

**Efecto de cuatro fuentes de aplicación foliar
(triple 20, ácidos húmicos, aminoácidos y
urea) sobre la mortalidad de la abeja
Tetragonisca angustula (Latreille)
(Hymenoptera: Apidae)**

Franklin Oswaldo Dubón García

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto de cuatro fuentes de aplicación foliar
(triple 20, ácidos húmicos, aminoácidos y
urea) sobre la mortalidad de la abeja
Tetragonisca angustula (Latreille)
(Hymenoptera: Apidae)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Franklin Oswaldo Dubón García

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Efecto de cuatro fuentes de aplicación foliar (triple 20, ácidos húmicos, aminoácidos y urea) sobre la mortalidad de la abeja *Tetragonisca angustula* (Latreille) (Hymenoptera: Apidae)

Franklin Oswaldo Dubón García

Resumen. El uso intensivo de agroquímicos se considera uno de los factores causantes de la disminución de poblaciones de abejas y pone en riesgo ecosistemas y producción agrícola. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto en la mortalidad de *Tetragonisca angustula* (Latreille), una abeja nativa, de cuatro fertilizantes foliares. Las abejas fueron colectadas e introducidas en jaulas donde se aplicaron cuatro dosis de cada fertilizante, triple 20, aminoácidos, ácidos húmicos y urea, en 5 mL de agua con tres repeticiones cada uno y usando agua como control. El experimento consistió en 60 unidades experimentales donde se midió la mortalidad después de tres horas de la aplicación y se analizó con un diseño completamente al azar. *Tetragonisca angustula* presentó mortalidades mayores al 50% en dosis arriba de 200 g/L de triple 20, comparado con urea (53% a 600 g/L), y aminoácidos (20% a 300 g/L). La urea causó mortalidades de 50% en dosis de 600 g/L, mientras que dosis menores o iguales a 500 g/L no fueron diferentes al control. Urea presenta una toxicidad baja a concentraciones más altas que los demás fertilizantes. Se considera que metales pesados contenidos en triple 20 pueden estar teniendo un efecto tóxico en las abejas. Los aminoácidos tienen una mortalidad del 86.6% en dosis altas, probablemente debido al contenido amoniacal; en los ácidos húmicos fue imposible medir la mortalidad con altas concentraciones.

Palabras clave: Abejas nativas, micro y macronutrientes, mortalidad, nitrógeno amoniacal.

Abstract. The intensive use of agrochemicals is one of the causative factors of the decrease of bee populations and jeopardize ecosystems and agricultural production. The objective of this study was to determinate the effect on mortality of *Tetragonisca angustula* (Latreille), a native bee, by four foliar fertilizers. The bees were collected and introduced into cages, in which four doses of each fertilizer, triple 20, amino acids, humic acids and urea, were applied in five mL of water with three replicates each one and with water as a control. The experiment consisted by 60 experimental units where mortality was measured after three hours and analyzed with a completely randomized design. *Tetragonisca angustula* shows mortalities greater than 50% in doses above 200 g/L of triple 20, compared to urea (53% to 600 g/L), and amino acids (20% to 300 g/L). The urea product had 50% mortalities at a dose of 600 g/L, while doses less than or equal to 500 g/L were not different from the control. Urea has a low toxicity at higher concentrations than other fertilizers. It is considered that heavy metals contained in triple 20 may be having a toxic effect on bees. Amino acids have a mortality of 86.6% in high doses, probably due to ammoniacal content; in humic acids was impossible to measure mortality with high concentrations.

