

Universidad de Guadalajara

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS



GUÍA DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DE TERMITAS

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE
PRODUCCIÓN DE MATERIALES EDUCATIVOS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

GIUSEPPE RAFAEL GALINDO RODRÍGUEZ

DIRECTOR: DR. FLORENCIO RECENDIZ HURTADO



Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología

COORD-BIO-090/2011

C. GIUSEPPE RAFAEL GALINDO RODRÍGUEZ
PRESENTE

Manifiestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **PRODUCCION DE MATERIALES EDUCATIVOS** opción **PAQUETE DIDÁCTICO** con el título: "Guía didáctica para el estudio de termitas", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director de dicho trabajo al **Dr. Florencio Recendiz Hurtado**.

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 01 de junio de 2011.



DRA. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



M.C. GLORIA PARADA BARRERA
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Dra. Teresa de Jesús Aceves Esquivias.
 Presidente del Comité de Titulación.
 Licenciatura en Biología.
 CUCBA.
 Presente

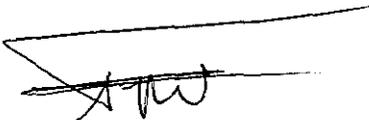
Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad **Producción de materiales educativos**, opción **Paquete didáctico** con el título: **"Guía didáctica para el estudio de termitas"** que realizó el pasante **Giuseppe Rafael Galindo Rodríguez** con número de código **005216222**, consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el trabajo terminado para autorizar su impresión y presentación.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

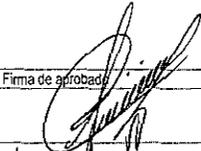
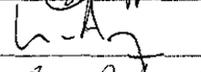
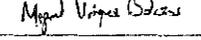
Atentamente

Guadalajara, Jalisco, Junio del 2011
 Lugar y fecha.

Firma



Nombre: Dr. Florencio Recendiz Hurtado

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobación	Fecha de aprobación
M.C. JAIME SANTILLAN SANTANA		20/Jun/2011
DR. GUSTAVO MOYA RAYGOZA		20/Jun/2011
M.C. CINTHYA LÓPEZ LÓPEZ		20/Jun/2011
Supl. DR. MIGUEL VASQUEZ BOLAÑOS		20-Junio-2011

Handwritten notes and signatures:
 27/06/2011
 [Handwritten signature]

Agradecimientos

Antes que nada a mis padres que con su apoyo y ejemplo me han enseñado el valor de la educación, además de haberme dado todo para ser la persona que ahora soy, los quiero mucho.

También agradezco a los demás miembros de mi familia que me han apoyado de distintas maneras a lo largo del camino.

A mi director el Dr. Florencio Recendiz Hurtado y a todos mis sinodales por haber sido parte fundamental en la elaboración de este trabajo y haberme brindado indicaciones, observaciones y sugerencias en la elaboración y mejora del mismo.

Contenidos

INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVOS	8
GENERAL.....	8
PARTICULARES.....	8
GUÍA DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DE LAS TERMITAS	9
INTRODUCCIÓN.....	9
MORFOLOGÍA.....	12
RELACIONES FILOGENÉTICAS CON OTROS INSECTOS.....	19
ANTIGÜEDAD Y REGISTROS FÓSILES	21
IMPORTANCIA ECONÓMICA Y ECOLÓGICA	22
BENEFICIOS AMBIENTALES.....	29
CLASIFICACIÓN.....	32
DIFERENTES CASTAS EN LAS TERMITAS	35
ALIMENTACIÓN.....	41
TIPOS DE NIDOS	43
GLOSARIO DE TÉRMINOS	49
LITERATURA CONSULTADA	51

Introducción

Actualmente el empleo de modalidades y técnicas para la enseñanza se ha diversificado, esto posiblemente debido a la mayor disponibilidad de nuevas tecnologías en la comunicación y al ritmo de vida en la sociedad actual. Una de estas modalidades es la denominada educación a distancia o educación virtual.

La llegada de las denominadas tecnologías digitales a los distintos ámbitos de la sociedad, y a la educación en este caso, representa una renovación sustantiva de los métodos, las formas organizativas y los procesos de la enseñanza en la educación superior. Los cambios y modificaciones que estas tecnologías están provocando en la concepción y práctica de la enseñanza universitaria significará, según algunos autores, una auténtica revolución pedagógica (Aguaded and Cabero , 2002).

La educación virtual consiste en el diseño y desarrollo de un curso o programa educativo implementado a través de un sitio web.

Una de las ventajas más llamativas e interesantes de la educación a través de plataformas virtuales es la oferta de cursos y programas de estudio en línea de modo que los distintos usuarios que por motivos de disponibilidad de tiempo u horario, trabajo o lejanía no puedan acudir a las aulas convencionales, cursen estos estudios desde su hogar.

Otra ventaja de esta modalidad educativa es que todo el conocimiento o saber que se necesita o debe ser transmitido durante el curso puede ser colocado en la red, de modo que el usuario lo tenga disponible cuando lo desee.

Estas tecnologías permiten incrementar la comunicación entre el profesor y sus alumnos. En la enseñanza presencial la comunicación se establece solo en horarios establecidos o a la hora de clases. Contrario a esto las plataformas virtuales permiten mayor interacción entre docente y alumno a través del correo electrónico, foros de discusión y el chat. Esto posteriormente conduce a que el usuario o alumno pueda plantear dudas, enviar trabajos y realizar comentarios con mayor facilidad y en cualquier momento.

Entre las herramientas educativas que se pueden implementar a través de plataformas virtuales se encuentran las guías didácticas.

La guía didáctica constituye un instrumento que apoya al alumno en el estudio independiente. La guía didáctica debe apoyar al estudiante a decidir qué, cómo, cuándo, y con ayuda de qué estudiar los contenidos de un curso o programa educativo a fin de

mejorar el aprovechamiento del tiempo disponible y maximizar el aprendizaje y su aplicación.

Una guía didáctica debe estar compuesta por su objetivo, contenidos, ejercicios de autoevaluación, actividades extras que apoyen y refuercen el aprendizaje y bibliografía de apoyo.

La presente guía didáctica abordara el tema de las termitas y será subida a la plataforma Moodle por ser esta la plataforma virtual en uso del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA).

Moodle presenta ventajas frente a otras plataformas: Compatibilidad de la interface con cualquier navegador, facilidad de instalación en la mayoría de las plataformas, facilidad de administración para docentes y alumnos, es una plataforma libre utilizada actualmente por muchas universidades (Moodle se distribuye gratuitamente como Software libre [Open Source] bajo la Licencia pública GNU). Básicamente esto significa que Moodle tiene derechos de autor (Copyright), pero tiene algunas libertades y posibilidades de elegir el formato del curso por semana o tema de discusión, basado en un formato social.

El diseño y desarrollo de Moodle se basa en una determinada filosofía del aprendizaje: "pedagogía constructivista social", que sustenta el trabajo colaborativo y la reflexión crítica, permite su implementación como herramienta de aprendizaje en línea o bajo un sistema blended learning.

Los recursos didácticos utilizados tienen como objetivo facilitar y estimular el proceso de aprendizaje a los estudiantes y la adquisición de nuevos conocimientos y materiales multimedia que combinen diferentes tecnologías al alcance desde una perspectiva de máximo aprovechamiento pedagógico.

El uso diversificado de las tecnologías para exponer contenidos, permite que el proceso de aprendizaje sea mucho más rico en fuentes e utiliza un abanico mucho más amplio de tecnologías y un uso extensivo de los diversos recursos didácticos que hagan posible los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Tipos de recursos

Moodle soporta un amplio rango de tipos de recursos que le permiten insertar casi cualquier clase de contenido web en sus cursos. Los recursos de los cuales se habla a continuación serán lo que habrán de ser utilizados en este material didáctico.

Foros

En los foros existe la posibilidad de incorporar en cada mensaje una gran cantidad de archivos para que sean vistos por el resto de los participantes. Su principal función es la de propiciar cadenas de conversación y/o discusión sobre temas específicos. Los participantes pueden agregar comentarios y estos a su vez ser leídos y replicados asincrónicamente por el resto de los participantes en el momento que lo crean conveniente.

Es aquí donde se desarrolla la mayor parte de los debates. Pueden estructurarse de distintas maneras, e incluso permite evaluar la participación incluyendo calificaciones. Los mensajes también se pueden ver de varias maneras, incluyendo mensajes e imágenes adjuntas. Al suscribirse a un foro, los participantes recibirán copias de cada mensaje en su buzón de correo electrónico. El profesor puede imponer la suscripción a todos los integrantes del curso si así lo desea.

Chat

Es el espacio en el cual los participantes discuten en tiempo real a través de internet un tema específico.

Cuestionario

Este recurso permite diseñar y plantear cuestionarios. Éstos pueden ser: opción múltiple, verdadero/falso, respuesta corta, numérica, de emparejamiento, incrustadas (Cloze) y de descripción. Los cuestionarios se conservan en la base de datos, por lo que pueden ser reutilizados más tarde dentro del mismo curso o en otros. Los cuestionarios pueden ser de múltiples intentos. Cada intento se califica automáticamente y el profesor puede decidir si muestra la calificación y/o las respuestas correctas a los alumnos una vez concluido el cuestionario.

Tarea

Este recurso ofrece la posibilidad de asignar un trabajo a los alumnos. El mismo deberá ser preparado en algún formato digital y presentarlo, subiéndolo al servidor. Las tareas típicas incluyen redacciones, proyectos, fotografías, etc. Este modulo cuenta con capacidad de calificación.

Justificación

Este trabajo se ha realizado con la idea de aportar un material didáctico en línea que pueda ser utilizado como material de apoyo por cualquier docente que imparta asignaturas relacionadas a los contenidos de la guía.

Al igual también fue pensada para estudiantes o egresados universitarios que hayan o estén estudiando una carrera afín a los temas presentados en la guía o para todas aquellas personas donde por su oficio o interés requieran estudiar y adquirir una formación a mayor profundidad en el tema de las termitas.

Se pretende aportar información actual y sintetizada sobre los temas:

- Riqueza y biodiversidad del mundo de los insectos, morfología, ciclo de vida y biología de las termitas.
- Importancia económica y/o beneficios ambientales.
- Diferentes castas.
- Nidos construidos por termitas.
- Relaciones filogenéticas con otros insectos y su clasificación.

Si bien la información presentada en este trabajo ya ha sido reportada en distintos textos y por distintos autores, el valor de este trabajo radica principalmente en que se ha elaborado una selección y hecho una síntesis de los temas que a consideración son de mayor relevancia y utilidad para el conocimiento de las termitas. Además también se presenta la información en el idioma español lo cual facilitara al usuario aprender y hacer uso de los contenidos de forma más eficiente. Cabe mencionar que esta guía cuenta con imágenes y esquemas (Editados algunos de ellos) lo que ayudara a una mejor comprensión de lo expresado en escrito.

Finalmente se pretende que esta guía este abierta al público y pueda ser consultada por los usuarios mencionados cuando estos lo requieran.

Objetivos

General

Crear un material didáctico en línea de lectura ágil y estructura clara y simple, el cual presente los contenidos y permita el desarrollo de las habilidades y capacidades planteadas, además también que contenga actividades que apoyen el estudio independiente.

Particulares

- Subir la guía didáctica a la plataforma Moodle
- Que la guía didáctica este en línea de forma gratuita y pueda ser consultada por cualquier interesado.

Guía didáctica para el estudio de las termitas

Introducción

Dentro de la clase Insecta se reconocen 30 ordenes entre los que se encuentra el orden Isoptera (orden donde se ubican la termitas) (Donnelly, 1992). La diversidad o riqueza específica del orden Isoptera es considerada intermedia entre los órdenes de insectos, contando con un aproximado de 2,750 especies descritas a lo largo del mundo de acuerdo a tabulaciones vigentes. El orden Isoptera ocupa el lugar decimo cuarto, siendo menor que los cuatro grandes ordenes de Holometábolos (Coleoptera, Lepidoptera, Diptera y Hymenoptera), sin embargo mayor que algunos otros órdenes (Borror *et al.*, 1989) (Figura 1).

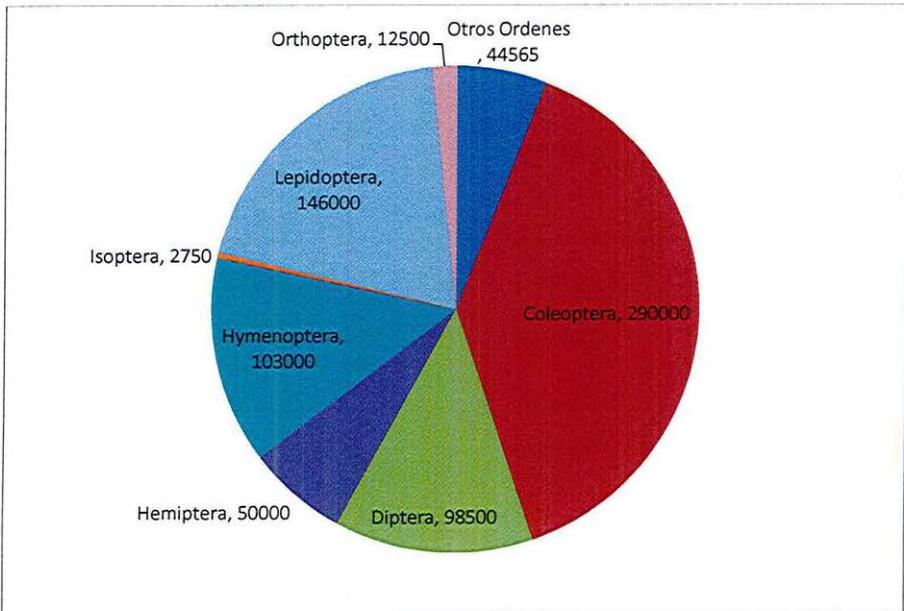


Figura 1. Porcentaje de especies de diferentes ordenes dentro del subphylum Hexapoda, resaltando el orden Isoptera que ocupa el lugar número 14 con 2,750 especies.

