

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**ESTUDIO DE ALIMENTACIÓN Y DE SUSTANCIAS TÓXICAS
POTENCIALES PARA *Reticulitermes flavipes* (Kollar) (Isoptera:
Rhinotermitidae)**

MARÍA JOSÉ MUNIZAGA QUEZADA

SANTIAGO, CHILE

2007

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

**ESTUDIO DE ALIMENTACIÓN Y DE SUSTANCIAS TÓXICAS
POTENCIALES PARA *Reticulitermes flavipes* (Kollar) (Isoptera:
Rhinotermitidae)**

**STUDY OF FEEDING AND POTENTIALLY TOXIC SUBSTANCES FOR
Reticulitermes flavipes (Kollar) (Isoptera: Rhinotermitidae)**

MARÍA JOSÉ MUNIZAGA QUEZADA

SANTIAGO, CHILE

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

ESTUDIO DE ALIMENTACIÓN Y DE SUSTANCIAS TÓXICAS POTENCIALES PARA

***Reticulitermes flavipes* (Kollar) (Isoptera: Rhinotermitidae)**

Memoria para optar al

Título Profesional de

Ingeniero Agrónomo

Mención: Sanidad Vegetal

MARÍA JOSÉ MUNIZAGA QUEZADA

PROFESORES GUÍAS

Calificación

**Jaime E. Araya Clericus
Ingeniero Agrónomo, MS, PhD**

7,0

**Tomás Karsulovic Carrasco
Ingeniero Civil Mecánico**

7,0

PROFESORES EVALUADORES

**Tomislav Curkovic Sekul
Ingeniero Agrónomo, PhD**

6,8

**Rodrigo Callejas Rodríguez
Ingeniero Agrónomo, PhD**

6,3

SANTIAGO, CHILE

2007

ÍNDICE

RESUMEN	1
Palabras Clave	3
SUMMARY	4
Key words	6
INTRODUCCIÓN	7
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
Las termitas	9
La termita subterránea <i>Reticulitermes flavipes</i>	9
Forrajeo y alimentación de termitas subterráneas	10
Control de termitas subterráneas	11
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Materiales	13
Materiales utilizados en el ensayo	13
Métodos	14
Ensayos de alimentación	14
Consumo de materiales celulósicos	14
Exposición a ninfas	16
Potenciales estimuladores de la alimentación	17
Ensayo de sustancias tóxicas	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
Ensayos de alimentación	20
Materiales Celulósicos	20
Efecto del alimento en el consumo por <i>R. flavipes</i>	20

Efecto del alimento en la supervivencia de <i>R. flavipes</i>	25
Ensayo de exposición a ninfas	28
Ensayo de potenciales estimuladores de la alimentación	30
Ensayo de sustancias tóxicas	32
Efecto del ácido acético y fórmico en la mortalidad de <i>R. flavipes</i>	33
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
APÉNDICE	46
ANEXO	48

RESUMEN

Se estudió el consumo por *Reticulitermes flavipes* (Kollar) de madera de pino radiata, cartón corrugado, papel absorbente, aserrín de pino radiata y papel roneo. Estos materiales se pusieron por separado en contenedores de PVC con sustrato de arena y agua destilada y 100 termitas obreras en cada uno. Hubo cuatro períodos de duración de los ensayos: 10, 20, 30 y 40 días, con cuatro repeticiones por período. El consumo, expresado en mg por termita al día, fue significativamente mayor en la madera y el papel roneo que en el cartón y el papel absorbente. El aserrín tuvo un consumo intermedio, con diferencias únicamente con la madera. El consumo no presentó diferencias significativas entre los periodos de tiempo. La supervivencia de las termitas fue significativamente menor en el cartón que en el papel absorbente y sin diferencias en los demás materiales; y en períodos de 30 y 40 días la supervivencia fue significativamente menor que en los de 10 y 20 días.

En otro ensayo se comparó el consumo de madera de pino expuesta previamente a 30 ninfas durante 24 horas, con madera sin exponer en la misma placa Petri, para ver el efecto de la presencia previa de ninfas sobre la atracción y consumo de 100 obreras de la misma colonia. Después de 21 días se obtuvo el consumo promedio de madera en mg por termita al día. No hubo diferencias significativas entre los consumos, lo que indica que las ninfas no indujeron preferencia alimentaria. Tampoco se observó agregación o atracción de las obreras en el bloque expuesto a ninfas.

Se evaluaron dos posibles productos estimuladores de la alimentación, ácido glutámico y aspartamo a concentraciones de 0,005; 0,01; 0,05 M y agua destilada como testigo. Las soluciones se agregaron a papeles filtro en placas Petri y se pusieron 50 termitas obreras en cada una. Después de 30 días se comparó el consumo promedio de papel en mg por termita al día. No hubo diferencias entre los tratamientos, por lo que las sustancias a las concentraciones evaluadas no estimularían la alimentación de *R. flavipes*.

El efecto insecticida de los ácidos acético y fórmico se evaluó durante 15 días, a concentraciones de 1, 5, 10 y 20% cada uno y agua destilada como testigo. Se impregnaron bloques de madera de pino con las soluciones, y pusieron en placas Petri con 30 termitas. Las curvas de mortalidad acumulada indicaron un efecto proporcional a la concentración de ácido acético, pero no de ácido fórmico. Al día 15 el ácido acético causó mortalidades superiores al 50 y 80% con concentraciones de 10 y 20%, respectivamente, y el ácido fórmico no alcanzó el 50% de control a ninguna de las concentraciones evaluadas. Además, el ácido acético produjo mortalidades más homogéneas a una misma concentración que el ácido fórmico, lo que se reflejó en el mayor grado de ajuste de los resultados a la curva de regresión.

PALABRAS CLAVE

Termita subterránea

Consumo de alimentos

Estimuladores de alimentación

Ácido acético

Ácido fórmico

SUMMARY

Feeding consumption of *Reticulitermes flavipes* (Kollar) were studied among five cellulosic materials, radiata pinewood, corrugated cardboard, absorbent paper, pine wood sawdust and paper sheets, which were set separately in PVC containers with sand, distilled water, and 100 termites each. There were four time duration periods for the tests: 10, 20, 30, and 40 days, with four replicates per period. Consumption, in mg per termite and day, was significantly greater on pinewood and paper sheets than on cardboard and absorbent paper. Pine sawdust had an intermediate consumption, different only to pinewood. Consumption did not have significant differences between time periods. Termite survival was significantly smaller on cardboard than on absorbent paper, and with no differences in the other materials. And in 30 and 40 days was significantly less than in 10 and 20 days.

In another experiment, consumption of pine wood was compared between two blocks, one exposed previously during 24 h to 30 nymphs and the other never infested, to see the effect of the previous presence of juveniles on attraction and consumption by 100 workers of the same colony. After 21 days the average consumption of pinewood in mg was obtained per termite/day. There were no significant differences between consumption levels, which indicates that the nymphs did not induce feeding preferences. Neither was observed aggregation nor attraction of workers in the block exposed to nymphs.

Two other experiments were conducted to evaluate glutamic acid and aspartame as possible feeding stimulant at 0.005, 0.01, and 0.05 M concentrations, and distilled water as a control. The solutions were added to filter paper in Petri dishes, with 50 termite workers each. Average consumption of paper in mg per termite and day was determined after 30 days. No differences occurred between treatments, indicating that these substances would not stimulate feeding of *R. flavipes* at the concentrations evaluated.

The toxicity of acetic and formic acids was evaluated during 15 days, at concentrations of 1, 5, 10, and 20% each, plus distilled water as a control. Pinewood blocks were impregnated with the solutions and placed on Petri dishes with 30 termites. The cumulative mortality curves indicated an effect proportional to the concentration of acetic acid, but not of formic acid. At day 15 the acetic acid caused mortality greater than 50 and 80% at concentrations of 10 and 20%, respectively, and the formic acid did not reach 50% control at any of the concentrations evaluated. Besides, the acetic acid caused more homogeneous mortality at a given concentration than formic acid, which was reflected in a greater fit of results to the regression curve.

KEY WORDS

Subterranean termite

Feeding consumption

Feeding stimulants

Acetic acid

Formic acid

INTRODUCCIÓN

Las termitas son un grupo de insectos xilófagos con una importante función en la naturaleza, descomponer y reincorporar materia orgánica al suelo. Sin embargo, son uno de los principales problemas que afectan a la madera elaborada, en la que causan un gran impacto económico en todo el mundo. Se estima que existen más de 2.600 especies de termitas, de las que 183 causan daño a construcciones (Eaton y Hale, 1993; Ripa y Luppichini, 2004).

En los últimos años, las termitas han adquirido notoriedad en Chile debido al daño causado por una especie de tipo subterráneo, identificada como *Reticulitermes flavipes* (Kollar), originaria de Norteamérica y de amplia distribución en el mundo. Este insecto es muy agresivo y compromete seriamente la calidad y plusvalía de las construcciones (Morales, 2003; Su *et al.*, 2006), y en Chile ha generado un problema social debido al daño a viviendas en un extenso sector de las regiones quinta y metropolitana (INTEC Chile-INFOR, 1997).

En Chile aún existe un gran desconocimiento de información básica y técnica sobre el insecto y su biología (INTEC Chile-INFOR, 1997). Aunque existen métodos de control, no es posible una solución definitiva, por lo que es importante hacer estudios que contribuyan a generar nuevos sistemas de control o a mejorar los existentes.

Por otra parte, el uso de cebos tóxicos, solos o en combinación con barreras químicas, es una buena solución al problema a nivel mundial, aunque éstos son de alto costo y no están disponibles en Chile, por lo que es conveniente buscar alternativas eficientes, económicas y de bajo impacto ambiental.

Actualmente existen pocos compuestos atrayentes para termitas y la mayoría tienen corta duración ambiental. Normalmente, los cebos comerciales no usan atrayentes (Cornelius y Lax, 2005), y los que existen se basan en la actividad de forrajeo o búsqueda de alimento por las termitas. Varios estudios indican preferencias alimentarias y diferencias en los niveles de consumo de las termitas. También, que algunas sustancias agregadas a alimentos celulósicos

aumentan significativamente su consumo. Encontrar alimentos preferidos, sustancias estimuladoras de la alimentación y sustancias tóxicas para *R. flavipes* que puedan ser incorporadas a un cebo, mejoraría el seguimiento y control de esta plaga.

El objetivo de este estudio, que se enmarcó en el proyecto Fondecyt 1040726, fue conocer preferencias alimentarias, estimuladores de la alimentación y evaluar el efecto de posibles sustancias tóxicas para contribuir al desarrollo de un sistema eficiente y económico de cebos para la captura de *R. flavipes*.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las termitas

Estos insectos sociales del orden Isoptera viven en colonias y dividen sus actividades entre 3 castas o formas principales: reproductores primarios (alados o adultos perfectos), obreros y soldados. Su organización se basa en un sistema de comunicación mediante feromonas, que les permite funcionar como sociedad (Camousseigh, 1999).