Key words: Ammoniacal nitrogen, micro and macronutrient, mortality, native bees.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES	11
5. RECOMENDACIONES	12
6. LITERATURA CITADA	13

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Efecto de la aplicación de cuatro dosis del producto comercial lidamino en el porcentaje de mortalidad de <i>T. angustula</i> a las 3 h de aplicado.	8
2. Efecto de la aplicación de cuatro dosis del producto comercial urea en el porcentaje de mortalidad de <i>T. angustula</i> a las 3 h de aplicado.	9
3. Efecto de la aplicación de cuatro dosis del producto comercial triple 20 en el porcentaje de mortalidad de <i>T. angustula</i> a las 3 h de aplicado.	10

Figuras	Página
1. Método de recolección de una colmena silvestre en Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	3
2. Modelo de jaula obtenido del libro de Dietman et al. (2013) y Díaz (2015).....	4
3. Aplicación de fertilizantes foliares en las abejas.	6
4. Jaulas con abejas postaplicación en incubación en el Laboratorio de Biotecnología y Fitomejoramiento.....	6
5. Comparación gráfica entre tratamientos y efecto en la mortalidad en <i>T. angustula</i> en relación a las dosis de los fertilizantes obtenido de programa SAS 9.4.....	10

1. INTRODUCCIÓN

La fecundación de varias plantas aprovechadas por el hombre dependen de procesos naturales de polinización, que se dan por medio de animales o factores como el agua y el viento. La mayoría de las plantas que dependen de polinización por insectos, usan abejas, tomando estas gran importancia en los agroecosistemas. Solo en Estados Unidos se estima que tres billones de dólares anuales son producto de la polinización por abejas en frutas y vegetales (Pantoja et al. 2014), por eso, la producción agrícola depende mucho del cuidado de las abejas.

Entre la diversidad de especies dentro de la familia Apidae, la familia de las abejas, está *Apis mellifera* (Linnaeus) o abeja de la miel, esta especie fue introducida al continente americano por los europeos para aprovechar sus productos como la miel, cera y resinas (Pantoja et al. 2014). Esta especie ha tomado importancia en países como Estados Unidos, donde es utilizada para servicios de polinización de cultivos como frutales, hortalizas, leguminosas, oleaginosas y otros cultivos, incrementando en la producción, uniformidad, tamaño y maduración de los frutos, y tienen más importancia en aquellos cultivos que son autoincompatibles y necesitan un medio para realizar la polinización cruzada (Basualdo y Badascarrasbure 2015).

Entre las abejas también se incluyen a las abejas sin aguijón, pertenecientes a la tribu Meliponini, las cuales son de pequeño a mediano tamaño y están distribuidas en el trópico y subtropical (Heard 2013). Aproximadamente 1000 especies de plantas son utilizadas para la producción, de estas la mitad se han desarrollado en ambientes donde no se encuentra la abeja de la miel. En lugares como en el Pacífico Sur, el Neotropical y Australia, la mitad de estas especies (aproximadamente 250) han sido adaptadas en polinización por las “abejas sin aguijón”, debido a su alta adaptación y exploración en nuevos cultivos del ambiente (Heard 2013). En el continente americano se reconocen treinta y tres géneros de la tribu Meliponini, incluyendo cuatrocientas especies distribuidas desde México hasta Argentina y algunas islas del caribe, el aprovechamiento de sus productos trasciende desde culturas antiguas como los mayas (Nates y Rosso 2013). Esta tribu ha tomado relevancia en los últimos años debido al interés en la calidad y beneficios de sus productos, además de la amenaza en la disminución de poblaciones por diversos factores en la familia Apidae (Freitas et al. 2009).

Las abejas como cualquier parte del ecosistema, se ven amenazadas por factores naturales y antropogénicos. Efectos como el cambio climático altera las temporadas de floración, temperaturas, régimen de lluvias, régimen de sequías, entre otros, afectando poblaciones de las abejas (Nieto et al. 2014). Por otra parte, la intervención del ser humano ha afectado las abejas nativas del continente americano, debido a que la abeja de la miel introducida es más

agresiva y dominante (Barbosa et al. 2015) y trae con ellas nuevas plagas y enfermedades que afectan a las abejas nativas del continente. El uso intensivo de plaguicidas, especialmente de los neonicotinoides en los cultivos, ha fraccionado y deteriorado los hábitats de muchos insectos, afectando el sistema nervioso central e incrementando la incidencia de plagas y enfermedades (Díaz 2015; Comité de la Agricultura 2016; Godfray et al. 2014). En *Apis mellifera* se han encontrado efectos subletales utilizando las dosis de los pesticidas y manejos recomendados por los fabricantes (Valdés 2013). Los resultados obtenidos de estas investigaciones han incentivado a la comunidad científica a indagar sobre el efecto de otros agroquímicos como fungicidas, herbicidas, biopesticidas y otros agroquímicos sobre otras especies de abejas (Rodrigues et al. 2016).

