








## El papel de la humedad relativa, temperatura y sustratos en la supervivencia de *Nasutitermes corniger*

### The role of relative humidity, temperature and substrates in the survival of *Nasutitermes corniger*

César Orlando Pozo-Santiago<sup>1</sup> ,  
José Rodolfo Velázquez-Martínez<sup>2</sup> ,  
Magdiel Torres-De la Cruz<sup>3</sup> ,  
Aracely De la Cruz-Pérez<sup>3</sup> ,  
Silvia Capello-García<sup>3</sup> ,  
Facundo Sánchez-Gutiérrez<sup>1</sup> ,  
Manuel Pérez-De la Cruz<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup>Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Catazajá-Palenque, Km 4, CP. 29980. Catazajá, Chiapas, México.

<sup>2</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 25. Carretera Villahermosa-Teapa. Km 25, CP. 86298. Centro, Tabasco, México.

<sup>3</sup>División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas s/n, entronque Bosques de Saloya. CP. 86039, Villahermosa, Centro, Tabasco, México.

\* Autor de correspondencia:  
perezmandoc@hotmail.com

#### Artículo científico

Recibido: 16 de octubre 2020

Aceptado: 11 de diciembre 2020

**Como citar:** Pozo-Santiago CO, Velázquez-Martínez JR, Torres-De la Cruz M, De la Cruz-Pérez A, Capello-García S, Sánchez-Gutiérrez F, Pérez-De la Cruz M (2020) El papel de la humedad relativa, temperatura y sustratos en la supervivencia de *Nasutitermes corniger*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 7(3): e2742. DOI: 10.19136/era.a7n3.2742

**RESUMEN.** La especie *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) es una termita arbórea, que causa daño en zonas urbanas y agrícolas. A pesar de su importancia económica, no hay estudios sobre aspectos básicos de su manejo en laboratorio, lo cual sentará las bases para el desarrollo futuro de estrategias de control. El objetivo del estudio fue, evaluar en laboratorio la supervivencia de *N. corniger* a diferentes condiciones de humedad relativa, temperatura, humedad del sustrato y su preferencia a distintos tipos de maderas. Se probaron humedades relativas entre el 9 y 100%, las temperaturas de 20, 25 y 30 °C, seis sustratos: pino, cedro, tinto, eucalipto, macuilís, fibra de coco y cuatro humedades de sustrato de 0 hasta 60%. Los resultados indican efecto significativo en todas las variables medidas. La mayor supervivencia de *N. corniger* se tuvo con la humedad relativa del 100%, temperatura de 20 °C y humedad del sustrato de 60%, mientras que el sustrato de mayor preferencia fue el eucalipto. En los porcentajes adecuados, la interacción de estos tres factores propicia las mejores condiciones para la supervivencia de *N. corniger*.

**Palabras clave:** Agrícola, arbórea, eucalipto, madera, termita.

**ABSTRACT.** The species *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) is an arboreal termite, causes damage in urban and agricultural areas. Despite its economic importance, there are no studies on the basic aspects for its management in the laboratory, which will lay the foundations for the future development of control strategies. The objective of the study was to evaluate in the laboratory the survival of *N. corniger* at different conditions of relative humidity, temperature, humidity of the substrate and its preference for different types of wood. Relative humidities were tested between 9 and 100%, temperatures of 20, 25 and 30 °C, six substrates: pine, cedar, pink poui, eucalyptus, macuilís, coconut fiber and four substrate humidities of 0 to 60% were tested. The results indicate a significant effect on all the variables measured. The highest survival of *N. corniger* was had with a relative humidity of 100%, a temperature of 20 °C and a humidity of the substrate of 60%, while the most preferred substrate was eucalyptus. In the appropriate percentages, the interaction of these three factors provides the best conditions for the survival of *N. corniger*.

**Key words:** Agricultural, arboreal, eucalyptus, wood, termite.

## INTRODUCCIÓN

La termita arbórea *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae) es una especie neotropical. Su distribución abarca desde el sureste de México hasta el noreste de Argentina e islas del Caribe, considerándose en estos últimos especie nativa. Pero actualmente también se encuentra como especie invasora en las Bahamas, Florida y Nueva Guinea (Boulogne *et al.* 2017, de Faria *et al.* 2017). *N. corniger* también se ha adaptado bien al ambiente urbano, dentro de las especies de su género, es la de mayor importancia económica en zonas urbanas (Santos *et al.* 2020), mientras que en el sector agrícola se ha reportado atacando cultivos como caña de azúcar, arroz, frutales y eucalipto; dañando hojas, tallo o tejido leñoso (Boulogne *et al.* 2017). Al respecto, en México, se reportan seis especies del género *Nasutitermes* de las cuales *N. corniger* y *N. nigriceps* están presentes en el estado de Tabasco (Cancelló y Myles 2000).

