetal fresco para cultivar al hongo del cual se alimentan, lo que las hace una plaga importante en la forestación, con una importancia mayúscula en este rubro y en varios otros cultivos establecidos por el hombre (Della Lucia et al., 2011). Refiriéndose a los daños que causan las hormigas, si bien estos pueden observarse tanto en árboles jóvenes como adultos, los mismos son considerablemente sensibles en los árboles jóvenes por su fragilidad, llegando a causar daños irreversibles (Hölldobler y Wilson 1990, Della Lucia et al. 2011). Las plantas pueden verse afectadas directa e indirectamente por los daños a causa del ataque de hormigas. Directamente por la reducción del área foliar del individuo, lo que reduce su capacidad de producción, e indirectamente, dejándolo susceptible al ataque de otros insectos o patógenos (Ferreira, 1989).

Las hormigas de los géneros *Atta* y *Acromyrmex* son consideradas las plagas más importantes para el rubro forestal, principalmente de *Eucalyptus* y *Pinus* debido a la intensidad y agresividad de los ataques (Della Lucia et al., 2011). En Brasil se han realizado estudios en los cuales se ha observado que árboles atacados por estas hormigas sufrieron un 32% de reducción en altura y un 25% de disminución en diámetro, lo que tuvo como consecuencia una reducción del 60% en la producción de madera (Della Lucia y Oliveira, 1993).

El alto daño que se observa en plantaciones monoespecíficas forestales se debe en gran parte a la demanda que tienen los hormigueros de estos géneros para su supervivencia. En el lapso de un año se necesitan 86 árboles de *Eucalyptus* o 161 de *Pinus* para abastecer con sustrato a un hormiguero adulto (Forti y Castellani Boaretto, 1997). El daño también se ve explicado por las

grandes áreas abarcadas por esas plantaciones monoespecíficas, lo que reduce el espectro de ataque, centrándolo en la especie plantada únicamente.

2.5. MÉTODOS DE CONTROL

Las hormigas cortadoras pueden ser controladas a través de métodos mecánicos, silvícolas, biológicos y químicos.

2.5.1. Control mecánico

La excavación de los nidos jóvenes y la captura de las reinas son formas efectivas de control de las hormigas cortadoras. Es recomendable la excavación sólo durante el tercer y cuarto mes después del vuelo nupcial, cuando las reinas están a unos 20 cm. de profundidad en el suelo (Della Lucia et al., 1993), donde la remoción de la reina provoca una crisis a nivel colonial que lo lleva a su muerte (Villacide y Corley, 2009).

"Barreras" es otro de los métodos más antiguos utilizados para el control de estas hormigas, pero sólo en pequeñas huertas (Moressi et al., 2007). Cinta de plástico recubierta con grasa, cilindros y tiras de aluminio, plástico o metal plástico se sujeta alrededor de los troncos (Justi et al., 1996). Sin embargo, se deben realizar inspecciones y reparaciones constantes para proteger los árboles.

2.5.2. Control cultural

El control silvícola hace referencia a prácticas culturales, como selección de especies resistentes, condiciones de los sitios de plantación o el diseño de la plantación. También, en sistemas donde se combinan con pasturas, existe un ambiente más diverso que contribuye a tener más oferta de forraje, lo que puede disminuir la presión sobre la plantación (Villacide y Corley, 2009).

Las hormigas cortadoras son polífitas, que utilizan diferentes especies de plantas como sustratos para su hongo simbiótico. Por lo tanto, el uso de material vegetal lejos de sus nidos reduce su impacto en los árboles. Es por esa razón que la rotación de cultivos, cultivos alternativos y diferentes fechas de siembra es aconsejable. Los fertilizantes fosfatados reducen el daño por hormigas cortadoras de hojas en las plantas de *Eucalyptus* en un 35% (Cabello et al., 1975).

El arado puede eliminar los nidos de hormigas en los primeros cuatro meses después del vuelo nupcial, cuando las reinas están a menos de 20 cm de profundidad bajo el suelo (Della Lucia et al., 1993). La preparación del suelo puede no ser suficiente para evitar daños a la planta por parte de las hormigas (Lapointe et al., 1990). Aun así, muchos productores forestales han adoptado la

práctica de labranza mínima, que consiste en reducir la preparación del suelo en toda la zona, lo que puede derivar en el aumento del número de nidos de hormigas cortadoras (Zanetti et al., 2003). Otro método investigado fue el uso de piedra caliza, ineficaz en el control de *Atta sexdens* (Schoederer et al., 2012).

Las plantas como el sésamo, algunas especies de gramíneas (Lapointe, 1993), de ricino (Hebling et al., 1993) y el boniato, pueden servir como alternativa de alimento o cultivo trampa con efectos deletéreos y repelente en las hormigas (Della Lucia et al., 1993). Algunas especies de plantas pueden ser tóxicas para las hormigas cortadoras y para su hongo simbiótico. Insecticidas, como β -eudesmol en hojas de *Eucalyptus*, pueden interferir con el comportamiento de las hormigas (Marsaro 2004, Marinho 2005, Marinho 2008).

El hongo simbionte actúa como un mediador de la nutrición de la hormiga por hidrólisis de los polisacáridos de plantas (Silva et al., 2003). Este hongo produce grandes cantidades de enzimas de las que las hormigas se alimentan y luego vuelve al jardín de hongos como líquido fecal, que a su vez digiere los tejidos de las plantas (Ronhede et al., 2004). Esta asociación es esencial para el hongo delinear los nutrientes de las plantas que las hormigas lleven a sus nidos (Silva et al., 2003). Hay productos naturales que pueden ser tóxicos para el hongo simbiótico *Leucoagaricus gongylophorus*, como se observa en los casos de *R. communis* (Euphorbiaceae), *Helietta puberula* (Rutaceae), *Simarouba* (Simaroubaceae) y *Canavalia ensiformis* (Fabaceae) (Bigi 2004, Almeida 2007, Peñaflor 2009, Valderrama 2009). Los cebos con extractos de plantas fueron efectivos en el campo como medida de control, deteniendo la actividad de las hormigas de 3 a 12 días desde la aplicación (Zanetti et al., 2008).

2.5.3. Control biológico

El control biológico consiste en la utilización de enemigos naturales de las hormigas. El control biológico natural se realiza a través de predadores, parasitoides y microorganismos patogénicos. Las aves silvestres y especies domésticas, principalmente insectívoras y omnívoras, son elementos importantes entre los enemigos naturales. La supresión del sotobosque es una práctica que afecta negativamente las poblaciones de aves y otros organismos benéficos, mientras que la presencia de vegetación natural en áreas de reserva, favorece el aumento y concentración de las poblaciones de aves, que luego se dispersan a las parcelas vecinas (Almeida et al., 1983). Entre los artrópodos, destacan como depredadores de hormigas cortadoras; arañas, ácaros, varias especies de escarabajos y hormigas depredadoras.

Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* fueron probados contra las hormigas cortadoras (Alves 1983, Loureiro 2005). Los cebos que contienen estos hongos patógenos dieron entre un 20% y 70% de eficiencia en el control de la especie *Acromyrmex* (Silva et al., 1995) y *A. sexdens* (Warumby et al., 1995). El aislado ENA04 de *M. anisopliae* fue encontrado más patogénico para los soldados de *Atta bisphaerica*, con un TL50 de 1,15 días, generando una mortalidad superior al 80% durante los tres primeros días de aplicación, y la alta producción de esporas en cadáveres de hormigas (Castilho et al., 2010). El insecticida Imidacloprid, en concentraciones muy bajas, aplicado con *B. bassiana*, puede cambiar el comportamiento de las hormigas y aumentar su susceptibilidad a este hongo (Galvanho et al., 2013).

El hongo *Paecilomyces farinosus* también fue eficaz contra *Atta sexdens*, con una mortalidad por encima del 80% durante los primeros cuatro días de la inoculación (Loureiro et al., 2005). Los hongos entomopatógenos combinados con dosis sub-letales del insecticida Imidacloprid causaron alta mortalidad en las hormigas (> 64%), lo que indica que este insecticida aumentó la susceptibilidad de las hormigas al hongo (Santos et al., 2007).

Si bien los resultados del control biológico en hormigas cortadoras de hojas han sido prometedores en condiciones de laboratorio, se deben superar algunos obstáculos. Uno de ellos es la brecha entre las altas tasas de eficiencia obtenidas en laboratorio y los discretos resultados obtenidos en el campo (Boaretto y Forti, 1997). Básicamente, no hay concordancia alguna entre la alta eficiencia de los agentes de control microbiano testeados en laboratorio y su eficiencia variable e irregular a campo. La dificultad en la obtención de datos más consistentes en condiciones de campo, puede estar relacionada con las estrategias de defensa de las hormigas (como la higiene del interior del nido), junto con su hongo mutualista, contra los parásitos y agentes patógenos. Igualmente, la mayor limitante en el control biológico es la gran capacidad que tienen las hormigas cortadoras, para detectar, defenderse y reponerse del ataque de los patógenos bajo condiciones naturales.

2.5.4. Control químico

El control químico se basa en la utilización de productos químicos como polvos, líquidos, gases, termonebulización o cebos para matar a las colonias, no siempre siendo efectivo debido a una mala aplicación, condiciones ambientales o condiciones de la colonia (Villacide y Corley, 2009).

Es el método más común utilizado para el control de hormigas cortadoras en las áreas forestales. El control inicial se debe hacer 45-60 días antes de la

preparación del suelo o antes de la cosecha. Las plántulas son muy susceptibles a las hormigas y es necesario un control completo de las colonias de esta plaga en el primer año de la plantación. La vigilancia debe ser realizada en el primer mes luego de la siembra o cuando aparecen los primeros brotes. A partir de entonces, el tratamiento debe seguir durante cuatro meses. Después de uno o dos años, los bosques llegan a la etapa de mantenimiento (Zanetti et al., 2002).

2.5.4.1. Polvos

Utilizados desde finales de los 50, los polvos contienen insecticidas, básicamente un principio activo con acción de contacto, junto al talco como inerte y vehículo de aplicación. La misma se realiza a través de plumeros, dispositivos manuales equipados con un contenedor cónico para el embalaje del producto.

Se considera prácticamente imposible que el producto llegue a todas las cámaras de un nido adulto, debido a su complejidad estructural, lo que es necesario, ya que los productos probados actúan por contacto. Tal complejidad estructural puede ser ejemplificada por los resultados obtenidos por Moreira (1996), el autor observó aproximadamente 8000 cámaras de hongos en colonia de *Atta laevigata*, excavadas a una profundidad 8 metros. Por lo tanto, algún efecto puede obtenerse sólo en el inicio del hormiguero. Además de esta fuerte limitación (la penetración del producto en la colonia), la necesidad de remover la tierra suelta 24-48 horas antes de la aplicación, en condición de suelo seco, constituyen desventajas de este tipo de formulación.

2.5.4.2. Líquidos

Los insecticidas líquidos eran menos conocidos y utilizados para controlar hormigas cortadoras, principalmente por la baja eficiencia de los productos ensayados, debido a la necesidad de que el producto entre en contacto con las hormigas, más allá de lo costoso de la perforación del nido, y las pérdidas de producto por absorción del suelo.¹

Entre los productos analizados, destacamos el aldrín, heptacloro y MM 33 (bromuro de metilo capturado por disolvente orgánico). Nakano et al. (1993) probaron el ingrediente activo N-metilditiocarbamato de sodio a una dosis de 60 ml/m² de tierra suelta para el control de *Atta* y *Acromyrmex*. Es un producto volátil en el suelo, que actúa como hormiguicida, fungicida, nematocida y herbicida. Los resultados de los autores citados que marcan una eficiencia del 100%, están en

¹ Forti, L. C.; Pretto, D. R. s.f. Control químico de hormigas cortadoras; pasado, presente y futuro (en prensa).

duda por la metodología y el pequeño número de colonias sometidas al tratamiento. En tanto, según Della Lucía y Vilela (1993), la cantidad de agua necesaria para la aplicación del producto puede descartar este método de control en grandes áreas y en tiempos de sequía.

2.5.4.3. Gases

Forma pionera en el control de hormigas cortadoras, a través de bromuro de metilo, comercializado en forma líquida, en envases listos para usar, eliminando el uso de equipos para su aplicación. Es un producto eficaz en el control de hormigas cortadoras, sin embargo costoso, ya que requiere mano de obra especializada para la aplicación, siendo altamente peligroso para el aplicador, su aplicación generalmente está restringida a situaciones que requieren la interrupción inmediata de la actividad de corte hojas por parte de las hormigas (Ángel et al., 1993). El bromuro de metilo es un fumigante permitido solo para el uso en hormigas, dada su toxicidad, hoy en día su uso está siendo cada vez más restringido.

2.5.4.4. Termonebulización

El método implica la pulverización, por intermedio de calor, de un hormiguicida transportado en diésel o aceite mineral, introducido a través de los exploradores, utilizándose equipos llamados termonebulizadores. La aplicación se realiza directamente en los orificios sobre el hormiguero, colocándose una manguera de escape y aguardando el reflujó del humo producido por la atomización.¹ El método tiene desventajas, tanto operativas como económicas, siendo el mantenimiento de los equipos una importante barrera para su viabilidad. La nebulización se destaca como un método eficaz para combatir grandes nidos de hormigas cortadoras de hojas y en grandes áreas de reforestación, donde el uso de cebos es económicamente inviable (Boaretto y Forti, 1997).