Un grupo de agroquímicos poco estudiado con respecto a su efecto sobre las abejas son los fertilizantes foliares. Los fertilizantes foliares son una fuente complementaria a la fertilización al suelo para corregir síntomas de deficiencias en micro y macronutrientes (Fageria et al. 2009). Esta fertilización es utilizada también en situaciones donde las condiciones edáficas son limitantes y no se logra toda la fertilización, de igual manera es un adicional en condiciones óptimas y así obtener rendimientos subóptimos en la producción (Trinidad y Aguilar 1999). Fertilizantes a base de mezclas de micro y macroelementos, aminoácidos, ácidos húmicos y fúlvicos, extractos de plantas y otros, por ser productos utilizados en las diferentes etapas del cultivo significa que insectos polinizadores, como las abejas, pueden llegar a estar en contacto con estas soluciones de nutrientes.

Estudios realizados por Rodrigues et al. (2016) demuestran efectos negativos en el comportamiento y mortalidad por aplicaciones de sulfato de cobre 24 penta y mezcla de micronutrientes (S, B, Cu, Mn, Mo, y Zn) sobre la abeja *Friesella schrottkyi* (Friese); sin embargo, existen otros fertilizantes foliares utilizados en mayores cantidades que contienen macronutrientes como N, P y K que es posible que estén afectando las poblaciones de la familia Apidae al entrar en contacto con ellos.

El objetivo del estudio fue determinar el efecto en la mortalidad de la especie *Tetragonisca angustula*, expuesta a cuatro fertilizantes foliares comunes en cultivos de polinización por insectos.

2. METODOLOGÍA

El estudio se realizó entre agosto y septiembre del año 2017. La ubicación de la investigación fue en el Laboratorio de Entomología y el Laboratorio de Biotecnología y Fitomejoramiento de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada a 32 km de Tegucigalpa, Honduras.

Recolección de individuos experimentales.

La especie evaluada fue *Tetragonisca angustula*, se recolectaron abejas pecoreadoras de polen y néctar de colmenas silvestres encontradas en el campus de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Las abejas fueron colectadas en la piquera de la colmena con el uso de un fragmento de manguera, aspirando una a una las abejas que iban saliendo y transfiriendo cinco abejas por cada jaula.



Figura 1. Método de recolección de una colmena silvestre en Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Construcción de jaulas.

Se introdujeron las abejas en jaulas construidas de vasos de polipropileno, de un volumen de 270 mL y una altura de 10 cm. Se hicieron aberturas en los costados para ventilación y una abertura en la parte superior para llevar a cabo las aplicaciones con un atomizador y suplementar alimento. Los alimentadores fueron tubos de microcentrífuga marca Eppendorf de 0.5 mL con una abertura en la parte inferior; dicho tubo contenía agua con solución de sacarosa en relación 50% p/p, como fuente de energía. En la parte inferior de la jaula se colocó un trozo de papel para evitar muertes por exceso de agroquímico acumulado en la jaula, y una tapa respectiva por vaso (Díaz Meraz 2015; Dietmann et al. 2013).

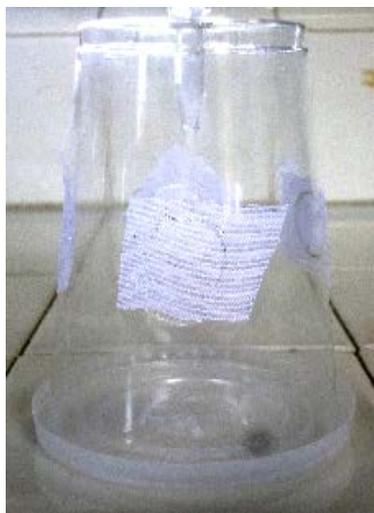


Figura 2. Modelo de jaula obtenido del libro de Dietman et al. (2013) y Díaz (2015).