La palabra termita deriva del término en latín *termes* que antiguamente fue utilizado para llamar a un pequeño gusano que hacía orificios en la madera.

Las termitas son insectos hemimetábolos, es decir, presentan un ciclo de vida en que la etapa juvenil se conoce como ninfa (la cual presenta varios estadios, hasta cuatro), después la etapa de Imago o adulto (Figura 2); son orthopteroideos (grupo que incluye a los ordenes: Plecoptera, Isoptera, Blattaria, Mantodea, Orthoptera, Phasmida, Dermaptera, Grylloblattodea, Mantophasmatodea y Embiidina (Figura 3).

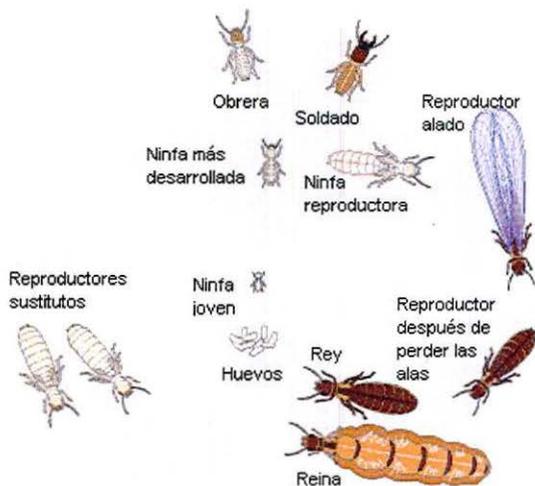


Figura 2. Ciclo de vida de Isoptera.

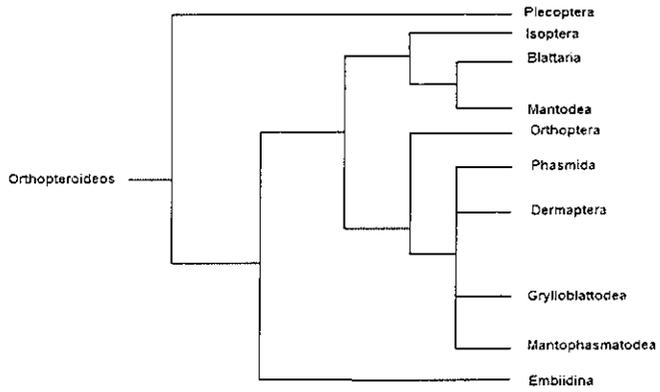


Figura 9. Filogenia propuesta para los órdenes Orthopteroideos.

Termitología

Morfológicamente tienen un cuerpo dividido en tres tagmas: Cabeza, Tórax y Abdomen.

Cabeza

Todas las termitas aladas tienen ojos y un par de ocelos laterales ubicados en la superficie dorsal de la cabeza. Las termitas no presentan ocelos intermedios y ciertas especies tampoco los ocelos laterales.

El resto de la superficie dorsal de la cabeza se encuentra arreglada como en la mayoría de los insectos orthopteroides con el labro en la parte frontal, después seguido del clipeo el cual a su vez está subdividido en postclipeo y anteclipeo. El labro es generalmente corto y con forma de lengua. Detrás del clipeo y separado de este por medio de la sutura epistomal se encuentra una estructura denominada frons (frente) en la cual a su vez se encuentra la fontanela. La fontanela es aparentemente infuncional en los alados, sin embargo juega un rol de defensa en los soldados ya que esta segrega ciertos químicos que ahuyentan a los depredadores. En ambos lados de la parte frontal del frons se encuentran las antenas las cuales generalmente constan de 11 a 13 segmentos. Las mandíbulas se encuentran enfrente de las antenas. Las piezas bucales constan de 3 componentes, maxilas, labios y mandíbulas (Figuras 4 y 5).

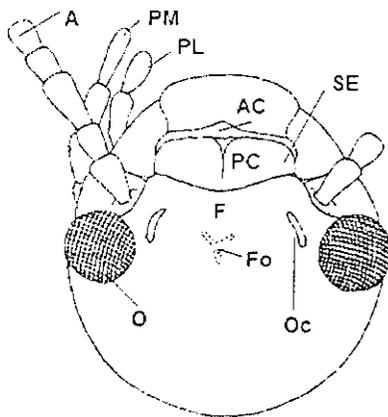


Figura 4.

A: Antena,

PM: Palpo maxilar

PL: Palpo labial

AC: Anteclipeo

PC: Postclipeo

SE: Sutura epistomal

F: Frons (frente)

Fo: Fontanela

Oc: Ocelo

O: Ojo

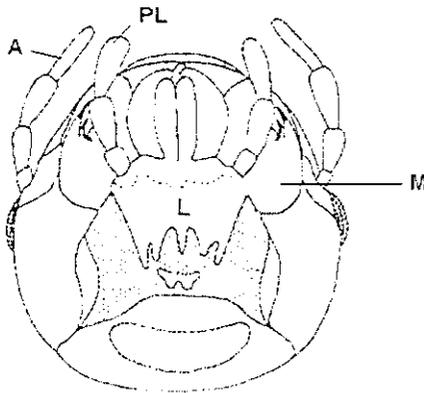


Figura 5.
 A: Antena,
 PL: Palpo labial
 L: Labio
 M: Maxila

Tórax

Como en la mayoría de los insectos, el tórax está dividido en tres segmentos: protórax, mesotórax y metatórax. Cada uno de estos segmentos tiene un par de patas, donde cada pata está formada por varios artejos: coxa, trocánter, fémur, tibia y cuatro o cinco tarsos (Figura 6). El mesotórax y el metatórax tienen un par de alas de tal manera que las termitas poseen dos pares de alas membranosas. Las alas anteriores y posteriores son aproximadamente del mismo tamaño, he de ahí el nombre Isoptera (En griego Iso = igual, ptera = alas).

Una característica morfológica de los reproductores de este orden es la naturaleza efímera de sus alas, las cuales se desprenden desde las suturas humerales o también llamadas suturas basales (Figura 7), un fenómeno conocido como dealación (Myles, 1988a).

La parte basal del ala está cubierta por un escama alar. En el extremo de esta escama se encuentra la sutura humeral, la cual permite que el ala se desprenda automáticamente. Este fenómeno se presenta en todas las familias solo con excepción de en la familia Mastotermitidae donde la escama alar debe ser masticada para que ocurra el desprendimiento.

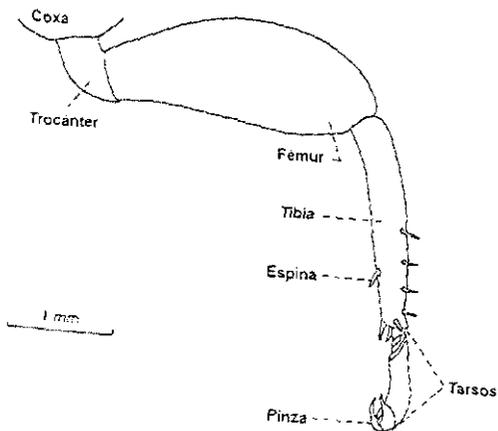


Figura 6. Estructura anatómica de un apéndice locomotor de una termita, donde se pueden apreciar los distintos anillos.

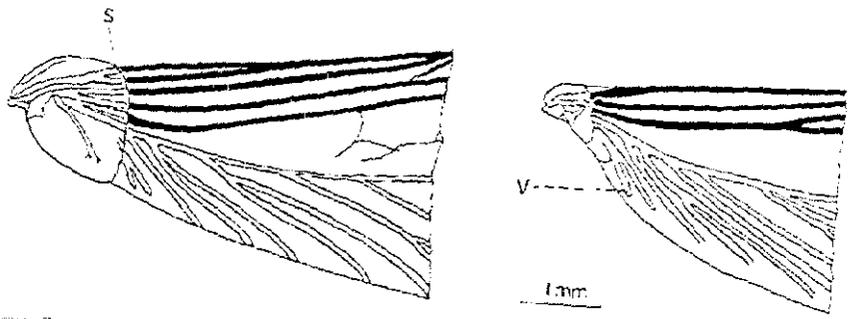


Figura 7.

S: Sutura (línea o base)

V: Vena (vea)

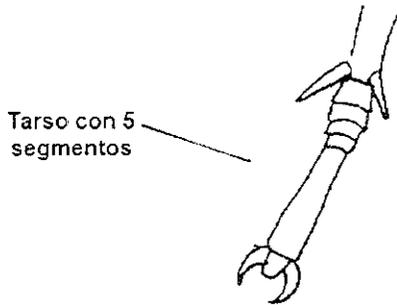


Figura 3. Tarso con 5 segmentos.

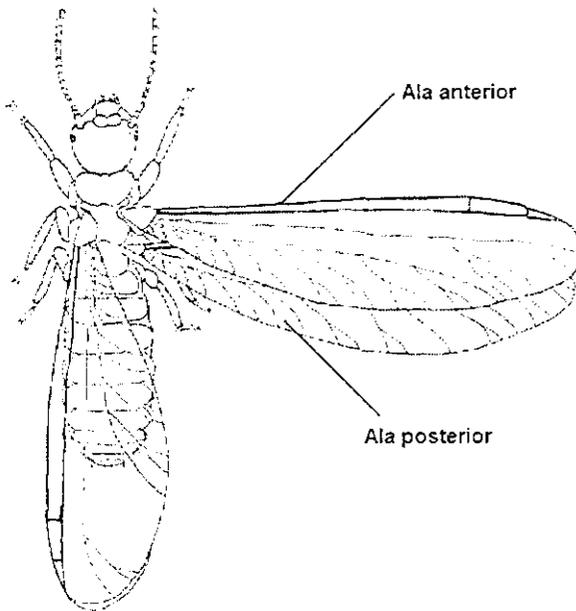


Figura 5. Estructura anatómica y representación del arreglo de las alas.

Abdomen

El abdomen consta de 10 segmentos, los cuales consisten en placas superiores e inferiores, siendo así los tergitos (superiores) y los esternitos (inferiores). los 9 primeros tergitos son anchos y substanciosos, mientras que el decimo (Epiprocto) es alargado y puntiagudo. Los tergitos son idénticos tanto en machos y hembras. El primer esternito es pequeño o está ausente. Del segundo al sexto son más anchos que largos y son similares en machos y en hembras. El séptimo esternito de la hembra alada (el hypogynium) es largo y frecuentemente cubre el octavo y noveno esternito, los cuales están modificados. Esta modificación en los esternitos no se presenta en los machos y a través de esta diferencia se puede determinar el sexo de los alados con bastante certeza. Los machos maduros generalmente presentan estilos al final del noveno esternito (Figura 10).

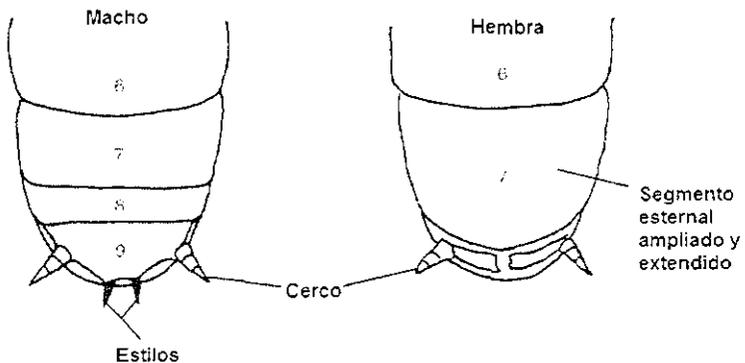


Figura 10. Representación de las diferencias entre machos y hembras de abejas donde se puede apreciar en las hembras el séptimo esternito o segmento esternal ampliado y en los machos la presencia de estilos.

Las termitas (Isoptera) han sido filogenéticamente ligadas a las mantis (Mantodea) y las cucarachas (Blattaria) debido a que una primitiva especie llamada *Mastotermes darwiniensis*, produce una masa tipo ooteca y posee un lóbulo anal en el ala posterior (Figura 12). Por lo tanto los tres órdenes fueron antiguamente referidos como Oothecaria pero ahora, informalmente se les conoce como un super orden llamado Dictyoptera (Figura 11) (Thorne & Carpenter, 1992). La validez de Dictyoptera como entidad monofilética esta generalmente aceptada, sin embargo, un riguroso análisis cladístico no ha sido debidamente conducido para aclarar la relación entre los demás ordenes Ortopteroides no-saltadores, tales como, Embiidina, en el cual las termitas se asemejan a las mantis o cucarachas.



Figura 11. Super orden Dictyoptera. De izquierda a derecha: Blattaria, Mantodea e Isoptera.

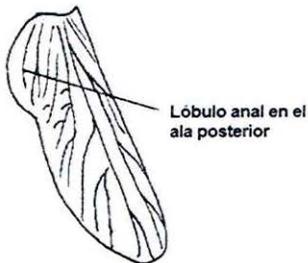


Figura 12. Localización anatómica del lóbulo anal.

Los órdenes hermanos de Isoptera ha sido motivo de debate. La tradicional creencia donde las termitas están más relacionadas a las cucarachas de la madera, *Cryptocercidae*, ha sido cuestionada (Thorne, 1990; Nalepa, 1991; Grandcolas & Deleporte, 1992; Kambhampati, 1995).

Las termitas difieren de los demás órdenes de insectos en dos aspectos fundamentales. Primeramente, las termitas están especializadas para tener una dieta basada en madera y otros materiales lignocelulósicos. Esto desencadenó su evolución hacia un trayecto evolutivo distinto y condujo a su dominancia ecológica. Al igual que los escarabajos, las termitas son de los principales insectos especializados en descomponer madera.

Los escarabajos taladradores perforan túneles a través de la madera. En contraste a esto las termitas excavan cavidades en la madera las cuales se convierten en espacios de vida familiar o colonial que van en incremento. Esta característica de ataque endoxilófago es probablemente a causa del segundo atributo de las termitas, su sociabilidad (Myles, 1988b, 1994).

Isoptera es el único orden de insectos que se encuentra enteramente compuesto de especies que viven siempre en grandes colonias integradas por miles o millones de individuos donde la prole vive junto a sus padres, proporcionando cuidado y defensa mutuo y donde se exhibe un polimorfismo y comportamiento integrativo.