Su alimento principal es la celulosa, aunque no pueden digerirla y utilizarla directamente para su desarrollo, por lo que en su tubo digestivo tienen protozoos flagelados y/o bacterias simbióticas que se encargan de descomponerla. Las termitas intercambian alimento boca a boca o de ano a boca entre los individuos, en un proceso de trofalaxia. Además suelen practicar el canibalismo, la necrofagia y oofagia (Koch, 1972; Camousseigh, 1999).

La termita subterránea *Reticulitermes flavipes*

Reticulitermes flavipes pertenece a la familia Rhinotermitidae. Se cree que ingresó a Chile en 1986, según los registros y colección de insectos del Museo de Historia Natural y del SAG (Morales, 2003). Actualmente está presente en las regiones Metropolitana, 5ª y un foco detectado en la 6ª (Litueche) (Ripa y Luppichini, 2004).

Como todas las termitas subterráneas, *R. flavipes* evita la exposición a la luz y necesita mantener el contacto con el suelo u otras fuentes de humedad mientras busca celulosa (Koch, 1972). En Santiago se desarrolla en suelos con temperatura de -4 a 27°C y contenido de humedad de 6 a 36,7% (Ramírez y Lanfranco, 2001).

En 1998 INTEC e INFOR reportaron 80 focos de infestación en 29 comunas de Santiago y en algunas zonas de la 5ª Región. Estudios recientes del INIA establecieron 56 focos en la RM, con

una rápida expansión en los últimos tres años y daños que alcanzan US\$15 millones (Karsulovic y Bozo, 2006). Además, se debe agregar el daño severo causado a árboles, y que existe preocupación que esta plaga alcance zonas con vegetación nativa y/o plantaciones forestales, en las que podría eventualmente causar un daño ecológico y económico de proporciones (Ripa y Castro, 2001).

Forrajeo y alimentación de termitas subterráneas

Estas termitas presentan patrones de búsqueda y selección de alimento que reflejan la eficiencia energética y el beneficio nutricional del forrajeo. La construcción de galerías muy ramificadas a través del suelo y otros materiales, con barro y sus propios excrementos para llegar a su alimento (Ramírez y Lanfranco, 2001) tiende a minimizar la búsqueda en una misma área (Thorne *et al.*, 2004). En su búsqueda de alimento, las termitas siguen gradientes químicos y de humedad en el suelo, y también guías físicas tales como raíces, grietas, elementos de los cimientos, etc. (Suiter *et al.*, 2002).

Thorne y Long (2006) indican que *R. flavipes* no forrajea al azar entre recursos múltiples y que se alimenta extensivamente en un lugar, más que en un ir y venir regular entre la periferia y el ambiente central de la colonia. Cuando esta termita construye dos galerías, éstas tienden a estar a 180°, si existen tres galerías, éstas son separadas por 120° y si son cuatro el terreno se divide en cuatro sectores de búsqueda, de cerca de 90° (Thorne *et al.*, 2004).

Cuando una fuente de alimento es localizada, no es utilizada efectivamente a menos que se conecte a la colonia mediante una galería o un camino construido (Koch, 1972). El daño en la madera frecuentemente no se nota en su superficie y la madera parece intacta, pues la degradación es mayormente interna (Eaton y Hale, 1993).

Las termitas subterráneas dañan madera sana, pero hay evidencia que prefieren madera parcialmente deteriorada, por ejemplo, por hongos como *Marasmiellus troyanus* (Murrill) y *Gloeophyllum trabeum* (Pers. Ex. Fr.) (Koch, 1972; Cornelius *et al.*, 2002). Otros estudios indican preferencias de alimentación hacia algunas especies de madera y hacia una matriz de celulosa con aditivos (Morales-Ramos y Rojas, 2001a, 2003). Ciertos compuestos orgánicos

inducen preferencia o aumentan el consumo de alimentos celulósicos (Chen y Henderson, 1996; Reinhard *et al.*, 2002; Cornelius, 2003; Swoboda *et al.*, 2004; Cornelius y Lax, 2005).

Suiter *et al.* (2002) indican que en terreno, la preferencia por un recurso particular de celulosa puede estar determinada por su disponibilidad, tamaño, textura, y las demandas alimenticias de la colonia.

Control de termitas subterráneas

Existen varios métodos que disminuyen y/o controlan la incidencia de la plaga, tanto en pre como post construcción de la vivienda (Ripa y Castro, 2001):

Prácticas de construcción, tales como remover restos de madera del sitio antes de la construcción, prevenir la acumulación de humedad en el suelo bajo el edificio, hacer un desnivel en la superficie del suelo y elegir bien el tipo de fundación (Koch, 1972).

Para protegerla, la madera se trata, antes de ser utilizada en la construcción, con preservantes como la creosota y sales de cobre-cromo-arsénico (CCA) (Eaton y Hale, 1993).

Bajo el radier se pueden instalar barreras físicas tales como micro-rejillas de acero inoxidable, mallas metálicas o películas plásticas con termiticida, o placas metálicas en pilares etc. También pueden instalarse barreras químicas con termiticidas (*e.g.*, cipermetrina), aplicados en materiales y bases de la construcción en tratamientos preventivos y curativos (INTEC Chile-INFOR, 1997).

El tratamiento del suelo es uno de los métodos más efectivos para prevenir la infestación. Los productos más usados han sido ciclodienos, especialmente el lindano, pero los fosforados y piretroides son menos cuestionables ambientalmente (Eaton y Hale, 1993).

Para la fumigación se usa normalmente fluoruro de sulfurilo (fumigación completa) y bromuro de metilo. Entre los inconvenientes están su toxicidad y bajo período de efectividad (Ripa y Castro, 2001).

Como agentes de control biológico están el nemátodo *Steinernema carpocapsae* (Weiser) y el hongo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Ripa y Castro, 2001).

Los cebos tóxicos se basan en la eliminación de colonias mediante atrayentes alimentarios que contienen compuestos tóxicos como hexaflumuron, sulfuramida e hidramethylnon (Camousseight, 1999). Su efectividad depende de la disposición de las termitas subterráneas para consumirlos cuando se presentan como alternativa a otros alimentos celulósicos (Morales-Ramos y Rojas, 2001a). Cuando las termitas se alimentan del cebo, éste es distribuido en la colonia por las obreras mediante trofalaxia, y el compuesto tóxico es transferido a individuos que no han estado en contacto directo con el cebo. El modo de acción es lento (3 a 6 meses), pero bien utilizados reducen drásticamente la cantidad de insecticida aplicado al suelo en barreras tóxicas en tratamientos preventivos (Morales, 2003).

La tendencia a buscar métodos químicos de control ha cambiado en los últimos años, debido a los efectos colaterales causados por su uso. Muchos investigadores buscan alternativas no tóxicas y métodos biológicos de control. Entre los nuevos métodos en estudio se incluyen cebos, gases asfixiantes (*e.g.*, CO₂), temperaturas extremas, electrocución, barreras de varios tipos y control biológico (Carr, 1999).

El ácido bórico se ha utilizado para controlar varios insectos, incluidas las termitas. Este es un compuesto inorgánico de acción lenta. Aplicado en cebos y baja cantidad es más efectivo (Ellis *et al.*, 1996; Klein y Wenner, 2001).

Los ácidos acético (CH₃COOH) y fórmico (HCOOH) son líquidos orgánicos que podrían usarse como compuestos tóxicos de bajo impacto ambiental para el control de termitas. El acetato, derivado del ácido acético, es el ácido graso volátil que se encuentra en mayor cantidad en el fluido digestivo de *R. flavipes* y otras termitas (Odelson y Breznak, 1983). Aumentar el ácido acético en el aparato digestivo de las termitas puede producir un desbalance que causaría su muerte. El uso de ácido fórmico se sustentaría en que este compuesto es usado por las hormigas para su defensa, y estas últimas son conocidas enemigas de las termitas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Materiales utilizados en el ensayo

- Termitas subterráneas de la especie *Reticulitermes flavipes* Kollar.
- Contenedores de PVC (10 cm de diámetro x 10 cm de alto) con tapas provistas de rejillas de acero inoxidable para permitir la aireación (Figura 1).
- Mezcla de arena fina de cuarzo blanco y agua destilada como sustrato.
- Medidor de temperatura y humedad relativa (UEI DTH880 thermo-hygro).
- Placas Petri de vidrio de 10 cm de diámetro.
- Pinceles para manipular las termitas.
- Vasos de precipitado.
- Pipeta de 10 ml.
- Frascos para guardar soluciones.
- Agua destilada.
- Estufa.
- Balanza electrónica de precisión (Equilab, Chyo JK-180).
- Desecador (Mit. Glaswerk Wertheim 1076).
- Bomba de vacío/presión (Cast Manufacturing, Inc., DOA-P504-BN).
- Materiales celulósicos: papel absorbente (toalla marca Nova), papel roneo, cartón corrugado, bloques de madera de pino (*Pinus radiata* D. Don) de 4 x 2 x 0,5 cm, y aserrín de pino radiata.
- Estimuladores de la alimentación: aspartamo 100% (Ajinomoto) y ácido glutámico 99% (Reutter).
- Sustancias tóxicas: ácidos acético 90% y fórmico 85%.
- Discos de papel filtro cualitativo MFS Advantec n° 1.



Figura 1. Contenedores de PVC utilizados en ensayos de materiales celulósicos.

Métodos

Esta investigación se desarrolló en el termitero y en el Laboratorio de Automatización del Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Las termitas se colectaron desde terrarios ubicados en el termitero, mantenido entre 23 y 27°C.

Ensayos de alimentación

Consumo de materiales celulósicos

Se utilizaron contenedores de PVC con una mezcla 4:1 de 200 ml de arena y 50 ml de agua como sustrato, donde se establecieron grupos de 100 termitas obreras en cada uno. Para evitar que el estrés por manipulación alterara los resultados se dejó un período de adaptación de 7 días antes de poner los materiales a evaluar, durante el cual las termitas se alimentaron de madera de cría (albura de pino) y construyeron galerías.

Se evaluaron cinco alternativas de alimentos celulósicos, tratamientos que se indican en el Cuadro 1. Hubo cuatro períodos de duración de los ensayos a fin de conocer la variación del consumo en el tiempo: 10, 20, 30 y 40 días, con cuatro repeticiones por período. El papel roneo se agregó en los ensayos finales, y sólo tuvo seis repeticiones.

Cuadro 1: Materiales celulósicos evaluados.

<i>Tratamientos</i>	<i>Alimentos</i>	<i>Repeticiones</i>
T ₁	Bloque de madera de pino	16
T ₂	Cartón corrugado	16
T ₃	Papel absorbente	16
T ₄	Aserrín de pino	16
T ₅	Papel roneo	6

En cada ensayo, los bloques de 4 x 2 x 0,5 cm y el aserrín se obtuvieron del mismo trozo de madera para evitar diferencias. Los bloques de madera se instalaron de a dos, unidos por una banda elástica. El aserrín se dispuso en un recipiente abierto y enterrado casi a ras del sustrato. El cartón corrugado, el papel absorbente y el papel roneo se pusieron en tubos de PVC, enrollados y levemente apretados. Se usó un volumen similar de alimento (9-11 ml) en cada tratamiento, ya que el tamaño del cebo influye significativamente en su consumo, además de su compactación y composición (Evans y Gleeson, 2006).