Agroquímicos.

Los agroquímicos utilizados son los más utilizados en la Escuela Agrícola Panamericana para manejar deficiencias y correcciones nutricionales en hortalizas. La composición química de cada fertilizante proporcionada por el fabricante es la siguiente:

Triple 20 (SOLUCAT 20–20–20). 2% NO_3 , 14% N Ureico, 4% Nitrógeno amoniacal, 40.00% P_2O_5 , 20.00% K_2O , 0.02% Fe, 0.01% Mn, 0.01% B, 0.002% Cu y 0.002% Zn.

Aminoácidos (Lidamino). 11.60% AA libres, 0.34% Nitrógeno amoniacal, 8.76% N proteico, 8.76% N orgánico, 1.92% N alfa-amínico y 56% MO.

Urea. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 46.6% N.

- $\text{C1} = 12.01 \times 1 = 12.01$
- $\text{H4} = 1.01 \times 4 = 4.04$
- $\text{N2} = 14.01 \times 2 = 28.02$
- $\text{O1} = 16.0 \times 1 = 16.0$
- $\text{Total} = 12.01 + 4.04 + 28.02 + 16.0 = 60.07$
- $\text{Porcentaje de Nitrógeno} = 28.02/60.07 \times 100 = 46.6\%$.

Ácidos Húmicos (HUMEK). 55.00% Ácidos húmicos, 2.50% Ácidos fúlvicos, 3.00% K_2O , 39.50% Inerte orgánicos.

Dosificaciones.

Las dosis utilizadas se ajustaron en el laboratorio a niveles donde se encontró mortalidad de las abejas. Las dosis recomendadas por los fabricantes no presentaron mortalidades a las tres horas para realizar un análisis del estudio.

Los ensayos se realizaron con diferentes concentraciones de cada producto comercial disueltos en agua destilada aplicados por vía de contacto, mientras que los grupos testigo recibieron una solución solo con agua destilada.

Las dosificaciones utilizadas fueron:

SOLUCAT 20–20–20

- 250 g/L
- 200 g/L
- 150 g/L
- 100 g/L

HUMEK (Ácidos Húmicos)

- 250 g/L
- 200 g/L
- 150 g/L
- 100 g/L

Lidamino (Aminoácidos)

- 450 cc/L
- 400 cc/L
- 350 cc/L
- 300 cc/L

Urea 46% (Nitrógeno)

- 600 g/L
- 500 g/L
- 400 g/L
- 300 g/L

Se aplicaron 5 mL/vaso de las concentraciones por medio de un atomizador asegurándose que todos los individuos en el vaso tuvieron contacto con el producto.

Aplicaciones.

Para simular las aplicaciones en campo se utilizó un atomizador de 750 mL calibrado para poder aplicar 5 mL de solución en cada jaula según las dosis preparadas para cada tratamiento. En la jaula utilizada como control se aplicaron 5 mL de agua destilada, el exceso de la disolución quedaba retenido en el papel absorbente colocado en la parte inferior de la jaula.



Figura 3. Aplicación de fertilizantes foliares en las abejas.

Incubación de abejas después de la aplicación.

Las abejas después de ser colectadas y transferidas a las jaulas se mantuvieron por 0.5 h en una incubadora como adaptación antes de la aplicación. Posterior a la aplicación se introdujeron nuevamente en la incubadora a una temperatura constante de 33.5 °C, una humedad relativa mayor al 50% (por medio de una bandeja con agua), y oscuridad total, simulando las condiciones internas de una colmena.



Figura 4. Jaulas con abejas postaplicación en incubación en el Laboratorio de Biotecnología y Fitomejoramiento.

Parámetros medidos.

La mortalidad se evaluó a las 3 h después de la aplicación, tomando como muertas aquellas abejas que no podían mantenerse de pie y tenían pérdida de su capacidad de caminar (Rodrigues et al. 2016).