Los animales que exhiben tal nivel de cooperación familiar y división de labores han sido técnicamente referidos como "eusociales" (Wilson, 1971, 1980). Junto a Hymenoptera, Isoptera es el único orden de insectos completamente eusocial. La mayoría de los animales eusociales se han también desarrollado en grupos que viven en cámaras o sistemas de madrigueras. (Choe & Crespi, 1997).

La evolución de la eusociabilidad de las termitas ha sido tema de discusión. Hamilton (1964, 1972) y Bartz (1979) hipotetizaron que existen parentescos asimétricos debido a la endogamia de las termitas. Myles & Nutting (1988) revisaron los linajes endógamos de termitas y mostraron que la cantidad de endogamia está relacionada a la ecología y no particularmente al grado de sociabilidad. Ellos concluyeron que probablemente la endogamia y los parentescos asimétricos no son de los principales factores que dieron inicio a la evolución social de las termitas.

Relaciones filogenéticas con otros insectos

Existe un consenso general en el cual Isoptera, Blattaria y Mantodea forman un grupo monofilético: Dictyoptera (Figura 13). Thorne y Carpenter (1992) investigaron la relación entre taxos Dictyoptera: Mantodea, Blattaria, Cryptocercidae, Mastoterms darwiniensis, Termopsidae y Kalotermitidae (Isoptera) basado sobre un análisis cladístico que incluyó setenta caracteres morfológicos, de comportamiento y de desarrollo. Sus análisis resultaron en un cladograma que apoya fuertemente la idea de Blattaria + Cryptocercidae (Blattaria) como grupo hermano de Mantodea y Isoptera como grupo hermano de ese complejo.

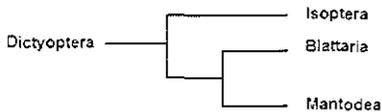


Figura 13. Cladograma de Dictyoptera.

DeSalle et al. (1992) extrajeron ADN de un fósil de la termita *Mastoterms electrodominicus* preservado en ámbar del Oligo-Mioceno (de 25 a 30 millones de años de antigüedad). Un análisis filogenético del fósil y la existencia de 18s ADNr confirmaron la relación entre las especies contemporáneas de Dictyoptera.

Aunque nunca se ha hecho un análisis cladístico interno para todo el orden, es absolutamente necesario entender las relaciones filogenéticas dentro del grupo. Actualmente se utiliza la clasificación de Isoptera más aceptada (Grassé, 1986) la cual incluye siete familias en todo el mundo: Mastotermitidae, Kalotermitidae, Hodotermitidae, Termopsidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae y Termitidae.

Básicamente las termitas se dividen en 2 grupos: Las denominadas termitas inferiores, representadas por las familias Mastotermitidae, Hodotermitidae, Termopsidae, Kalotermitidae, Serritermitidae y Rhinotermitidae que se caracterizan por la presencia de simbiontes flagelados en el intestino y poseer una dieta principalmente a partir de la madera; y las termitas superiores representadas por la familia Termitidae, la cual se caracteriza por la ausencia de simbiontes flagelados en el intestino y una dieta más amplia (Krishna y Weesner, 1969; Nickle y Collins 1992; Martius 1994).

Comúnmente las termitas son también clasificadas de acuerdo a su hábitat o a la ubicación de sus nidos, así entonces las termitas son frecuentemente divididas en: termitas de la madera seca, termitas de la madera húmeda y termitas subterráneas. Las termitas de la madera seca son siempre encontradas dentro de la madera, sin embargo las termitas de la madera húmeda y subterráneas pueden ser encontradas en el suelo. La forma y posición del nido puede variar de especie a especie, e incluso también entre la misma especie cuando estas se encuentran en hábitats distintos.

Las siguientes familias de termitas se encuentran en el nuevo mundo: Kalotermitidae, Termopsidae, Rhinotermitidae, Termitidae y Serritermitidae. La última representada por solo una especie conocida de Brasil - *Serritermes serrifer*.

Termitidae es la familia más rica en especies y cuenta con las siguientes subfamilias de acuerdo a Sands (1972): Macrotermitinae, Apicotermitinae, Termitinae y Nasutitermitinae. La subfamilia Macrotermitinae, la cual incluye las termitas que se alimentan de hongos, no está presente en América. Las especies de Apicotermitinae en el nuevo mundo no presentan la casta de los soldados, a lo cual se le considera pérdida secundaria (A excepción *Hoplotermes*, cuya colocación dentro de la subfamilia permanece incierta). Los termitólogos han llegado a el consenso general donde se indican que el grupo *Hoplotermes* necesita de una revisión comprehensiva.

Antigüedad y registros fósiles

A Isoptera se le considera un grupo muy antiguo ya que los registros fósiles datan del Cretáceo (Krishna, 1990; Lacasa-Ruiz & Martínez-Delclós, 1986). De acuerdo con Emerson y Krishna (1975) la distribución mundial de numerosos géneros de isópteros ha indicado claramente que su origen data del paleozoico (Pérmico) o el Mesozoico temprano (Triásico), antes de la desintegración de Gondwana. Hasiotis (Schrader, 1997) recientemente ha reportado fósiles de nidos de termitas de Nuevo México y Arizona los cuales podrían tener 155 millones de años de antigüedad.

La especie fósil *Mastotermes electromexicus* (Mastotermitidae) fue descrita de un fragmento de ámbar de Chiapas perteneciente al Oligoceno superior (Krishna & Emerson, 1983).

La familia Mastotermitidae está actualmente representada por una sola especie - *Mastotermes Darwiniensis* - la cual solo se encuentra en la región norte de Australia. El registro fósil de la familia Mastotermitidae en el terciario muestra que esta alguna vez tuvo mayor distribución: Europa, Sur de África y Australia (Krishna & Emerson, 1983). Krishna y Grimaldi (1991) describieron a *Mastotermes electrodominicus* de un fragmento de ámbar dominicano (Figura 14).

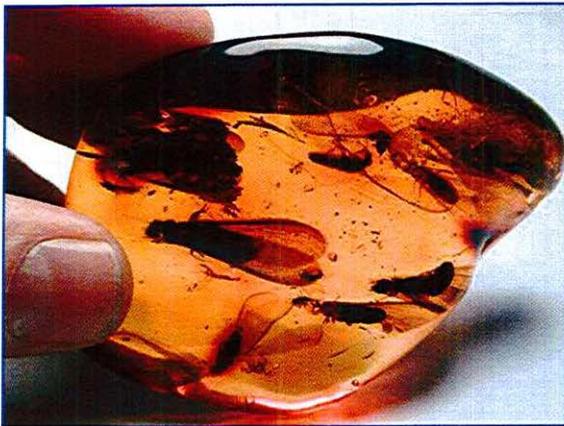


Figura 14. *Mastotermes electrodominicus* preservada en ámbar.

Importancia económica y ecológica

Las termitas pueden generar daños a los cultivos, edificios, pasturas y la silvicultura, así como también a materiales no celulósicos como cables eléctricos y revestimientos de presas. Los montículos que estas fabrican pueden afectar también al pastoreo y el arado de las tierras.

Se dice que el daño que las termitas pueden llegar a ocasionar a las viviendas en ciertos países es comparable o incluso mayor al provocado por desastres naturales e incendios. La historia de la humanidad se ha visto también afecta por el peculiar hábito alimenticio de estos organismos, ya que entre las pérdidas causadas por estos, se encuentran libros, edificios e incluso pinturas rupestres y restos arqueológicos.

Es importante conocer que las termitas se alimentan principalmente de madera, plantas, pastos, raíces, hojarasca y humus, lo cual consiste principalmente en celulosas, hemicelulosas, lignina y otros derivados. El éxito de una colonia depende principalmente en su capacidad de adaptarse a los diferentes tipos de alimento. De acuerdo a su forma de alimentarse las termitas se clasifican en: Xilófagas (las que se alimentan de madera), geófagos y humívoros (las que se alimentan de suelo o materia orgánica) y recolectoras (las que se alimentan de pastos).

Edward y Mill (1986) proveyeron una lista la cual indica todas las especies consideradas plaga. Mill (1991) estimó que no más del 20% de todas las especies del mundo pueden llegar a ser plaga para la madera de las construcciones. En los países tropicales las termitas son consideradas de gran importancia ya que estas pueden llegar a ser plagas forestales (Logan et al., 1990) y/o en la agricultura (Sands, 1977).

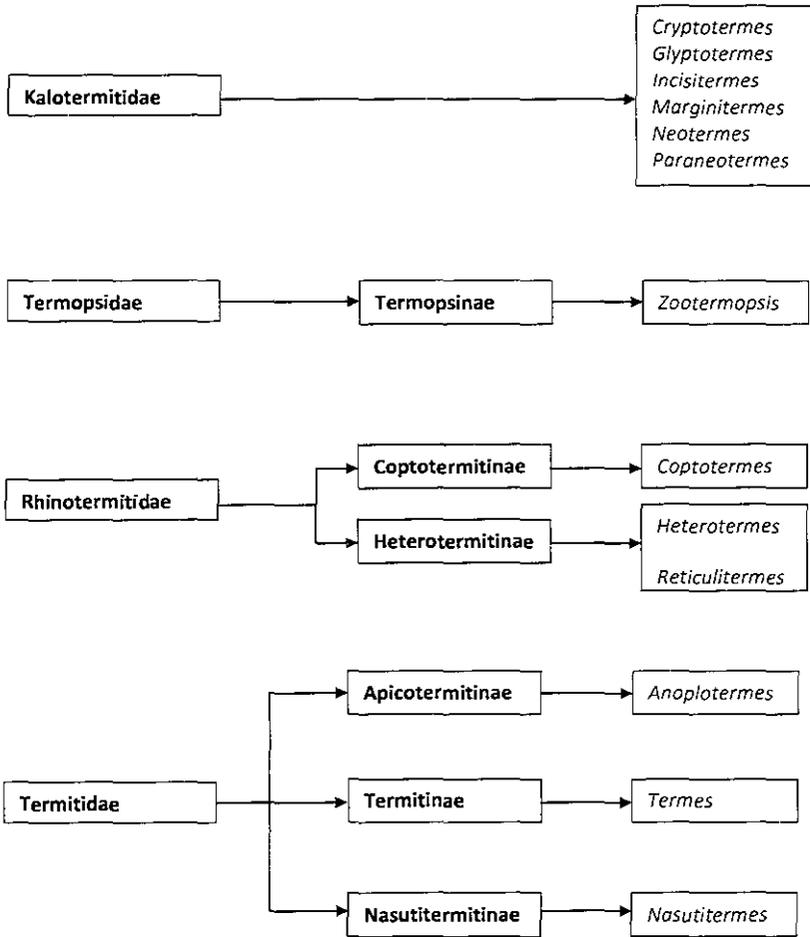


Figura 13. Diagrama de flujo donde se muestran a las 4 familias de termitas con presencia en México. En el diagrama se muestra también algunas subfamilias las cuales contienen géneros, que a su vez estos contienen especies plaga de importancia. (Si se omite alguna subfamilia o género en el diagrama eso indica que no contienen especies plaga importantes).

En los ecosistemas subtropicales y tropicales desde sabanas hasta junglas, las termitas juegan un rol importante, el cual sin embargo no se encuentra del todo comprendido. Su biomasa puede alcanzar valores relativamente altos solo comparables a algunos otros grupos como es el caso de los humanos, gusanos de tierra, mamíferos herbívoros de las sabanas africanas y hormigas (Higashi & Abe, 1997).

La mayoría de las termitas juegan roles benéficos en los ecosistemas, entre los cuales se encuentra la pedoturbación, descomposición de madera y materia vegetal muerto, influyen en la composición física y química del suelo, proveen nicho para un gran número de organismos dependientes de las termitas y sirven como nutrimento a una basta cantidad de depredadores (Mc-Mahan, 1986; Wood & Johnson, 1986; Redford, 1987, Whitford, 1996; Black & Okwakol, 1997).

Varios estudios han mostrado que algunas especies de termitas son capaces de fijar nitrógeno atmosférico con la ayuda de bacterias anaeróbicas facultativas que se encuentran en su intestino terminal (Breznak et al., 1973; Prestwich & Bentley, 1981; Tayasu et al., 1994). La simbiosis de las termitas con otros organismos aunado a su gran abundancia ha permitido a estas jugar un rol clave como "super-descomponedores" y reguladores del carbón-nitrógeno en los ecosistemas (Higashi & Abe, 1997).

En la regiones áridas del noroeste de México, así como también en las zonas semiáridas de la península de Yucatán, *Heterotermes spp.* son las especies plaga subterráneas más abundantes. A una mayor altitud, tanto en la Sierra Madre Occidental como en la Oriental, la región volcánica transversal y la planicie central, *Reticulitermes* reemplaza a *Heterotermes* como la especie plaga principal.

En las regiones costeras del centro y sur de México, *Coptotermes crassus* es probablemente la principal especie plaga subterránea. Entre las especies plaga de termitas de la madera seca se encuentra *Cryptotermes spp.*, *Incisitermes spp.* y *Marginitermes spp.* Las especies *Marginitermes* pueden ser consideradas como la principal plaga en las termitas de madera seca sobre la costa oeste y las regiones áridas. Myles (1997) ha mostrado que *Marginitermes* se encuentra frecuentemente asociada a los esqueletos de cactus columnares. *Incisitermes marginipennis* es la principal plaga de termitas de la madera seca en los cañones y grandes altitudes. Es probable que las especies de *Cryptotermes* sean las principales plagas de termitas de la madera seca a bajas altitudes y en regiones más húmedas. *Marginitermes* y *Cryptotermes* son frecuentemente encontradas en mobiliario de madera.

El primer sumario de especies plaga en México fue el realizado por Light (1934). Más recientemente, Pérez y Echenique (1983) presentaron mapas donde se muestran las zonas de alto, medio y bajo riesgo al ataque de termitas de la madera seca y subterráneas en México.