Debido a la importancia económica de *N. corniger*, es necesario buscar estrategias para su control, pero a la fecha no se tienen estudios sobre los requerimientos ambientales para establecer colonias vivas en laboratorio por periodos prolongados de tiempo. Las colonias vivas en laboratorio son indispensables para la realización de bioensayos enfocados a la búsqueda de alternativas para su control (Pozo-Santiago *et al.* 2020). Los estudios que existen de este tipo han centrado su atención en especies de termitas subterráneas (Cao y Su 2015, Zukowski y Su 2017). Por otro lado, hay una búsqueda continua de alternativas amigables con el ambiente y salud humana, para el control de termitas, pero hasta el momento, ninguna ha resultado en una aplicación práctica o comercial (Verma *et al.* 2009, Chouvinc *et al.* 2011). Los estudios para buscar alternativas de control de termitas generalmente comienzan con bioensayos de laboratorio (Henderson *et al.* 2016, Chouvinc 2018, Kakkar y Su 2018, Santos *et al.* 2020). Pero establecer colonias vivas de termitas en laboratorio es una tarea complicada, debido a factores como temperatura (Fei y Henderson 2002, Nakayama *et al.* 2004, Wiltz 2012),

humedad (Wong y Lee 2010, Gautam y Henderson 2011, Wiltz 2012) y la fuente de alimento (Smythe y Carter 1969, Su y Tamashiro 1986) pueden afectar la supervivencia de termitas durante su manejo. Al respecto Zukowski y Su (2017), señalan que la desecación es otro problema común que enfrentan las termitas, por lo que deben ubicar y utilizar los recursos hídricos disponibles en la humedad relativa, humedad del sustrato y alimento para prevenir o tolerar la pérdida de agua. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue evaluar en condiciones de laboratorio la supervivencia de *N. corniger* en varios niveles de humedad relativa, temperatura, humedad del sustrato y preferencia a distintas maderas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de *N. corniger*

Se empleó un total de 1 740 termitas, colectadas del jardín botánico de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, para obtenerlas se tomó una porción de un termitero arbóreo y se transfirió al laboratorio, donde sólo se seleccionaron obreras.

### Supervivencia de *N. corniger* a diferentes humedades relativas (HR) y temperaturas

La metodología empleada fue la propuesta por Pozo-Santiago *et al.* (2020), para lo cual se elaboraron cámaras ambientales (CA) con recipientes de plástico con tapa (24.7 x 17 x 6.4 cm), con un orificio de 2.7 cm de diámetro en la parte central de la tapa para introducir un hidrómetro digital. La HR dentro de la CA se estabilizó utilizando diversos materiales (MSHR) en diferentes cantidades (Tabla 1). Para lograr las HR altas, se colocó agua en un algodón (con el cual se cubrió el fondo de la CA) y en recipientes de plástico de 6 cm de diámetro x 3.6 cm de altura. Las sales y el gel de sílice se colocaron en los recipientes de plástico de las CA. Para las HR bajas se utilizó CaCl<sub>2</sub> que se extendió en el fondo de la CA. La HR en la CA se evaluó durante 15 días con un higrómetro digital (VWR, TRACEABLE<sup>TM</sup>). La temperatura se estabilizó a 20, 25 y 30 °C en una incubadora (NOVATECH, MOD. DBO-200).

**Tabla 1.** Materiales estabilizadores y cantidades empleadas para la obtención de las humedades relativas.

N°	MEHR	Fórmula	Cantidad	HR obtenida (%) <sup>a</sup>
1	Agua	H <sub>2</sub> O	200 mL	100 ± 0.25
2	Agua	H <sub>2</sub> O	100mL	83.25 ± 0.55
3	Sal sin diluir	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100g	75.28 ± 0.77
4	Solución salina saturada	NaCl	100 mL	64.88 ± 0.59
5	Sílica gel	Sílica gel	100g	61.12 ± 0.83
6	Solución salina saturada	MgCl <sub>2</sub>	50 mL	42.98 ± 0.57
7	Sal sin diluir	CaCl <sub>2</sub>	100g	23.88 ± 0.36
8	Sal sin diluir	CaCl <sub>2</sub>	300g	9.89 ± 0.11

<sup>a</sup> Promedio (PROM) ± error estándar (SE). n = 18.