Diseño experimental.

El análisis estadístico de los resultados se realizó con un diseño completamente al azar (DCA) para cada fertilizante, haciendo una comparación entre las dosis utilizadas. Se tenían cinco dosis y se evaluaron en tres repeticiones para un total de 15 unidades experimentales por tratamiento. Los resultados fueron procesados por el análisis ANOVA y separación de medias a través de la prueba Duncan en el programa SAS “Statistical Analysis System” versión 9.4 con un nivel de significancia de $P < 0.05$. Se utilizó un proceso de LIFETEST para comparar gráficamente relaciones el porcentaje de sobrevivencia de cada fertilizante de acuerdo a las distintas dosis utilizadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de cada fertilizante muestran un patrón de acuerdo con las dosis, entre más aumenta las dosis, mayor es la mortalidad, a excepción de los ácidos húmicos. Los fertilizantes urea, triple 20 y aminoácidos son letales a concentraciones altas. El fertilizante triple 20 mostró un porcentaje de mortalidad mayor al 50% en dosis bajas de 250 g/L mientras que Lidamino mostro un 20% a 300 cc/L y urea un 53.3% a 600 g/L. La urea es el fertilizante en el que se requieren dosis más altas para encontrar un porcentaje de mortalidad mayor al 50% (Figura 5).

Efecto del fertilizante Lidamino sobre *Tetragonisca angustula*.

El Cuadro 2 nos muestra las diferencias entre el uso de diferentes dosis del producto comercial Lidamino. Dosis por encima de los 350 cc/L muestran una mortalidad mayor al 73.3%, comparado con las dosis menores o igual a 300 cc/L que muestran una mortalidad del 20% ($P < 0.05$). Lidamino por ser un fertilizante a base de aminoácidos libres 11.9% que son fácilmente degradados a amoníaco y fuentes de nitrógeno como nitrógeno amoniacal en un 0.34% tiene efectos negativos en la actividad de los insectos en general. El organismo de los insectos al estar expuesto a altas concentraciones de nitrógeno amoniacal crea un desbalance en la producción de glutamato, el cual es un neurotransmisor y precursor del ácido γ -aminobutírico (GABA) afectando así el sistema nervioso central del insecto (Feduchi et al. 2011).

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de cuatro dosis del producto comercial lidamino en el porcentaje de mortalidad de *T. angustula* a las 3 h de aplicado.

Tratamiento	Mortalidad (%)
Lidamino 450cc/L	86.6 ^a ‡
Lidamino 400cc/L	80.0 ^a
Lidamino 350cc/L	73.3 ^a
Lidamino 300cc/L	20.0 ^b
Control	0.0 ^b
R²	0.91
Probabilidad	0.0003

‡ Porcentajes con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa $P < 0.05$.

Efecto del fertilizante urea sobre *Tetragonisca angustula*.

Las dosificaciones utilizadas del producto comercial urea, muestran una mortalidad directamente proporcional a las dosis, pero sin encontrar diferencias significativas entre las dosis de 500–300g/L. Con respecto a la dosis más alta de 600 g/L existe una diferencia significativa con respecto a todas las demás dosificaciones, mostrando una mortalidad de 53.3%. Urea es un producto comercial utilizado tanto para aplicaciones en suelo como aplicaciones foliares, teniendo esta última un alto impacto en rendimientos en cítricos y presentando efectos positivos en el control de trips (Lovatt y Morse 1992).

La urea naturalmente es hidrolizada por la enzima ureasa para convertirla en NH_4 y CO_2 y es considerada como una opción de control no insecticida. En altas concentraciones y sin la presencia de ureasa, la urea presenta volatilización, produciéndose de igual manera NH_4 y CO_2 pero en menos cantidades (King 1969). La mortalidad de las abejas con urea se le atribuye al amónico que interfiere en el sistema nervioso central por el desbalance en la producción de glutamato. Debido a que esta volatilización sin ureasa lleva mucho más tiempo, las mortalidades presentadas con dosis de 600g/L de urea muestra menor mortalidad (53%), comparada con 350 g/L de Lidamino (73.3%), el cual también contiene NH_4 en su formulación.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de cuatro dosis del producto comercial urea en el porcentaje de mortalidad de *T. angustula* a las 3 h de aplicado.