En 1995 fue publicado un libro sobre los insectos de los bosques de México (Cibrián Tovar et al., 1995). Este libro, provee información detallada y laminas a color de las siguientes diez especies más importantes desde el punto de vista económico: *Incisitermes minor*,

Cryptotermes brevis, *Heterotermes aureus*, *Heterotermes aureus convexinotatus*, *Reticulitermes flavipes*, *Reticulitermes hesperus*, *Coptotermes crassus*, *Nasutitermes nigriceps* y *Nasutitermes corniger*. Este libro es la guía más útil sobre la importancia económica de las termitas en México.

Los nichos ecológicos de varios taxos mexicanos son los siguientes. *Zootermopsis angusticolis* es usualmente encontrada en troncos podridos de arboles deciduos a bajas altitudes. *Z. Nevadensis* es usualmente encontrada en troncos podridos de coníferas a grandes altitudes. *Zootermopsis laticeps*, vive en arboles riparios tales como el sauce y el álamo.

Paraneotermes simplicicornis es únicamente encontrada en las raíces de ciertas especies de árboles desérticos, principalmente en el Mesquite (*Prosopis juliflora*). *Neotermes jouteli* ha sido colectada de ramas muertas, esta tiene una mayor demanda de humedad que otros miembros de Kalotermitidae. *Pterotermes occidentis* es encontrada en ramas muertas del árbol palo verde (*Cercidium spp*) en Arizona (Nutting, 1966), Sonora y Baja California. *Marginitermes hubbardi* usualmente se encuentra en los esqueletos del cactus saguaro (*Carnegia gigantea*), mientras *M. cactiphagus* usualmente parece infestar esqueletos del cactus *Stenocereus thurberi* (Myles, 1997). Otras especies de *Marginitermes* han sido encontradas sobre madera muerta de varias especies de árboles ubicados a lo largo de la costa oeste. *Incisitermes minor* y *Incisitermes marginipennis* son encontradas en troncos y en extensas ramas muertas de arboles usualmente ubicados en cañones y a mayores altitudes que *Marginitermes*. *Incisitermes emersoni* fue colectada por Light (1933) de un tocón. Nickle y Collins (1988) encontraron a *Incisitermes nigrinus* en leña, ramas y tallos de arboles vivos. Light colecto *I. platycephalus* solo en dos ocasiones, una de un tocón de madera dura y la otra de un poste de pino. Las especies de *Calcaritermes* son usualmente encontradas en madera hueca la cual es más húmeda que aquella habitada por *Incisitermes* y *Marginitermes*. Light (1933) registro a *Calcaritermes parvnotus* del tocón de una palma cocotera. *Cryptotermes fatulus* y *C. brevis* han sido colectadas principalmente de madera seca y mobiliario de madera. Myles colectó *C. fatulus* de un tronco encontrado en la playa. Nutting (1970b) proveyó información sobre la composición y el tamaño de numerosas especies de termitas de la madera seca colectadas en México.

Heterotermes, *Reticulitermes* y *Coptotermes* son termitas subterráneas xilófagas. Estas termitas construyen sus refugios para conseguir acceso a la madera que se encuentra arriba en la superficie. Las especies de *Heterotermes* son más comunes en regiones áridas a lo largo de la costa oeste y también en la península de Yucatán. Estas termitas se alimentan de cualquier tipo de madera muerta encontrada en la superficie, incluyendo

esqueletos del cactus cholla. Las especies de *Reticulitermes* son siempre encontradas a mayor altitud que las de *Heterotermes*, estas se alimentan de varios tipos de madera, en especial de pino. Una especie que aun no ha sido del todo descrita en los estados de Durango, Zacatecas y San Luis Potosí es casi siempre encontrada en las raíces muertas del cactus de nopal (*Nopalea sp.*). En regiones templadas el género *Reticulitermes* es posiblemente el que cuente con mayor biomasa. En regiones áridas este lugar lo ocupan los géneros *Heterotermes* y *Gnathamitermes*. En el bosque árido de matorral *Microcerotermes* es probablemente el género xilófago predominante. En las áreas costeras tropicales y pasturas *Hoplotermes* y *Tenuirostritermes* parece ser los géneros dominantes.

Los miembros del género *Amitermes* son frecuentemente referidos como "termitas del desierto" (Nutting 1969). *Amitermes wheeleri* es una especie ampliamente distribuida que elabora un material tipo cartón de color café oscuro dentro de sus galerías las cuales pueden encontrarse tanto en madera quemada como en estiércol seco de vaca. *Amitermes* raramente trabaja sobre la superficie y los tubos que conducen a sus refugios no son siquiera visibles desde la superficie. *Amitermes cryptodon* representa a un grupo de especies que comprenden un género nuevo y aun no descrito. Las muestras fueron tomadas por Nickle y Collins (1988) de tocones podridos. El género *Gnathamitermes* abunda en todas las regiones al norte del Istmo de Tehuantepec. Aparentemente este género se encuentra ausente en la Península de Yucatán y en Chiapas. En la planicie central donde *Heterotermes* no está presente, las especies de *Gnathamitermes* son las más abundantes de la región. Nutting, Haverty y Whiford han contribuido con gran importancia al conocimiento que se tiene sobre la ecología del género *Gnathamitermes* (Haverty & Nutting, 1975a,b). Este género (*Gnathamitermes*) construye capas de lodo las cuales consisten en tierra y saliva sobre la superficie de maderas encontradas en el suelo y estas solo se alimentan de pastos secos y fibras de madera erosionada. A diferencia de otras termitas que también penetran la madera en dirección ascendente (desde el fondo hacia la superficie), la adaptación de *Gnathamitermes* en construir capas de lodo les permite atacar la madera erosionada encontrada en la superficie. Las capas de lodo construidas por *Gnathamitermes* son frecuentemente encontradas en las estacas de las alambradas. *Gnathamitermes* también se caracteriza por consumir estiércol de herbívoros seco. Un género aun no descrito pero similar a *Gnathamitermes* se ha también especializado en este nicho (excretas de herbívoros). Estas termitas construyen cámaras de barro dentro del excremento. Estas termitas especialistas en excremento son principalmente encontradas en lugares donde existe una densa producción de pasto. Los alados de *Gnathamitermes* tienen el peculiar hábito de volar durante la temporada de lluvias en verano. Un alto porcentaje de estos alados muere a causa de anfibios,

(especialmente miembros de la familia *scaphiopodidae*), lagartijas y aves que los depredan.

El género *Microcerotermes* se alimentan de madera y su población es bastante abundante en la zona sur de México. Estas termitas son usualmente encontradas en tocones o en madera quemada pero a su vez también construyen refugios atubados sobre el suelo. Los miembros del genero *Microcerotermes* tienen mayor tendencia a trabajar al nivel de la superficie en comparación de *Amitermes* los cuales ahuecan pequeños troncos de árboles y ramas y trabajan bajo la corteza.

Microcerotermes septentrionalis es encontrada a grandes altitudes, mientras por lo contrario *M. gracilis* es encontrada a bajas altitudes sobre la costa oeste de Jalisco. Ambas especies mencionadas anteriormente construyen nidos subterráneos. Una nueva especie encontrada en las costas de Oaxaca posee características similares, pero esta construye nidos epigeos que se proyectan alrededor de 10 centímetros sobre la superficie. Otra nueva especie fue encontrada en Baja California Sur y una tercera en Campeche. Las especies de Campeche poseen largos nidos arbóreos. Scheffrahn reporto un nido epigeo construido por *Microcerotermes* en el área de Mérida en Yucatán.

Las especies de *Nasutitermes* están mayormente adaptadas a realizar actividades sobre la superficie en comparación con la mayoría de las demás termitas. *Nasutitermes nigriceps* construye largos nidos arbóreos los cuales poseen extensos refugios atubados sobre la superficie interior de las ramas. Estos refugios atubados son más extensos que los presentados por otras termitas. La superficie exterior de sus nidos es quebradiza y fácil de romper. Las cámaras exteriores están ocupadas por soldados nasute, los cuales pueden rápidamente salir al exterior del nido a la presencia de algún disturbio. Grandes nidos esféricos son también construidos por *Nasutitermes coastalis* los cuales pueden ser encontrados en los bosques tropicales aledaños a Palenque, en Chiapas y Campeche. *Nasutitermes corniger* construyen nidos arbóreos los cuales tienen forma más aplanada y una superficie exterior dura (Thorne, 1980).

Nasutitermes mexicanus es un constructor prolífico de tubos sobre la superficie. El nido de *N. mexicanus* no ha sido encontrado aun, por lo cual se asume que este debe ser subterráneo. Esta especie es erróneamente asignada a *Nasutitermes* y en base a la anatomía de sus intestinos y la estructura de su valva se puede inferir que esta más emparentada con *Parvitermes* de las Antillas.

Las termitas del género *Tenuirostritermes* son oscuras con forma de hormiga las cuales buscan alimento sobre la tierra superficial. Estas son usualmente encontradas al levantar o voltear piedras de tamaño considerable. Estas termitas atacan vegetación herbácea viva

y/o muerta, la cual es cortada y almacenada en cámaras (Weesner 1953, Nutting 1970a, Scheffrahn & Rust, 1983).

Las especies de *Termes* han sido encontradas bajo cámaras negruzcas tipo corteza construidas sobre la base de arboles y en las estacas de alambradas. Nickle y Collins (1988) encontraron que *T. panamaensis* era especialmente común de encontrar en tocones de palmas cocoteras cerca de Chamela.

Hoplotermes amplus fue referida por Light (1933) como una termita "larga, negra y barriguda". Las obreras tienen un intestino voluminoso el cual aparenta estar lleno de tierra. Estas construyen cámaras subterráneas alrededor de madera quemada y cada cámara está ocupada por un solo soldado. Una nueva especie de *Hoplotermes* de Costa Rica fue reportada como el principal descomponedor de excrementos en las pasturas de Costa Rica (Herrick & Lal, 1995).

Las especies de *Anoplotermes* son también húmidas y se alimentan de excretas. Estas han perdido su casta de soldados pero las obreras poseen un mecanismo defecativo de defensa. Las especies de *Anoplotermes* son frecuentemente encontradas bajo rocas y en excrementos secos.

Termitas, los grandes constructores

El problema con la actividad de las termitas, especialmente las constructoras de montículos, es que estas pueden crear un desbalance de nutrientes. Esto es, áreas muy ricas en nutrientes y otras pobres. Puede haber un balance solo si a la par de las termitas también se encuentran gusanos de tierra.

Nitrógeno

En los montículos de *Macrotermes*, el nitrógeno y el fósforo se acumulan y el carbón se pierde como dióxido de carbono y metano. La celda real en el nido de *Trinervitermes* puede tener niveles de nitrógeno más elevados que los del exterior. Los montículos de tierra de *Hodotermes* pueden contener 5 veces más nitrógeno que el suelo de los alrededores. Las termitas tienen además la capacidad de fijar nitrógeno (Pearce, 1997).

Minerales

La acumulación de minerales causada por la actividad de las termitas es importante, especialmente en regiones desérticas donde se pueden encontrar masas calcáreas o sales solubles acumuladas dentro de los nidos. La *Anacanthotermes* asiática acumula sal en los túneles y montículos que construyen (Pearce, 1997).

La celda de la reina consiste en tierra dura, la cual puede acumular minerales tales como sílice, calcio, aluminio, hierro y magnesio. Minerales que son usualmente encontrados en depósitos subterráneos como el cromo, vanadio y otros metales preciosos, pueden ser traídos a la superficie cuando las termitas construyen sus montículos, ya que estas acarrearán tierra y otros materiales encontrados bajo la superficie. Minerales como óxido férrico, óxido de aluminio y carbonato de calcio son encontrados en los montículos de *Odontotermes* (Pearce, 1997).

El calcio presente en los montículos proviene de plantas y es probablemente utilizado como adhesivo para unir partículas de tierra. Las cámaras que contienen micelios fúngicos en su interior pueden también contribuir a la concentración de sales. Los nidos de *Anacanthotermes ahngerianus* son ricos en sales solubles en agua. El fósforo y el potasio tienen mayor acumulación en la parte superior del nido (Pearce, 1997).

Algunos materiales pueden quedar almacenados dentro del montículo y solo ser liberados una vez que el montículo es destruido. Cuando ocurren incendios, los montículos son menos impactados que otras áreas circundantes, prueba de esto es que la vegetación comúnmente aflora en estos montículos antes que en otras áreas.

Infiltración de agua

El tunelado de las termitas puede afectar por completo el movimiento del agua a través del suelo. Las galerías construidas por estos organismos incrementan la cantidad de aire y agua contenida en el suelo y mejoran su textura por el mezclado con el subsuelo. Pequeñas fracciones de suelo de un montículo poseen mayor capacidad de retención de agua que un suelo normal. Por medio del incremento en la porosidad del suelo, las termitas pueden permitir la entrada a otros organismos que moran en el suelo y a raíces (Pearce, 1997).

En África pueden surgir posos de agua causados por la erosión de montículos. La presencia de las termitas puede también afectar la microtopografía del suelo, y por ende la tasa de infiltración y la fertilidad del suelo (Pearce, 1997).

Producción de metano

La producción de metano es un factor de importancia que contribuye al efecto invernadero, provocando el calentamiento global. El gas metano es emitido durante la descomposición de material orgánico que realizan las termitas (Pearce, 1997).

La cantidad de metano producida por la subfamilia Macrotermitinae es menor que la que producen las termitas inferiores las cuales poseen protozoarios en sus intestinos. Las termitas que se alimentan del suelo producen más metano que las que se alimentan de hierbas (Pearce, 1997).

La bacteria productora de metano está asociada a protozoarios o otra fauna encontrada en el intestino posterior de las termitas. Las obreras producen mayor cantidad de metano y la cantidad de metano producida incrementa conforme la termita aumenta su tamaño. En las obreras de *Coptotermes* y *Reticulitermes*, las bacterias simbiotas pueden ser encontradas en el abdomen o también en el intestino medio entre los epitelios (Yoshimura and Tsunoda, 1994; Yoshimura *et al.*, 1994). En *Zootermopsis*, la bacteria metanoica se encuentra posiblemente en simbiosis con el protozoario *Trichonympha* dentro del intestino.