El bioensayo se realizó utilizando cinco placas Petri para cada CA estabilizada, las placas Petri de 60 mm x 15 mm contenían en la base papel filtro con aserrín de pino (200 mg) como fuente de alimento, en las que se colocaron 10 termitas. Durante tres días (24, 48 y 72 h) se realizó el registro de termitas vivas, para reportar la variable porcentaje de supervivencia. En el bioensayo se ocuparon un total de 1 200 obreras, distribuidas en cinco repeticiones con 10 obreras en cada repetición para los ocho tratamientos (RHs) a las tres temperaturas probadas.

### Preferencia de *N. corniger* hacia distintos sustratos (maderas)

Se diseñó un dispositivo de elección múltiple (DEM) que permitiera una alta HR y elegir a las termitas entre diferentes sustratos. Para ello, se usaron cámaras ambientales pequeñas (CAp), que consistieron en recipientes de plástico circulares de 8.0 x 5.5 cm (diámetro x altura), los cuales en su interior contenían viales de plástico de 4.0 x 2.0 cm, suspendidos dentro de cada CAp. Para obtener una HR del 100%, se colocó algodón con agua en la parte inferior de cada CAp radial, esta humedad fue monitoreada durante el bioensayo. En los viales se colocaron los sustratos, los cuales consistieron en aserrín de Pino (*Pinus* sp.), Cedro (*Cedrela odorata* L.), Fibra de coco (*Cocos nucifera* L.), Eucalipto (*Eucalyptus urophylla* ST Blake), Tinto (*Haematoxylum campechianum* L.) y Maculís (*Tabebuia rosea* [Bertol.] DC), todos con un tamaño de partícula de 1.13 mm y deshidratados previo a su utilización en un horno de secado (marca Felisa<sup>®</sup>) a 50 °C durante 24 h. Con tubos de plástico de 6.0 x 1.0 cm, se conectaron seis CAp radiales a

una cámara central, en la cual se liberaron 30 termitas, con opción de elegir entre cualquiera de los seis sustratos. El dispositivo se colocó en una incubadora a 20°C y en total oscuridad. Transcurridas 24 h se registró el número de termitas dentro de cada CAp con sustrato, considerando de igual manera aquellas termitas encontradas en los tubos de conexión. La variable de respuesta fue el porcentaje de preferencia. Este bioensayo se ocupó un total de 300 obreras, distribuidas en diez repeticiones con 30 obreras en cada DEM.

### Supervivencia de *N. corniger* a diferentes humedades de sustrato (HS)

Se usó el sustrato de mayor preferencia previamente acondicionado. En placas Petri de 60 x 15 mm se colocó 3 g de sustrato y se usó agua destilada estéril (ADE) para obtener HS de 0, 20, 40 y 60%. Para el cálculo de las humedades, se usó la fórmula reportada por la Norma NMX-AA-16-1984.

$$H = \frac{G - G1}{G} \times 100$$

Donde: H = % de humedad, G = Peso de la muestra húmeda en g, G1 = Peso de la muestra seca en g.

El PROM ± SE de las HS y la cantidad en ml de ADE necesaria para alcanzarla fueron las siguientes (n = 6): 60.95 ± 0.38% (5mL ADE), 39.61 ± 0.08% (2mL ADE), 19.82 ± 0.23% (0.75 mL), y 0.00 ± 0.00% (sin ADE).

Se colocaron seis placas Petri en CA, utilizadas en la prueba de supervivencia a diferentes HR y temperatura, con HR estabilizada de 100 ± 0.25%. En las que se colocaron diez termitas en ca-

da placa Petri con el sustrato a la humedad requerida. Este bioensayo se incubó a 20 °C en oscuridad total durante 21 días, se realizó el recuento diario (24 h) de termitas vivas y se reportó la supervivencia basada en el tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>). En el bioensayo se ocuparon 240 obreras, distribuidas en seis repeticiones con diez obreras en cada repetición para las cuatro HS evaluadas (tratamientos).