Tratamiento	Mortalidad (%)
Urea 600g/L	53.3 ^a ‡
Urea 500g/L	13.3 ^b
Urea 400g/L	13.3 ^b
Urea 300g/L	6.6 ^b
Control	0.0 ^b
R²	0.83
Probabilidad	0.003

‡ Porcentajes con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa $P < 0.05$.

Efecto fertilizante triple 20 sobre *Tetragonisca angustula*.

Se encontraron diferencias significativas entre dos grupos de dosis referente a la mortalidad después de las tres horas de aplicado. Las dosis de 250 g/L y 200 g/L muestran una mayor mortalidad después de aplicadas ($P < 0.05$), comparadas con las dosis más bajas (Cuadro 3). De acuerdo con la empresa Atlántica Agrícola, fabricante de triple 20, este es un fertilizante compuesto por N, K, P, Fe, Mn, B, Cu y Zn. Metales pesados como Cu y Zn en exceso son conocidos por provocar una producción de radicales libres que causan un deterioro celular (Kodoma et al. 2012; Halliwell y Gutteridge 1984). También, el contenido de amoníaco en la fórmula del fertilizante podría estar contribuyendo en la mortalidad de las abejas al causar un desbalance en la producción de glutamato.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de cuatro dosis del producto comercial triple 20 en el porcentaje de mortalidad de *T. angustula* a las 3 h de aplicado.

Tratamiento	Mortalidad (%)
SOLUCAT 250 g/L	60.0 ^a ‡
SOLUCAT 200 g/L	60.0 ^a
SOLUCAT 150 g/L	13.3 ^b
SOLUCAT 100 g/L	6.7 ^b
Control	0.0 ^b
R²	0.84
Probabilidad	0.0027

‡ Porcentajes con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa P<0.05

El fertilizante Humek no presentó mortalidad independiente de la dosis utilizada. Los ácidos húmicos generalmente presentan compuestos orgánicos estables como ácidos grasos, compuestos aromáticos y poliaromáticos, lignina, N-compuestos, hidrocarburos, polisacáridos y fenoles en diferentes proporciones; de estos, los N-compuestos contenidos están ligados a moléculas orgánicas, por lo cual vuelve difícil su descomposición a NH₄ (Martinez et al. 2013). Encontrar una dosificación que presente mortalidades se dificultó debido a la presentación en polvo del producto, causando taponamiento del atomizador a dosis muy altas, lo que impedía simular una aplicación foliar.