Se ha estimado que las termitas podrían producir al menos una quinta parte del metano mundial. Sin embargo la cantidad de metano producido puede variar en los diferentes géneros. Basado en valores encontrados, es improbable que el metano producido por las termitas tenga mucho impacto en el efecto invernadero y por tanto en el calentamiento global (Martius *et al.*, 1993). La gran mayoría de las termitas que se alimentan de madera y hongos, las cuales son responsables de la mayor producción de metano, viven en bosques lluviosos (Martius *et al.*, 1993).

El gas analizado en los montículos de *Coptotermes* australiana mostro la presencia de oxido nitroso, cloroformo, hidrogeno y dióxido de carbono (French, *et al.*, 1977).

Clasificación

El orden Isóptera comprende alrededor de 2750 especies, distribuidas principalmente en regiones tropicales y subtropicales. En México se tienen reportadas 62 especies las cuales se encuentran distribuidas en 22 géneros y 4 familias. Las familias que se encuentran en México son: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae y Termopsidae (Figura 16).

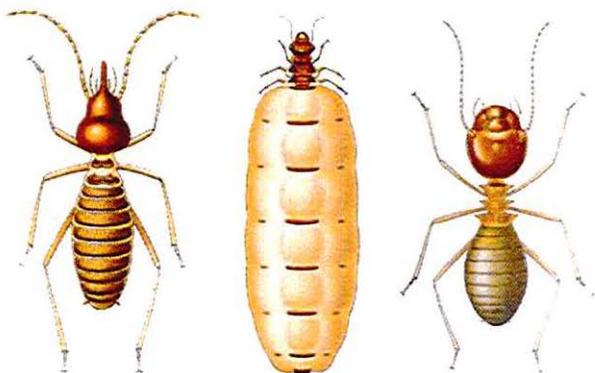


Figura 16.1. Ejemplos de la familia Termitidae. A la izquierda se aprecia un soldado de la especie *Tenuirostritermes tenuirostris*. En el centro una reina de la especie *Macrotermes gilvus*. A la derecha una obrera de la especie *Syntermes spinosus*.

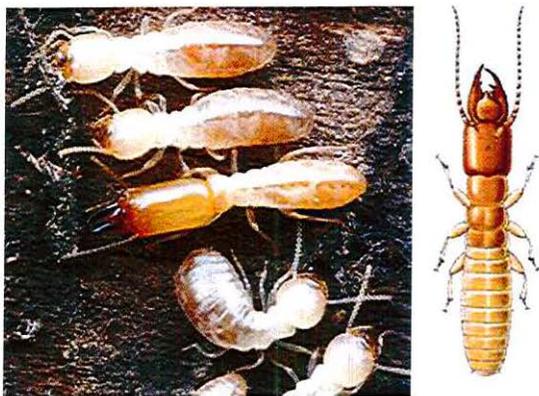


Figura 16.2. Ejemplos de la familia Rhinotermitidae. A la izquierda se aprecia un soldado y varias obreras de *Reticulitermes* sp. A la derecha un soldado de la especie *Psammotermes hybostoma*.



Figura 16.3. Ejemplos de la familia Termopsidae. A la izquierda se aprecia un macho de la especie *Archotermopsis wroughtoni*. A la derecha un soldado de la especie *Zootermopsis nevadensis*.

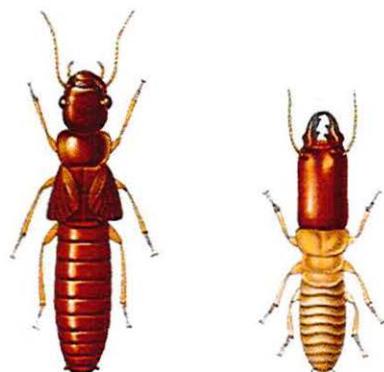


Figura 16.4. Ejemplos de la familia Kalotermitidae. A la izquierda se aprecia una hembra de la especie *Neotermes desneuxi*. A la derecha un soldado de la especie *Neotermes wagneri*.

La fauna de termitas neo tropicales es considerada la segunda más rica del mundo, después de la Etíope. Es importante saber que la fauna de termitas etíope ha recibido mayor atención que la fauna neo tropical. Desde 1980 cuando la biodiversidad acaparo gran interés, muchos estudios faunísticos han sido realizados a lo largo del mundo y estos han reportado una gran cantidad de taxos nuevos (Constantino, 1991b; Canello, 1994; Eggleton & Bignell, 1995; Martius, 1994). Por lo tanto el número de especies de termitas en el mundo aumenta constantemente y las tabulaciones que se publican se vuelven obsoletas rápidamente.

Pearce y Waite (1994) publicaron una lista de los géneros de termitas. Constantino (1998) compiló 86 géneros y 540 especies en el Nuevo Mundo. Considerando al trópico de cáncer como el límite entre la región neártica y la neo tropical, Constantino registró 48 especies en la región neártica y 502 en la neo tropical.

Clave para familias en México

- 1a Fontanela ausente 2
- 1b Fontanela presente 3
- (1a)2a Ocelos presentes Kalotermitidae
- 2a Ocelos ausentes Termopsidae
- (1b) 3a Pronoto plano Rhinotremitidae
- 3b Pronoto con un lóbulo anterior Termitidae

Obreras

Las obreras carece de alas, son sexualmente inmaduras y son ciegas en todas las familias sólo con excepción de en la familia Hodotermitidae. Así como otros insectos sociales, las obreras juegan un rol importante en el nido. Su principales labores son la excavación y recolección de alimento lo cual las hace en ciertas ocasiones ser consideradas una plaga. Entre otras labores de esta casta se encuentra la construcción y el mantenimiento del nido, cuidado y alimentación de los jóvenes y aquellos que no pueden alimentarse por sí mismos como es el caso de los soldados y la pareja real. Las obreras también acicalan y cuidan de otras castas (Pearce, 1997).

Las termitas conocidas como termitas inferiores son consideradas como las más primitivas debido a que ellas tienen protozoarios en su intestino posterior que las ayudan a degradar la celulosa en azúcares que estas pueden asimilar.

En las familias Mastotermitidae, Rhinotermitidae y Termopsidae, las obreras son frecuentemente calificadas como pseudo-obreras o pseudoergates, mientras que en Kalotermitidae las obreras son referidas como ninfas (Pearce, 1997).

El otro grupo, conocido como terminas superiores, las termitas tienen diferentes roles y a menudo son de distintos tamaños. El tamaño está ligado al sexo. Un ejemplo de esto se puede observar en *Macrotermes michaelsoni* donde las obreras pequeñas son hembras y las de mayor tamaño o grandes son machos (Pearce, 1997).

Se ha observado que las obreras de *Macrotermes* se dividen en dos grupos de edades y cada uno de estos grupos desempeña diferentes funciones dentro de la colonia (Badertscher *et al.*, 1983) Las obreras que tienen de entre 5 a 30 días de edad forrajean material vegetal y alimentan a las larvas, aquellas que son mayores de 30 días cargan el alimento.

Al igual que las diferencias dadas por la edad, también cada sexo tiene diferentes obligaciones. En *Odontotermes* la reina es atendida por obreras hembra mientras el forrajeo es realizado por obreras macho (Pearce, 1997).

Soldados

Esta casta desempeña el rol de defensa. Los soldados poseen largas cabezas, las cuales son más largas y anchas que las presentadas por las obreras, esto para contener mayor musculatura o una glándula frontal ampliada. El tamaño puede estar ligado al sexo o las diferencias en el desarrollo. Muy a menudo la cabeza de los soldados es de colores entre

el amarillo y café y tienen mandíbulas ampliadas de diversas formas y tamaños. Los soldados que tienen fauces ampliadas o mandíbulas reducidas, no pueden alimentarse por sí mismos y tienen que depender de las obreras para esto (Pearce, 1997).

Diferencias en el tamaño de los soldados es encontrada en algunas especies. Soldados mayores y menores son comunes en algunas especies del género Termitinae. En el género Rhinotermitinae, *Schedorhinotermes* tiene dos o en ciertas especies, 3 tipos de soldados los cuales difieren en tamaño, forma de la cabeza y mandíbulas. Tres tamaños de soldados son también encontrados en *Acanthotermes acanthothorax* (Macrotermitinae). Algunas terminas puede que no presenten la casta de los soldados.

En algunas especies las mandíbulas de los soldados están reducidas y la cabeza esta modificada a una larga nariz desde la cual es expulsada una secreción glandular toxica (Pearce, 1997).

En algunos géneros de termitas, los soldados pueden ser de sexos distintos. En *Amitermes evuncifer* la proporción entre el número machos y hembras es casi la misma. En Macrotermitinae la mayoría de los soldados son hembras y al contrario de esto en Nasutitermitinae la mayoría son machos. En algunos casos es posible encontrar inter-castas como soldados/reproductores, donde algunas de las características de los reproductores como es el caso de rudimentos alares o ovarios con huevos, pueden ser encontrados en los soldados. Estas inter-castas son usualmente encontradas en el género *Zootermopsis* y es común cuando los reproductores originales no se están presentes (Pearce, 1997).

Reproductores

Alados

Estos son los reproductores con alas los cuales producen nuevos reyes y reinas. Los machos pueden ser distinguidos de las hembras por la presencia de estilos en el noveno segmento esternal. Las hembras por el contrario tienen el segmento esternal ampliado y extendido y además no presentan el octavo y noveno segmento (Pearce, 1997)(Figura 17).

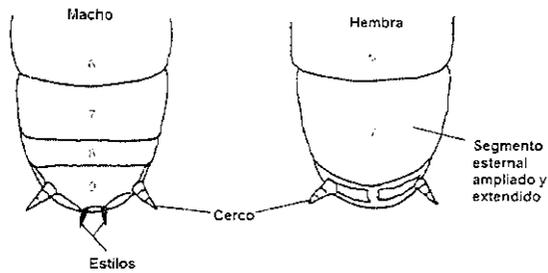


Figura 17. Vista ventral del abdomen de un macho y una hembra.

Es necesario que la colonia haya alcanzado cierto tamaño antes de que los alados puedan ser producidos. En *Cubitermes fungifaber* se ocupa de un aproximado de 6,000 individuos. Es por lo tanto que toma de varios años para que una colonia alcance el tamaño requerido donde los alados pueden ser producidos. A *Coptotermes formosanus* le toma ocho años (Pearce, 1997).

Antes del vuelo, los alados se congregan afuera de la colonia principal, para después partir a través de hoyos o aberturas encontradas en el suelo o la madera (dependiendo del tipo de nido) o a través de torretas de vuelo especiales. El número de estas aberturas de salida puede variar desde unos cuantos hasta cientos de estos. Antes de eclosión de los alados, las obreras preparan las aberturas de salida o torretas de vuelo mientras que los soldados permanecen en guardia. Un cuarto de espera es frecuentemente construido cercano al sitio de liberación o incluso a la base de una torreta de vuelo. En estos cuartos de espera se congregan los alados y esto les permite salir o escapar rápidamente. La lluvia puede ser el factor inicial o banderazo para la liberación inicial y para otros vuelos ocurridos después. Ambos sexos salen a la par, en ciertas especies es posible que la proporción de machos sea mayor, esto para garantizar que cada hembra encuentra a un macho (Pearce, 1997).

En las termitas inferiores, y en regiones templadas, los vuelos pueden ocurrir por varios meses o varias veces al año. En el caso de las termitas superiores, y especialmente en regiones secas, los vuelos ocurren generalmente después de las lluvias y estos se encuentran sincronizados con otros vuelos de la misma región (Pearce, 1997).

La mayor parte de las termitas no son capaces de volar largas distancias. Las termitas inferiores vuelan mejor que las superiores. *Coptotermes* puede volar por unos cuantos cientos de metros, especialmente cuando esta es ayudada por las corrientes, sin embargo una amplia dispersión puede significar menor posibilidad de encontrar pareja. El viento puede determinar la dirección del vuelo (Pearce, 1997).

Los alados pierden sus alas inmediatamente después del aterrizaje o después del primer contacto con el sexo opuesto. Esto se logra por el levantamiento y enroscamiento del abdomen, o a través del frotamiento contra algún objeto lo cual provoca el desprendimiento. Los machos alados del género, *Pseudacanthotermes*, vuela sujetados del dorso de la hembra. En algunas especies, tales como *Allodontermes giffardi* los alados no vuelan (Pearce, 1997).

Los alados poseen glándulas tergaes y esternales en sus abdómenes (Ampion y Quennedey, 1981). Las glándulas tergaes de la hembra producen un compuesto volátil que es el responsable de atraer a los machos. Las glándulas esternales en ambos sexos son usadas para dejar una pista o rastro olorosa y así no perder el rastro de la pareja mientras viajan en busca de un sitio adecuado para establecer la madriguera. Una vez que la pareja de alados se reúne en el sitio indicado, estas deben rápidamente cortejar y aparearse para después comenzar con las labores de excavación y evitar una prolongada exposición a los depredadores y otras amenazas.

Millones de alados pueden morir a causa de los depredadores, especialmente aves y hormigas. *Macrotermittinae* tiene una tasa de mortalidad del 50% y en *Rhinotermitidae* este porcentaje puede ser mayor (Pearce, 1997).

Pareja real

Después de que la madriguera es cavada la entrada es sellada. Las termitas de la madera seca construyen un tipo enrejado a través de la entrada y este es después rellenado con una secreción abdominal. Una vez bajo superficie o dentro de la madera, se construye un copulario. Las parejas de alados después de haber construido la madriguera no se alimentan y dependen enteramente de sus reservas almacenadas, algunas sin embargo pueden llegar a alimentarse de sus primeras puestas (Pearce, 1997).

En algunas termitas, el abdomen de la reina se vuelve hinchado. La circulación y respiración es auxiliada por movimientos peristálticos del cuerpo. La tráquea es más amplia y gruesa que en las otras castas para que el suministro de aire se mayor y se satisfagan los requerimientos energéticos. El rey en cambio, aumenta muy poco su tamaño y tiene aproximadamente un tamaño cinco veces menor que la reina. Las termitas más primitivas que viven dentro de la madera producen solo unos cuantos huevos por día.