### Diseño experimental y análisis estadístico

Para todos los bioensayos, se utilizó un diseño completamente al azar. El análisis estadístico utilizado para la prueba de supervivencia de termitas a diferentes HR y temperaturas fue un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño experimental factorial de 8 por 3 (8 HR y 3 temperaturas), la variable de respuesta fue el porcentaje de supervivencia. El análisis estadístico de preferencia hacia diferentes sustratos se realizó con un análisis simple de varianza (ANOVA) y el porcentaje de preferencia como la variable de respuesta. Se realizó una comparación de medias con LSD de Fisher con un  $\alpha = 0.05$  para estos dos ensayos. Mientras que la supervivencia de las termitas a las diferentes HS, se evaluó mediante análisis Kaplan-Meier y la comparación de las medias de Holm Sidak con  $\alpha = 0.05$ , donde se tuvo en cuenta el mayor tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>) para seleccionar el mejor tratamiento. Debido a que los resultados de los dos primeros ensayos se expresaron como porcentaje, previo al ANOVA se transformaron los datos a la raíz cuadrada del arcoseno. Los análisis se realizaron con el programa SigmaPlot 12.0.

## RESULTADOS

### Supervivencia de *N. corniger* a diferentes HRs y temperaturas

La Tabla 2 muestra los porcentajes de supervivencia de *N. corniger* a las 24, 48 y 72 h de estar expuesta a ocho HR y tres temperaturas. La HR del 100% presentó el mayor porcentaje de supervivencia a las 24 (F = 131.800, df = 7, p < 0.001), 48 (F = 128.188, df = 7, p < 0.001) y 72 (F = 13.440, df = 7,

p < 0.001) horas de observación para las tres temperaturas evaluadas. Hubo una mayor supervivencia de las termitas a temperatura de 20 °C a las 24 (F = 98.836, df = 2, p < 0.001), 48 (F = 77.393, df = 2, p < 0.001) y 72 (F = 1.061, df = 2, p 0.350) horas. Por otro lado, la interacción entre los dos factores estudiados, de la misma manera, generó un efecto significativo a las 24 (F = 4.805, df = 14, p < 0.001) y 48 (F = 14.429, df = 14, p < 0.001) horas, siendo la combinación de 20 °C y 100% HR el tratamiento que proporcionó la mayor supervivencia de termitas con  $97.98 \pm 1.62$  y  $89.86 \pm 1.44\%$ , respectivamente. Mientras que a las 78 h esta misma combinación fue la que tuvo el mejor resultado, pero al compararlo con los otros dos tiempos, se tuvo un decremento en la supervivencia de termitas con un  $54.09 \pm 6.76\%$  (F = 0.780, df = 14, p 0.688). Del mismo modo, se observó que a medida que la HR disminuye, la supervivencia de las termitas también lo hace gradualmente, mientras que a temperaturas más altas, hubo menor supervivencia.

### Preferencia de *N. corniger* a diferentes sustratos (maderas)

Las termitas mostraron respuesta a los sustratos estadísticamente diferente después de 24 h de observación (F = 5.171, df = 5, p < 0.001, LSD de Fisher  $\alpha = 0.05$ ). El sustrato de mayor preferencia fue el eucalipto con un 49.33%, seguido de macuilís con 20.67%, los sustratos que tuvieron las preferencias más bajas fueron, tinto, fibra de coco, pino y cedro, con 13.67, 11.33, 4.0 y 1.0%, respectivamente (Figura 1).

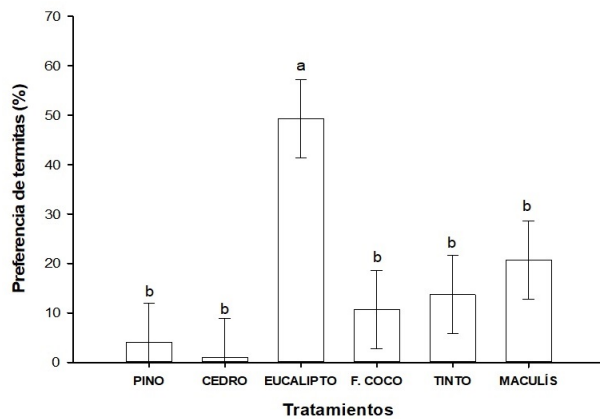
### Supervivencia de *N. corniger* a diferentes humedades de sustrato (HS)

Las cuatro humedades de sustrato mostraron una diferencia significativa (Statistic = 295.904, df = 3, p < 0.001) con respecto a la supervivencia de *N. corniger* durante el ensayo. La HS del  $60.95 \pm 0.38\%$  fue la que obtuvo la mayor supervivencia, con un TL<sub>50</sub> de 15 días, seguido de  $39.61 \pm 0.08$  y  $19.82 \pm 0.23\%$  y 00.0% con un TL<sub>50</sub> de 10.6 y 2 días, respectivamente (Figura 2).

**Tabla 2.** Porcentaje de supervivencia (PROM ± SE) de *N. corniger* a las 24, 48 y 72 horas de haber sido expuesta a ocho HRs y tres temperaturas. n = 5.