Para obtener su peso seco, los materiales se pesaron y llevaron a estufa a 55°C por 48 horas y a desecador por 30 minutos a un vacío de 30 mm de Hg. Luego se les reestableció su humedad normal para usarlos en los ensayos. En cada contenedor se enterró ligeramente una alternativa de alimento. Los contenedores estuvieron en la sala termitero a 25±2°C y se pesaron una vez por semana para verificar el restablecimiento de la humedad, ya que se disponía del peso del contenedor con la cantidad inicial de sustrato.

Las termitas presentes en los materiales y aquellas vivas en cada contenedor se contaron al final de cada ensayo. Los materiales se limpiaron con pincel, se pesaron y llevaron a estufa por 48 horas. Luego se llevaron 30 minutos a un vacío de 30 mm de Hg en desecador y se pesaron en balanza electrónica de precisión. Así se obtuvo el peso seco final, que se restó del peso seco inicial para obtener el consumo total del período. También se midió el contenido de humedad de los materiales al final del ensayo.

Como variables respuesta se consideraron el número de termitas sobrevivientes y el consumo promedio por termita al día en mg. La mortalidad de las termitas se asumió como constante y lineal. Se hizo una interpolación lineal para estimar la cantidad de termitas vivas por cada día de experimento y luego estas cantidades se sumaron para obtener los “*días termita viva*” (DTV) al final del experimento para cada grupo de insectos. La alimentación promedio de una termita por día (CTD) se calculó según la fórmula siguiente.

$$CTD = \text{mg consumidos por grupo} / \text{DTV}$$

Dado que sólo se contó con el número inicial y final de individuos, la fórmula anterior equivale a:

$$CTD = C * 2 / ((n_i + n_f) * d)$$

Donde

C = consumo total,

n_i = n° termitas inicial,

n_f = n° termitas final, y

d = n° días de duración del ensayo.

Se usó un diseño completamente al azar y los resultados se analizaron con un ANDEVA de parcelas divididas. Este análisis considera las diferencias en el consumo debidas al alimento (parcela) y al tiempo (subparcela) e indica si hay interacción entre estas variables. Los resultados se compararon con la prueba de Tukey al 95% de confiabilidad.

Exposición a ninfas

En este experimento se estudió el efecto de la exposición de maderas a ninfas durante 24 horas sobre la atracción y consumo por las obreras de la misma colonia. Para ello se usaron el mismo tipo de bloques de madera de pino que en el ensayo de materiales celulósicos, previamente secados y pesados en balanza electrónica.

Para cada ensayo se puso un bloque en una placa Petri con 30 ninfas en su interior, en su mayoría pre-aladas, verificando que estuvieran en contacto con el bloque. Al día siguiente se llevó el bloque que fue expuesto (sin las ninfas), y otro sin exposición a termitas, a otra placa Petri con

sustrato de arena y agua (4:1). Las maderas se ubicaron a la misma distancia de las paredes de la placa y se dejaron caer suavemente 100 termitas obreras en el centro, procurando que quedaran a una distancia similar a los bloques. Se observó la reacción inicial de los insectos, aunque no se la cuantificó.

Las placas se mantuvieron en termitero a 24-26°C y se les agregó agua dos veces por semana. Al cabo de 20 días las termitas se retiraron y contaron. Los bloques se limpiaron, secaron y pesaron de la forma descrita antes para medir el consumo (mg/termita al día).

Para este experimento se hicieron 4 repeticiones. Se usó un diseño completamente al azar y los resultados de cada experimento se analizaron con un ANOVA simple.

Potenciales estimuladores de la alimentación

Se evaluaron tres concentraciones de ácido glutámico y aspartamo, en base a un estudio de Chen y Henderson (1996). Los experimentos con aspartamo y ácido glutámico no fueron simultáneos y se consideraron separados. Cada uno tuvo cuatro repeticiones y los tratamientos consistieron en aspartamo y ácido glutámico, ambos en concentraciones de 0,05, 0,01 y 0,005 M, más agua destilada como testigo para cada experimento.

Se utilizaron discos de papel filtro de 10 cm de diámetro que se secaron en estufa a 100°C durante 24 horas, se pusieron luego en un desecador a 30 mm de Hg de vacío por 30 minutos y pesaron en una balanza electrónica de precisión para obtener el peso seco inicial. Los papeles secados se pusieron en placas Petri y se agregó 1,5 ml de la solución del tratamiento correspondiente a cada papel, cantidad suficiente para humedecerlo y permitir la movilidad de las termitas. En seguida se pusieron 50 termitas obreras por placa. Cada placa se pesó inmediatamente para el control posterior de la humedad. Durante el ensayo, las placas se pesaron dos veces por semana y se agregó la cantidad de agua necesaria en cada caso para llegar a la humedad inicial.

Las termitas de las placas se retiraron y contaron a los 30 días. Cuando fue necesario, los papeles se limpiaron con pincel y luego, todos ellos se secaron en estufa por 24 horas, pusieron 30 minutos en el desecador al vacío y pesaron en la balanza electrónica. Al peso final de cada papel

se le restó la cantidad correspondiente al peso de solutos presente en 1,5 ml, según el tratamiento, y este peso final se restó del peso inicial. Así se obtuvo el consumo total del período, expresado en mg consumidos por termita al día, de la misma forma que en el ensayo de materiales celulósicos.

Se usó un diseño completamente al azar y los resultados de cada experimento se analizaron con un ANOVA simple. Para comparar las medias de cada tratamiento se usó la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Ensayo de sustancias tóxicas

Se prepararon soluciones de cuatro concentraciones de los ácidos acético y fórmico, más agua destilada como testigo. Los tratamientos se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Ácidos y concentraciones evaluados.

<i>Tratamientos</i>	<i>Compuestos</i>	<i>Concentraciones V/V (%)</i>
T ₁	Ácido acético	1
T ₂	Ácido fórmico	1
T ₃	Ácido acético	5
T ₄	Ácido fórmico	5
T ₅	Ácido acético	10
T ₆	Ácido fórmico	10
T ₇	Ácido acético	20
T ₈	Ácido fórmico	20
T ₉	Agua	100

Se impregnaron bloques de madera de pino de 4 x 2 x 0,5 cm con el método de absorción bajo vacío en un cilindro de impregnación. Los bloques se sumergieron completamente en un vaso con la solución, y se aplicó un vacío de 60 cm de Hg por 20 minutos y 20 cm de Hg por 5 minutos. Luego, los bloques se extrajeron, se secaron en hojas de papel absorbente y se pesaron en balanza electrónica.

El ensayo se realizó en placas Petri con una mezcla 4:1 de arena y agua de una altura aproximada de 3 mm y un bloque de madera impregnado en la superficie. Se pusieron 30 termitas en el borde de cada placa, evitando que cayeran sobre la madera, y se observó la reacción inicial de los insectos. Las placas se taparon con gasa para evitar que los gases al evaporarse crearan una cámara tóxica y para que no se perdiera la humedad muy rápidamente, imitando un ambiente natural. Se contaron las termitas vivas y muertas de cada placa los tres días siguientes y luego día por medio, para ver la variación de la mortalidad en los tratamientos, hasta el día 15, cuando finalizó el experimento. La humedad relativa en el termitero durante el ensayo fluctuó entre 43 y 47%.

Este experimento tuvo tres repeticiones. Al final del ensayo se retiraron los bloques de las placas, separando las termitas y las partículas de substrato u otras sustancias adheridas a su superficie, y se anotó la cantidad de supervivientes. Los resultados de mortalidad se corrigieron con la fórmula de Abbott (1925).

Los porcentajes de mortalidad del día 15 se ajustaron con el programa computacional Minitab a curvas de regresión cuadráticas para cada ácido. En base al comportamiento de las curvas, se estimó y comparó el efecto de los ácidos y las concentraciones en la mortalidad de los insectos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos de alimentación

Materiales Celulósicos

Efecto del alimento en el consumo por *R. flavipes*. El análisis del consumo en mg por termita al día reveló diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 3). La madera de pino y el papel roneo fueron más consumidos que el cartón y el papel absorbente. El aserrín tuvo un consumo intermedio, con diferencias únicamente con la madera.

Cuadro 3. Consumo promedio de los alimentos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Consumo promedio (mg/termita al día)</i>
Madera de pino	0,07642 c
Papel roneo	0,07370 bc
Aserrín de pino	0,06013 ab
Cartón corrugado	0,05056 a
Papel absorbente	0,04959 a

Promedios con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

El consumo de los alimentos no varió significativamente entre los períodos de tiempo (Cuadro 4) ni entre las repeticiones, ni se encontraron interacciones entre alimento y tiempo.

Cuadro 4. Consumo promedio por termita en cada periodo de tiempo.

<i>Períodos (días)</i>	<i>Consumo promedio (mg/termita al día)</i>
10	0,06073 a
20	0,06279 a
30	0,06325 a
40	0,06156 a

Promedios con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

El consumo de los materiales y su variación en el tiempo se presenta en la Figura 2.

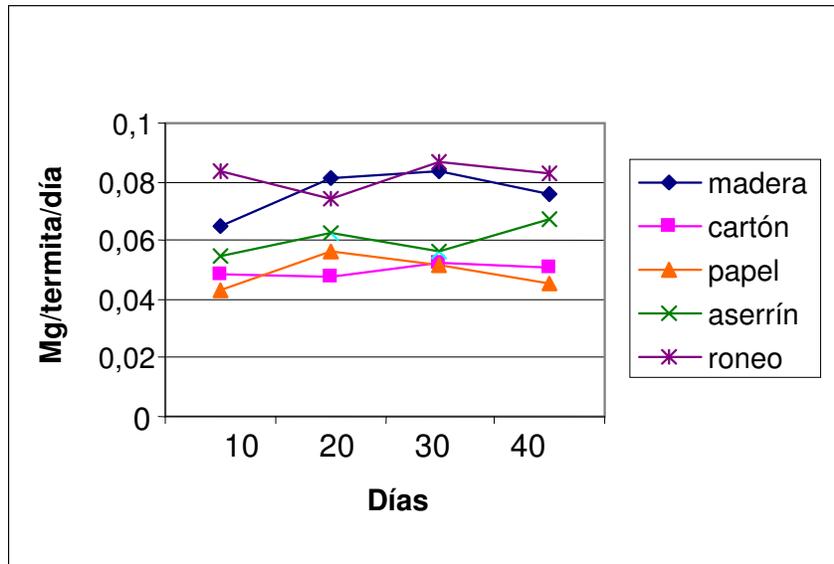


Figura 2. Consumo de los tratamientos por período de tiempo.

La madera de *Pinus* sp. se ha usado como control en varios ensayos de preferencias alimentarias de termitas. En este estudio se usó por ser económica, abundante en Chile y porque al ser ampliamente usada en construcción es útil tenerla como referencia para saber si los otros materiales que se evaluaron eran preferidos por el insecto, y así saber si se les debe considerar para el desarrollo posterior de cebos de captura.