2.5.5. Cebos

Los cebos son la opción de control más efectiva en hormigas cortadoras. Además de ser prácticos y económicos, los mismos proporcionan mayor seguridad al operador, a su vez ayuda a dispensar la mano de obra y equipo especializado, permitiendo el tratamiento de nidos en zonas de difícil acceso (Loeck y Nakano, 1984).

Los cebos están compuestos por una mezcla, esencialmente entre el ingrediente activo (tóxico) junto con un sustrato atractivo, en forma de *pellets*. El insecticida se disuelve generalmente en aceite de soja y posteriormente es incorporado en el sustrato. La pulpa de cítricos secos es el sustrato más utilizado,

por su atractivo y eficacia, particularmente la derivada de la naranja. La pulpa de naranja es altamente atractiva para las hormigas que cortan preferentemente dicotiledóneas, a su vez es apropiado su uso como sustrato para el desarrollo del hongo simbiótico, presentando una leve acidez, alto contenido de carbohidratos, nitrógeno y una variedad de vitaminas y microelementos.

Las principales características que deben reunir dichos cebos son; insípido, inodoro, no volátil y fundamentalmente ser de acción lenta para permitir la intoxicación por trofalaxia generando en consecuencia la muerte de la colonia (INTA, 2011). La acción tóxica retrasada debe presentarse con una mortalidad menor al 15% en el primer día de aplicado y mayor al 85% después de 14 días de ofrecido. La acción lenta y progresiva del cebo es fundamental debido a que, si se producen alteraciones en el cultivo del hongo, las obreras aíslan el sector afectado para salvar al resto de la colonia.

En las colonias, los cebos son transportados y distribuidos de manera uniforme, al llegar a la cámara del hongo, se hidratan, fragmentan y finalmente son incorporados. La incorporación de los fragmentos se produce en el jardín de hongos (período de 6 a 18 horas después de la oferta de cebo). En los procesos de limpieza, hidratación e incorporación de gránulos, del 50% al 70% de las obreras se contaminan (Forti et al. 1993, Pretto 1996). Transcurridos tres días, se registran ceses en la alimentación, así como mortalidad de obreras y otras hormigas. Después del cuarto día, se ha desorganizado la colonia, a pesar de que la reina puede sobrevivir hasta 40 días.

2.5.5.1. Localizado y sistemático

Existen dos estrategias en lo que refiere al control de hormigas mediante el uso de cebos, el control localizado y por otra parte el sistemático. En primer lugar, refiriéndose al control localizado, se presenta como estrategia la búsqueda de hormigueros en la zona de plantación, para depositar los cebos a 30 cm del orificio de entrada del mismo, evitando entorpecer el tránsito de las hormigas y que lo marquen simplemente como estorbo. Si bien este método asegura que la hormiga encuentre el cebo, no es muy atractivo para utilizar por parte de las empresas, debido a la alta demanda de mano de obra que implica la búsqueda de los hormigueros, aumentando los costos, lo que lo hace económicamente inviable en grandes extensiones, como lo son las áreas bajo forestación. En cambio, la aplicación sistemática no genera esos costos elevados, por lo tanto, es la más utilizada.

En tanto que la segunda estrategia, control sistemático, refiere a un control que requiere menos mano de obra, ya que la búsqueda de cada uno de

los hormigueros no es necesaria, sino que se apunta a una aplicación precisamente sistemática, distribuyendo los cebos en distancias equidistantes para ser encontrados luego por las hormigas y trasladarlas al nido. Generalmente ninguna de estas opciones es utilizada de forma independiente, sino que se busca la complementación de las mismas, buscando así una mayor eficiencia del uso del recurso, así como del traslado del mismo al nido, dependiendo de la etapa en la que se encuentre el rodal y la plantación.

En Uruguay existen distintas estrategias de uso dependiendo de la zona que esté en estudio. Por ejemplo, en la zona Litoral se apunta primeramente a un control sistemático en los bordes del rodal antes de la plantación, con el objetivo de alcanzar el 80 % de los hormigueros establecidos, luego durante la plantación, se busca controlar el 20 % restante mediante una estrategia de manejo localizado, es decir estableciendo los cebos en cada nido que se divise. Es una excepción lo que ocurre en la zona Centro y Sierras, ya que aquí se utiliza la estrategia de control sistemático en la implantación únicamente, esta estrategia se ve acompañada a su vez, con la disyuntiva de desarrollar una táctica para decidir en qué casos es necesario controlar o no, dependiendo de la cantidad de hormigueros y del daño asociado que posean.²

La eficiencia del control sistemático se fundamenta principalmente en la capacidad que tienen las hormigas de encontrar los cebos, es decir que probabilidad existe que las obreras de la colonia encuentren los cebos a una determinada distancia del camino, para así cargarlo hacia la colonia y generar el ingreso de ingrediente activo a la misma, favoreciendo su eliminación.

2.6 HIPÓTESIS

La efectividad del control sistemático se ve afectada negativamente por i) la distancia a la que los cebos son colocados respecto al camino, ya que la probabilidad de encontrarlos por parte de las obreras disminuye con ésta y ii) así mismo porque el peso de los cebos no maximizaría el ingreso de ingrediente activo a la colonia.

² Bollazzi, M. 2014. Insectos defoliadores; teórico. In: Curso Protección Forestal. Montevideo, Uruguay. s.p. (sin publicar)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en laboratorio y a campo. En la instancia llevada a cabo en el laboratorio, se determinó cual sería el peso de cebo que maximizaría el ingreso de ingrediente activo a la colonia. En tanto que, en la etapa a campo, se evaluó la probabilidad de que las obreras levanten el cebo en función de la distancia de aplicación respecto al camino.

3.1. MAXIMIZACIÓN DE LA TASA DE TRANSPORTE CON CEBOS DE DIFERENTE PESO

Esta etapa fue llevada a cabo en el laboratorio, la misma consistió en medir la tasa de transporte de cebos de distinto peso por parte de las hormigas. La tasa de transporte se mide en $\text{mg} \cdot \text{mm/s}$. Indica la cantidad de material transportado (mg) a una velocidad de desplazamiento dada (mm/s) representando la masa desplazada por unidad de tiempo. Para determinar la tasa de transporte se midió la velocidad de transporte de cebos de diferente peso mientras las obreras lo transportaban por un tramo de camino marcado.

También se calculó la tasa de transporte total. Este parámetro es más complejo, ya que permite un análisis más extenso de los diversos factores que interactúan en el estudio. En este caso está involucrado el peso del cebo al igual que en el cálculo de la tasa de transporte, pero en lugar de la velocidad de transporte del cebo, se utiliza la velocidad total para el cálculo. La velocidad total abarca además del tiempo que demora la hormiga en recorrer los 30 cm con el cebo, el tiempo de *pick up*. El tiempo de *pick up*, o de levantamiento, refiere al tiempo que transcurre entre la colocación de los cebos, y el levantamiento del primer cebo por parte de una hormiga, este dato fue relevado para cada peso de cebo, generando un resultado promedio para cada uno de ellos. La relación de estas variables genera un resultado que abarca todo el proceso en el transporte del cebo, permitiendo un estudio integrado del mismo.

Para la determinación de la tasa de transporte se utilizaron tres colonias de *A. lundí* de 4 años de edad, criadas en laboratorio. Todos los pesos de cebo utilizados fueron ofrecidos a cada una de las colonias.

Para la realización de los experimentos se diseñó un hormiguero artificial formado por un contenedor donde se encontraba la colonia (figura 3) y una arena de forrajeo (figura 4). El contenedor de la colonia estaba conectado a la arena de forrajeo por un puente por el cual forrajeaban las obreras. Entre el contenedor de la colonia y la arena de forrajeo se colocó un puente realizado con una lámina de

aluminio, a la cual se le adhirió una superficie rugosa para facilitar el movimiento de las hormigas sobre el mismo, con un ancho de 3 cm, para generar un desplazamiento en línea recta de las hormigas y evitar inconvenientes con la medida. También se le realizaron marcas cada 10 cm, para divisar fácilmente la medida de 30 cm utilizada posteriormente.

En un extremo del sistema estaba colocado el hormiguero y en el otro se colocaba en primer lugar hojas para atraer a las hormigas, esto durante una hora aproximadamente hasta generar un tránsito continuo de hormigas para forrajear. Establecido un camino activo entre ambos contenedores, se procedió a la colocación en una plataforma anexa al puente de aluminio, los cebos a trasladar por parte de las hormigas (figura 5).

Figura 3. Colonia de *A. lundí* en contenedor.

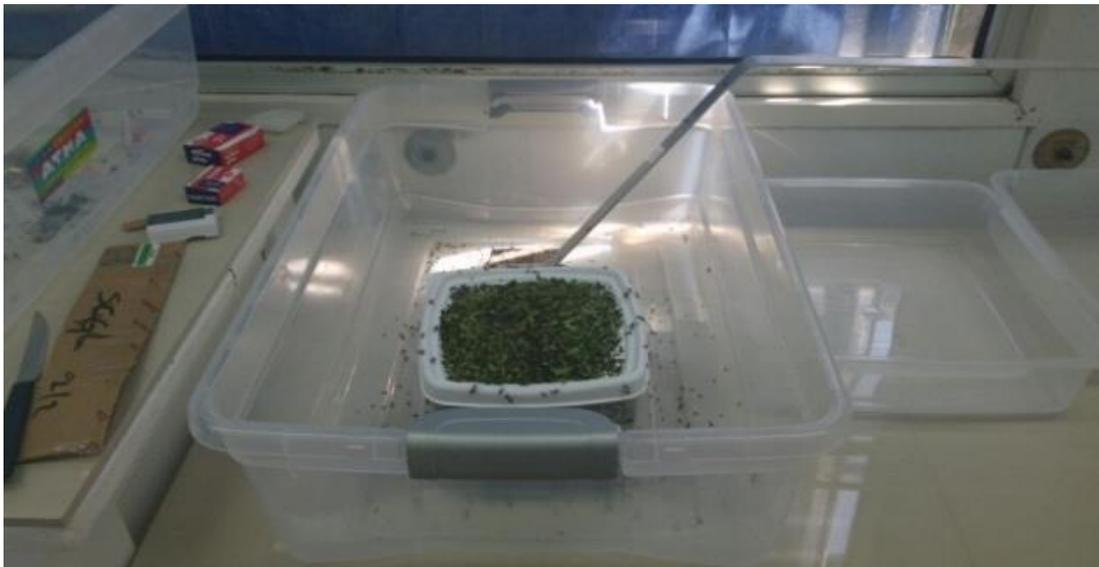


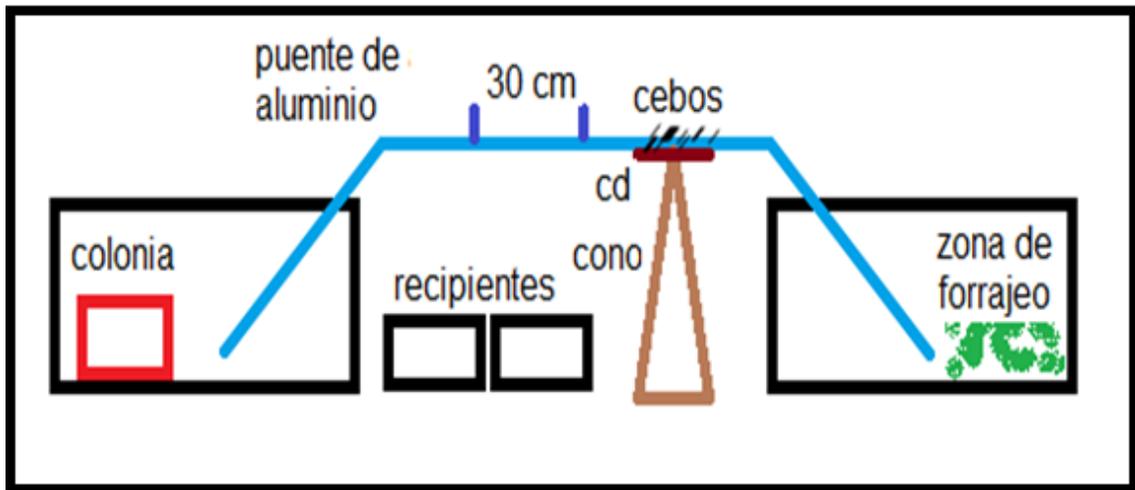
Figura 4. Arena de forrajeo con hojas para atraer obreras de la especie *A. lundii*.



Los cebos fueron realizados con pajitas de beber, así como con cables huecos. Antes de ser usados, se colocaron en un frasco con avena durante 15 minutos, para generar la atracción de las hormigas. Se colocaron 20 cebos de 5 pesos distintos, múltiplos del cebo comercial (13mg), es decir 2, 4, 6, 8 y 10 veces más grandes que el comercial, esta información fue relevada en los tres nidos, independiente una de la otra, finalizado el primer nido se procedía a repetir con el segundo y finalmente con el tercero.