T °C	HR							
	H <sub>2</sub> O (100 ± 0.25)	H <sub>2</sub> O (83.25 ± 0.55)	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (75.28 ± 0.77)	NCI (64.88 ± 2.5)	SIL GEL (61.12 ± 3.54)	MgCl <sub>2</sub> (42.98 ± 2.43)	CaCl <sub>2</sub> (23.88 ± 0.36)	CaCl <sub>2</sub> (9.89 ± 0.11)
24 h								
20	97.98 ± 1.62Aa	85.42 ± 1.62Ab	70.53 ± 1.62Ab	79.44 ± 1.62Ac	55.11 ± 1.62Ad	57.70 ± 1.62Ad	31.68 ± 1.62Ae	17.31 ± 1.62Af
25	90.50 ± 1.81Ba	82.24 ± 1.81ABa	63.04 ± 1.81Bb	61.59 ± 1.81Bb	34.13 ± 1.81Bc	00.00 ± 0.00Bd	00.00 ± 0.00Bd	00.00 ± 0.00Bd
30	86.37 ± 2.88Ba	71.52 ± 2.88 Bb	63.04 ± 2.88Bb	32.68 ± 2.88Cc	28.04 ± 2.88Bc	00.00 ± 0.00Bd	00.00 ± 0.00Bd	00.00 ± 0.00Bd
48 h								
20	89.86 ± 1.44 Aa	75.03 ± 1.44 Ab	45.94 ± 1.44 Ac	44.89 ± 1.44 Ac	17.48 ± 1.44 Ad	00.00 ± 0.00 Ae	00.00 ± 0.00 Ae	00.00 ± 0.00 Ae
25	73.98 ± 1.47 Ba	27.01 ± 1.47 Bb	45.61 ± 1.47 Ac	00.00 ± 0.00 Bd	4.50 ± 1.47 Bd	00.00 ± 0.00 Ad	00.00 ± 0.00 Ad	00.00 ± 0.00 Ad
30	72.00 ± 1.46 Ba	00.00 ± 0.00 Cb	00.00 ± 0.00 Bb	00.00 ± 0.00 Bb	00.00 ± 0.00 Bb	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab
72 h								
20	54.09 ± 6.76 Aa	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab
25	48 ± 2.18 Aa	6.85 ± 2.18 Ab	00.00 ± 0.00 Ac	00.00 ± 0.00 Ac	00.00 ± 0.00 Ac	00.00 ± 0.00 Ac	00.00 ± 0.00 Ac	00.00 ± 0.00 Ac
30	34.01 ± 1.70 Ba	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab	00.00 ± 0.00 Ab

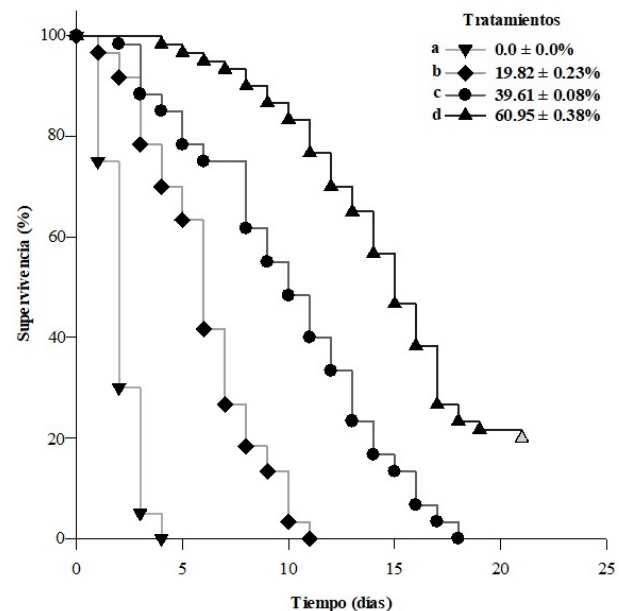
\*Letras minúsculas diferentes dentro de una fila o letras mayúsculas diferentes dentro de una columna indican diferencias significativas entre medias.



**Figura 1.** Porcentaje de preferencia de obreras de *N. corniger* (PROM ± SE) a las 24 horas de haber sido expuestas a seis sustratos (maderas), a una HR de 100% y temperatura de 20°C. n = 10. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos.