En un estudio de preferencias alimentarias, la termita subterránea *Coptotermes formosanus* Shiraki consumió más una matriz de celulosa con suplementos nutricionales y aditivos, que madera de pino amarillo, *Pinus taeda* L., sugiriendo que esta matriz fue preferida por ser un alimento nutricionalmente mejor para las termitas. Lo mismo se dedujo para los resultados de ensayos de alimentación con distintas especies de madera de Morales-Ramos y Rojas (2001a, 2003). Ello sugiere que la madera y el papel roneo son nutricionalmente más favorables para las termitas que el cartón y el papel absorbente, en estos últimos materiales podrían faltar elementos necesarios para *R. flavipes* que sí posee la madera y el papel roneo.

El cartón corrugado, a diferencia de los otros materiales evaluados, se compone en parte importante de un tipo de papel que ha perdido prácticamente toda la celulosa (Vitis, 2002), lo que

podría relacionarse con su bajo consumo. Sin embargo, el papel absorbente posee gran cantidad de celulosa y tampoco tuvo un consumo alto. También es posible que estos materiales tengan compuestos que inhiban la alimentación de las termitas, como por ejemplo el adhesivo usado en el cartón. Además, el cartón corrugado es tratado con productos encolantes que le confieren resistencia a la humedad, mientras que el papel roneo tiene muy pocos aditivos químicos y encolado¹.

Ciertos compuestos, entre ellos algunos nitrogenados, son preferidos o inducen un mayor consumo en las termitas (Reinhard *et al.*, 2002a; Morales-Ramos *et al.*, 2004; Swoboda *et al.*, 2004; Chen y Henderson, 1996). Por ejemplo, la termita *Zootermopsis nevadensis* (Hagen) tiene un mecanismo de selección de alimento en el que los alados fundadores de colonias, se establecen sobre maderas ricas en nitrógeno (Thorne y Traniello, 2003).

La albura de pino posee compuestos nitrogenados que podrían inducir un mayor consumo y que se pierden o desnaturalizan en el proceso de pulpaje. Y aunque esto no explicaría el alto consumo de papel roneo, tampoco es de extrañar que éste no haya presentado diferencias significativas con la madera, ya que su composición química es bastante similar².

El papel roneo tiene menos extraíbles hidrosolubles, hemicelulosas y polisacáridos menores que la madera; además la lignina se ha oxidado y parte de las fibras de celulosa se ha roto². Algunos estudios han indicado preferencias de las termitas hacia madera afectada por hongos de pudrición café que modifican la lignina mediante demetilación y oxidación. Esto puede ser beneficioso para las termitas, entre otras razones, por aumentar su capacidad para metabolizar la celulosa debido a la modificación química de la madera (Waller y La Fage, 1987; Green y Highley, 1996), y podría relacionarse con el alto consumo de papel roneo en nuestra investigación.

¹ Obreque, C., Jefe Dpto. Control de Procesos, Papeles Industriales S.A., Santiago, Chile (comunicación personal, 2007).

² Carmona, R., Prof. Química de la Madera, Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile (comunicación personal, 2006).

El papel absorbente difiere de la madera al no tener resinas extraíbles, casi no tiene lignina ni hemicelulosas, y parte de las fibras de celulosa se han degradado químicamente en el proceso de blanqueo, disminuyendo el número de unidades componentes de glucosa (Empresas CMPC, 2005).

El papel roneo se fabrica principalmente de pino radiata y el papel absorbente de eucaliptos³, y podría haber una mayor preferencia de las termitas por la fibra de pino que por la de eucalipto, relacionada tal vez con la cantidad de celulosa, o con otros compuestos no extraíbles. Según Peralta *et al.* (2003) las estacas de *Pinus* sp. son significativamente preferidas por termitas subterráneas en comparación con las de eucaliptos. Pero Atkinson *et al.* (1992) indican que el eucalipto es particularmente susceptible a la infestación por termitas, y Rojas (2005) que *Reticulitermes* spp. tuvo mayores preferencias por el grupo *Eucaliptus*-roble que por el grupo pino-lenga-raulí.

Con respecto al aserrín, que presentó diferencias significativas con la madera, la estructura de las partículas podría haber dificultado el acceso al alimento, ya que en el primer material se observó la construcción de generalmente una galería, suspendida a través del aserrín, y que llegaba al fondo del recipiente, mientras que en la madera las galerías tenían más ramificaciones. Probablemente la construcción de galerías en el aserrín es más difícil debido a los espacios de aire, que podrían dificultar su explotación como alimento.

Las termitas generalmente prefieren la celulosa, que es fácil de obtener. Aunque algunos estudios de laboratorio indican preferencias en el siguiente orden: fibras sueltas de celulosa > papel > cartulina > madera blanda > madera dura (Suiter *et al.*, 2002), estas preferencias no coinciden con nuestros resultados.

La densidad del alimento parece influir en la alimentación de las termitas. En Morales-Ramos y Rojas (2005), el consumo de madera por *C. formosanus* fue significativamente más alto en *P. taeda* que en abedul, lo que podría deberse a la densidad relativa o dureza de la madera de abedul

³ Silva, R., Prof. Celulosa y Papel, Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile (comunicación personal, 2006).

comparada con la de pino. En un estudio con *R. flavipes*, Arango *et al.* (2006) encontraron una correlación inversa entre la masa perdida (consumo) y la densidad relativa (densidad/densidad agua) en maderas tropicales duras, pero una ligera correlación positiva en especies de madera blanda. Por su parte, Rust y Reiersen (1977) encontraron que el consumo de madera fue inversamente proporcional a su densidad relativa. Pero en otro estudio con eucaliptos y pino, el consumo de madera no se correlacionó significativamente con la densidad (Peralta *et al.*, 2004). De todos estos estudios no se puede deducir una relación única entre densidad y consumo, ya que este factor es insuficiente para explicarla por sí solo.

Evans y Gleeson (2006) encontraron que la composición, tamaño y compactación del alimento afectan significativamente el consumo, y que los cebos grandes compuestos de papel poco compacto y madera fueron preferidos a los cebos pequeños de papel compacto. No obstante, en el estudio de Waller (1988), las termitas consumieron cantidades similares de bloques grandes y pequeños de pino ponderosa [*P. ponderosa* (Douglass)] y roble rojo [*Quercus rubra* (L.)].

Por otra parte, según Waller *et al.* (1989), cuando la madera varía en densidad, no es válido comparar diferencias en la biomasa removida en gramos, el porcentaje de madera consumida en base a volumen, o el grado de daño clasificado en categorías arbitrarias. En ese estudio las termitas consumieron más biomasa, pero volúmenes similares de caoba comprimida que sin comprimir, y mayores volúmenes, pero cantidades similares de biomasa de pino sin comprimir que comprimido.

Para fines prácticos, lo importante para el desarrollo de cebos tóxicos es encontrar materiales que sean más consumidos como biomasa removida que en volumen, para una ingesta mayor del ingrediente tóxico. Y también, que sean preferidos a otras alternativas disponibles en el ambiente. En este ensayo de laboratorio, sin elección múltiple, no se pueden obtener conclusiones sobre la preferencia que podría ocurrir en terreno.

También es importante mencionar que existen diferencias en el consumo de alimentos en ensayos con y sin alternativas, pues la preferencia por algunas especies de madera cambia cuando éstas se presentan con alternativas (Smythe y Carter, 1970). En algunos ensayos de elección, las maderas menos preferidas han sido comidas en gran cantidad en pruebas sin alternativas. Y se ha

deducido que varios factores pueden influir en la elección, pero su importancia varía dependiendo de la disponibilidad de otros alimentos (Waller, 1988).

Esto lleva a cuestionar el concepto de preferencia basada en niveles de consumo ocurridos en ensayos sin alternativas. En estos casos los insectos están forzados a consumir el alimento disponible y es posible que un mayor consumo se deba a la necesidad de suplir los requerimientos nutricionales con una mayor cantidad de alimento⁴. Sin embargo, esto por sí solo no explicaría todos los resultados, ya que el cartón, con bajo contenido de celulosa, tuvo bajo consumo.

En ensayos de laboratorio, *C. formosanus* presentó mayor consumo de bloques de madera con contenidos más altos de humedad (Delaplane y La Fage, 1989). En nuestro estudio, el contenido de humedad de los materiales celulósicos se midió al principio y al final de cada ensayo, pero no durante ellos, para evitar la destrucción de las galerías. Por esto no se hizo una correlación entre la humedad y el consumo de alimento.

En la revisión de Peralta *et al.* (2004) se menciona que los factores que afectan el consumo de madera por las termitas son numerosos y están relacionados en forma compleja, lo que puede aplicarse a los materiales evaluados. Las diferencias de consumo podrían deberse a factores tales como la especie predominante de madera usada en la fabricación del material, su contenido de celulosa y otros compuestos beneficiosos para las termitas, la dureza, la presencia de sustancias tóxicas o de inhibidores de la alimentación, y el contenido de agua del alimento.

Efecto del alimento en la supervivencia de *R. flavipes*. El análisis del número de termitas vivas al final de los ensayos encontró una diferencia estadística en la supervivencia entre el cartón y el papel absorbente (Cuadro 5). La del cartón corrugado fue la menor y la del papel absorbente la mayor. La madera, el aserrín, y el papel roneo no presentaron diferencias con el cartón o el papel absorbente, ni entre ellos.

⁴ Carmona, R., Prof. Química de la Madera, Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile (comunicación personal, 2007).

Cuadro 5. Promedios de supervivencia de *R. flavipes* en los alimentos evaluados.

<i>Tratamientos</i>	<i>Promedios de termitas vivas</i>
Madera de pino	83,75 ab
Cartón corrugado	79,50 a
Papel absorbente	88,56 b
Aserrín de pino	83,63 ab
Papel roneo	83,33 ab

Promedios con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

En otros estudios con maderas de varias especies se han encontrado aumentos en la mortalidad acompañados de una reducción en la alimentación, indicando la presencia de sustancias tóxicas o de una dieta de menor “calidad” (Kenneth y Yamamoto, 1994; Morales-Ramos y Rojas, 2001b). En el cartón corrugado, el adhesivo usado para pegar sus capas podría haber incrementado la mortalidad por haber resultado tóxico. O el bajo contenido de celulosa del cartón podría haber afectado la supervivencia de las termitas al no proporcionar una nutrición favorable.

La mayor supervivencia ocurrida con el papel absorbente, sumada a su alto contenido de celulosa, apoyaría la idea que sugiere que su bajo consumo no ocurrió por no ser favorable en la dieta de los termites, sino que en este caso los insectos no necesitaron consumir gran cantidad de alimento para suplir sus requerimientos nutricionales o energéticos.

También se encontraron diferencias entre los períodos de tiempo, con una disminución de la supervivencia a mayor tiempo acumulado. Los períodos de 10 y 20 días fueron distintos a los de 30 y 40 días, aunque sin diferencias significativas entre 10 y 20 días ni entre 30 y 40 días. Los resultados se presentan en el Cuadro 6 y Figura 3.

Cuadro 6. Supervivencia de *R. flavipes* en cuatro períodos de tiempo.

Períodos (días)	Promedios de termitas vivas
10	88,97 b
20	87,37 b
30	80,57 a
40	78,12 a

Promedios con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

El aumento de la mortalidad con el tiempo podría deberse a que la muerte natural en las colonias aumentó en el tiempo por el bajo número inicial de individuos.