Luego de que una hormiga levantaba el cebo, se le registraba el tiempo que tardaba en recorrer 30 cm cargando el mismo, sin molestias de otras hormigas entorpeciendo el traslado, en tal caso, se debía descartar la medida. Se realizaron 20 repeticiones, registrando el tiempo de transporte de 20 hormigas para cada peso de cebo. Tanto la hormiga como el cebo se depositaron en un frasco para su posterior colocación en el freezer, luego de transcurridas 24 horas, se realizó el pesaje de ambos por separado con ayuda de una balanza de precisión, anotando el valor en la planilla correspondiente al tiempo de esa hormiga.

Figura 5. Colonia de laboratorio utilizada para la realización de los experimentos de determinación de la Tasa de Transporte. Detalles en el texto.



Los materiales utilizados en esta instancia fueron (figura 6): contenedores para la colonia, depósito de hojas para forrajeo y recolección de hormigas que cayeran del puente, lámina de aluminio con un ancho de 3 cm y 1 metro de largo para elaborar un puente entre ambos contenedores, frascos para el manejo de cebos y acondicionamiento posterior de hormiga y cebo levantado en freezer, cronómetro para relevar el tiempo, avena para acondicionar los cebos, cono de tránsito y un cd para elaborar la plataforma, hojas ubicadas en el contenedor al otro extremo del nido para atraer a las hormigas, balanza de precisión para pesar cebo y hormiga, y finalmente planillas para registrar los datos relevados, tanto tiempo de cada hormiga así como peso de la misma y del cebo.

Figura 6. Sistema montado con obreras de *A. lundii* forrajeando y materiales de trabajo.



3.2. EFECTO DE LA DISTANCIA DE APLICACIÓN EN LA PROBABILIDAD DE ENCONTRAR Y TRANSPORTAR EL CEBO

En esta instancia del trabajo se identificaron 15 hormigueros al azar de cada una de las especies de interés (*Acromyrmex lundii* y *A. heyeri*), en el Parque Zoológico Lecocq, ubicado en la Avenida Luis Batlle Berres, km 19,500. La identificación de los hormigueros de interés a campo se llevó a cabo mediante la observación de características anatómicas de la hormiga, observables a simple vista. Principalmente se basó en la distinción primaria de las hormigas cortadoras del género *Acromyrmex* por presentar espinas en el tórax, luego de observada esta característica, se procedió a la identificación por especie, basada en el color del insecto y en el nido, siendo rojas las pertenecientes a las obreras de *A. heyeri* con un nido superficial (figura 7) y negras las que pertenecen a *A. lundii*, que poseen nidos subterráneos (figura 8). Para ubicar los nidos se trabajó con puntos georreferenciados.

Figura 7. Nido de *A. heyeri*.



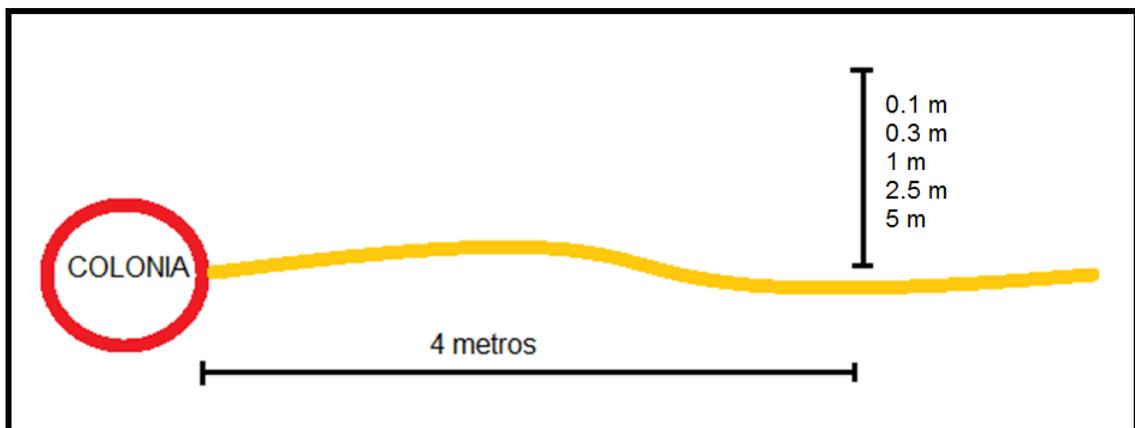
Figura 8. Nido de *A. lundii*.



En cada hormiguero se seleccionaron caminos libres de vegetación para favorecer la visual, tanto de las hormigas como de los cebos, también se priorizó al momento de seleccionar los caminos que los mismos estén activos, es decir que no estén con un bajo número de hormigas utilizándolo.

Posteriormente se procedió a la colocación de los cebos a distintas distancias del camino. En primer lugar, se midió sobre el camino una distancia de 4 metros desde el nido, para impedir que exista interacción de los cebos con el mismo, y estén relacionados al hormiguero estrictamente por el camino, luego desde ese punto del camino, de forma perpendicular al mismo, se midieron 5 distancias que fueron las evaluadas; 10 cm, 30 cm, 1 m, 2.5 m y 5m (figura 9). Como distancia máxima para colocar los cebos, se estableció un valor de 5 metros. Este valor fue elegido debido al método de aplicación del control sistemático, que consiste en generar una grilla al azar de cuadros de 10 m x 10 m, lo que quiere decir que la distancia máxima entre el camino y el punto donde se colocan los cebos, será la mitad de la distancia entre los dos puntos de colocación de cebos, 5 metros.

Figura 9. Esquema de medidas de trabajo a campo.



Este procedimiento se realizó en los 30 nidos, 15 de cada especie. Es necesario aclarar que cada distancia se debía medir independientemente de las otras, utilizando una distancia por hormiguero en cada visita.

Se colocaron 20 cebos en cada nido, para cada distancia, y luego se contabilizó el número de cebos que las hormigas no trasladaron hacia el nido, los mismos eran descartados y para la siguiente distancia se utilizaban 20 nuevos. Para facilitar la ubicación de los mismos al momento de relevar datos, se dejaba una estaca con una bandera azul visible (figura 10).

Figura 10. Distancia de cebos y marca para facilitar visualización de los mismos a campo.



Los cebos fueron hechos con pajitas de beber de un largo aproximado de 5 mm, con pulpa de naranja para atraer las hormigas, el peso de los mismos no era importante en este caso ya que lo que se evaluó fue la probabilidad de que sean encontrados por las obreras dependiendo de la distancia de aplicación respecto al camino.

Entre la colocación de los cebos y el relevamiento de los mismos debía transcurrir un tiempo de 24 horas, para cubrir un período diario de forrajeo. A su vez si existía algún evento de precipitaciones durante ese lapso de 24 horas, el procedimiento se repitió, descartando los cebos depositados anteriormente y colocando 20 cebos nuevamente.

Los materiales utilizados en esta etapa fueron (figura 11): cinta métrica para medir las distancias necesarias, frascos de plástico para facilitar el manejo de cebos, ya que los mismos estaban contados previamente para agilizar el trabajo, pinza para levantar los cebos no trasladados por las hormigas, planillas para registrar los datos pertinentes y para ubicar los nidos se trabajó con puntos georreferenciados.

Figura 11. Materiales utilizados en trabajo a campo para analizar el efecto de la distancia de aplicación en la probabilidad de encontrar y transportar el cebo.



3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los diversos resultados presentados en el presente estudio, refiriéndose a las diferencias entre los distintos valores obtenidos y la significancia que los mismos poseen, fue utilizado un método de análisis estadístico no paramétrico.

El método de análisis no paramétrico fue el elegido para el análisis ya que los datos obtenidos no poseen una distribución normal, lo que imposibilita su estudio con los parámetros comúnmente utilizados.

El seleccionado para dicho fin fue, en primer lugar, el Kruskal-Wallis Test. La prueba de Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica (libre distribución), y se utiliza cuando no se cumplen los supuestos del ANOVA. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. (Con tres o más

grupos). En el ANOVA se asume que la distribución de cada grupo es normal y la varianza es homogénea entre los grupos. Sin embargo, en la prueba de Kruskal-Wallis, no tenemos ninguno de estos supuestos. Como todas las pruebas no paramétricas, la prueba de Kruskal-Wallis no es tan poderoso como el ANOVA.

También, como complemento del Kruskal-Wallis Test, fueron utilizados el Dunn`s Multiple Comparision Test y el Mann-Whitney Rank Sum Test, que permiten realizar múltiples comparaciones entre los distintos resultados para observar cuales tratamientos difieren significativamente.

En lo que refiere al análisis estadístico para el trabajo de laboratorio, se procedió a utilizar los métodos no paramétricos en el análisis del tiempo de transporte (seg) de los distintos pesos de cebo en 30 cm, luego de la velocidad en mm/s de las hormigas, transportando los cebos de distinto peso. Posteriormente, se procedió a analizar la tasa de transporte y la tasa de transporte total para los distintos pesos de cebo estudiados.

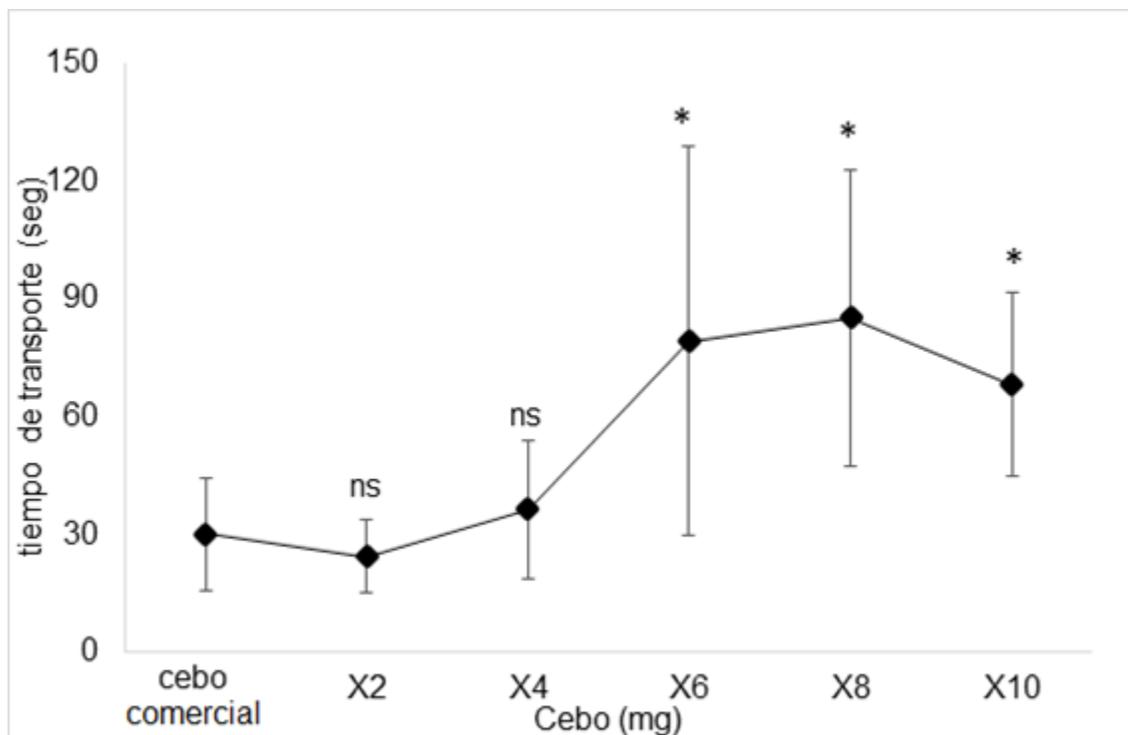
En el análisis estadístico realizado para la etapa de campo, se procedió utilizando los métodos no paramétricos mencionados anteriormente, aplicándolos a los valores obtenidos de cebos levantados y no levantados por las hormigas, en las distancias de aplicación de los cebos respecto al camino.

4. RESULTADOS

4.1. MAXIMIZACIÓN DE LA TASA DE TRANSPORTE CON CEBOS DE DIFERENTE PESO

En el gráfico 1, se observa el tiempo que tardan las hormigas en transportar cebos de distinto peso.

Gráfico 1. Tiempo de transporte (seg) en función del peso del cebo (mg) con el peso del cebo comercial y múltiplo de 2 del mismo hasta X10, siendo X2: peso del cebo x 2, X4: peso del x 4, X6: peso del cebo x 6, X8: peso del cebo x 8 y X10: peso del cebo x 10. El distintivo “ns” señala diferencias no significativas, mientras que el “*” indica la presencia de diferencias significativas entre el transporte del cebo comercial y el que presenta dicho símbolo.