## DISCUSIÓN

La HR y la temperatura son importantes para la supervivencia de termitas. Al respecto, Pervez (2018) indica que por sí solos, la temperatura y humedad son factores abióticos importantes en la biología de las termitas, cómo su supervivencia, crecimiento, desarrollo y reproducción. Lo mismo fue encontrado por, Cao y Su (2015) al evaluar diferentes temperaturas y Zukowski y Su (2017) al evaluar diferentes humedades relativas, ambos trabajos en especies de termitas de la familia Rhinotermitidae, concluyendo que estos factores son importantes en la supervivencia o búsqueda de alimento de estas especies. Al respecto, en esta investigación se observó



**Figura 2.** Supervivencia (%) de obreras de *N. corniger* después de ser expuestas a cuatro humedades del sustrato, a 20°C y HR 100%. n = 6. Letras diferentes en las líneas indican diferencias significativas.

que la supervivencia de *N. corniger* se ve favorecida cuando se estudia la interacción de estos dos factores, esto debido a que con dicha interacción (HR de 100% y temperatura de 20°C) se obtuvo la mayor supervivencia de *N. corniger* con un 97.98% a las 24 h de observación. Lo que coincide con lo reportado por Wiltz (2012), quien señala que el éxito en la supervivencia de dos especies de termitas que evaluó de la familia Rhinotermitidae, aumentó a baja temperatura (10 °C) y alta HR (≥ 90%), este autor menciona que esto puede deberse a que a bajas temperaturas, la

tasa metabólica de las termitas baja de igual manera, lo que tiene como consecuencia una baja pérdida de humedad en su cuerpo, reflejándose en alta supervivencia. Los resultados obtenidos en esta investigación pueden ser no comparables con los autores antes señalados, debido a que en este estudio se trabajó con una especie de la familia Termitidae, pero esto se debe a que este es el primer estudio de este tipo que se realiza para la especie *N. corniger*, ya que la mayoría de los reportes se han realizado sobre especies subterráneas de la familia Rhinotermitidae y Kalotermitidae.

Los resultados muestran efecto de la HR y la temperatura, pero si sólo se toma en cuenta estos dos factores en la supervivencia *in vitro* de *N. corniger*, no son capaces de mantenerla por largos periodos de tiempo, lo cual pudo observarse, a las 48 y 72 h, al disminuir el porcentaje de supervivencia de las termitas del 89.86 al 54.09% a la temperatura y HR óptima de 20 °C y 100%. Por otro lado, al comparar este resultado con los obtenidos por Santos *et al.* (2020), al evaluar la actividad insecticida de aceites esenciales de plantas del género *Lippia* contra *N. corniger*, reporta que estos grupos tuvieron porcentajes de mortalidad del 35 y 40% a temperatura ambiental a las 48 h, mientras que en esta investigación para el mismo número de horas se obtuvo un porcentaje de mortalidad del 10.14% con condiciones ambientales controladas de 20°C y 100% HR. Sobre el sustrato, Lenz (2005) reporta que es otro factor que debe tomarse en cuenta para obtener resultados exitosos en bioensayos con termitas en laboratorio. Ya que este puede ser usado para la construcción de sus galerías, alimento o como recurso para obtener humedad (Hu *et al.* 2012, Zukowski y Su 2017). Es por ello que, en este estudio se evaluó la preferencia *N. corniger* de seis maderas diferentes que podrían funcionar como sustrato, resultando el eucalipto el de mayor preferencia por parte de *N. corniger*. Si bien, el propósito de esta investigación no fue determinar las propiedades químicas de los sustratos empleados, inferimos que esta propiedad pudo haber influido en la preferencia de termitas hacia el eucalipto. Las maderas tienen la presencia de sustancias extraíbles (químicos) (Anouhe *et al.* 2018). La parte

de la madera en la que se producen los extraíbles es lo que determina si desempeñan un papel como atrayentes o repelentes, es decir, en la albura, hay una mayor concentración de almidón y carbohidratos, lo que hace que esta parte de la madera sea más apetecible para los agentes biológicos que lo atacan (Nascimento 2013). Por otro lado, el duramen tiene una serie de componentes que lo hacen menos preferido a estos agentes (Anouhe *et al.* 2018). Esto nos lleva a pensar que el eucalipto fue el sustrato más atractivo debido a su composición química, además de la celulosa, que es la principal fuente de alimento de los insectos xilófagos como las termitas (Shimada y Maekawa 2010). Lo que coincide con Scheffrahn (1991), quien atribuye la preferencia de las termitas a este tipo de sustancias (extraíbles). Sobre lo mismo Liang *et al.* (2001), señalan que los insectos sociales tienen la capacidad de percibir y responder a las señales químicas y que estas mejoran varias actividades de las colonias, entre ellas, la recolección y la ubicación de la fuente de alimento (Sorvari *et al.* 2008). Lo cual, fue comprobado en un estudio realizado por Cristaldo *et al.* (2016), para la especie de termita *Nasutitermes aff. coxipoensis*, en donde encontraron que las respuestas conductuales de esta especie, como el forrajeo entre otras, está influenciada por las señales químicas de su fuente de alimento.