Una reina *Coptotermes* puede producir 100 huevos por día, pero reinas como *Macrotermes* pueden producir de 30,000 a 40,000 huevos por día y arriba de 10 millones por año (Pearce, 1997).

La fertilización de los huevos puede ser mensual en ciertas especies. Las reinas de *Odontotermes obesus* pueden producir un huevo cada pocos segundos. Los huevos puede ser conservados en áreas específicas o en cámaras dentro del nido. Algunos huevos pueden ser comidos para proveer suministro alimenticio extra. En algunas especies estos pueden ser colocados cerca de maderas masticadas o en una especie de detritus para ayudar a mantener la humedad del ambiente. Este es el caso de en las termitas de la madera seca (Pearce, 1997).

Eventualmente los músculos mandibulares y de vuelo de la reina se degeneran, al igual también que sus ojos. La reina es atendida por las obreras quienes la acicalan, remueven los huevos y alimentan. Mientras limpian su cuerpo y remueven los huevos, las obreras reciben secreciones, las cuales contienen mensajes químicos. La reina primaria puede vivir de 15 a 20 años y algunas de ellas hasta 50. Las obreras en cambio solo viven por unos cuantos meses. Se ha reportado que los reyes de *Mastotermes* viven un aproximado de 16 años (Pearce, 1997).

En ciertas especies es posible encontrar varias reinas en el mismo nido.

Reproductores sustitutos

Si la reina muere o comienza a envejecer de tal manera que su rendimiento en la producción de huevos decrece, reinas sustitutas pueden ser producidas. Estas son comunes de encontrar en termitas inferiores sin embargo pueden existir también en termitas superiores tales como *Cubitermes*, *Macrotermes*, *Nasutitermes* y algunos *Microcerotermes*. La sustitución de reproductores puede variar en las diferentes especies de termitas. Los reproductores sustitutos no solo son importantes para la supervivencia de la colonia, también pueden contribuir en la formación de colonias satélite separadas de la colonia principal. Estas son colonias ambulantes, las cuales auxilian a la supervivencia de la colonia principal durante condiciones adversas (Pearce, 1997).

La mayor parte de estos reproductores sustitutos son de tonalidades más oscuras que las obreras, oscilando sus colores entre el amarillo oscuro y café. El tiempo de la sustitución puede variar dependiendo del tamaño de la colonia, la disponibilidad de sustitutos potenciales y otros factores. En las termitas de la madera seca la sustitución puede durar unos cuantos días, en *Mastotermes* alrededor de un mes y en *Nasutitermes* alrededor de 6 semanas (Pearce, 1997).

Generalmente los sustitutos tienen una vida más corta que los reproductores auténticos y su capacidad de poner huevos es menor, sin embargo si existen varios sustitutos la producción de huevos puede incrementar considerablemente. Esta es la razón por la cual la población de *Reticuliterme* puede alcanzar los millones de individuos en corto tiempo, lo cual no es posible en colonias donde solo hay reproductores auténticos (Thorne, 1996).

Ciertos reproductores sustitutos pueden ser producidos por obreras. Los reproductores sustitutos, pueden al igual que la pareja real pasar la mayor parte de su vida involucradas en actividades tales como alimentar o ser alimentadas por otros, en lugar de realizar sus obligaciones normales como obreras.

En algunas termitas inferiores como la familia Kalotermitidae las obreras se pueden transformar en soldados o ninfas, los cuales después pasaran a ser alados. Se cree que en la familia Rhinotermitidae, los pseudergates permanecen inmaduros durante toda su vida para poder convertirse en soldados o alados si es requerido. Los mensajes químicos que regulan estos cambios se distribuyen por el pase y recepción de secreciones de una termita a otra y posiblemente también a través de secreciones volátiles (feromonas). La hormona juvenil (JH) es la responsable de los cambios de casta (Pearce, 1997).

El nivel de la hormona juvenil durante la muda es importante, ya que este determina el cambio de obreras a soldados. En termitas superiores bajas dosis de hormona juvenil provocan el desarrollo de obreras mientras que altas dosis inducen el desarrollo de soldados (Luscher, 1972; de Wilde and Beetsma, 1982). Sin embargo la ruta del desarrollo puede que no sea la misma para todas las especies de un mismo grupo. Las Kalotermitidae australianas son diferentes que las europeas lo cual muestra la plasticidad del grupo.

Trofalaxis

La trofalaxis involucra el intercambio de alimento líquido o secreciones entre individuos. Las termitas pueden pasar alimento semi líquido parcialmente digerido a través de secreciones por la boca (alimentación estomodeica) (Figura 18) o recibir secreciones del ano de otra termita (alimentación proctodeica). Esto está vinculado al acicalamiento; esto es, las termitas son primero acicaladas lo cual después conduce a la aceptación o petición de alimento. Varias obreras pueden estar involucradas con la transferencia de alimento al mismo tiempo. Esto es de especial importancia cuando existe escasez de alimento y humedad y por ende es de suma importancia la transmisión de mensajes químicos hacia otras termitas, toda la colonia y finalmente la reina. El grado de trofalaxis dentro de una colonia depende del tamaño y edad de la misma y las variaciones estacionales de las reservas de alimento (Pearce, 1997).



Figura 18. Soldado de *Microtermes* recibiendo alimento a través de la boca de una obrera.

Madera

Las termitas se alimentan en grupos, en ciertas ocasiones en filas o círculos. Existe un patrón de alimentación definido el cual asegura que el trabajo se lleve a cabo en el mismo sitio y al mayor rendimiento. Las termitas que moran en la madera forman hileras de cámaras del mismo tamaño, así como también gradas, las cuales permiten un máximo uso de la madera. En la glándula labial de *Schedorhinotermes* se ha encontrado una feromona que deja mensajes químicos sobre la ubicación del sitio de alimentación. Se ha mostrado también que durante o en la presencia de la pareja real la intensidad de la alimentación se ve incrementada (Pearce, 1997).

Cuando las termitas se están alimentando de madera, estas sostienen las fibras entre sus mandíbulas y cortan pedazos moviendo la cabeza de lado a lado. Se ha observado que obreras de *Microtermes* realizan un movimiento de barrido con sus antenas sobre zonas donde otras obreras se alimentaron previamente. Se desconoce si este comportamiento es un mecanismo de búsqueda o es realizado para reunir los pequeños fragmento de madera que hayan quedado dispersos (Pearce, 1997).

Cuando el alimento de la colonia comienza a escasear, las mudas progresivas conducen a la formación de alados, así entonces aunque la colonia parental desaparezca, otras colonias pueden ser formadas en una nueva fuente (Pearce, 1997).

Otras fuentes de alimento

Otras fuentes de alimento a las cuales las termitas pueden recurrir es el forraje animal, la estera de palma, excremento e Incluso zapatos viejos. Cerca de áreas urbanas, las únicas fuentes de alimento disponible pueden ser las excretas de animales domésticos o la basura. Algunas termitas como *Psammotermes hybostoma*, pueden llegar a alimentarse de la fibra encontrada en el estiércol si es que no hay otra fuente de alimento disponible (Pearce, 1997).

Hongos

Las termitas que se alimentan de hongos, como es el caso de la subfamilia Macrotermitinae (cabe mencionar que solo los miembros de la familia Termitidae o "termitas superiores" presentan este modelo de alimentación) comen madera la cual después de pasar a través de su intestino es depositada como pellets en una estructura tipo panal ubicada dentro del nido (Wood and Thomas, 1989). Los pellets son liberados como bolas suaves las cuales rápidamente endurecen. Estos pellets son inicialmente colocados como pilares conectados para formar arcos, que después son unidos para formar una elaborada red de túneles dentro de la estructura tipo panal. Dentro de esta estructura, el hongo *Termitomyces* crece y descompone la estructura de panal en materiales más simples que pueden ser reingeridos por las termitas. Las esporas asexuales del hongo forman una reversa importante de alimento.

Se ha observado que el micelio fúngico de *Odontotermes* contiene azúcares tales como glucosa, galactosa, manosa, arabinosa y xilosa, los cuales se creen que sirven como materiales de sustento (Agarwal, 1978). Parece ser que ciertas áreas del micelio fúngico son atractivas para las termitas. Esto se debe probablemente a que las termitas toman de este micelio un líquido que contiene azúcares disueltos derivados de la descomposición del micelio. Esto es particularmente útil para los soldados los cuales depende del alimento líquido que les es proporcionado por las obreras.

Tipos de nidos

Existen diferentes clases de nidos, estos pueden encontrarse dentro de la madera de arboles o edificios, bajo la superficie (subterráneos), sobre el suelo en forma de montículos (nidos epigeos), o incluso sobre los arboles (nidos arbóreos)(Figura 19). Aunque generalmente son de forma constante entre las distintas especies, la apariencia y tipo de nido puede variar por condiciones ambientales tales como humedad, disponibilidad y localización (Pearce, 1997).

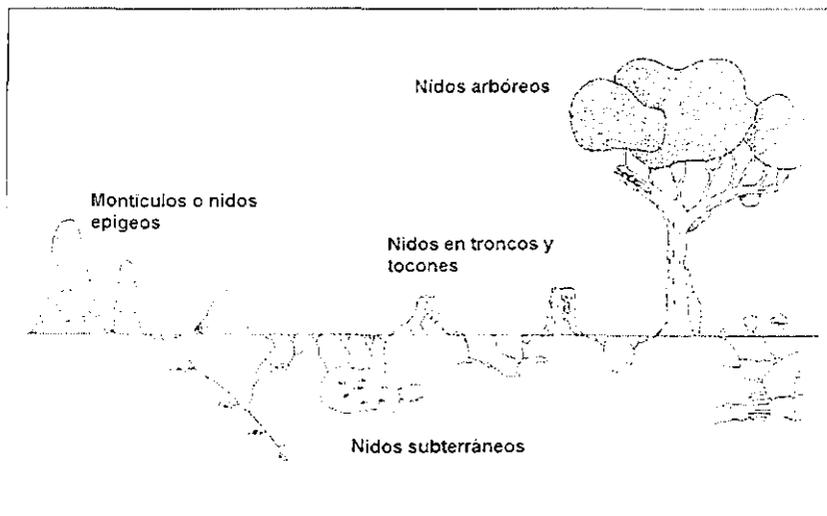


Figura 19. Diferentes tipos de nidos.

Las colonias de termitas viven dentro de nidos. Los nidos protegen a la colonia del ambiente externo proveyendo un clima interior más estable, protegen a la colonia contra la amenaza de los depredadores y sirven además como depósitos para almacenar alimento, lo cual puede ser de gran utilidad en regiones donde puede escasear el alimento durante ciertas temporadas (incendios, inundaciones o diferentes condiciones ambientales que no permitan realizar las actividades de forrajeo). Es importante señalar que no todos los nidos construidos por las distintas especies de termitas cumplen estas funciones, así como tampoco no son todos de la misma complejidad (Eggleton, 2011).

Abe y colaboradores desarrollaron una clasificación de anidado tomando en cuenta la posición de anidado y los sustratos para alimentación (Higashi *et al.* 1992).

Anidadores de una pieza: Anidan y se alimentan en el mismo sustrato (usualmente madera).

Anidadores intermedios: Anidan y se alimentan en el mismo sustrato pero pueden forrajear en sustratos cercanos.

Anidadores de piezas separadas: Anidan en un sustrato y se alimentan de distintos sustratos. Son únicamente este tipo de anidadores los que requieren coleccionar materiales fuera del área de la colonia para poder construir su nido.

Las construcciones de nidos más complejas las presentan las familias Rhinotermitidae, Termitidae y Hodotermitidae. Estas familias mencionadas entran en la clasificación de anidadores de piezas separadas. Las familias Termopsidae y Kalotermitidae construyen nidos más sencillos (Eggleton, 2011).

Las termitas construyen sus nidos con excremento. Esto principalmente por que los sustratos donde anidan son relativamente inertes a patógenos, es fácil de producir y es generalmente un buen material estructural. Existen 2 fuentes de material para construcción: Materia vegetal parcialmente digerida, la cual se utiliza para la construcción de nidos de cartón. El otro es suelo, el cual se utiliza para la construcción de montículos y nidos de tierra (Eggleton, 2011). No todos los nidos de termitas son visibles. Muchos de estos se encuentran bajo la superficie (nidos subterráneos), esto principalmente en los bosques lluviosos (Eggleton et al. 1996).

En las regiones frías no se construyen montículos y las termitas permanecen bajo la superficie (nidos subterráneos). En zonas arenosas puede ser también que vivan y construyan sus nidos bajo la superficie y en regiones áridas son generalmente de menor tamaño lo que ayuda a reducir la pérdida de agua.

Algunos nidos pueden ser inicialmente establecidos en un árbol y luego ser desplazados al suelo. *Coptotermes lacteus* anida en *Eucalyptus*, pero cuando la colonia sobrepasa la capacidad de la madera, se desplaza al suelo y forma montículos. Otro ejemplo es el de *Amitermes evuncifer* del oeste de África, las cuales pueden anidar bajo la superficie en regiones áridas y sobre la superficie en regiones húmedas. Los nidos pueden tener diversos nidos subsidiarios a los cuales las termitas pueden desplazarse conforme a sus necesidades de alimentación o ambientales (Eggleton, 2011).

Protección y estabilidad

Los principales retos que debe afrontar un nido de termitas es la lluvia, el calor y el intercambio de gases. En el bosque lluvioso, las lluvias son torrenciales y continuas, lo cual

provoca la erosión de los montículos. Los nidos de cartón ubicados en regiones lluviosas raramente presentan protecciones contra la lluvia, esto probablemente debido a que este material tiene mayor resistencia al agua y se ve menos afectado por la misma (Eggleton, 2011).

Los montículos frecuentemente presentan estructuras que permiten el flujo y escurrimiento del agua.

Las variaciones de temperatura en el bosque lluvioso son también otro problema al cual las termitas deben hacer frente. Las termitas solo pueden sobrevivir a un rango estrecho de temperatura, esto principalmente debido a que posee un cutícula muy delgada lo cual las hace propensas a la desecación. La mayor parte de las termitas utilizan las propiedades de las termitas del sustrato donde anidan para ayudar al control de la temperatura (Eggleton, 2011).