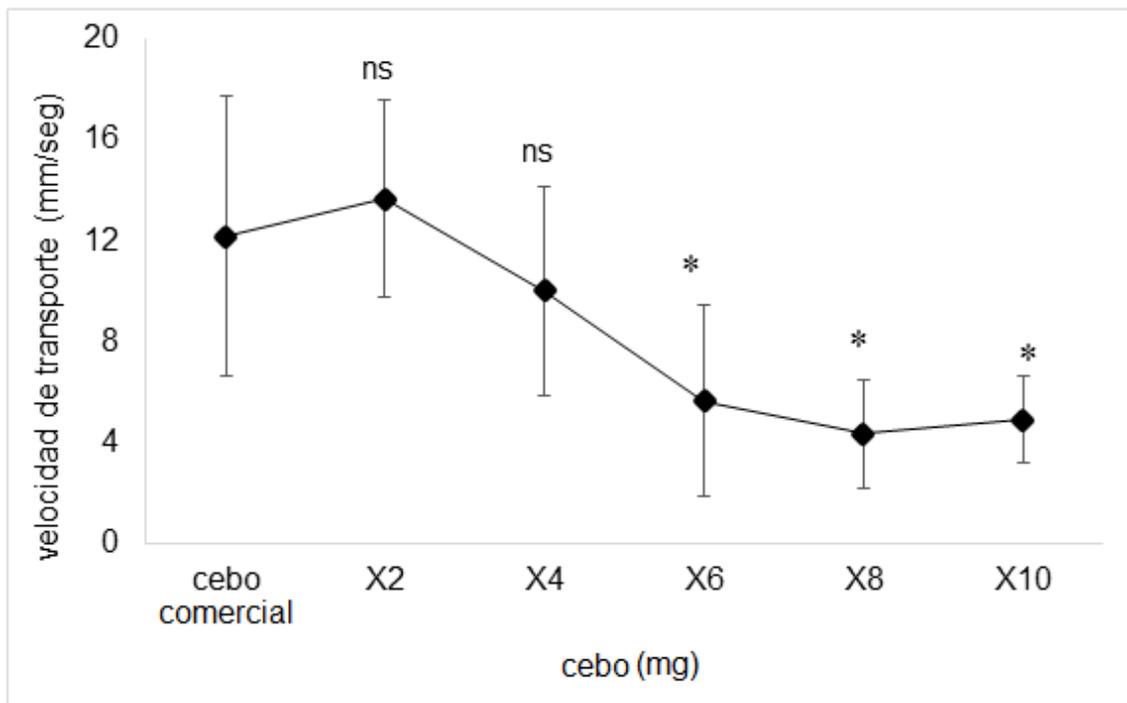
Se puede apreciar que no existen diferencias significativas en el tiempo de transporte entre el cebo comercial y los pesos X2 (ns) y X4 (ns). Mientras que, en los X6, X8 y X10 sí se puede observar diferencias significativas, siendo estos mayores que los mencionados anteriormente. Esto se pudo verificar

estadísticamente mediante el Kruskal-Wallis test ($K_5=179.581$, $p= 0.001$) y posteriormente el Dunn`s Multiple Comparison Test.

Se observa entonces, que las hormigas tardan el mismo tiempo en transportar el cebo comercial y los cebos X2 y X4, siendo a partir del cebo X6 donde se generan diferencias significativas en el tiempo que tardan en transportar el cebo.

Respecto a la velocidad de las hormigas para el transporte del cebo en función del peso del mismo, se observa al igual que en el tiempo de transporte, que los pesos X2 y X4 no difieren significativamente de la velocidad de transporte del cebo comercial (gráfico 2).

Gráfico 2. Velocidad de transporte del cebo (mm/seg) en función del peso del cebo (mg) con el peso del cebo comercial y múltiplo de 2 del mismo hasta X10, siendo X2: peso del cebo x 2, X4: peso del x 4, X6: peso del cebo x 6, X8: peso del cebo x 8 y X10: peso del cebo x 10. El distintivo “ns” señala diferencias no significativas, mientras que el “*” indica la presencia de diferencias significativas entre el transporte del cebo comercial y el que presenta dicho símbolo.

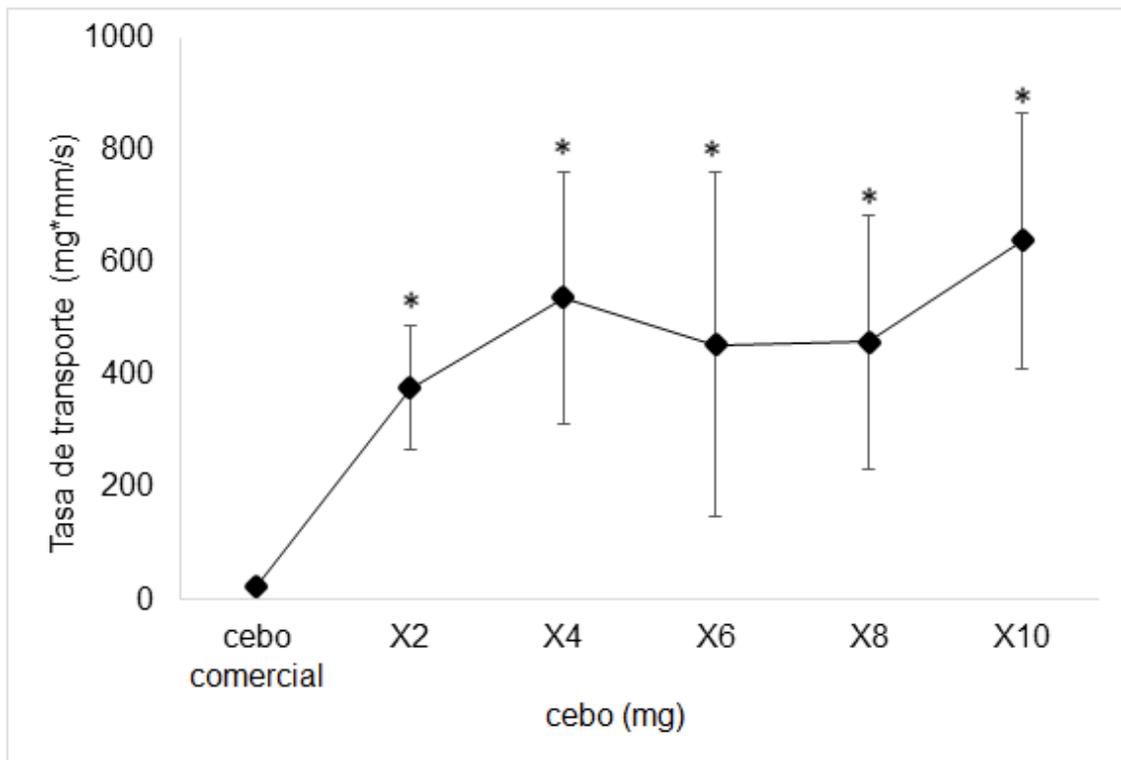


También se puede interpretar que la velocidad de transporte del cebo disminuye considerablemente en los cebos X6, X8 y X10, presentando estos cebos, diferencias significativas con la velocidad de transporte del cebo

comercial. Al igual que en la gráfica anterior se utilizó el Kruskal-Wallis Test ($K_5=179.581$, $p=0.001$) y posteriormente el Dunn's Multiple Comparison Test para análisis de los datos.

En el gráfico 3, se observa la tasa de transporte para los distintos pesos de cebos utilizados en el estudio. Se puede apreciar que hasta el peso de cebo X4 hay un aumento de la tasa de transporte, esto se debe a que la velocidad de transporte disminuye en menor proporción al aumento del peso, ya que el peso aumenta el doble y la velocidad no disminuye a ese ritmo.

Gráfico 3. Tasa de transporte ($\text{mg} \cdot \text{mm/s}$) en función del peso del cebo (mg) con el peso del cebo comercial y múltiplo de 2 del mismo hasta X10, siendo X2: peso del cebo x 2, X4: peso del x 4, X6: peso del cebo x 6, X8: peso del cebo x 8 y X10: peso del cebo x 10. El distintivo "*" indica la presencia de diferencias significativas entre el transporte del cebo comercial y el que presenta dicho símbolo.



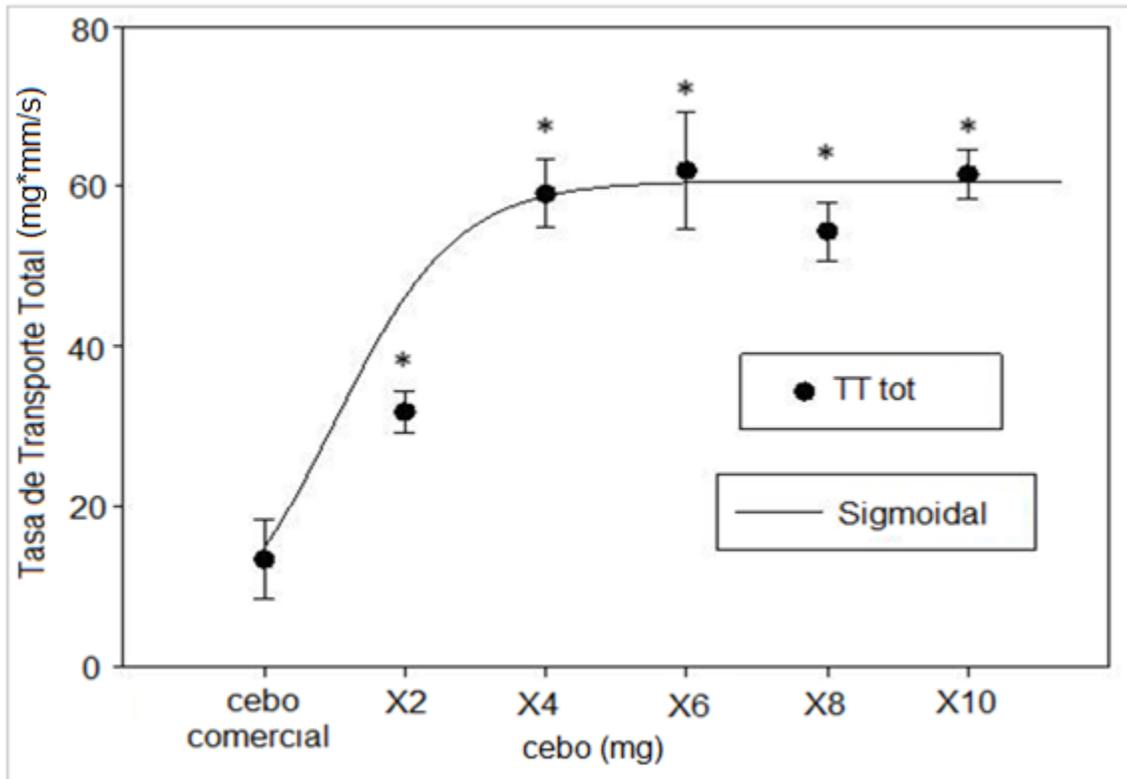
Luego del peso de cebo X4, la tasa de transporte alcanza una meseta, debido a que la velocidad comienza a disminuir en la proporción que aumenta el peso del cebo, es por esto que no se observa una variación en la tasa de transporte a partir de ese peso de cebo. Para el análisis de datos de esta figura

se utilizó al igual que en las anteriores el Kruskal-Wallis Test ($K_5=235.779$, $p=0.001$) y posteriormente el Dunn's Multiple Comparision Test. Dicho análisis verifica la existencia de diferencias significativas en la tasa de transporte, entre los distintos pesos de cebo X, comparados con el peso del cebo comercial.

En el gráfico 4 se presenta la tasa de transporte total para cada uno de los pesos X y para el cebo comercial. Se observa un comportamiento similar al gráfico anterior, donde aumenta la tasa de transporte total hasta hacerse máximo en X4. A partir de este punto la tasa de transporte no aumenta, sino que mantiene o disminuye su valor, debido a que la velocidad de transporte de las obreras disminuye.

El Kruskal-Wallis Test ($k_5= 302.910$, $p=0.001$) y posteriormente el Dunn's Multiple Comparision Test, fueron los utilizados en este caso también para el análisis de datos. Lo que se comprobó fue la existencia de diferencias significativas en la tasa de transporte total, entre cada uno de los pesos X, con el peso del cebo comercial.

Gráfico 4. Tasas de transporte total ($\text{mg} \cdot \text{mm/s}$) en función del peso del cebo con el peso del cebo comercial y múltiplo de 2 del mismo hasta X10, siendo X2: peso del cebo x 2, X4: peso del cebo x 4, X6: peso del cebo x 6, X8: peso del cebo x 8 y X10: peso del cebo x 10. El distintivo “*” indica la presencia de diferencias significativas entre el transporte del cebo comercial y el que presenta dicho símbolo.