Al respecto, McManamy *et al.* (2008) señalan que la humedad del sustrato es un factor importante para la supervivencia prolongada de termitas, por lo que en esta investigación también se evaluó distintos porcentajes de HS indicando los resultados que la humedad del sustrato del 60% fue con la que las termitas alcanzaron el mayor TL<sub>50</sub> a los 15 días, tiempo que superó cinco veces a las 72 h (3 días) con el que las termitas alcanzaron un porcentaje de supervivencia de 54.09% con la interacción HR 100% y temperatura 20°C. Al respecto, Gautam y Henderson (2011), Zukowski y Su (2017), reportaron resultados similares para especies de termitas subterráneas de la familia Rhinotermitidae y Kalotermitidae, señalando la necesidad de estas especies de habitar ambientes que les propicien una alta humedad, y no solo de la HR sino también de otras fuentes de agua

disponibles, que les permitan un mejor desarrollo de sus actividades y supervivencia.

tiene la mayor supervivencia de la especie bajo estudio.

### CONCLUSIONES

Este es el primer estudio que permite conocer las condiciones óptimas para lograr una supervivencia de *N. corniger* de 50% por un tiempo de 15 días. Los factores como la HR, temperatura, sustrato y la humedad del sustrato, son importantes en la supervivencia de *N. corniger*, sin embargo, lo son aún más cuando se lleva a cabo la interacción de todos ellos en los niveles óptimos. Creo que es importante indicar la temperatura y humedad relativa en la que se

### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por la beca otorgada para la realización de este estudio. A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por facilitar el acceso a los laboratorios, materiales y equipos, de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL) y División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA).

### LITERATURA CITADA

- Anouhe JBS, Niamké FB, Faustin M, Virieux D, Pirat JL, Adima AA, Amusant N (2018) The role of extractives in the natural durability of the heartwood of *Dicorynia guianensis* Amsh: new insights in antioxidant and antifungal properties. *Annals of Forest Science* 75: 15.
- Boulogne I, Constantino R, Amusant N, Falkowski M, Rodrigues AM, Houël E (2017) Ecology of termites from the genus *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) and potential for science-based development of sustainable pest management programs. *Journal of Pest Science* 90: 19-37.
- Cancello EM, Myles TG (2000) Isoptera. En: Bousquets JL, Soriano EG, Papavero N (Eds.) Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol 2. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp: 295-315.
- Cao R, Su NY (2015) Temperature preferences of four subterranean termite species (Isoptera: Rhinotermitidae) and temperature-dependent survivorship and wood-consumption rate. *Annals of the Entomological Society of America* 109: 64-71.
- Cristaldo PF, Araújo AP, Almeida CS, Cruz NG, Ribeiro EJ, Rocha ML, Florencio DF (2016) Resource availability influences aggression and response to chemical cues in the Neotropical termite *Nasutitermes aff. coxipoensis* (Termitidae: Nasutitermitinae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 70: 1257-1265.
- Chouvenc T, Su NY, Robert A (2011) Differences in cellular encapsulation of six termite (Isoptera) species against infection by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Florida Entomologist* 94: 389-397.
- Chouvenc T (2018) Comparative impact of chitin synthesis inhibitor baits and non-repellent liquid termiticides on subterranean termite colonies over foraging distances: colony elimination versus localized termite exclusion. *Journal of Economic Entomology* 111: 2317-2328.
- De Faria Santos A, Carrijo TF, Cancello EM, Castro AC (2017) Phylogeography of *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) in the neotropical region. *BMC Evolutionary Biology* 17: 230.
- Fei H, Henderson G (2002) Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) wood consumption and worker survival as affected by temperature and soldier proportion. *Environmental Entomology* 31: 509-514.