En un estudio con la termita subterránea de Formosa, *C. formosanus*, la supervivencia de colonias desde 90 a 180 días de edad y desde 90 a 360 días de edad se correlacionó positivamente con el número de obreras a los 90 días de edad de la colonia, indicando que la supervivencia depende de la presencia de termitas obreras (Morales-Ramos y Rojas, 2003).

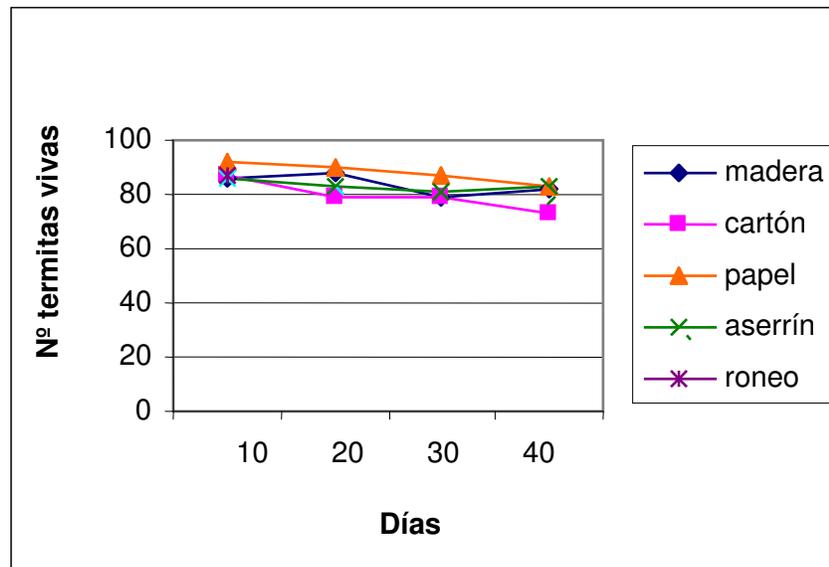


Figura 3. Supervivencia en los tratamientos y su variación en el tiempo.

Ensayo de exposición a ninfas

Al inicio de los experimentos, inmediatamente después de poner las termitas en las placas, no ocurrió ni agregación ni atracción de los insectos hacia ninguno de los bloques en particular, lo que indica que las ninfas no depositaron en ellos feromonas de agregación. Así mismo, el consumo de madera expuesta a ninfas no presentó diferencias significativas con el testigo, lo que indica que las ninfas no dejaron en la madera feromonas que indujeran preferencia de alimentación por el bloque expuesto. Los resultados de consumo se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Consumo promedio (mg/día) de individuos de *R. flavipes* en madera expuesta a ninfas y sin exponer.

<i>Tratamientos</i>	<i>Consumo promedio (mg/termita/día)</i>
Madera expuesta a ninfas	0,0303 a
Madera sin exposición	0,0440 a

Los semioquímicos usados por las termitas tienen diversas funciones. Los involucrados en el encuentro del alimento y la alimentación se originan de las termitas, del alimento, o de una interacción entre ambos (Bland y Raina 2006). Es probable que la selección del alimento esté regulada por secreciones de una glándula esternal (abdominal), fuente de feromonas de rastro (Thorne y Traniello; 2003). Stuart (1981) menciona que las feromonas de rastro y agregación relacionadas al forrajeo son secretadas por la glándula esternal de obreras y soldados.

La búsqueda de alimento por *Reticulitermes santonensis* Feytaud es organizada en parte por rastros químicos depositados con la secreción de su glándula abdominal. Durante el forrajeo estas termitas dejan un rastro punteado, y cuando descubren el alimento vuelven al nido dejando un rastro para la incorporación de integrantes de la colonia en la fuente de alimento. La diferencia entre los rastros de forrajeo y agregación en *R. santonensis* puede ser atribuida a cantidades diferentes de la feromona (Reinhard y Kaib, 2001a).

Las obreras de *R. flavipes* y *C. formosanus* han presentado una conducta de seguimiento del rastro inducida por extractos de cuerpos de termitas y por termitas vivas de sus nidos. Cuando

tubos se expusieron a termitas por 14 días, quedaron marcadores químicos que tuvieron actividad por al menos 8 días (Cornelius y Bland, 2001).

Hay evidencia que la glándula labial de *R. santonensis* libera una señal química persistente y resistente al calor sobre el alimento durante su explotación (Reinhard y Kaib, 2001b). En pruebas de elección con semicírculos de papel filtro, obreras de *R. santonensis* prefirieron el semicírculo tratado con extracto de la glándula labial al que fue tratado sólo con agua (Reinhard *et al.*, 1997).

Desde estas glándulas se identificó la hidroquinona como una feromona fagoestimulante de *Mastotermes darwiniensis* Froggatt, la cual es liberada por las termitas obreras y aplicada sobre la comida para marcar sitios de alimentación, lo que estimula a sus compañeras de colonia a alimentarse. La hidroquinona se encuentra en la mayoría de las especies de termitas y actúa como atrayente a corta distancia (Reinhard *et al.*, 2002a, 2002b), aunque según Raina *et al.* (2004), esta molécula no es fagoestimulante para *C. formosanus*.

La mayoría de los estudios mencionados indican evidencias de feromonas de rastro, agregación o marcaje de alimentos, relacionadas con la casta obrera en situaciones de búsqueda, encuentro y explotación de alimentos.

En nuestro estudio, la mayoría de las ninfas que se usaron para “marcar” el bloque de madera eran pre-aladas y según los resultados, no liberarían moléculas que influyan en la alimentación de las obreras. Esto puede relacionarse con las diferentes funciones de las castas, ya que estas ninfas no son las encargadas de buscar y obtener el alimento para la colonia. Reinhard *et al.* (1997) postulan que sólo las obreras inician el forrajeo.

También se pensó que si las ninfas son alimentadas por las obreras, podrían inducir la preferencia debido a la atracción o agregación de las obreras en el bloque relacionada a otras feromonas, pero los resultados de nuestros ensayos indican lo contrario, y según Forschler⁵, las ninfas pre-aladas son autosuficientes y podrían alimentarse a si mismas.

⁵ Forschler, B., Profesor de Entomología, Departamento de Entomología, Athens Campus, Universidad de Georgia, EEUU (comunicación personal, 2007).

Ensayo de potenciales estimuladores de la alimentación

El tratamiento con aspartamo no mostró diferencias significativas para el consumo de papel filtro entre ninguno de los tratamientos, al igual que el ácido glutámico (Cuadro 8). Con ello, se concluye que estos compuestos, no estimularon la alimentación de *R. flavipes* a las concentraciones evaluadas.

Cuadro 8. Consumo diario promedio (mg) de *R. flavipes* en tratamientos de aspartamo y ácido glutámico.

<i>Tratamientos</i>	<i>Aspartamo</i>	<i>Ácido glutámico</i>
Agua destilada	0,0617 a	0,0459 a
0,005 M	0,0561 a	0,0427 a
0,01 M	0,0613 a	0,0437 a
0,05 M	0,0555 a	0,0401 a

Promedios con letras iguales son iguales significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

En este ensayo se evaluó el aspartamo por contener ácido aspártico, ya que en un estudio de Chen y Henderson (1996), ambos ácidos, glutámico y aspártico, evaluados a 0,01 M junto con otros aminoácidos, causaron un mayor consumo en ensayos de elección. Sin embargo, en nuestro estudio con *R. flavipes*, al ser evaluados en varias concentraciones en ensayos sin elección, el ácido glutámico y el aspartamo no causaron un aumento significativo del consumo.

En otro estudio para *Reticulitermes* spp. con azúcares y aminoácidos, Swoboda *et al.* (2004) encontraron diferencias significativas de consumo en ensayos de elección. El ácido úrico fue preferido a 0,001 M y algunos aminoácidos detuvieron significativamente la alimentación a 0,1 M de concentración. Sin embargo, ninguno fue estimulador de la alimentación al evaluarse en ensayos sin elección, lo que concuerda con nuestros resultados.

En ensayos de 2 alternativas, papeles filtro tratados con ácido D-aspártico a varias concentraciones no fueron más consumidos por *C. formosanus* que el control. Pero el ergosterol fue fagoestimulante a 1mg/g de papel filtro (Cornelius, 2003)

En el trabajo de Huixin *et al.* (2003), el 2-fenoxietanol incrementó a muy bajas concentraciones la alimentación de *C. formosanus*. También se ha demostrado que la hidroquinona (1,4-dihydroxybenzene) y algunos compuestos químicos relacionados estimulan la alimentación de las termitas (Reinhard *et al.*, 200b).

En ensayos de elección en laboratorio, *Mastotermes darwiniensis* Froggatt y *Coptotermes acinaciformis* Froggatt consumieron significativamente más madera con hidroquinona, pero la adición de glucosa o aminoácidos no aumentó el efecto fagoestimulante de la hidroquinona (Reinhard *et al.*, 2002b).

Sin embargo, en otros ensayos de elección con químicos sintéticos hubo claras preferencias de *R. santonensis* por compuestos azucarados a concentraciones de 10 y 100 mmol. Y los aminoácidos indujeron solo ligeras preferencias (Reinhard y Kaib, 2001b).

Según Morales-Ramos *et al.* (2004), ciertos compuestos nitrogenados del grupo de la urea y el ácido úrico son efectivos como estimulantes de la alimentación y/o “agregantes” de termitas subterráneas a concentraciones \leq a 1000 ppm (0,1% por peso).

En nuestro estudio, observaciones preliminares indicaron que las soluciones de aspartamo y ácido glutámico no causaron efectos de atracción o agregación de termitas.

Varias patentes se refieren al uso de químicos para incrementar el consumo de cebos celulósicos. En una de ellas se menciona que varias especies de termitas, entre las que se encuentra *R. flavipes*, han presentado un aumento de la alimentación en cebos celulósicos que contenían sitosterol, un lípido de origen vegetal (James *et al.*, 2003). En la patente US No. 5.637.298 se describe el uso de 2-naftalenometanol para atraer y estimular la alimentación (Board of Supervisors of Louisiana State University, 1997); en la US Pat. No. 6.203.811 se usa un extracto de hongo como fagoestimulante (McPherson y Wood, 2001); y en la US Pat. No. 3.858.346 se usa un carbohidrato en un cebo de aserrín para incrementar el consumo (Bailey, 1975).

No obstante, muchos compuestos químicos que son preferidos en ensayos de elección, no son estimuladores de la alimentación al ser evaluados en ensayos sin alternativas, como es el caso del

ácido úrico y azúcares como fructosa, galactosa, glucosa, rafinosa, sacarosa y trehalosa (Swoboda *et al.*, 2004).

Saran y Rust (2005) encontraron que varios azúcares actuaron como fagoestimulantes de *Reticulitermes hesperus* (Banks) a concentraciones mucho mayores que las encontradas naturalmente en la madera. El mayor consumo ocurrió en discos de papel tratados con ribosa al 5%, seguido por xilosa al 3%, y maltosa, fructosa, arabinosa y ribosa al 2%. Pero en pruebas de elección múltiple las termitas no discriminaron entre ribosa, fructosa, xilosa, y maltosa al 2%.