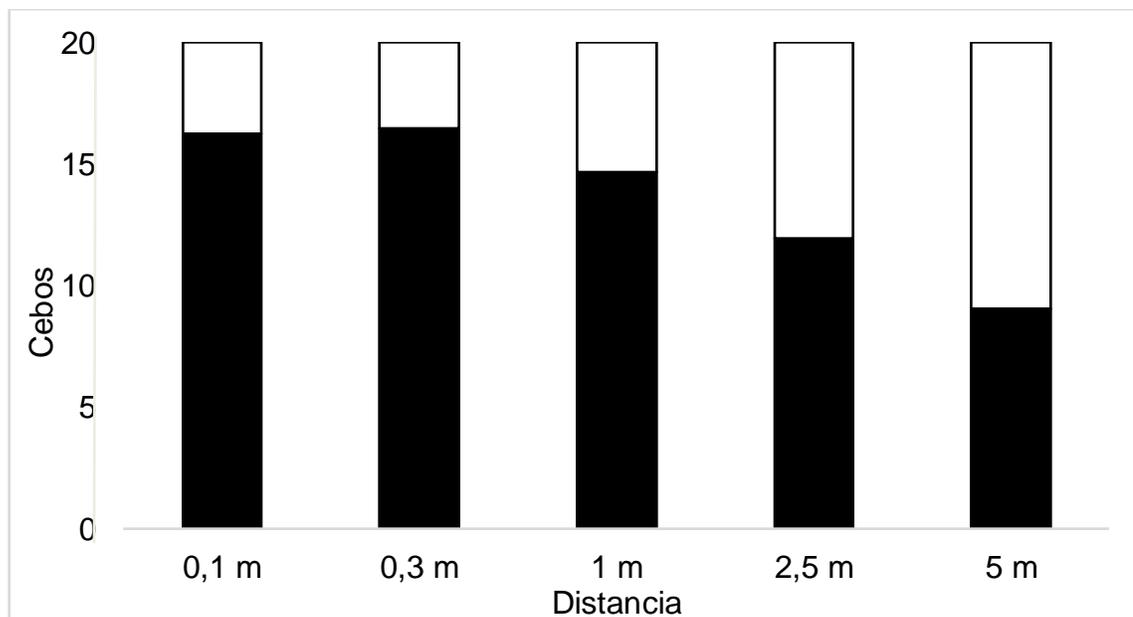
También se realizó en el gráfico 4 un ajuste de los datos a una función sigmoide. La función que se obtuvo fue $f = 60.21 / (1 + \exp(-(x - 1.88) / 0.6825))$ ($p < 0.01$). Se puede observar que la función presenta una tendencia creciente, hasta llegar a 60 mg aproximadamente, a partir de los cuales no se observan incrementos. El valor 60.21 es la asíntota de la función. La tasa de transporte total aumenta hasta esa asíntota, lo que implica que a partir de ese x (X4), la $f(x)$ no seguirá aumentando, sino que permanece constante, sin importar el aumento del peso del cebo.

4.2. EFECTO DE LA DISTANCIA DE APLICACIÓN EN LA PROBABILIDAD DE ENCONTRAR Y TRANSPORTAR EL CEBO

En el gráfico 5 se observa para la especie *A. lundii*, como varía la cantidad de cebos recogidos según la distancia del camino a la cual se ubican. Se puede apreciar que mientras más lejos del camino se colocan, es mayor el número de cebos que no son levantados.

En la distancia 0.1 m las hormigas recogen el 80 % de los cebos, en contraste a los 5 m donde levantan el 45 % de los cebos, es decir menos de la mitad.

Gráfico 5. Cebos levantados y remanentes según la distancia a la que fueron colocados del camino para *Acromyrmex lundii*. Barra negra: cebos levantados. Barra blanca: cebos remanentes.

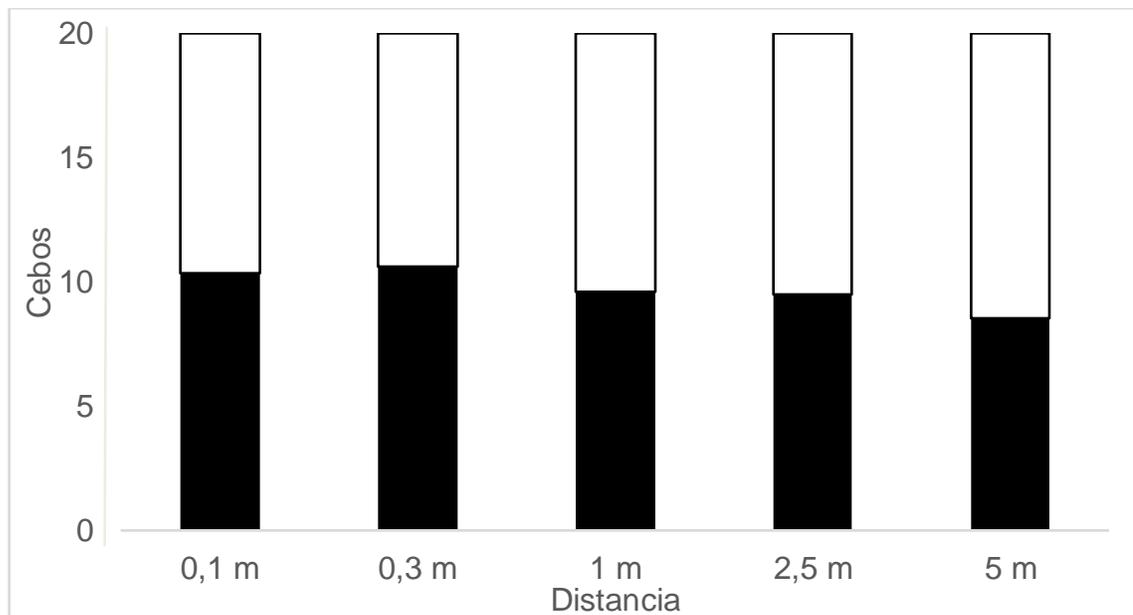


Si bien se observa un descenso en el número de cebos recogidos al aumentar la distancia del camino, en términos estadísticos, no presentan diferencias significativas entre sí. Esto fue verificado al realizar el Kruskal-Wallis Test ($K_4=10.619$, $p=0.031$) y posteriormente el Dunn`s Multiple Comparision Test).

En el gráfico 6 se observa para la especie *A. heyeri*, como varía la cantidad de cebos recogidos según la distancia del camino a la cual se ubican.

A diferencia de lo que ocurre en *A. lundj*, se puede observar en el gráfico 6 que los cebos levantados a diferentes distancias, casi no presentan variación. Las hormigas recogen aproximadamente el 50 % de los cebos tanto a 0.1 m del camino, así como a los 5 m del mismo.

Gráfico 6. Cebos levantados y remanentes según la distancia a la que fueron colocados del camino para *Acromyrmex heyeri*. Barra negra: cebos levantados. Barra blanca: cebos remanentes.

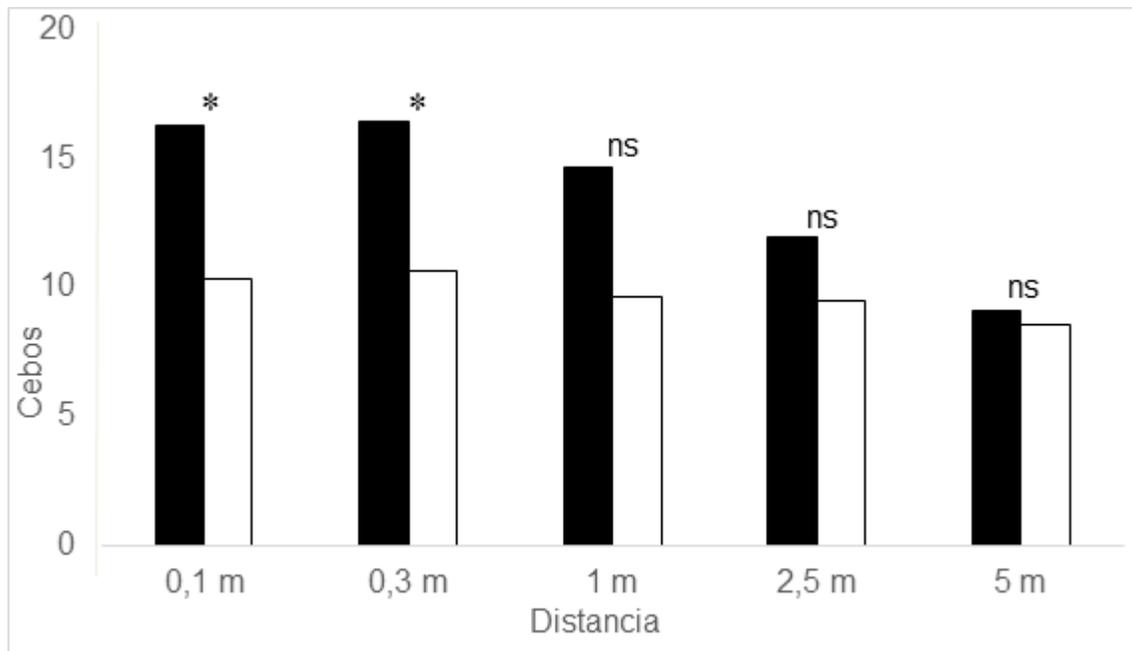


La similitud de lo levantado a diferentes distancias, se verifica realizando el Kruskal-Wallis Test ($K_4=0.524$, $p=0.971$), cuyo resultado expresa la ausencia de diferencias significativas entre las distintas distancias a la que se colocan los cebos del camino.

En el gráfico 7, se presenta la comparación de los cebos levantados para las dos especies en estudio (*A. lundj* y *A. heyeri*).

Se puede apreciar en el gráfico 7 la diferencia que existe en el comportamiento de ambas especies para recoger los cebos a distintas distancias del camino.

Gráfico 7. Cebos levantados según la distancia a la que fueron colocados del camino para *Acromyrmex lundii* y *A. heyeri*. Barra negra: cebos levantados por *A. lundii*. Barra blanca: cebos levantados por *A. heyeri*. El distintivo “ns” señala diferencias no significativas, mientras que el “*” indica la presencia de diferencias significativas entre ambas especies.



En *A. lundii* se observa el descenso de los cebos recogidos al aumentar la distancia del camino a la cual se ubican, mientras que en *A. heyeri* el comportamiento es más regular, sin incidencia de la distancia. Es importante señalar que si bien existe una diferencia marcada al levantar los cebos que se ubican cerca del camino (0.1 m), donde *A. lundii* llega a un 85 % y *A. heyeri* al 50 % de cebos recogidos, dicha diferencia se pierde al aumentar la distancia, llegando a los 5 m con un porcentaje similar de cebos recogidos para ambas especies, en el entorno del 50 %.

Lo mencionado anteriormente fue comprobado al realizar el Mann-Whitney Rank Sum test. Este análisis reveló la existencia de diferencias significativas en los cebos levantados por ambas especies para las distancias 0.1 m y 0.3 m. A partir de 1 m, las diferencias de cebos levantados en ambas especies no son significativas.

5. DISCUSIÓN

En este trabajo se estudió como el peso del cebo y la distancia de aplicación de estos respecto al camino afectarían la eficiencia del control sistemático en hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*. Para ello se determinó el peso óptimo de los cebos que maximizaría el ingreso de ingrediente activo a la colonia en hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*, y se evaluó el efecto de la distancia de aplicación respecto al camino de forrajeo en la probabilidad de encontrar y recolectar los cebos por parte de hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*.

5.1 MAXIMIZACIÓN DE LA TASA DE TRANSPORTE CON CEBOS DE DIFERENTE PESO

Al analizar los diferentes componentes de la tasa de transporte, se encontró que, para la variación de la velocidad en función del peso de la carga, no se observaron diferencias significativas entre la carga del cebo comercial o llevar un cebo cuatro veces más pesado que éste. Dicho comportamiento fue observado también en el tiempo de transporte, donde los pesos X2 y X4 no tuvieron diferencias significativas con el del cebo comercial, por lo que estadísticamente el tiempo de transporte es el mismo para los 3 pesos de cebo (comercial, X2 y X4). Es a partir de X6 (seis veces el peso del cebo comercial) que la velocidad comienza a disminuir significativamente. Esto se puede observar realizando la comparación entre el aumento del peso del cebo y la disminución de la velocidad. Mientras que el aumento del peso del cebo pasa a ser proporcionalmente menor que al inicio, donde se duplicaba desde cebo comercial a X2, luego de X2 a X4, la velocidad tiene un comportamiento inverso, esto quiere decir que disminuye, pero a su vez en una proporción mayor, ya que ésta se reduce a menos de la mitad luego de X6.

El tiempo de transporte también es afectado significativamente, aumentando rápidamente luego de X6, lo que genera una disminución en la eficiencia de transporte de cebos a la colonia.

Siguiendo con el análisis de los parámetros que se ven involucrados en este proceso, se encuentra entre ellos la tasa de transporte. Ésta es el producto entre la masa del cebo cargado y la velocidad de transporte. Este parámetro es un indicador de la cantidad de material que ingresa a la colonia por unidad de tiempo, es una medida de la eficiencia durante el forrajeo. Dicha tasa aumenta,

cuando se transporta una mayor cantidad de material, sin que este aumento de masa afecte significativamente la velocidad de transporte de dicho material.

En la tesis realizada por Bellucci y Pintos (2014), fue estudiada la tasa de transporte, analizando si es dependiente de la masa y de la velocidad. En base a los resultados que obtuvieron, se concluyó que la velocidad es independiente, tanto del peso de la hormiga, como del índice de carga, para ambas especies y ambos materiales (carga natural y cebo). El índice de carga refiere a la relación que hay entre el peso de la hormiga y el peso que ésta transporta, su cálculo es útil para averiguar si existe una relación entre el tamaño de la hormiga y lo que puede cargar. Es decir, representa cuantas veces es capaz una hormiga, de cargar su propio peso (Bellucci y Pintos, 2014). Por lo tanto, se podría aseverar que las variaciones en la tasa de transporte son explicadas por variaciones en la masa del cebo cargado.