- Gautam BK, Henderson G (2011) Wood consumption by Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) as affected by wood moisture content and temperature. *Annals of the Entomological Society of America* 104: 459-464.
- Henderson G, Gautam BK, Wang C (2016) Impact of ground-applied termiticides on the above-ground foraging behavior of the Formosan subterranean termite. *Insects* 7: 43. Doi: 10.3390/insects7030043.
- Hu J, Neoh KB, Appel AG, Lee CY (2012) Subterranean termite open-air foraging and tolerance to desiccation: Comparative water relation of two sympatric *Macrotermes* spp. (Blattodea: Termitidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 161: 201-207.
- Kakkar G, Su NY (2018) Molting drives mortality in foraging populations of Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) baited with a chitin synthesis inhibitor, noviflumuron. *Pest management science* 74: 219-224.
- Lenz M (2005) Laboratory bioassays with termites-the importance of termite biology. In: the 2<sup>a</sup> Conference of Pacific Rim Termite Research Group on Wood Protection. Bangkok, Thailand. pp: 53-60.
- Liang D, Blomquist GJ, Silverman J (2001) Hydrocarbon-released nestmate aggression in the Argentine ant, *Linepithema humile*, following encounters with insect prey. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 129: 871-882.
- McManamy K, Koehler PG, Branscome DD, Pereira RM (2008) Wood moisture content affects the survival of eastern subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae), under saturated relative humidity conditions. *Sociobiology* 52: 145-156.
- Nakayama T, Yoshimura T, Imamura Y (2004) The optimum temperature-humidity combination for the feeding activities of Japanese subterranean termites. *Journal of Wood Science* 50: 530-534.
- Nascimento MS, Santana ALBD, Maranhão CA, Oliveira LS, Bieber L (2013) Phenolic extractives and natural resistance of wood. *Biodegradation-Life of Science* 801: 349-370.
- Norma Mexicana NMX-AA-16-1984. Protección al ambiente - contaminación del suelo-residuos solidos municipales - determinación de humedad. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa016.pdf>. Fecha de consulta 11 de junio de 2019.
- Pervez A (2018) Termite Biology and Social Behaviour. In: Khan M, Ahmad W (Eds). *Termites and sustainable management. Sustainability in plant and crop protection*. Springer, Cham. Switzerland. pp: 119-143.
- Pozo-Santiago CO, Pérez-De la Cruz M, Torres-De la Cruz M, De la Cruz-Pérez A, Capello-García S, Hernández-Gallegos MA, Velázquez-Martínez JR (2020) Survival of *Coptotermes testaceus* (Isoptera: Rhinotermitidae) to Environmental Conditions (Relative Humidity and Temperature) and Preference to Different Substrates. *Sociobiology* 67: 425-432.
- Santos DR, Oliveira LM, Lucchese AM, De Freitas Espeleta A, Da Cruz JD, Lordelo MS (2020) Insecticidal activity of essential oils of species from the genus *Lippia* against *Nasutitermes corniger* (Motschulsky)(Isoptera: Termitidae). *Sociobiology* 67: 292-300.
- Scheffrahn RH (1991) Allelochemical resistance of wood to termites. *Sociobiology* 19: 257-281.
- Shimada K, Maekawa K (2010) Changes in endogenous cellulase gene expression levels and reproductive characteristics of primary and secondary reproductives with colony development of the termite *Reticulitermes peratus* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Insect Physiology* 56: 1118-1124.
- SigmaPlot versión 12.0, de Systat Software, Inc. San José California EE.UU. <https://systatsoftware.com/>. Fecha de consulta 09 de octubre de 2019.



- Smythe RV, Carter FL (1969) Feeding responses to sound wood by the eastern subterranean termite *Reticulitermes flavipes*. *Annals of the Entomological Society of America* 62: 335-337.
- Sorvari J, Theodora P, Turillazzi S, Hakkarainen H, Sundström L (2008) Food resources, chemical signaling, and nest mate recognition in the ant *Formica aquilonia*. *Behavioral Ecology* 19: 441-447.
- Su N, Tamashiro M (1986) Wood-consumption rate and survival of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) when fed one of six woods used commercially in Hawaii. *Hawaiian Entomological Society* 26: 109-113.
- Verma M, Sharma S, Prasad R (2009) Biological alternatives for termite control: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 63: 959-972.
- Wiltz B (2012) Effect of temperature and humidity on survival of *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera:Rhinotermitidae). *Sociobiology* 59: 381-394.
- Wong N, Lee CY (2010) Effects of disturbance and the presence of termite and other invertebrate carcasses at feeding sites on the behavior of the subterranean termite *Microcerotermes crassus* (Blattodea: Termitidae). *Sociobiology* 55: 353-368.
- Zukowski J, Su NY (2017) Survival of termites (Isoptera) exposed to various levels of relative humidity (RH) and water availability, and their RH preferences. *Florida Entomologist* 100: 532-539.