Las pruebas de elección múltiple no diferencian las preferencias alimentarias de estimuladores o inhibidores de la alimentación (Swoboda *et al.*, 2004). A mayor número de alternativas, el efecto de cada sustancia en particular se distingue menos, y es conveniente hacer ensayos sin alternativas, con las sustancias preferidas en pruebas de comparación múltiple (*e.g.*, Chen y Henderson, 1996; Morales-Ramos y Rojas, 2001b; Swoboda *et al.*, 2004).

Considerando la evidencia obtenida en estudios de alimentación, hay pocos compuestos que realmente estimulen la alimentación. Muchas veces los trabajos se refieren a estimuladores de la alimentación en forma equivocada, al confundirse la preferencia en pruebas de elección con un efecto fagoestimulante.

Ensayo de sustancias tóxicas

Al inicio de los ensayos, el ácido acético al 1% tuvo un efecto inmediato de atracción y agregación de las termitas en el bloque, aparentemente influido por la temperatura, ya que se observó a 18-20°C pero no dentro del termitero a 23-25°C.

El ácido fórmico al 1, 5, 10 y 20% causó un ligero efecto repelente, al igual que el ácido acético al 20%, ya que las termitas no se acercaron a los bloques, a diferencia del testigo. Sin embargo, estos efectos no se cuantificaron y la mayoría de ellos no persistió más de 2 días.

Efecto del ácido acético y fórmico en la mortalidad de *R. flavipes*

Las dosis utilizadas y los promedios de mortalidad al día 15 se presentan en el Cuadro 9 para el ácido acético y fórmico. La mortalidad promedio ocurrida en el tratamiento con agua fue 10%, por lo que se la descontó de los demás resultados aplicando la corrección de Abbott (1925). La menor dosis utilizada de ácido acético presentó una mortalidad corregida de 1,23%, y de ácido fórmico de 16,05%. A concentraciones de 5% se obtuvieron mortalidades similares en ambos ácidos, e inferiores al 17%. Para el 10% de concentración se obtuvo una mortalidad de 51,85% con ácido acético y 41,98% con ácido fórmico. La mayor concentración de ácido acético produjo una mortalidad mayor al 80%, mientras que en ácido fórmico fue inferior al 50%.

Cuadro 9. Mortalidad corregida (%) de termitas al día 15 con las concentraciones evaluadas de ácido acético y ácido fórmico.

<i>Concentración (ml ácido/100 ml solución)</i>	<i>% de mortalidad</i>	
	<i>Ácido acético</i>	<i>Ácido fórmico</i>
1	1,23	16,05
5	13,58	16,05
10	51,85	41,98
20	82,72	46,91

En las Figuras 4 y 5 se presentan las curvas de regresión de las dosis versus la mortalidad de las termitas al final del ensayo. Los resultados con el ácido acético tienen un mayor grado de ajuste a la curva, y una relación estrecha entre el aumento de la dosis y el aumento de la mortalidad. En este caso las concentraciones \geq a 10% eliminaron, bajo las condiciones de nuestro ensayo, más del 50% de la población, y un 20% de concentración eliminó más del 80% de las termitas en 15 días. Mediante la ecuación de la curva se calculó que la CL₅₀ para el ácido acético es 10,73 ml de ácido en 100 ml de solución y para matar al 90% (CL₉₀) de los individuos se requeriría una concentración de 22,55 ml de ácido acético en 100 ml de solución.

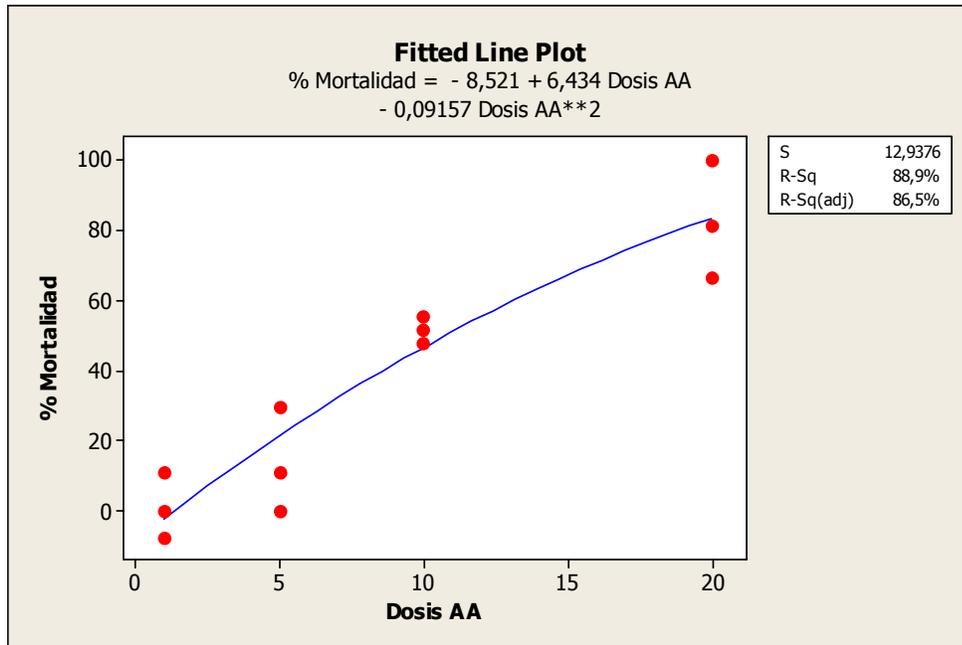


Figura 4. Curva de regresión cuadrática de la mortalidad (%) de termitas versus la concentración de ácido acético.

La curva ajustada para los tratamientos de ácido fórmico no tiene un buen ajuste de los resultados, indicando que la mortalidad fue muy variable a una misma concentración. Además, ni la dosis mayor evaluada eliminó al 50% de las termitas bajo las condiciones de nuestro ensayo. Según la curva, el ácido fórmico en el rango de concentraciones evaluado no lograría el 50% de control de la población a los 15 días.

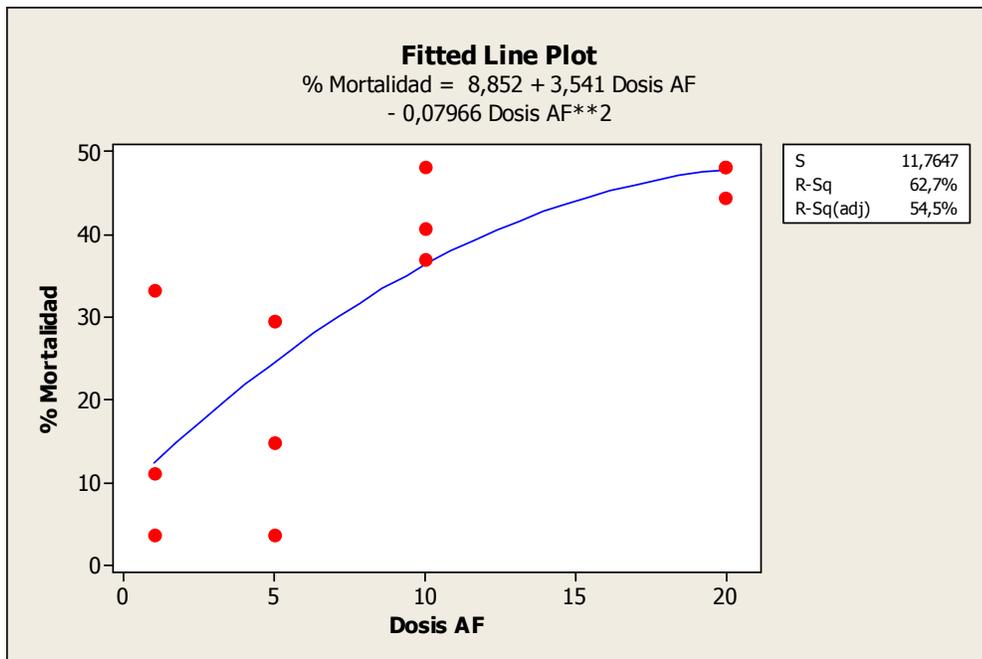


Figura 5. Curva de regresión cuadrática de la mortalidad (%) de termitas versus la concentración de ácido fórmico.

Las Figuras 4 y 5 indican la superioridad del ácido acético sobre el ácido fórmico en el control de termitas. Las curvas de regresión se hicieron con los resultados de mortalidad acumulada al día 15, ya que cerca de ese día hubo una baja notoria en la mortalidad en la mayoría de los tratamientos, reflejada en la disminución de las pendientes de las curvas de mortalidad acumulada. Además, otros ensayos de mortalidad de termitas con compuestos tóxicos han tenido una duración similar (*e.g.* Su *et al.*, 1987; Remmen y Su, 2005). Sin embargo, al final del ensayo no se observó una detención de la mortalidad en todos los tratamientos. Las curvas de mortalidad acumulada durante el ensayo se presentan en las Figuras 6 y 7 para ácido acético y fórmico, respectivamente.

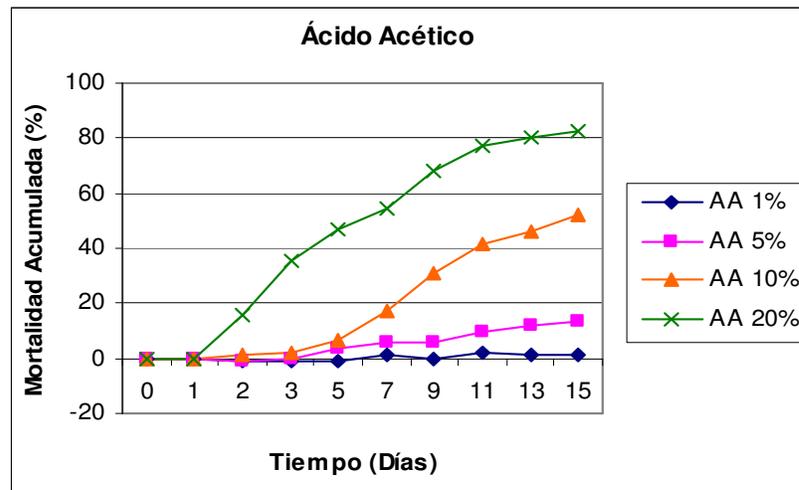


Figura 6. Curvas de mortalidad acumulada de obreras de *R. flavipes* expuestas a maderas impregnadas con ácido acético a cuatro concentraciones durante 15 días.