Los resultados aquí obtenidos muestran la tasa de transporte para los diferentes pesos de cebo, desde un peso inicial de 13mg hasta un peso final de 130mg. En los casos de los pesos de 26mg(X2) y 52 mg(X4), la tasa de transporte aumenta significativamente, pero a partir del peso de 78mg (X6) en adelante, la tasa de transporte deja de aumentar y se mantiene invariable. Este resultado explica, que la masa de los cebos se podría incrementar hasta cuatro veces, mejorando la tasa de transporte de los cebos y por lo tanto aumentando el ingreso de ingrediente activo a la colonia. Esto quiere decir que las obreras podrían transportar 200 cebos de 52 mg en lugar de 800 cebos de 13mg, ingresando una mayor cantidad de ingrediente activo debido al aumento de masa, haciendo mucho más eficiente y eficaz el control de la colonia.

Entonces, al analizar estos resultados, ¿Por qué no seguir aumentando la masa del cebo para que ingrese más principio activo en menor cantidad de cebos? Aumentando la masa hasta 130mg (X10), las hormigas tendrían que transportar 80 cebos para que ingrese suficiente principio activo para eliminar la colonia. Sin embargo, el aumento de la masa hasta 10 veces el peso del cebo comercial, no se vería justificado debido a que la tasa de transporte no varía más luego de X4. Inclusive, aumentar el peso del cebo hasta X10 implicaría modificar la forma del cebo, en tal caso se debería modificar el largo del mismo, ya que el ancho debe permanecer igual para permitir que lo puedan recoger con sus mandíbulas. Igualmente, esto sería demasiado peso a transportar para las hormigas, lo que generaría un efecto negativo en las obreras para levantar el cebo. Se produce una pérdida de equilibrio de las mismas, y por ende, que desistan de levantar y transportar dicho cebo.

Los factores que componen la tasa de transporte total son directamente afectados por este aumento de peso. Dentro de estos factores se encuentra en primer lugar el *pick up*, que refiere al tiempo que tarda la hormiga para encontrar y finalmente levantar el cebo, este se ve afectado negativamente, ya que un aumento de masa del cebo genera dificultades en la hormiga obrera para levantarlo. A su vez, luego de levantado tienen notorias dificultades para su transporte hacia su colonia, lo que repercute en la velocidad de transporte, provocando su acentuada disminución.

Se debe tener en cuenta también, que en el campo hay diversidad en cuanto a la edad de las colonias, existen colonias adultas y jóvenes. Es por eso que, al analizar el factor del peso del cebo, es necesario remarcar lo que implica para las colonias jóvenes cargar cebos más grandes, ya que las obreras son de menor tamaño que las de una colonia adulta. Se podría generar un incremento de la problemática en la carga del cebo en estos casos debido al pequeño tamaño de esas obreras. Lo descrito anteriormente para el peso de cebo 130mg(X10), también fue observado en menor grado en los pesos 78mg(X6) y 104mg(X8). Es en el peso de 52mg(X4) donde se encontraría el peso óptimo del cebo. Obteniéndose en dicho peso, un aumento de la masa, que tendría como consecuencia un aumento del ingreso de principio activo a la colonia, sin disminuir la velocidad significativamente, ni por lo tanto la tasa de transporte total.

5.2. EFECTO DE LA DISTANCIA DE APLICACIÓN EN LA PROBABILIDAD DE ENCONTRAR Y TRANSPORTAR EL CEBO

En lo que refiere al efecto de la distancia de los cebos respecto al camino sobre la probabilidad de que las obreras encuentren el cebo, se encontraron resultados diferentes para las dos especies estudiadas. En *A. lundii* se constató que disminuye la cantidad de cebos levantados al aumentar la distancia a la que se encuentran del camino. Esta especie es atraída por el cebo, pero dicha atracción se ve influenciada por la distancia a la que el cebo se encuentra del camino, a medida que la distancia aumenta, son menos los cebos colectados.

Por otra parte, en *A. heyeri*, la probabilidad de levantar el cebo es igual cuando se aplican los cebos a unos pocos centímetros del camino, como para cinco metros. Esto podría estar indicando que serían características propias de la especie las que están influyendo en que no recolecten el cebo. En primera instancia podría deberse a que la pulpa de naranja de la cual está conformada el cebo no es atractiva para las obreras. En segunda instancia, podría estar relacionado con la morfología de la especie, específicamente con sus mandíbulas, las cuales son más cortas. Por lo tanto, pueden abrirlas menos, ya que están adaptadas para cortar monocotiledóneas, (Fowler, 1988). Existen diferencias entre *A. heyeri* y *A. lundii* para la distancia 0.1m. En cambio, para los 5 metros esa diferencia no se observa, igualándose la cantidad de cebos levantados para ambas especies. Esto aseveraría lo planteado anteriormente, que diferencias morfológicas entre ambas especies estarían influyendo en la probabilidad de levantar más o menos cebos según la distancia a la que se encuentren del camino.

Los resultados aquí obtenidos permiten inferir que el efecto negativo de la distancia de aplicación de los cebos respecto al camino, estaría afectando la efectividad del control sistemático para la especie *A. lundii*. Debido a que es conocida la alta atraktividad de la pulpa de naranja para *A. lundii*, el marco de aplicación de los cebos sería el que podría estar afectando negativamente el resultado final obtenido con el control sistemático que se realiza cada 10 metros actualmente en Uruguay. Para el caso para la especie *A. heyeri* el comportamiento es diferente ya que se observa una baja probabilidad de que los cebos sean transportados a todas las distancias aplicadas. Esto indicaría que además del efecto de la distancia de aplicación, una baja atraktividad de las obreras por la pulpa de naranja sería otro factor que explique posibles fallos en el control sistemático, o también que no lo podrían levantar debido a que poseen mandíbulas más cortas que la especie *A. lundii*.

6. CONCLUSIONES

El peso del cebo comercial utilizado actualmente no sería el óptimo para el ingreso eficiente de ingrediente activo a la colonia.

Podría existir un peso óptimo de los cebos diferente al utilizado hasta ahora, de forma que uno de los factores que podría estar incidiendo negativamente en la efectividad del control sistemático, sería el peso inadecuado de los mismos, existiendo una mejor alternativa para el ingreso de ingrediente activo a las colonias.

Por otra parte, en lo que refiere al efecto de la distancia de aplicación de los cebos respecto al camino en la probabilidad de que las hormigas encuentren y recolecten los cebos, se observó un comportamiento diferente para cada especie.

En *A. lundii* se observó que habría un efecto negativo de la distancia, ya que cuanto mayor es la distancia de los cebos respecto al camino, menor es el porcentaje de cebos levantados por parte de las obreras de esta especie. Esto podría estar afectando por lo tanto, el ingreso de ingrediente activo a la colonia.

En cambio, para la especie *A. heyeri*, el efecto de la distancia no fue observado en la probabilidad de que las obreras encuentren y recolecten el cebo. Lo que se podría aseverar para esta especie es que el substrato del cual está hecha el cebo, la pulpa de naranja, no sería atractivo para las obreras.

7. RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron algunos factores que afectarían la eficiencia del control sistemático en hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*. Con este objetivo, se evaluaron dos factores que inciden directamente en la efectividad del control sistemático. El primero de ellos es la probabilidad de que las hormigas encuentren los cebos, enfocándose específicamente en el efecto negativo de la distancia de aplicación de los cebos respecto al camino. Y el segundo factor que se estudió fue el peso óptimo de los cebos que maximizaría el ingreso de ingrediente activo a la colonia en hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*. Para ello se establecieron dos etapas, una a campo y otra en laboratorio. En la etapa a campo se estudió el efecto que tiene la distancia de aplicación de los cebos respecto al camino en la probabilidad de que las obreras los encuentren, con el fin de establecer si efectivamente existe un efecto negativo de ésta en la probabilidad de que las hormigas los encuentren y los transporten. En esta etapa se relevaron datos del número de cebos levantados por las hormigas para diferentes distancias, en un período de forrajeo (un día). Por otra parte, en la etapa llevada a cabo en laboratorio, se buscó encontrar un peso óptimo de cebo, para mejorar la tasa de transporte de los mismos y por ende aumentar el ingreso de ingrediente activo a la colonia. Los factores estudiados en esta etapa fueron: *pick up*, tiempo de transporte, velocidad de transporte, tasa de transporte y tasa de transporte total. Los resultados sobre el efecto negativo de la distancia de los cebos respecto al camino, indicaron tendencias diferentes para las dos especies estudiadas. Para *A. lundí*, se observó que al aumentar la distancia de los cebos con respecto al camino, las hormigas levantaron un menor número de cebos. Para *A. heyeri*, levantaron aproximadamente la mitad de los cebos a todas las distancias estudiadas. Esto puede deberse a las diferencias morfológicas que existen entre las especies, ya que la morfología de *A. heyeri* está adaptada especialmente para cortar monocotiledóneas. O también podría estar explicado por una baja atractividad del cebo para esta especie en particular, ya que el cebo esta hecho a base de pulpa cítrica, y ésta es una especie cortadora de monocotiledóneas principalmente. En lo que refiere al número de cebos que las obreras cargan en un período de forrajeo de 24 horas, se observó que habría un peso óptimo de cebo diferente al utilizado actualmente. El peso de cebo óptimo encontrado, es de 56 mg, es decir 4 veces más pesado que el cebo comercial utilizado. Al realizar los estudios se pudo constatar un aumento en la tasa de transporte para este peso, lo que tendría como consecuencia un aumento en el ingreso de ingrediente activo a la colonia. En base a estos resultados se puede

concluir, que existe la posibilidad de aumentar el peso del cebo comercial utilizado, 4 veces su peso actual, lo que potencialmente permitía una mayor eficiencia en el control de hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*.

Palabras clave: Hormigas cortadoras de hojas; Control sistemático; Cebos tóxicos granulados; Tasa de transporte; Eficiencia.

8. SUMMARY

This work was aimed at analyzing some factors affecting the efficiency of the systematic control of leaf-cutting ants of the genus *Acromyrmex*. For this purpose, two factors that directly affect the effectiveness of systematic control were evaluated. The first is the probability that the ants find the bait, focusing specifically on the negative effect of the distance of application of the bait regarding the path. The second factor that was studied was the optimal weight of the bait that would maximize the income of active ingredient in the colony of genus *Acromyrmex* cutter ants. For this purpose, two stages were established, one on the field and other at the laboratory. In the field stage, it was studied the effect of the distance of application of the bait regarding the path in the likelihood that workers will find it, in order to establish whether there is indeed a negative effect on the probability that ants will find and carry it. At this stage, data was obtained about the number of baits raised by ants for different distances, over a period of foraging (one day). Moreover, in the step performed at the laboratory, it was intended to find an optimal weight of bait, to enhance the rate of transport and increase the income of active ingredient to the colony. The variables measured in this stage were: pick up, transport time, transport speed, transport rate and total transport rate. The results for the existence of a negative effect of distance baits regarding the path, indicated different leads for the two species under study. This effect was observed for the species *A. lundii*, where with the increasing of distance of the baits regarding the path, ants picked up fewer baits. While for the species *A. heyeri* this effect wasn't observed. This may be due to morphological differences between species, as the morphology of *A. heyeri* is made especially for cutting grass. Or it could also be explained by a low attractiveness of the bait for this species in particular, because the bait is made from citrus pulp, and as mentioned above, this is a mainly a monocotyledonous cutting species. Regarding the number of baits that the working ants load in a period (day) of foraging, it was observed that there is an optimal weight of the bait differently to the one that is currently used. The optimal bait weight founded is 56 mg, 4 times heavier than the commercial bait used. By performing the studies, it was found an increase in the transport rate for this weight, which would result in an income increase of active ingredient to the colony. Based on these results we conclude that there is the possibility of increasing the weight of the commercial bait, 4 times the current weight, resulting in a more efficient control of cutter ants of the genus *Acromyrmex*.

Keywords: Leafcutter ants; Systematic Control; Toxic bait granules; Transport rate; Efficiency.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Almeida, A. F. de; Alves, J. E. M.; Mendes Filho, J. M.; Laranjeiro, A. J. 1983. A avifauna e o sub-bosque como fatores auxiliares no controle biológico das saúvas em florestas implantadas. *Silvicultura*. 8 (28): 145-150.
2. Almeida, R. N. A.; Peñaflores, M. F. G. V.; Simote, S.; Bueno, O. C.; Hebling, M. J. A.; Pagnocca, F. G.; Fernandes, J. B.; Vieira, P. C.; Da Silva, M. F. G. F. 2007. Toxicity substances isolated from *Helietta puberula* RE Fr. (Rutaceae) to the leaf-cutting ant *Atta sexdens* L. (Hymenoptera:Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus* (Singer) Moller. *BioAssay*. 2:1-8.
3. Alves, S. B.; Sosa-Gómez, D. R. 1983. Virulência do *Metharhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para castas de *Atta sexdens rubropilosa* (Forel, 1908). *Poliagro*. 5:1–9.
4. Bellucci I. G.; Pintos M. A. 2014. Eficiencia en el transporte de cebos tóxicos por hormigas cortadoras del género *Acromyrmex*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
5. Bentancourt, C. 2008. Manual de Entomología. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 225-229.
6. Bigi, M. F. M. A.; Torkomian, V. L. V.; De Groote, S. T. C. S.; Hebling, M. J. A.; Bueno, O. C.; Pagnocca, F. C.; Fernandes, J. B.; Vieira, P. P. C.; Da Silva, M. F. 2004. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus*. *Pest Management Science*. 60:933–938.
7. Boaretto, M. A. C.; Forti, L. C. 1997. Perspectiva no controle de formigas cortadeiras. *IPEF*. 11(30):31-46.