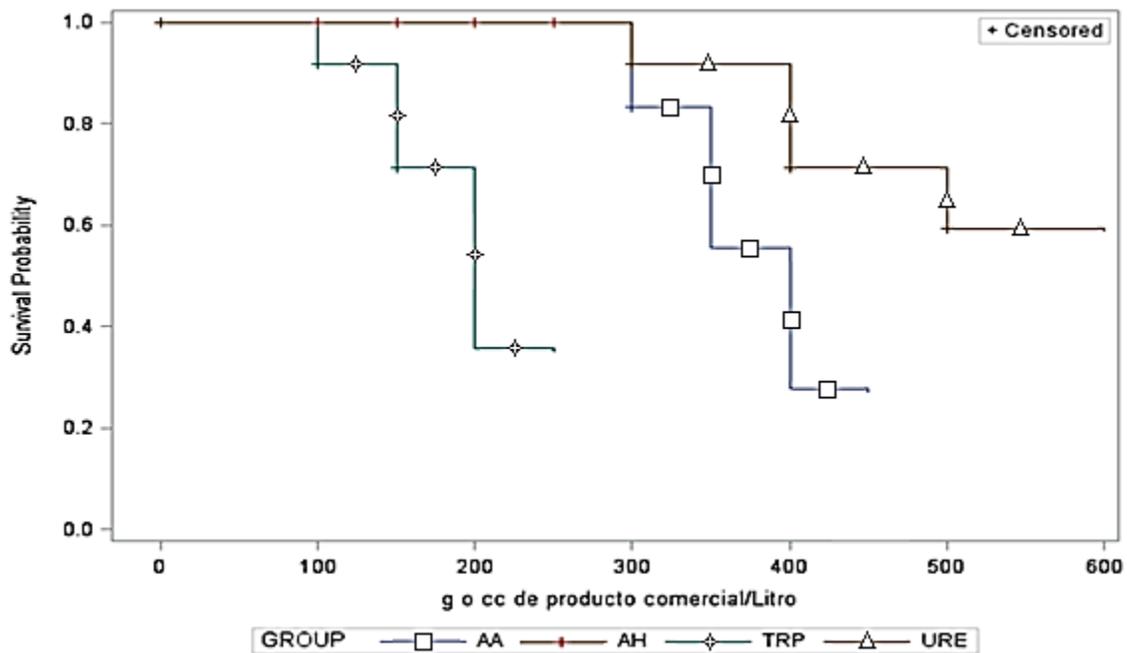


Figura 5. Comparación gráfica entre tratamientos y efecto en la mortalidad en *T. angustula* en relación a las dosis de los fertilizantes obtenido de programa SAS 9.4.

4. CONCLUSIONES

- El fertilizante urea a una concentración de 600 g/L causa una mortalidad mayor al 50%.
- Concentraciones de 400 cc/L de Lidamino causan un 86.6% de mortalidad posiblemente relacionado a su cantidad de amoníaco al 0.34% y aminoácidos libres al 11.6%.
- Se considera que metales pesados contenidos en triple 20 pueden estar teniendo un efecto tóxico en las abejas.
- Los fertilizantes foliares triple 20, aminoácidos y urea no tienen ningún efecto en la mortalidad a las tres horas de *T. angustula* cuando son usados en bajas concentraciones
- EL fertilizante Humek no presenta mortalidades en comparación de los demás tratamientos debido a sus compuestos altamente estables y la dificultad de no poder aumentar las dosis.

5. RECOMENDACIONES

- Replicar el estudio con las mismas dosis de los fertilizantes por medio de ingestión de estas concentraciones en el alimento proporcionado.
- Evaluar efectos en el comportamiento de las abejas sin aguijón con aplicaciones de dosis recomendadas por los fabricantes en periodos a largo plazo.
- Replicar el estudio con el uso de otros fertilizantes a base de micronutrientes y nitrógeno amoniacal.
- Replicar el estudio utilizando otras especies de abejas nativas del continente americano que sean de importancia económica en países en vías de desarrollo.
- Analizar la bioacumulación que tienen estos fertilizantes foliares en el alimento producido por las abejas sin aguijón.
- Replicar el estudio utilizando temperaturas de 25°C para evaluar el efecto temperatura en la producción de gases tóxicos provenientes de los fertilizantes foliares.

6. LITERATURA CITADA

- Barbosa W, Smaghe G, Narciso R. 2015. Pesticides and reduced-risk insecticides, native bees and pantropical stingless bees: pitfalls and perspectives. *Pest Manag Sci*. doi: 10.1002/ps.4025
- Basualdo M, Bedascarrasbure E. 2015. Rol de las abejas en la polinización de cultivos. INTA; [consultado 2017 sept 16]. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210152.pdf>
- Comité de Agricultura. 2016. Celebración del día mundial de las abejas. Roma (Italia): Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. [consultado 2017 sept 10]. 2 p. <http://www.fao.org/3/a-mt135s.pdf>
- Díaz Meraz RA. 2015. Efecto de seis plaguicidas sobre mortalidad en dos especies de abejas: *Apis mellifera* y *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano–Honduras, 24 p.
- Dietemann V, Ellis J, Neumann P. 2013. COLOSS BEEBOOK volume II: standard methods for *Apis mellifera* pest and pathogen research. Cardiff, (UK): International bee research association. 356 p. ISBN 978-0-86098-275-3.
- Fageria N, Barbosa M, Moreira A, Guimarães C. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 1044–1064. doi: 10.1080/01904160902872826.
- Feduchi E, Blasco I, Romero C, Yañez E. 2011. Bioquímica: conceptos esenciales. 1ra edición. Madrid (España): Editorial Medica Panamericana. [consultado 2017 sept 15]. 396 p. ISBN 9788498354843.
- Freitas B, Imperatriz V, Medina L, Peixoto A, Galetto L, Nates G, Quezada J. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *EDP Sciences*. 1–15. doi: 10.1051/apido/2009012.
- Godfray H, Blacquière T, Field L, Hails R, Petrokofsky G, Potts S, Raine N, Vanbergen A, McLean A. 2014. A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. *Proc. R. Soc. B*. 281: 1–9. doi: 10.1098/rspb.2014.0558.
- Halliwell B, Gutteridge JM. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem J*. 219(1): 1–14. doi: 10.1042/bj2190001