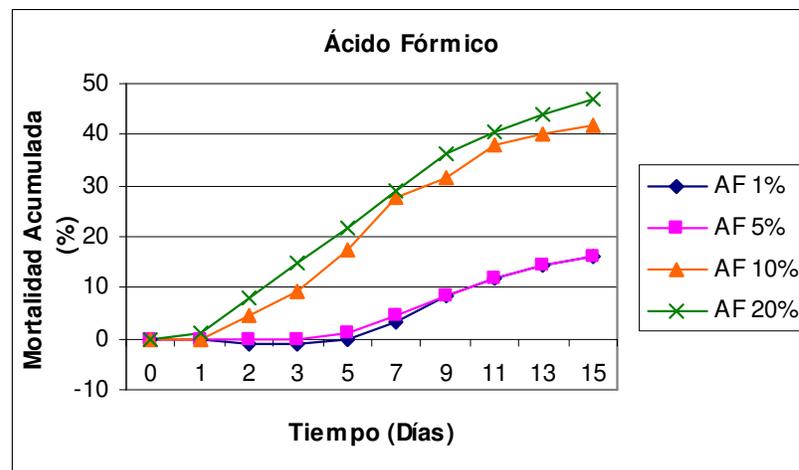


Figura 7. Curvas de mortalidad acumulada de obreras de *R. flavipes* expuestas a maderas impregnadas con ácido fórmico a cuatro concentraciones durante 15 días.

Las Figuras 6 y 7 indican una respuesta de mortalidad proporcional a la concentración usada de ácido acético. En cambio las concentraciones de 1 y 5% de ácido fórmico tuvieron prácticamente el mismo efecto según las curvas de mortalidad, que aparecen superpuestas, y las concentraciones de 10 y 20% también tuvieron escasa diferencia.

Ambos ácidos son bastante menos tóxicos para *R. flavipes* que insecticidas como thiamethoxam o fipronil, que fueron evaluados a varias concentraciones por Remmen y Su (2005) exponiendo a

R. flavipes por 24 horas. Con 50 ppm de thiamethoxam y 1 ppm de fipronil, estos investigadores obtuvieron mortalidades superiores al 80% en 2-4 y 5 días, respectivamente.

No se encontraron referencias al uso de ácido fórmico para el control de termitas, pero este producto se usa para el control de ácaros parásitos de abejas melíferas (*Apis mellifera* L. y *Apis cerana* F.). Espinosa y Guzmán (2006) lo evaluaron al 65% para controlar el ácaro parásito *Varroa destructor* Oudemán, aplicándolo 4 veces a intervalos de cuatro días y obtuvieron una mortalidad de 66,4% en 5 semanas; pero la forma en que se usó difiere de la metodología en nuestros ensayos.

En un estudio para determinar la mejor combinación concentración-tiempo (CT) para controlar a *V. destructor* sin dañar las abejas, la supervivencia de ácaros y abejas fue afectada por la concentración del ácido fórmico, con interacción para la CT₅₀ entre la temperatura, concentración y especie (Underwood y Currie, 2003).

Con respecto al ácido acético, en la patente US 6586470 (Lojek y Lojek, 2003) se describe una composición acuosa como insecticida que consiste esencialmente en ácidos acético y cítrico, málico o ascórbico, en proporciones de 10:1 a 1:1 en base a peso, y con una concentración de ácido acético menor a 8 g/L. Pero no se encontraron estudios científicos que verifiquen su acción insecticida.

En un estudio de caracterización de insecticidas para *C. formosanus*, Su *et al.* (1987) indican que aquellos de acción lenta en concentraciones bajas requieren un tiempo mayor para alcanzar la mortalidad registrada en las concentraciones altas. Al final del ensayo las concentraciones bajas mostraban un acercamiento de sus curvas de mortalidad acumulada a las de las concentraciones altas. En cambio los de acción rápida resultaban en una mortalidad menor con bajas concentraciones. Según esta definición, las curvas de mortalidad acumulada de nuestro ensayo no indican un comportamiento de acción lenta en los ácidos. Y para que un tóxico pueda ser aplicado en cebos debe ser de acción lenta para permitir la transmisión del veneno a otras termitas que no se hayan alimentado de éstos, y evitar la acumulación de termitas muertas o enfermas cerca de la estación de alimentación, que harían a otras termitas evitar el área (Beyond Pesticides, 2007).

CONCLUSIONES

En las condiciones en que se hicieron los ensayos y de acuerdo a la metodología utilizada se concluye que:

- *R. flavipes* consumió significativamente más madera de pino y papel roneo que papel absorbente, cartón corrugado y aserrín de pino radiata.
- La mayor supervivencia en el tratamiento de papel absorbente sugiere que un alimento nutricionalmente favorable puede ser menos consumido cuando es la única alternativa, indicando que el consumo en ensayos sin alternativas no revela la preferencia por alimento que puede ocurrir en terreno.
- El ácido glutámico y el aspartamo no indujeron un mayor consumo de papel filtro a ninguna de las concentraciones evaluadas, por lo que no estimularían la alimentación de *R. flavipes*.
- La exposición de maderas a ninfas de *R. flavipes* por 24 horas no aumentó la alimentación ni la agregación de las obreras en los bloques de madera expuestos.
- La mortalidad de *R. flavipes* fue mayor (sobre 50 y 80% a concentraciones de 10 y 20%, respectivamente) y más homogénea con ácido acético que con ácido fórmico.
- Los resultados de mortalidad con sustancias tóxicas sugieren seguir investigando, y evaluar el efecto del ácido acético a 10 y 20%, y del ácido fórmico a 20%, con mayor número de termitas y durante más tiempo, en condiciones más semejantes a las naturales.

BIBLIOGRAFÍA

Abbott W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265–267.

Arango, R; Green, F.; Hintz, K.; Lebow, P.; Miller, R. 2006. Natural durability of tropical and native woods against termite damage by *Reticulitermes flavipes* (Kollar). *International Biodeterioration & Biodegradation* 57: 146-150.

Atkinson, P. R.; Nixon, K. M.; Shaw, M. J. P. 1992. On the susceptibility of Eucalyptus species and clones to attack by *Macrotermes natalensis* Haviland (Isoptera: Termitidae). *Forest Ecology and Management* 48 (1-2): 15-30.

Bailey, L. 1975. Control of subterranean termites. US Patent 3858346.

Beyond Pesticides. 2007. Least-toxic control of termites. Rev. abril de 2007 en <http://www.beyondpesticides.org/alternatives/factsheets/Termite%20Control.pdf>

Bland, J.; Raina, A. 2006. Role of semiochemical in termites. Rev. junio de 2007; disponible en : <http://iussi.confex.com/iussi/2006/techprogram/P2318.HTM>

Board of Supervisors of Louisiana State University. 1997. Composition and method for killing termites. US Patent 5637298.

Camousseight, A. 1999. Las termitas y su presencia en Chile. CONAF, Santiago, Nota Técnica 37, 8 p.

Carr, R. 1999. Review of the behavioral ecology of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae: *Coptotermes* sp. and *Reticulitermes* sp.) with discussion on applications to alternative control methods. Rev. junio de 2006 en:

http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en507/papers_1999/carr.htm

- Chen, J.; Henderson, G. 1996. Determination of feeding preference of Formosan subterranean termite (*Coptotermes formosanus* Shiraki) for some amino acid additives. *Journal of Chemical Ecology* 22 (12):2359-2369.
- Cornelius, M. 2003. Evaluation of semiochemicals as feeding stimulants for the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology* 41(3): 583-591.
- Cornelius, M.; Bland, J. 2001. Trail-following behavior of *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). Is there a species-specific response? *Environmental Entomology* 30(3): 457-465.
- Cornelius, M.; Daigle, D.; Connick, W. Jr.; Parker, A.; Wunch, K. 2002. Responses of *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera Rhinotermitidae) to three types of wood rot fungi. *Journal of Economic Entomology* 95: 121-128.
- Cornelius, M.; Lax, A. 2004. Effect of summon preferred food source on feeding, tunneling, and bait station discovery by the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 98(2): 502-508.
- Delaplane, K.; La Fage, J. 1989. Preference for moist wood by the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 82(1): 95-100.
- Eaton, R. A.; Hale, M. D. C. 1993. *Wood decay, pests and protection*. Chapman & Hall. 478 p.
- Ellis, B; Yespen, R.; Bradley, F; Atthowe, H. 1996. *The organic gardener's handbook of natural insect and disease control*. Rodale Press, Inc., Lehigh County, Pennsylvania, 534 p.
- Empresas CMPC. 2005. La celulosa. Rev. marzo de 2007 en:
<http://www.papelnet.cl/celulosa/fase3.htm>
- Espinosa-Montaña, L.; Guzmán-Novoa, E. 2007. Eficacia de dos acaricidas naturales, ácido fórmico y timol para el control del ácaro *Varroa destructor* de las abejas (*Apis mellífera* L.) en Villa Guerrero, México. *Veterinaria México* 38(1): 9-19.

Evans, T.; Gleeson, P. 2006. The effect of bait design on bait consumption in termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Bulletin of Entomological Research* 96(1): 85-90.

Huixin, F.; Ibrahim, S.; Henderson, G.; Laine, R.; Kong, W. 2003. Laboratory and field evaluation of 2-phenoxyethanol as an attractant and feeding stimulant to subterranean termites. Rev. diciembre de 2006 en: http://esa.confex.com/esa/2003/techprogram/paper_12226.htm

INTEC Chile-INFOR. 1997. Un nuevo desafío al uso intensivo de la madera: La termita subterránea. Estudio de su impacto y prevención. Proyecto FDI CORFO 96C1-FP24.

James, D.; Bernklau, E.; Siderhurst, M.; Fromm, E.; Bishop, J.; Bjostad, L. 2003. Termite feeding stimulant and method for using same. Patent WO/2003/039250.

Karsulovic, T.; Bozo, A. 2006. Aunando esfuerzos para enfrentar la plaga de termitas subterráneas en la Región Metropolitana. *Ambiente Forestal* 1(2): 49-54.

Kenneth, G.; Yamamoto, R. 1994. Natural resistance of Alaska-cedar, redwood, and teak to Formosan subterranean termites. *Forest Products Journal* 44(3): 41-45.

Klein, H.; Wenner, A. 2001. *Tiny game hunting: environmentally healthy ways to trap and kill the pests in your house and garden.* University of California Press, 278 p.

Koch, A. 1972. *Utilization of the southern pines, Vol. II.* Agric. Handbook 420, USDA, Washington, DC, 1663 p.

Lojek, J.; Lojek, M. 2003. Insecticidal Composition. US Patent 6586470.

McPherson, B.; Wood, D. 2001. Termite control compositions. US Patent 6203811.

Morales, J. E. 2003. Termitas subterráneas. *Revista Técnica de la Construcción* 33 (nov.): 48-52. Rev. noviembre de 2006 en: <http://www.revistabit.cl/pdf/48-53.pdf>

Morales-Ramos, J. 2004. Urea and nitrogen based compounds as feeding stimulants/ aggregants and masking agents of unpalatable chemicals for subterranean termites. U.S. Patent PCT/US2001/048962.