8. Brusca, G. J.; Brusca, R. C. 2005. Invertebrados. 2ª ed. Madrid, España, McGraw-Hill-Interamericana. 1005 p.
9. Cabello, L.; Robinson, S. W. 1975. El posible uso del fosfato como fertilizante para proteger a las plantas contra el ataque de las hormigas cortadoras: *Atta sexdens rubropilosa* Forel. Revista de la Sociedad Científica del Paraguay. 15:72–78.
10. Castilho, A. M. C.; Fraga, M. E.; Aguiar-Menezes, E. D.; Rosa, C. A. D. 2010. Selection of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* isolates pathogenic to *Atta bisphaerica* and *Atta sexdens rubropilosa* soldiers under laboratory conditions more options. Ciência Rural. 40:1243–1249.
11. Della Lucia, T. M. C.; Moreira, D. D. O.; Oliveira, M. A. 1993a. Inimigos naturais e organismos associados aos ninhos. In: Della Lucia, T. M. C. ed. As formigas cortadeiras. Viçosa, BR, UFV. pp. 131–150.
12. _____; Vilela, E. F. 1993b. Métodos atuais de controle e perspectivas. In: Della Lucia, T. M. C. ed. As formigas cortadeiras. Viçosa, BR. pp. 163–190.
13. Fowler, H. G. 1988. Taxa of neotropical grass-cutting ants, *Acromyrmex (moellerius)* (Hymenoptera:Formicidae:Attini). Científica (San Pablo). 16: 281-295.
14. Galvanho, J. P.; Carrera, M. P.; Moreira, D. D. O.; Erthal, M., Silva, C. P.; Samuels, R. I. 2013. Imidacloprid inhibits behavioral defences of the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus* (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Insect Behavior. 26:1–13.
15. Hebling, M. J. A.; Maroti, P. P. S.; Bueno, O. C.; Silva, A. O.; Pagnocca, F. C. 1993. Efeito das folhas de *Ipomea batata* (batata-doce) no desenvolvimento de formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 em laboratório. In: Congresso Brasileiro de Entomologia (14º., 1993, Piracicaba, Brazil). Anais. Piracicaba, BR, Entomological Society of Brazil. pp. 440-446.

16. Holdover, B.; Wilson, E. O. 1990. The ants. Cambridge, Massachusetts, Harvard University. p. 746.
17. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). 2011. Control de hormigas en plantaciones forestales. Corrientes. 25 p.
18. Justi Júnior, J.; Imines, S. L.; Bregmann, E. C.; Campos-Farinha, A. E. C.; Zorzenon, F. J. 2004. Formigas cortadeiras. Boletim Técnico do Instituto Biológico. 4: 5–31.
19. Kruskal, W.; Wallis, A. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association. 47 (260): 583–621.
20. Lapointe, S. L.; Garcai, C. A.; Serranos, M. S. 1990. Control of *Acromyrmex landolti* in the improved pastures of the Colombian Savanna. In: Vander Meer, R. K.; Jaffé, K.; Cedeño, A. ed. Applied myrmecology; a world perspective. s.n.t. pp. 511–518.
21. _____. 1993. Management of key pasture pests of the neotropical savannas. Pasturas Tropicales. 15:1–9.
22. Lewis, T.; Pollard, G. V.; Dibley, G. C. 1974. Rhythmic foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). Journal of Animal Ecology. 43:129-41.
23. Loureiro, E. S.; Monteiro, A. C. 2005. Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). Revista Árvore. 29: 553–561.
24. Marinho, C. G. S.; Della Lucia, T. M. C.; Guedes, R. N. C.; Ribeiro, M. M. R.; Lima, E. R. 2005. β -Eudesmol-induced aggression in the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 117:89–93.
25. _____.; _____.; Ribeiro, M. M. R.; Magalhães, S. T. V.; Jham, G. N. 2008. Interference of β -eudesmol in nestmate recognition in *Atta*

sexdens rubropilosa (Hymenoptera: Formicidae). Bulletin of Entomological Research. 98:467–473.

26. Marsaro Junior, A. L.; Souza, R. C.; Della Lucia, T. M. C.; Fernandes, J. B.; Silva, M. F. G. F.; Vieira, P. P. C. 2004. Behavioral changes in workers of leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* induced by chemical components of *Eucalyptus maculata* leaves. Journal of Chemical Ecology. 30:1753–1762.
27. Moreira, A. A. 1996. Arquitetura das colônias de *Atta laevigata* Fr. Smith, 1858 (Hymenoptera, Formicidae) e distribuição de substrato nas câmaras de fungo. Tese (Mestrado) Botucatu, BR. Faculdade de Ciências Agronômicas. 96 p.
28. Moressi, M.; Neto, M. A.; Crepaldi, R. A.; Carbonari, V.; Demétrio, M. F.; Silvestre, R. 2007. Eficiência do controle mecânico de formigas cortadeiras (*Atta laevigata*) no reflorestamento com espécies nativas. O Biológico. 69:471–473.
29. Nakano, O.; Langer Júnior, L. O. E.; Nivolone, R. F.; Vendramini, J. M. B. 1993. Novo método de controle de saúvas através do fungicida Bunema 330 CS. In: Congresso Brasileiro de Entomologia (14º., 1993, Piracicaba, SP). Resumos. Piracicaba, SEB. p. 513.
30. Nickele, M. A. 2013. Dinâmica populacional e ecologia do forrageamento de *Acromyrmex mayr*, 1865 (hymenoptera:formicidae). Tesis Ing. Agr. Curitiba, BR. Facultad de Agronomía. 156 p.
31. Nobile, A. 2002a. *Acromyrmex heyeri*. (en línea). s.l., AntWeb Ants of California. s.p. Consultado 17 jun. Disponible en <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0173797&shot=p&number=1>
32. _____. 2002b. *Acromyrmex lundii*. (en línea). s.l., AntWeb Ants of California. s.p. Consultado 17 jun. Disponible en <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0173795&shot=p&number=1>

33. Peñaflores, M. F. G. V.; Almeida, R. N. A.; Simonete, S. Y.; Yamane, E.; Bueno, O. C.; Hebling, M. J. A.; Fernandes, J. B.; Vieira, P. P. C.; Da Silva, M. F. G. F.; Pagnocca, F. C. 2009. Toxicity of substances isolated from *Simarouba versicolor* St. Hil. (Simaroubaceae) to the leaf-cutting ant *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus* (Singer) Möller. *BioAssay*. 4:1–7.
34. Pou R. 2015. *Agenda Forestal; siglo comunicaciones*. Montevideo. p.6.
35. Ronhede, S.; Boomsma, J. J.; Rosendahl, S. 2004. Fungal enzymes transferred by leaf-cutting ants in their fungus gardens. *Mycological Research*. 108: 101–106.
36. Sasal, Y. 2004. Efecto de la herbívora artificial en la selección de hojas por hormigas cortadoras de hojas. (en línea). Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia. s.p. Consultado 16 jun. 2015. Disponible en http://pdbff.inpa.gov.br/cursos/efa/livro/2004/PDFs/41_final/yamila.pdf
37. Schoereder, J. H.; Silva, H. M. M.; Carvalho, A. F.; Muscardi, D. C. 2012. Proposed lime stone treatment as pest control fails for the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. *Crop Protection*. 42:79–82.
38. Schultz, T. R. 2000. In search of ant ancestors. (en línea). *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 97 (26): 14028–14029. Consultado 16 jun. 2015. Disponible en <http://www.pnas.org/content/97/26/14028.full>
39. Sidney, S.; Castellan, N. Jr. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2nd. ed. New York, US, Mc Graw-Hill. 399 p.
40. Silva, A.; Bacci Jr, M.; Siqueira, C. G.; Bueno, O. C.; Pagnocca, F. C.; Hebling, M. J. A. 2003. Survival of *Atta sexdens* workers on different food sources. *Journal of Insect Physiology*. 49:307–313.
41. Silva, M. E.; Diehl-Fleig, E. 1995a. Comparação da eficiência da aplicação direta de fungos entomopatogênicos para o controle de formigas cortadeiras (*Acromyrmex*). In: Congresso Brasileiro de Entomologia (15^o. 1993, Caxambu, Brazil). Anais. Caxambu, BR, Entomological Society of Brazil. pp. 329-338.

- 42._____.; _____. 1995b. Eficiência de três linhagens de *Beauveria bassiana* para o controle de *Acromyrmex* no verão e inverno. In: Congresso Brasileiro de Entomologia (15°. , 1993, Caxambu, Brazil). Anais. Caxambu, BR, Entomological Society of Brazil. pp. 91-99.
- 43.Santos, V. A.; Oliveira, B. L.; Samuels, R. I. 2007. Selection of entomopathogenic fungi for use in combination with sub lethal doses of imidacloprid perspectives for the control of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). *Mycopathologia*. 163: 233–240.
- 44.Valderrama Eslava, E. I.; Montoya Lerma, J.; Giraldo, C. 2009. Enforced herbivory on *Canavalia ensiformis* and *Tithonia diversifolia* and its effects on leaf-cutting ants, *Atta cephalotes*. *Journal of Applied Entomology*. 133: 689–694.
- 45.Warumby, J. F.; Netto, A. M. C. L.; Cavalcanti, V. A. L. B. 1995. Nota prévia sobre o controle biológico da saúva *Atta sexdens rubropilosa* com o fungo *Beauveria bassiana* em Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Entomologia (15°. , 1993, Caxambu, Brazil). Anais. Caxambu, BR, Entomological Society of Brazil. pp. 321-334.
- 46.Wikipedia. s.f. Formicidae. (en línea). s.l. s.p. Consultado 16 jun. 2015. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Formicidae#cite_note-TheAntsRelations-7
- 47.Zanetti, R.; Carvalho, G. A.; Santos, A.; Souza Silva, A.; Godoy, M. S. 2002. Manejo Integrado de formigas cortadeiras. (en línea). Lavras, MG, BR, Universidade Federal de Lavras. p. 16. Consultado 17 jun. 2015. Disponible en <http://www.den.ufla.br/index.php/graduacao/get103-manejo-integrado-de-pragas-florestais>
- 48._____.; Zanuncio, J. C.; Mayhé Nunes, A. J.; Medeiros, A. G. B.; Souza Silva, A. 2003. Combate sistemático de formigas cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. *Revista Árvore*. 27: 387–392.

49. _____.; _____.; Souza Silva, A.; Mendonça, L. A.; Mattos, J. O. S.; Rizental, M. S. 2008. Eficiência de produtos termonebulígenos no controle de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) em plantio de eucalipto. *Ciência e Agrotecnologia*. 32: 1313–1316.

10. ANEXOS

Cuadro 1. Datos colonia 1.

Cebo (X)	Tiempo transporte (seg)	Velocidad (mm/seg)	Peso cebo (mg)	Tasa transporte	Tasa transporte total
2	20.21	14.84	29.1	431.96	33,94
2	19.58	15.32	29.1	445.86	34,02
2	21.73	13.81	31.7	437.64	36,75
2	23.09	12.99	26.6	345.60	30,68
2	18.06	16.61	27.8	461.79	32,69
2	22.91	13.09	31.9	417.72	36,82
2	29.75	10.08	28.5	287.39	32,05
2	18.1	16.57	24.3	402.76	28,57
2	21.04	14.25	28.5	406.36	33,13
2	18.38	16.32	29.9	488.03	35,12
2	22.04	13.61	28.4	386.56	32,89
2	17.98	16.69	28.8	480.53	33,88
2	18.63	16.10	29.7	478.26	34,85
2	19.82	15.13	32	484.35	37,38
2	17.78	16.87	30.7	517.99	36,14
2	20.73	14.47	27.9	403.76	32,47
2	17.99	16.68	28.3	471.92	33,29
2	63.62	4.72	28.9	136.27	28,84
2	31.37	9.56	29.8	284.98	33,31
2	14.94	20.08	24.3	487.95	28,93
4	22.79	13.16	52.7	693.72	60,85
4	23.24	12.91	53.4	689.32	61,55

4	16.3	18.40	54.4	1001.22	64,42
4	21.28	14.09	50.9	717.57	59,12
4	33.03	9.08	51.5	467.75	57,21
4	24.41	12.29	56	688.24	64,26
4	37.69	7.95	54.6	434.59	59,63
4	23.03	13.02	54.6	711.24	62,99
4	20.74	14.46	54.8	792.67	63,78
4	28.9	10.38	56.2	583.39	63,40
4	17.69	16.95	55.6	942.90	65,49
4	19.53	15.36	51.7	794.16	60,46
4	25.58	11.72	54.9	643.86	62,72
4	20.84	14.39	48.7	701.05	56,66
4	33.19	9.03	51.6	466.40	57,29
4	26.47	11.33	55.5	629.01	63,19
4	23.1	12.98	52.3	679.22	60,32
4	95.93	3.12	55.4	173.25	49,92
4	36.82	8.14	54.4	443.21	59,60
4	26.22	11.44	54.2	620.13	61,77
6	69.06	4.34	79.7	346.22	62,25
6	55.32	5.42	79	428.41	63,99
6	62.4	4.80	81.3	390.86	64,62
6	52.56	5.70	80.1	457.19	65,37
6	45.28	6.62	80	530.03	66,61
6	26.43	11.35	80.8	917.13	70,99
6	73.09	4.10	80.6	330.82	62,30
6	32.21	9.31	79.8	743.24	68,94
6	41.46	7.23	78.6	568.74	66,15