En áreas secas y calurosas las termitas anidan principalmente en el suelo, ya que este material es extremadamente térmico (Turner y Soar 2008). Los troncos son también materiales bastante térmicos que protegen a las termitas de los cambios constantes de temperatura.

Fortificación

La necesidad de fortificación contra los depredadores es bastante clara, ya que diversas especies se alimentan de termitas (Das y Coe 1994; De Visser *et al.* 2008) La estructura del nido o montículo es de igual importancia que la morfología de los soldados y el comportamiento. Diversos nidos son hechos a base de cartón el cual no es particularmente un material fuerte. Los nidos de cartón son usualmente defendidos utilizando estrategias de contra ataque. Algunos montículos, sin embargo están elaborados de excremento y estos son usualmente defendidos como fuertes o fortalezas. En *Cubitermes* por ejemplo, las celdas dentro del montículo se encuentran conectadas por pequeños túneles o aberturas las cuales tienen el diámetro exacto de los soldados lo que permite a estos bloquearlas (Perna *et al.* 2008). En los nidos más sofisticados (En la subfamilia *Macrotermitinae* por ejemplo), el nido tiene una celda central altamente fortificada la cual aloja a la pareja real, y esta es defendida hasta el último recurso.

Existe una larga historia en la depredación de las termitas y sus nidos. El primer depredador de las termitas fue probablemente un mamífero del Jurásico llamado *Fruitafossor*, el cual tenía bastantes similitudes con los mamíferos actuales que depredan termitas, como los osos y cerdos hormigueros (Luo y Wible 2005). Entre otros animales que han depredado a las termitas se encuentran algunos dinosaurios (Longrich and Currie, 2009), osos y primates e incluso se tiene registro de que *Australopithecus* utilizaba

herramientas de hueso para extraer a las termitas de sus nidos o montículos (Backwell y d' Errico 2001). Sin embargo, el depredador numero uno de las termitas son las hormigas.

Los montículos pueden ser también refugios que protegen a los animales contra el fuego (Yarnell *et al.* 2008) o solo brindar protección y refugio contra diversos ambientes hostiles. Los montículos no solo son ecológicamente importantes cuando estos se encuentran habitados. Los montículos abandonados pueden ser una fuente importante de nutrientes para una vasta cantidad de mamíferos (Ruggiero y Fay 1994) y su erosión forma parte del ciclo de nutrientes.

Termitas de la madera

La familia Kalotermitidae y la subfamilia Termopsinae (Familia Hodotermitidae), elaboran sus nidos dentro de la madera, de la cual también se alimentan. Estas termitas excavan redes irregulares de galerías sin aberturas exteriores, excepto las aberturas temporales creadas durante el enjambrado. La familia Kalotermitidae (termitas de la madera seca) vive en la madera hueca de tocones y ramas de árboles. La subfamilia Termopsinae vive en troncos húmedos podridos. Las autenticas termitas moradoras de la madera nunca llegan a invadir el suelo, al igual que sus nidos tampoco presentan conexiones con este. Las termitas que moran en la madera tiene menos competidores que las que construyen montículos o las subterráneas, sin embargo al ritmo que la colonia va creciendo y la madera va siendo consumida, los depredadores tienen mayor acceso a ellas. Estas termitas pueden vivir completamente dentro de su fuente de alimento y moverse a otras fuentes de madera. La madera en la que viven estas termitas puede estar totalmente aislada del suelo o tener contacto con la superficie, donde generalmente la parte inferior se encuentra húmeda. En regiones cálidas las termitas son generalmente encontradas en la madera que está en contacto con la superficie o cercana a esta (Pearce, 1997).

El género *Mastotermes*, miembro de la familia Rhinotermitidae y la familia Termitidae pueden tener nidos que contengan a millones de individuos. Se ha reportado que los nidos de *Coptotermes* logran alcanzar hasta 9 millones de individuos (Pearse, 1997).

Nidos arbóreos

Son estructuras ovoides elaboradas de un material comúnmente conocido como "cartón" (mezcla entre madera no digerida o materia fecal, saliva y fragmentos de madera). Este material puede ser de una textura parecida al papel mache y ser frágil o ser de una textura maderable y duro. El interior de un nido arbóreo consiste en capas horizontales de celdas, donde la reina ocupa un compartimento al centro del nido. Estos nidos siempre están conectados al suelo a través de galerías (Pearce, 1997).

En América tropical y el este de Asia es posible encontrar sobre arboles o postes los nidos de cartón construidos por *Nasutitermes*.

En los bosques lluviosos donde la lluvia puede destruir los nidos, algunas termitas ha desarrollado estructuras para escurrir la lluvia. *Constrictotermes* produce una especie de tejaban sobre el árbol y este dirige el agua fuera del alcance del nido.

Schedorhinotermes lamanianus posee nidos subsidiarios en arboles aledaños, los cuales se encuentran conectados a través de galerías. Los nidos de *Odontotermes* spp. pueden ser encontrados dentro de palmas datileras en Sudan (Pearce, 1997).

Termitas subterráneas

Los nidos subterráneos consisten en galerías que se extienden bajo el suelo y forman una red difusa, donde se observan sitios más extendidos que corresponden a la cámara real y el área de cría. Las galerías de estos nidos subterráneos se extienden hacia todas direcciones y a través de estas forrajean madera (Pearce, 1997).

Las termitas subterráneas representan mayor amenaza que las termitas de la madera seca. En áreas urbanas, los nidos de *Coptotermes*, *Reticulitermes*, *Mastotermes* y *Schedorhinotermes* se extienden comúnmente bajo los edificios. Estos nidos pueden ser compactos o ser un juego de cámaras difusas. Los nidos de *Hodotermes*, los cuales pueden estar formados por alargadas cámaras elaboradas de una estructura delgada tipo papel, pueden ser encontrados a 14 metros bajo la superficie. Los nidos de *Coptotermes* están elaborados de cartón y son usualmente encontrados dentro de los troncos de árboles muertos (Pearce, 1997).

Coptotermes puede tener varios nidos satélite, lo cual permite a la colonia moverse a zonas más cercanas de la fuente de alimento o a ambientes más favorables.

Algunas especies pueden presentar nidos distintos dependiendo de la localidad donde se encuentre. *Odontotermes feae* es encontrado bajo la superficie en la India y en montículos en Bangladesh (Pearce, 1997).

Montículos (nidos epigeos)

Cuando un nido está cubierto o hecho de tierra y es una estructura protuberante que sale de la superficie, se le denomina montículo. Estos son usualmente construidos después de que la colonia se ha desarrollado bajo la superficie. La principal función de esta clase de nidos es alojar a grandes colonias de termitas (Eggleton, 2011).

Existe la controversia sobre si un montículo es un dispositivo de ventilación o de termorregulación. Para determinar esto se debe tomar en cuenta ciertos aspectos como la ubicación del nido, condiciones ambientales y por quien y cuanto individuos está habitado (Eggleton, 2011).

Estos factores son de importancia ya que por ejemplo, cuando un nido se encuentra habitado por demasiadas termitas, estas al momento de digerir la celulosa generan como producto de desecho gas metano, lo cual hace necesario que exista una buena ventilación e intercambio de gases en el montículo (Eggleton, 2001).

Los nidos de *Amitermes*, *Cubitermes* y *Procupitermes* se presentan frecuentemente con forma de hongo y en la parte superior tienen hojas que ayudan a que escurra el agua de lluvia con mayor facilidad. En regiones secas, los nidos de *Cubitermes* no presentan estas hojas. El montículo de *Macrotermes goliath* puede medir hasta 12 metros de largo y 4.8 metros de alto. Los montículos de *Odontotermes* son más largos en la India que en África. Las diferencias también se presentan en la forma de los montículos. *Odontotermes obesus* presenta montículos cónicos mientras que los de *Odontotermes wallonensis* tienen forma de cúpula (Pearce, 1997).

Para que estos montículos puedan resistir los deslaves generados por las lluvias, es necesario que en la construcción de estos se haya empleado cantidades considerables de arcilla. Dentro de estos montículos se encuentra usualmente una celda que aloja a la pareja real. Esta celda es generalmente más gruesa y dura que el resto del nido. En *Macrotermes* esta celda es extremadamente dura y contiene perforaciones las cuales permiten la entrada y salida de soldados y obreras (Eggleton, 2011).

En algunas termitas existe una clara relación entre el largo de la reina y el tamaño de la cámara real. En algunas otras termitas la relación se define entre el tamaño del nido y el tamaño de la población que lo habita.

Existe la posibilidad de que montículos abandonados sean recolonizados por otra colonia de la misma especie o incluso por colonias de diferentes especies. Los nidos de Macrotermitinae son construidos como pequeños montículos bajo el suelo de las casas y pueden ocasionar graves daños (Pearce, 1997).

Glosario de términos

Cerco: Apéndice par ubicado en la cara tergal de uno de los últimos urómeros, por lo general el décimo.

Dealación: Pérdida de las alas, fenómeno observado en hormigas, termitas y otros insectos que suelen despojarse de sus alas después del vuelo de apareamiento.

Endogamia: Cruzamiento entre individuos de una raza, población o comunidad aislada genéticamente.

Filopatría: Parte de la hipótesis de la biofilia (sensu Wilson) como la respuesta poblacional contraria a la dispersión que tiende a mantener a los individuos agregados donde están, sin emigrar.

Fontanela: En Isóptera, depresión poco profunda de la cabeza en la cual se abre el poro frontal

Hemimetábolos: Tener una metamorfosis incompleta, sin estado de pupa en la historia de vida.

Iterópara: Aquella que se reproduce varias veces a lo largo de varias estaciones.

Monogamia: Se refiere a la relación de pareja que mantiene un vínculo sexual exclusivo durante el periodo de reproducción y crianza.

Neotenia: Persistencia de algunos aspectos de la fase larvaria durante la fase adulta de un animal.

Ooteca: Estuche o cubierta protectora, generalmente constituido por la secreción de las glándulas accesorias del aparato reproductor femenino, que encierra los huevos desde la postura hasta la eclosión.

Polimorfismo: Propiedad de las especies de seres vivos cuyos individuos pueden presentar diferentes formas o aspectos, bien por diferenciarse en castas, como las termitas, bien por tratarse de distintas etapas del ciclo vital, como la oruga y la mariposa.

Tarso: (del griego tarsos, reunión de varias piezas) quinto segmento de las patas de los insectos, generalmente dividido en dos a cinco subsegmentos. Sigue a la tibia y lleva en su extremo distal las uñas.

Xilógafo: Que se alimenta de partes leñosas de plantas.

TESIS/CUCBA

Ripario: Cualquier especie de árbol evolutivamente adaptado para nacer, desarrollarse y vivir específicamente en las orillas de los ríos bajo condiciones de excesiva humedad en el suelo y corrientes de agua permanentes.

Literatura consultada

- AGARWAL, V.B. 1978. Physical and chemical constituents of fungus combs of *Odontotermes microdentatus* Roonwal and Sen-Sarma and *Odontotermes obesus* Rambur (Isoptera: Termitidae). *Bulletin of the Zoological Survey of India.*, 1: 15-19.
- AGUADED, J.I. & J. CABERO. 2002. Educar en red. Internet como recurso para la educación. Sevilla, Aljibe.
- AMPION, A. & A. QUENNEDEY. 1981. The abdominal epidermal glands of termites and their phylogenetic significance. In: Howse, P.E. and Clement, J.L. (eds) *Biosystematics of Social Insects*. Academic Press, London, pp. 249-261.
- BACKWELL, L.R. & F. D'ERRICO. 2001. Evidence of termite foraging by Swartkrans early hominids. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 98: 1358-1363.
- BADERTSCHER, S., C. GERBER. & R.H. LEUTHOLD. 1983. Polyethism, food supply and processing in termite colonies of *Macrotermes subhyalinus*. *Behavioural Ecology and Sociobiology.*, 12: 115-119.
- BARTZ, S.H. 1979. Evolution of eusociality in termites. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 76: 5764-5768.
- BLACK, H.I.J. & M.J.N OKWAKOL. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. *Appl. soil ecol.*, 6:37-53.
- BORROR, D.J., C.A. TRIPLEHORN & N.F. JOHNSON. 1989. *An introduction to the study of insects*. 6. ed. Saunders College Publishing, 875p.
- BREZNAK, J.A., W.J. BRILL, J.W. MERINS, & H.C. COPPELL. 1973. Nitrogen fixation in termites. *Nature*, 244: 577-580.
- CANCELLO, E.M. 1994. Termites of Northeastern Brazilian formations, p.277. In: Lenoir, A., G. Arnold & Lepage (eds). *Les insectes sociaux*. Université Paris Nord. (Proceedings of the 12th Intl. Cong. IUSSI, Paris, 21-27, Aug 1994).
- CHOE, J. C. & B. J. CRESPI 1997. *The evolution of social behavior in insects and arachnids*. Cambridge Univ. Press, 541 p.
- CIBRIÁN TOVAR, D., J. T. MÉNDEZ MONTIEL, R. CAMPOS BOLAÑOS, H.O. YATES III & J.E FLORES LARA. 1995. *Insectos Forestales de México*. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Publicación nr.6, 453 p.