- Morales-Ramos, J.; Rojas, G. 2001a. Bait matrix for delivery of chitin synthesis inhibitors to the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 94(2): 506-510.
- Morales-Ramos, J.; Rojas, G. 2001b. Nutritional ecology of the Formosan Subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae): feeding response to commercial wood species. *Journal of Economic Entomology* 94(2): 516-523.
- Morales-Ramos, J.; Rojas, G. 2003. Nutritional ecology of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae): growth and survival of incipient colonies feeding on preferred wood species. *Journal of Economic Entomology* 96(1): 106-116.
- Morales-Ramos, J.; Rojas, M. 2005. Wood consumption rates of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae): a three year study using groups of workers and soldiers. *Sociobiology* 45(3): 707-719.
- Odelson, D.; Breznak, J. 1983. Volatile fatty acid production by the hindgut microbiota of xylophagous termites. *Applied and Environmental Microbiology* 45(5): 1602-1613.
- Peralta, R. G.; Meneses, E. B.; Carvalho, A. C.; Aguilar-Meneces, E. 2003. Feeding preference of subterranean termites for forest species associated or not to a wood-decaying fungi. *Floresta e Ambiente* 10(2): 58-63.
- Peralta, R. G.; Meneses, E. B.; Carvalho, A. C.; Aguilar-Meneces, E. 2004. Wood consumption rates of forest species by subterranean termites (Isoptera) under field conditions. *Árvore* 28(2): 283-289.
- Raina, A.; Bland, J.; Osbrink, W. 2004. Hydroquinone is not a phagostimulant for the formosan subterranean termite. *Journal of Chemical Ecology* 31(3): 509-517.
- Ramírez, C.; Lanfranco, D. 2001. Descripción de la biología, daño y control de las termitas: especies existentes en Chile. *Bosque* 22(2): 77-84.

- Reinhard, J.; Hertel, H.; Kaib, M. 1997. Feeding stimulating signal in labial gland secretion of the subterranean termite *Reticulitermes santonensis*. *Journal of Chemical Ecology* 23(10): 2371-2381.
- Reinhard, J.; Lacey, M. J.; Ibarra, F.; Schroeder, F. C.; Kaib, M.; Lenz, M. 2002a. Hydroquinone: a general phagostimulating pheromone in termites. *Journal of Chemical Ecology* 28(1): 1-14.
- Reinhard, J.; Lacey, M. J.; Lenz, M. 2002b. Application of the natural phagostimulant hydroquinone in bait systems for termite management (Isoptera). *Sociobiology* 39(2): 213-229.
- Reinhard, J.; Kaib, M. 2001a. Trail communication during foraging and recruitment in the subterranean termite *Reticulitermes santonensis* De Feytaud (Isoptera, Rhinotermitidae). *Journal of Insect Behavior* 14(2): 157-171.
- Reinhard, J.; Kaib, M. 2001b. Thin-layer chromatography assessing feeding stimulation by labial gland secretion compared to synthetic chemicals in the subterranean termite *Reticulitermes santonensis*. *Journal of Chemical Ecology* 27(1): 175-187.
- Remmen, L.; Su, N. 2005. Time Trends in Mortality for thiamethoxam and fipronil against formosan subterranean termites and eastern subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 98(3): 911-915.
- Ripa, R.; Castro, L. 2001. Termitas, una plaga estructural en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Experimental de Entomología La Cruz, folleto, 9 p.
- Ripa, R.; Luppichini, M. 2004. Termitas de importancia económica en Chile. *Tierra Adentro* 59 (nov.-dic.): 42-51.
- Rojas, N. 2005. Termita subterránea: Identificación y preferencias alimentarias. Memoria ingeniero en maderas, Universidad de Talca, Escuela de Ingeniería en Industrias de la Madera, Talca, 58 p.

- Rust, M.; Reiersen, D. 1977. Using wood extracts to determine the feeding preferences of the western drywood termite, *Incisitermes minor* (Hagen). *Journal of Chemical Ecology* 3(4): 391-399.
- Saran, R.; Rust, M. 2005. Feeding, uptake, and utilization of carbohydrates by western subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 98(4): 1284-1293.
- Smythe, R.; Carter, F. 1970. Feeding responses to sound wood by *Coptotermes formosanus*, *Reticulitermes flavipes* and *R. virginicus* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 63(3): 841-847.
- Stuart, A. 1981. The role of pheromones in the initiation of foraging, recruitment and defense by the soldiers of a tropical termite, *Nasutitermes corniger* (Motschulsky). *Chemical Senses* 6(4): 409-420.
- Su, N.; Tamashiro, M.; Haverty, M. 1987. Characterization of slow-acting insecticides for the remedial control of the formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 80(1): 1-4.
- Su, N.; Ye, W.; Ripa, R.; Scheffrahn, R.; Giblin-Davis, R. 2006. Identification of Chilean *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) inferred from three mitochondrial gene DNA sequences and soldier morphology. *Annals of the Entomological Society of America* 99(2): 352-363.
- Suiter, D.; Jones, S.; Forschler, B. 2002. Biology of subterranean termites in the eastern United States. *University of Georgia Bulletin* 1209, 8 pp. Rev. noviembre de 2006 en: <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubs/PDF/B1209-termites.pdf>
- Swoboda, L. E.; Miller, D. M.; Fell, R. J.; Mullins, D. E. 2004. The effect of nutrient compounds (sugars and amino-acids) on bait consumption by *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology* 44(3): 547-563.

Thorne, B.; Traniello, J.; Lenz, M.; Kard, B. 2004. Search and destroy. A research report about termite foraging behavior and what it means for effective termite IPM. Rev. junio de 2007 en: www.pctonline.com

Thorne, B.; Long, C. 2006. Resource fidelity, brood distribution and foraging dynamics in complete laboratory colonies of *Reticulitermes flavipes* (Isoptera Rhinotermitidae). *Ethology, Ecology & Evolution* 18: 113-125.

Thorne, B.; Traniello, J. 2003. Comparative social biology of basal taxa of ants and termites. *Annual Review of Entomology* 48: 283-306.

Underwood, R. M.; Currie, R. W. 2003. The effects of temperature and dose of formic acid on treatment efficacy against *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), a parasite of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Experimental and Applied Acarology* 29: 303-313.

Vitis, M. 2002. Evaluación comparativa de papeles nacionales e importados en el mercado del sector embalaje. Memoria ingeniero forestal, Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales, 73 p.

Waller, D. A. 1988. Host selection in subterranean termites: Factors affecting choice (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology* 14(1): 5-14.

Waller, D. A.; Jones D. C.; La Fage J. P. 1989. Measuring wood preference in termites. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 56(2): 117-12.

Waller, D.; La Fage, J. 1987. Nutritional ecology of termites, pp.487-532, *En* Slansky, F.; Rodriguez, J. (eds.), *Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates*. Wiley, New York, 1016 p.

APÉNDICE

Mortalidad en ensayo de sustancias tóxicas

Cuadro I. Mortalidad de *R. flavipes* en tratamientos de ácido acético, fórmico y en testigo.

		N° de Termitas Muertas										
Repetición	Trat.	Día 1	Día 2	Día 3	Día 5	Día 7	Día 9	Día 11	Día 13	Día 15	% Mort Día 15	% Mort corregido
1	AA 1%	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3,3	-7,4
2	AA 1%	0	0	0	1	3	3	4	5	6	0,2	11,1
3	AA 1%	0	0	1	1	2	2	3	3	3	0,1	0,0
Promedio	AA 1%	0	0	0,3	0,7	1,7	1,7	2,7	3	3,3	11,1	1,2
1	AF 1%	0	0	0	0	1	2	3	4	4	13,3	3,7
2	AF 1%	0	0	1	2	4	7	8	11	12	40,0	33,3
3	AF 1%	0	0	0	1	2	3	5	5	6	20,0	11,1
Promedio	AF 1%	0	0	0,3	1	2,3	4	5,3	6,7	7,3	24,4	16,0
1	AA 5%	0	0	0	0	1	1	1	2	3	10,0	0,0
2	AA 5%	0	0	1	3	4	5	8	10	11	36,7	29,6
3	AA 5%	0	0	1	3	4	4	5	6	6	20,0	11,1
Promedio	AA 5%	0	0	0,7	2	3	3,3	4,7	6	6,7	22,2	13,6
1	AF 5%	0	0	0	0	1	1	2	3	4	13,3	3,7
2	AF 5%	0	0	1	2	3	6	8	10	11	36,7	29,6
3	AF 5%	0	1	1	2	4	5	6	7	7	23,3	14,8
Promedio	AF 5%	0	0,3	0,7	1,3	2,7	4	5,3	6,7	7,3	24,4	16,0
1	AA 10%	0	1	2	5	10	15	16	16	17	56,7	51,9
2	AA 10%	0	0	1	1	3	7	12	15	18	60,0	55,6
3	AA 10%	0	1	1	3	6	9	13	15	16	53,3	48,1
Promedio	AA 10%	0	0,7	1,3	3	6,3	10,3	13,7	15,3	17	56,7	51,9
1	AF 10%	0	0	2	5	10	10	12	13	14	46,7	40,7
2	AF 10%	0	3	5	8	10	12	14	15	16	53,3	48,1
3	AF 10%	0	2	3	5	8	10	12	13	13	43,3	37,0
Promedio	AF 10%	0	1,7	3,3	6	9,3	10,7	12,7	13,7	14,3	47,8	42,0

		N° de Termitas Muertas										
Repetición	Trat.	Día 1	Día 2	Día 3	Día 5	Día 7	Día 9	Día 11	Día 13	Día 15	% Mort Día 15	% Mort corregida
1	AA 20%	0	4	11	15	18	20	20	20	21	70,0	66,7
2	AA 20%	0	6	12	15	16	24	28	30	30	100,0	100,0
3	AA 20%	0	5	10	14	17	19	23	24	25	83,3	81,5
Promedio	AA 20%	0	5	11	14,7	17	21	23,7	24,7	25,3	84,4	82,7
1	AF 20%	0	3	6	9	10	12	13	14	15	50,0	44,4
2	AF 20%	0	2	4	6	10	13	13	15	16	53,3	48,1
3	AF 20%	1	3	5	7	9	11	14	15	16	53,3	48,1
Promedio	AF 20%	0,3	2,7	5	7,3	9,7	12	13,3	14,7	15,7	52,2	46,9
1	AGUA	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3,3	-7,4
2	AGUA	0	1	2	2	3	3	4	5	6	20	11,1
3	AGUA	0	0	0	0	0	1	1	2	2	6,7	-3,7
Promedio	AGUA	0	0,3	0,7	1	1,3	1,7	2	2,7	3	10	0

N° inicial de individuos= 30; AA= ácido acético; AF= ácido fórmico.

Cuadro II. Consumo diario promedio (mg/día) por termita de materiales celulósicos en cada periodo de tiempo.

CONSUMO PROMEDIO (Mg/termita/día)				
MATERIAL	DÍA 10	DÍA 20	DÍA 30	DÍA 40
Bloque de madera de pino	0,06535	0,08102	0,08373	0,07560
Cartón corrugado	0,05155	0,04750	0,05248	0,05070
Papel absorbente	0,04517	0,05628	0,05145	0,04545
Aserrín de pino	0,05458	0,06233	0,05618	0,06745
Papel roneo	0,08700	0,06680	0,07240	0,06860

ANEXO

Cuadro I. Contenidos de celulosa aproximados de los materiales celulósicos evaluados.

MATERIAL	CONTENIDO DE CELULOSA (%)
Bloque de madera de pino	45-50
Cartón corrugado	60
Papel absorbente	95-99
Aserrín de pino	45-50
Papel roneo	80-85

Fuente: Silva, R., Prof. Celulosa y Papel, Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile (comunicación personal, 2007).