6	51.65	5.80	81.4	472.79	66,60
6	37.25	8.05	81.8	658.79	69,66
6	70.12	4.27	78.1	334.14	60,83
6	15.78	19.01	81.8	1555.13	74,18
6	53.1	5.64	78.1	441.24	63,65
6	34.84	8.61	80.9	696.61	69,37
6	87.92	3.41	80.3	273.99	59,78
6	64.87	4.62	82.7	382.45	65,31
6	72.13	4.15	80	332.73	61,99
6	30.19	9.93	78.7	782.04	68,39
6	25.33	11.84	80.2	949.86	70,69
8	41.08	7.30	107	781.40	59,38
8	48.15	6.23	107.3	668.53	58,77
8	57.07	5.25	102.7	539.86	55,35
8	33.9	8.84	106.8	945.13	60,06
8	143.37	2.09	107.9	225.77	50,35
8	57.82	5.18	109.3	567.10	58,83
8	29.71	10.09	106	1070.34	60,08
8	36.87	8.13	107	870.62	59,84
8	90.25	3.32	106.8	355.01	54,32
8	79.34	3.78	107.8	407.61	55,87
8	61.7	4.86	103.9	505.18	55,54
8	37.84	7.92	101	800.73	56,38
8	117.08	2.56	101.6	260.33	49,43
8	56.19	5.33	108	576.61	58,30
8	41.2	7.28	107.7	784.22	59,75
8	50.26	5.96	101.9	608.23	55,60

8	53.08	5.65	105.5	596.26	57,27
8	85.12	3.52	102.9	362.66	52,80
8	59.73	5.02	105.3	528.87	56,48
8	101.3	2.96	106.5	315.39	53,17
10	54.86	5.46	135.4	740.43	65,47
10	71.81	4.17	132.8	554.79	62,51
10	61.01	4.91	130.3	640.71	62,39
10	68.09	4.40	134.5	592.59	63,68
10	29.17	10.28	134.3	1381.21	67,75
10	40.97	7.32	131.8	965.09	65,19
10	33.18	9.04	135.9	1228.75	68,09
10	40.8	7.35	132.2	972.05	65,41
10	60.52	4.95	128.6	637.47	61,62
10	50.63	5.92	127.6	756.07	62,12
10	53.29	5.62	128.6	723.96	62,34
10	48.87	6.13	126.6	777.16	61,81
10	63.21	4.74	127	602.75	60,60
10	55.82	5.37	126.6	680.40	61,12
10	45.27	6.64	122.1	809.14	59,97
10	72.7	4.12	124.3	512.92	58,42
10	94.88	3.16	130	411.04	59,05
10	52.71	5.69	133.7	760.95	64,88
10	57.24	5.24	130.4	683.43	62,81
10	40.31	7.44	126.3	939.96	62,54

Cuadro 2. Datos colonia 2.

Cebo (X)	Tiempo transporte (seg)	Velocidad (mm/seg)	Peso cebo (mg)	Tasa transporte	Tasa transporte total
2	20.31	14.77	26.7	394.38	31,12
2	18.61	16.12	26	419.12	30,51
2	19.59	15.31	27.1	415.00	31,68
2	23.53	12.74	25.7	327.66	29,59
2	37.2	8.06	29.9	241.12	32,71
2	19.81	15.14	26.7	404.34	31,19
2	19.61	15.29	28.1	429.88	32,85
2	22.44	13.36	24.6	328.87	28,44
2	25.71	11.66	26.7	311.55	30,48
2	32.91	9.11	26.7	243.39	29,67
2	23.1	12.98	22.8	296.10	26,29
2	41.67	7.19	27.8	200.14	29,92
2	35.88	8.36	26.5	221.57	29,13
2	51.93	5.77	26.7	154.24	27,72
2	47.88	6.26	28.9	181.07	30,43
2	19.99	15.00	24.4	366.18	28,48
2	28.61	10.48	30.5	319.81	34,44
2	30.59	9.80	27.4	268.71	30,71
2	30.59	9.80	27.5	269.69	30,83
2	41.45	7.23	25.3	183.11	27,25
4	38.85	7.72	52.2	403.08	56,76
4	55.87	5.36	53	284.58	54,29
4	52.58	5.70	55.3	315.51	57,28
4	60.34	4.97	54	268.47	54,48
4	60.65	4.94	55.5	274.52	55,93

4	62.39	4.80	54.6	262.54	54,71
4	69.01	4.34	53.8	233.87	52,74
4	81.11	3.69	50.9	188.26	48,00
4	55.66	5.38	55	296.44	56,37
4	48.8	6.14	54.3	333.81	56,99
4	51.31	5.84	56	327.42	58,27
4	57.55	5.21	54.5	284.10	55,50
4	50.6	5.92	51	302.37	53,19
4	44.71	6.70	52.5	352.27	55,90
4	40.19	7.46	54	403.08	58,44
4	61.33	4.89	52.2	255.33	52,49
4	64	4.68	48.8	228.75	48,63
4	59.33	5.05	54.9	277.59	55,57
4	44.13	6.79	54.3	369.13	57,94
4	35.03	8.56	50.8	435.05	56,02
6	64.99	4.61	80	369.28	63,15
6	77.71	3.86	78.7	303.82	60,12
6	121.79	2.46	78.3	192.87	53,77
6	152.91	1.96	82	160.87	52,57
6	121.79	2.46	81.2	200.01	55,77
6	182.36	1.64	79.9	131.44	48,19
6	118.37	2.53	81.9	207.56	56,69
6	93.14	3.22	78	251.23	57,33
6	155.08	1.93	79.7	154.17	50,86
6	159.51	1.88	80.1	150.64	50,64
6	190.22	1.57	81.2	128.06	48,21
6	163.74	1.83	80.9	148.22	50,69

6	183.01	1.63	80.4	131.79	48,43
6	205.39	1.46	80.3	117.28	46,29
6	139.07	2.15	79.6	171.71	52,59
6	90.62	3.31	81.5	269.80	60,27
6	127.36	2.35	79.5	187.26	53,91
6	118.81	2.52	82.8	209.07	57,26
6	127	2.36	81.9	193.46	55,58
6	112.73	2.66	81.2	216.09	56,95

Cuadro 3. Datos colonia 3.

Cebo (X)	Tiempo transporte (seg)	Velocidad (mm/seg)	Peso cebo (mg)	Tasa transporte	Tasa transporte total
2	19.69	15.23	27.5	418.99	32,13
2	10.48	28.62	28.1	804.38	34,06
2	25.59	11.72	27.3	320.04	31,18
2	29.09	10.31	28.4	292.88	32,01
2	22.29	13.45	30	403.76	34,71
2	21.79	13.76	30.1	414.41	34,89
2	21.19	14.15	25.4	359.60	29,51
2	25.67	11.68	27.5	321.38	31,40
2	16.96	17.68	27.6	488.20	32,60
2	19.71	15.22	29.1	442.92	34,00
2	23.87	12.56	27.6	346.87	31,73
2	20.36	14.73	24.7	363.94	28,79
2	14.86	20.18	29.8	601.61	35,49
2	23.04	13.02	26.7	347.65	30,80
2	21.09	14.22	27.9	396.87	32,43
2	17.5	17.14	26.7	457.71	31,47

2	17.41	17.23	22.9	394.60	27,00
2	18.45	16.26	26.5	430.89	31,12
2	20.36	14.73	29.7	437.62	34,62
2	19.59	15.31	25.3	387.44	29,58
4	23.89	12.55	52.2	655.50	60,02
4	21.86	13.72	51.5	706.77	59,68
4	22.03	13.61	53.5	728.55	61,96
4	22.24	13.48	53.3	718.97	61,68
4	32.74	9.16	52.6	481.97	58,50
4	25.21	11.90	55.1	655.69	63,04
4	29.42	10.19	54.4	554.72	61,25
4	27.36	10.96	56.7	621.71	64,34
4	34.61	8.66	51.7	448.13	57,10
4	15.69	19.12	55.1	1053.53	65,41
4	34.84	8.61	55.7	479.62	61,46
4	26.46	11.33	54.3	615.64	61,83
4	25.91	11.57	55.3	640.29	63,10
4	14.7	20.40	55.7	1136.73	66,38
4	21.62	13.87	48.4	671.60	56,14
4	30.02	9.99	55.3	552.63	62,13
4	23.32	12.86	55.4	712.69	63,84
4	27.15	11.04	51.7	571.27	58,71
4	35.18	8.52	54.4	463.89	59,96
4	19.25	15.58	54.6	850.90	63,92
6	49.36	6.07	79.7	484.40	65,62
6	55.12	5.44	79	429.97	64,03
6	92.93	3.22	81.3	262.45	59,78

6	31.13	9.63	80.1	771.92	69,42
6	76.79	3.90	80	312.54	61,25
6	35.85	8.36	80.8	676.15	69,08
6	42.21	7.10	80.6	572.85	67,69
6	37.91	7.91	79.8	631.49	67,83
6	98.09	3.05	78.6	240.39	57,08
6	36.3	8.26	81.4	672.72	69,51
6	59.08	5.07	81.8	415.36	65,60
6	47.88	6.26	78.1	489.34	64,56
6	53.3	5.62	81.8	460.41	66,63
6	136.85	2.19	78.1	171.20	51,85
6	24.27	12.36	80.9	1000	71,53
6	59.09	5.07	80.3	407.68	64,39
6	21.88	13.71	82.7	1133.91	73,64
6	19.24	15.59	80	1247.40	71,80
6	26.48	11.32	78.7	891.61	69,14
6	46.29	6.48	80.2	519.76	66,59
8	91.71	3.27	108.2	353.94	54,90
8	113.12	2.65	102.1	270.77	49,99
8	56.07	5.35	107	572.49	57,77
8	171.57	1.74	107.9	188.66	48,23
8	109.62	2.73	102	279.14	50,23
8	72.34	4.14	106.8	442.90	56,02
8	103.38	2.90	105.7	306.73	52,59
8	147.65	2.03	108	219.43	50,06
8	153.77	1.95	109.4	213.43	50,23
8	117.03	2.56	105.7	270.95	51,43

8	86.54	3.46	102.2	354.28	52,31
8	135.81	2.20	108.1	238.78	51,04
8	99.51	3.01	102.6	309.31	51,38
8	128.57	2.33	103.9	242.43	49,62
8	121.83	2.46	100.8	248.21	48,66
8	133.69	2.24	106.6	239.21	50,50
8	64.22	4.67	108	504.51	57,47
8	91.58	3.27	103.7	339.70	52,63
8	50.93	5.89	105.4	620.85	57,44
8	79.55	3.77	105.6	398.24	54,71
10	55.06	5.44	126.5	689.24	61,15
10	70.73	4.24	132	559.87	62,24
10	61.15	4.90	127.2	624.03	60,89
10	59.31	5.05	127.3	643.90	61,12
10	68.12	4.40	128.3	565.03	60,74
10	82.52	3.63	134	487.15	62,03
10	94.7	3.16	135	427.66	61,34
10	85.55	3.50	127.6	447.45	58,79
10	105.7	2.83	128	363.29	57,21
10	113.7	2.63	125	329.81	55,21
10	122.07	2.45	132.7	326.12	57,89
10	59.39	5.05	126.5	638.99	60,73
10	71	4.22	129.2	545.91	60,89
10	59.76	5.02	133.7	671.18	64,14
10	63.44	4.72	134.9	637.92	64,34
10	70.47	4.25	126.5	538.52	59,67
10	122.81	2.44	126.6	309.25	55,17

10	101.3	2.96	130.7	387.06	58,80
10	104.2	2.87	124.4	358.15	55,72
10	61.23	4.89	133.9	656.05	64,09

Cuadro 4. Cebos levantados por colonia según distancia para *A. lundii*.

Colonia	10 cm	30cm	1m	2,5m	5m
C1	0	9	7	15	12
C2	20	20	20	20	20
C3	20	20	2	3	0
C4	20	20	20	20	9
C5	20	20	18	7	0
C6	0	20	20	14	8
C7	20	20	19	5	0
C8	20	4	0	3	6
C9	20	20	20	20	18
C10	20	19	20	20	20
C11	6	0	10	6	0
C12	20	20	4	0	0
C13	18	15	20	6	11
C14	20	20	20	20	12
C15	20	20	20	20	20
Promedio	16,26667	16,46667	14,66667	11,93333	9,066667

Cuadro 5. Cebos levantados por colonia según distancia para *A. heyeri*.

Colonia	10 cm	30cm	1m	2,5m	5m
C1	20	0	0	2	0
C2	20	15	20	20	16
C3	20	20	20	20	20
C4	20	17	18	15	9
C5	0	20	20	20	12
C6	20	20	20	20	20
C7	20	20	19	19	20
C8	17	18	16	19	15
C9	1	2	5	0	8
C10	0	0	0	0	0
C11	0	0	0	0	0
C12	0	13	3	3	1

C13	7	12	0	0	0
C14	10	2	3	4	7
C15	0	0	0	0	0
Promedio	10,33333	10,6	9,6	9,466667	8,533333