- CONSTANTINO, R. 1991b. *Ereymatermes rotundiceps*, a new genus and species of termite from the Amazon Basin (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). *Goeldiana Zoologia*, 8:1-11.
- CONSTANTINO, R. 1998. Catalog of the termites of the New World (Insecta:Isoptera). *Arquiv. Zool.*, 35 (2): 135-230.
- DAS, I. & M. COE. 1994. Dental morphology and diet in anuran amphibians from South India. *J Zool* 233: 417-427.
- DESALLE, R., J. GATESY, W. WHELEER & D. GRIMALDI. 1992. DNA Sequences from a fossil termite in Oligo-Miocene Amber and their phylogenetic implications. *Science*, 257: 1933-1936.
- DE VISSER, S.N., B.P. FREYMANN & H. SCHNYDER. 2008. Trophic interactions among invertebrates in termitaria in the African savanna: a stable Isotope approach. *Ecol Entomol* 33:758-764.
- DE WILDE, J. & J. BEETSMA. 1982. The physiology of caste development in social insects. *Advances in Insect Physiology.*, 16: 167-246.
- DONNELLY, T. W. 1992. Geological setting and tectonic history of Mesoamerica, p. 1-13. In D. Quintero & A. Aiello (eds.) *Insects of Panama and Mesoamerica*. Oxford Univ. Press.
- EDWARDS, R. & A.E. MILL. 1986. *Termites in buildings- Their Biology and Control*. Rentokil Ltd, East Grinstead, UK. 261 pp.
- EGGLETON, P. 2011. An introduction to Termites: Biology, Taxonomy and Functional Morphology. D.E. BIGNELL *et al.* *Biology of Termites A Moderns Synthesis.*, 1-26p.
- EGGLETON, P. & D. E. BIGNELL. 1995. Monitoring the response of tropical insects to changes in the environment: troubles with termites.,p.473-497 In: Harrington, R & N.E. Stork (eds). *Insects in a changing environment*. Academic Press/ Harcourt Brace & Co.
- EGGLETON, P., D.E. BIGNELL, W.A. SANDS. *et al.* 1996. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 351: 51-68.
- EMERSON, A.E. & KRISHNA, K .1975. The termite family Serritermitidae (Isoptera). *Am. Mus. Novit.*, 2570:31p.
- FRENCH, J.R.J., R.A. RASMUSSEN., D.M. EWART. & M.A.K. KHALIL. 1977. The gaseous environment of mound colonies of the subterranean termite *Coptotermes lacteus*

- (Isoptera: Rhinotermitidae) before and after feeding on mirex treated decayed wood bait blocks. *Bulletin of Entomological Research.*, 87: 145-149.
- GRANDCOLAS, P. & P. DELEPORTE. 1992. The systematic position of *Cryptocercus* Scudder in cockroaches and its evolutionary implications. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 315:317-322.
- GRASSÉ, P.P. 1986. *Termitologia. Comportement, socialité, écologie, evolution, systematique* Paris: Masson, v.3, 715p.
- HAMILTON, W. D. 1964. The genetical evolution of social behaviour I. and II. *J. Theor. Biol.*, 7: 1-16, 17-52.
- HAMILTON, W. D. 1972. Altruism and related phenomena mainly in social insects. *Ann. Rev. Syst. Ecol.*, 3: 193-232.
- HAVERTY, M.I. & W.L. NUTTING. 1975a. Density, dispersion and composition of desert termite foraging population and their relationship to superficial dead wood. *Environ. Ent.*, 4: 480-486.
- HAVERTY, M.I. & W.L. NUTTING. 1975b. Natural wood preferences of desert termites. *Ann. Ent. soc. Amer.*, 68: 533-536.
- HERRICK, J.E. & R. LAL. 1995. Soil physical property changes during dung decomposition in a tropical pasture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59: 908-912.
- HIGASHI, M. & T. ABE. 1997. Global diversification of termites driven by the evolution of symbiosis and sociality, p. 83-112. In: Abe, T., S.A. Levin & M. Higashi (eds.). *Biodiversity-an ecological perspective*. Springer-Verlag.
- HIGASHI, M., T. ABE., T.P. BURNS. 1992. Carbon-nitrogen balance and termite ecology. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 249: 303-308.
- KAMBHAMPATI, S. 1995. Phylogeny of cockroaches and related insects based on DNA sequence of mitochondrial ribosomal RNA genes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 92: 2017-2020.
- KRISHNA, K. 1990. Isoptera. *Bull.Amer.Mus. Nat. Hist.*, 195: 76-81. (Insects from the Santana formations, lower cretaceous of Brazil,col.by D.A. Grimaldi).
- KRISHNA, K. & A.E. EMERSON. 1983. A New Fossil Species of Termite from Mexican Amber, *Mastotermes electromexicus* (Isoptera, Mastotermitidae). *Am Mus. Nov.* 2767: 1-8.

- KRISHNA, K. & D. GRIMALDI. 1991. A New Fossil Species from Dominican Amber of the living Australian Termite Genus *Mastotermes* (Isoptera, Mastotermitidae). *Am. Mus. Nov.* 3021: 1-10.
- KRISHNA, K. & F. WEESNER. 1969. Biology of termites volume 1. Academic Press New York. 598pp.
- LACASA-RUIZ, A. & X. MARTINEZ-DELCLOS. 1986. *Meiatermes*: Nuevo género fósil del insecto Isóptero (Hodotermitidae) de las calizas Neocomienses del Montsec (Provincia de Lérida, España). Lleida: *Institut d'Estudis Ilerdencs*.
- LIGHT, S.F. 1933. Termites of western Mexico. *Univ. Calif. Pub. Ent.*, 6 (5): 79-164.
- LIGHT, S.F. 1934. The termite fauna of Mexico and its economic significance. 334-339. In: C. A. Kofoid (ed.) *Termites and Termite Control*, 2-ed. Univ. Calif Press, Berkeley.
- LOGAN, J.W.M., R.H. COWIE, & T.G. WOOD. 1990. Termite (Isoptera) control in agriculture and forestry by non-chemical methods: a review. *Bull Ent. Res.*, 80: 309-330.
- LONGRICH, N.R. & P.J. CURRIE. 2009. *Albertonykus borealis*, a new alvarezsaur (Dinosauria: Theropoda) from the early Maastrichtian of Alberta, Canada: Implications for the systematic and ecology of the Alvarezsauridae. *Cretaceous. Res.*, 30: 239-252.
- LUO, Z.X. & J.R. WIBLE. 2005. A late Jurassic digging mammal and early mammal diversification. *Science* 308: 103-107.
- LUSCHER, M. 1972. Environmental control of juvenile hormone (JH) secretion and caste differentiation in termites. *General and Comparative Endocrinology.*, 19: 509-514.
- MARTIUS, C. 1994. Diversity and ecology of termites in Amazonian forest. *Pedobiologia.*, 387: 407-428.
- MARTIUS, C., R. WASSMANN., U. THEIN., A. BANDEIRA., H. RENNENBERG., W. JUNK. & W. SEILER. 1993. Methane emission from wood feeding termites in Amazonia. *Chemosphere.*, 26: 623-632.
- MCMAHAN, E. A. 1986. Beneficial aspects of termites. 144-164. In: S. B. Vinson (ed.) *Economic Impact and Control of Social Insects*. Praeger Publishing, New York.
- MYLES, T.G. 1988a. Dealation in termites (Isoptera). *Sociobiol.*, 14:61-88.
- MYLES, T.G. 1988b. Resource inheritance in social evolution from termites to man. p379-423. In C. Slobodchikoff (ed.) *The Ecology of Social Behavior*. Academic Press, New York.

- MYLES, T.G. 1994. Causal factors in the origin of termite eusociality, p 50. *In*: Lenoir. A., G. Arnold & M. Lepage (eds). *Les insectes sociaux*. Université Paris Nord.. (Proceedings of the 12th Intl. Cong. IUSSI, Paris, 21-27, Aug 1994).
- MYLES, T.G. 1997. A second species of the drywood termite genus *Marginitermes* (Isoptera: Kalotermitidae). *Can. Ent.*, 129: 757-768.
- MYLES, T.G. & W.L. NUTTING. 1988. Termite eusocial evolution: a re-examination of Bartz's hypothesis and assumptions. *Quart. Rev. Biol.*, 63: 1-23.
- NALEPA, C.A. 1991. Ancestral transfer of symbionts between cockroaches and termites: an unlikely scenario. *Proc. R. Soc Lond. B*, 246: 185-189.
- NICKLE, D.A. & M.S. COLLINS. 1988. The termite fauna (Isoptera) in the vicinity of Chamela, State of Jalisco, Mexico. *Folia. Ent. Mex.*, 77: 85-122.
- NICKLE, D.A. & M.S. COLLINS. 1992. The termites of panama. p 208-241 *In: Insects of Panama and Mesoamerica* Selected studies Quintero D. And Aiello A. (Ed) Oxford University Press.
- NUTTING, W.L. 1966. Distribution and biology of the primitive drywood termite *Pterotermes occidentis* (Walker) (Kalotermitidae). *Psyche*, 73: 165-179.
- NUTTING, W.L. 1969. Distribution and flights of rare North American desert termites of the genus *Amitermes* (Isoptera: Termitidae). *Pan-Pac. Ent.*, 45:320-325.
- NUTTING, W.L. 1970a. Free diurnal foraging by the North American nasutiform termite, *Tenuirostritermes tenuirostris*. *Pan-Pac. Ent.*, 46: 39-42.
- NUTTING, W.L. 1970b. Composition and size of some termite colonies in Arizona and Mexico. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 63: 1105-1110.
- PEARCE, M.J. 1997. Termites biology and pest management. CAB INTERNATIONAL. UK.
- PEARCE, M.J. & B.S. WAITE. 1994. A list of termite genera (Isoptera) with comments on taxonomic changes and regional distribution. *Sociobiol.*, 23: 247-263
- PÉREZ, M. & R. ECHENIQUE, M. 1983. Zonas en México donde se presentan termitas que dañan las estructuras. Reporte final de actividades presentado al Fondo de Operaciones de Descuento Bancario a la Vivienda (FOVI), Banco de México.
- PERNA, A., C. JOST & E. COUTURIER. 2008. The structure of gallery networks in the nest of termite *Cubitermes* spp. revealed by X-ray tomography. *Naturwissenschaften* 95: 877-884.

- PRESTWICH, G.D. & B.L. BENTLEY, 1981. Nitrogen fixation by intact colonies of the termite *Nasutitermes corniger*. *Oecologia*, 49: 249-251.
- REDFORD, K. H. 1987. Ants and termites as food, patterns of mammalian myrmecophagy, p. 349-391. In H. H. Genoways (ed) *Current Mammology*, Vol. 1, Plenum Press, New York.
- RUGGIERO, R.G. & F.M. FAY. 1994. Utilization of termitarium soil by elephants and its ecological implications. *Afri. J. Ecol.*, 32: 222-232.
- SANDS, W. A. 1972. The soldierless termites of Africa (Isoptera, Termitidae). *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist., Entom., Suppl.* 18, 244pp.
- SANDS, W. A. 1977. The role of termites in tropical agriculture. *Outlook on Agriculture*, 9: 136-143.
- SCHEFFRAHN, R.H.; J.P.E.C. DARLINGTON; M.S. COLLINS; J. KRECEK & N.-Y. SU. 1994. Termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae) of the west indies. *Sociobiol.*, 24: 213-238.
- SCHEFFRAHN, R.H. & M.K. RUST. 1983. *Tenuirostritermes cinereus* (Buckley), a nasutiform termite from south central Texas (Isoptera: Termitidae). *Sociobiol.*, 8: 77-87.
- SCHRADER, A. 1997. Huge ancient termite pillars found in New Mexico. *The Denver Post*, October 23, 1997, pg.10A.
- TAYASU, I., A. SUGIMOTO, E. WADA & T. ABE, 1994. The xylophagous termite (*Nasutitermes koshunensis*) depending on atmospheric nitrogen - an application of stable isotope natural abundance method., p.529 In: A. Lenoir, G. Arnold & M. Lepage (eds). *Les insectes sociaux*. Université Paris Nord. (Proceedings of the 12th Intl. Cong. IUSSI, Paris, 21-27, Aug 1994).
- THORNE, B.L. 1980. Differences in nest architecture between the neotropical arboreal termites *Nasutitermes corniger* and *Nasutitermes ephratae* (Isoptera: Termitidae). *Psyche*, 87: 235-243.
- THORNE, B.L. 1990. A case for ancestral transfer of symbionts between cockroaches and termites. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 241: 37-41.
- THORNE, B.L. 1996. Kings and queens of the underworld. *Pest Control Technology*. Part 1, 46-50, May 1996.
- THORNE, B.L. & J.M. CARPENTER. 1992. Phylogeny of the Dictyoptera. *Syst. Ent.*, 17: 253-268.

- TURNER J.S. & R.M. SOAR. 2008. Beyond biomimicry. What termites can tell us about realizing the living building. Proceedings of the First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction (13CON) 1: 1-18.
- WEESNER, F.M. 1953. The biology of *Tenuirostritermes tenuirostris* (Desneux) with emphasis on caste development. *Univ. Calif. Pub. Zool.*, 57: 251-302.
- WHITFORD, W.G. 1996. The importance of the biodiversity of soil biota in arid ecosystems. *Biodiv. and Conserv.*, 5: 185-195.
- WILSON, E.O. 1971. *The insect societies*. Belknap Press, 548 p.
- WILSON, E.O. 1980. *Sociobiology, the abridged edition*. Belknap Press, 366 p.
- WOOD, T.G. & R.A. JOHNSON 1986. The biology, physiology and ecology of termites. p. 1-68 In: S. B. Vinson (ed.) *Economic Impact and Control of Social Insects*. Praeger Publishing, New York.
- WOOD, T.G. & R.J. THOMAS. 1989. The mutualistic association between Macrotermitinae and Termitomyces. In: Walding, N., Collins, N., Hammond, P.M. and Webber, J.F. (eds) *Insect-Fungus Interactions*. Academic Press, London.
- YARNELL, R.W., D.J. METCALFE, N. DUNSTONE, *et al.* 2008. The impact of fire on habitat use by the short-snouted elephant shrew (*Elephantulus brachyrhynchus*) in North West Province, South Africa. *Afr. Zool.*, 43:45-52.
- YOSHIMURA, Y. & K. TSUNODA. 1994. Alternative protection of Japanese houses from subterranean termite invasion In: Lenoir, A., Arnold, G. and Lepage, M. (eds) *Termites in Urban Areas. Les Insectes Sociaux*, Paris, Sorbonne, August (1994) Abstracts 12th International Congress International Union for the Study of Social Insects, p. 259.
- YOSHIMURA, Y., K. TSUNODA. & M. TAKAHASHI. 1994. Cellulose metabolism of the symbiotic protozoa in the termite *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae) IV. Seasonal changes of the protozoan fauna and its relation to wood-attacking activity. *Mokuzai Gakkaishi.*, 40: 853-859.