- Heard TA. 2013. The role of stingless bees in crop pollination. *Annu Rev. Entomol.* 44: 183–206. doi: 10.1146/annurev.ento.44.1.183
- King E. 1969. *Cómo ocurren las reacciones químicas*. Barcelona (España): Editorial Reverté S.A. 150 p.
- Kodoma H, Fujisawa C, Bhadprasit W. 2012. Inherited copper transport disorders: biochemical mechanisms, diagnosis, and treatment. *Curr Drug Metab.* 13(3): 237–250. doi: 10.2174/138920012799320455
- Lovatt C, Morse J. 1992. An efficacy study to evaluate the use of foliar-applied urea nitrogen fertilizer as a non-pesticide agent to control citrus thrips (*Scirtothrips citri* (Moulton)). USA: University of California; [consultado 2017 sept 12]. 4–11 p. <http://calasa.ucdavis.edu/files/126187.pdf>
- Martinez C, Bravo I, Martin F. 2013. Composición molecular de ácidos húmicos evaluada mediante pirolisis – cromatografía de gases – espectrometría de masas e hidrólisis térmica asistida y metilación en suelos altoandinos de Colombia. *Rev. Colomb. Quim.* 42(1): 22–29. doi: 10.15446/rev.colomb.quim.
- Nates G, Rosso J. 2013. Diversity of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) used in meliponiculture in Colombia. *Acta biol. Colomb*; [consultado 2017 sept 18]. 18(3): 415–426. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/38543/43326>
- Nieto A, Stuart R, Kemp J, Rasmont P, Kuhlmann M, García M, Biesmeijer J, Bogusch P, Dathe H, De la Rúa P, De Meulemeester T, Dehon M, Dewulf A, Ortiz F, Lhomme P, Pauly A, Potts S, Praz C, Quaranta M, Radchenko V, Scheuchl E, Smit J, Straka J, Terzo M, Tomozii B, Window J, Michez D. 2014. European red list of bees. 1ra edición. Luxembourg: Publications Office of the European Union; [consultado 2017 agto 15]. 98 p. http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_bees.pdf.
- Pantoja A, Smith A, García A, Sáenz A, Rojas F. 2014. Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. 1a edición. Santiago (Chile): FAO; [consultado 2017 jun 01]. 56 p. <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf>
- Rodrigues C, Krüger A, Barbosa W, Guedes R. 2016. Leaf fertilizers affect survival and behavior of the neotropical stingless bee *Friesella schorotkyi* (Meliponini: Apidae: Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*. 1–8. doi: 10.1093/jee/tow044.
- Trinidad A, Aguilar D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamerica*. [consultado 2017 agto 25]; 17(3): 247–255. <http://4www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317309>

Valdés P. 2013. Situación mundial del síndrome de colapso de las abejas. Agrimundo Inteligencia Competitiva para el sector Agroalimentario. Santiago (Chile): [consultado 2017 sept 15]; Reporte N°2: 1-4 p. <http://www.agrimundo.cl/?publicacion=reporte-no2-apicultura-situacion-mundial-del-sindrome-de-colapso-de-las-abejas-2>