



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ
POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**APLICACIÓN DE FERTILIZANTE LÍQUIDO FERMENTADO “BIOL” Y
POLÍMEROS SUPERABSORBENTES
EN EL CRECIMIENTO DE *Heliconia psittacorum* cv. Trópica**

ARIADNA LINARES GABRIEL

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

2016

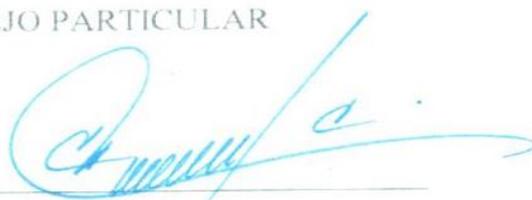
La presente tesis, titulada: **Aplicación de fertilizante líquido fermentado “biol” y polímeros superabsorbentes en el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica**; realizada por la alumna Ariadna Linares Gabriel, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

Consejero



Dr. Catalino Jorge López Collado

Asesor



Dr. Carlos Alberto Tinoco Alfaro

Asesor



Dr. Joel Velasco Velasco

Asesor



Dr. Gustavo López Romero

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, Febrero del 2016

APLICACIÓN DE FERTILIZANTE LÍQUIDO FERMENTADO “BIOL” Y POLÍMEROS SUPERABSORBENTES EN EL CRECIMIENTO DE *Heliconia psittacorum* cv. Trópica

Ariadna Linares Gabriel, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes fuentes de fertilización y la aplicación de polímeros superabsorbentes (SAP), sobre el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica, en dos fases. En la primera fase el objetivo fue analizar el efecto de “biol” y SAP en el crecimiento de Heliconia. Para la siembra se utilizó un rizoma por maceta, mediante un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones; SAP (1 g planta⁻¹), “biol” (20 ml planta⁻¹) + SAP (1 g planta⁻¹), “biol” (20 ml planta⁻¹) y testigo (solo sustrato). Se midió la altura de la planta, diámetro del tallo, número de brotes, número de hojas y área foliar. De acuerdo a los análisis de varianza, los tratamientos “biol”+SAP, “biol” y testigo mostraron efecto sobre el diámetro del tallo y número de hojas. En la segunda fase el objetivo fue analizar el efecto de “biol” vía foliar y al suelo, y la fertilización química al suelo con aplicación de SAP en la producción de Heliconia. La siembra se realizó utilizando un rizoma por maceta. Se empleó un arreglo de bloques al azar con parcelas subdivididas (a x b x c) con cuatro repeticiones: parcela grande; aplicación de “biol” al suelo (20 ml planta⁻¹), fertilización química al suelo (5 g planta⁻¹ de 17-17-17 de N, P y K), un testigo (sin aplicación al suelo) y fertilización química + “biol” al suelo (5 g planta⁻¹ de 17-17-17 de N, P y K + 20 ml planta⁻¹); parcela mediana: aplicación de “biol” foliar y sin aplicación; parcela chica: aplicación de SAP y sin aplicación. Durante 180 días de evaluación se midió la altura de la planta, número de hojas, área foliar, número de brotes, sanidad, vigor y color. Los tratamientos fertilización química y “biol” + fertilizante químico mostraron diferencias estadísticas para las variables. Las interacciones entre tratamientos con fertilización química y “biol” + fertilizante químico con aplicación foliar de “biol” mostró efectos para altura de planta, sanidad, número de hojas, área foliar, vigor y color. La fertilización química y “biol” + fertilizante químico con aplicación de SAP mostraron diferencias estadísticas.

Palabras clave: ornamental tropical, fertilización, polímeros superabsorbentes.

APPLICATION OF LIQUID FERMENTED FERTILIZER "BIOL" AND SUPERABSORBENT POLYMERS ON GROWTH OF *Heliconia psittacorum* cv. Tropica

Ariadna Linares Gabriel, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

The objective of the study was to assess the effect of different fertilization and application of super absorbent polymer (SAP) sources, on the growth of *Heliconia psittacorum* cv. Tropica, in two phases. In the first phase the objective was to analyze the effect of "biol" and SAP on the growth of Heliconia, for sowing was used a rhizome per pot, using a completely randomized design with four treatments and five replicates; SAP (1 g plant⁻¹), "biol" (20 mL plant⁻¹) + SAP (1 g plant⁻¹), "biol" (20 mL plant⁻¹) and the control treatment substrate alone). In the evaluation period, the height of the plant, stem diameter, number of shoots, number of leaves and leaf area was measured. According to the analyses of variance, the treatments biol+SAP, biol and the control treatment showed significant effect on stem diameter and leaves number. In the second phase the objective was to analyze the "biol" effect when it was applied via foliar and in the soil, and mineral fertilization in soil with application of SAP in the production of Heliconia. Sowing was carried out using one rhizome per pot. It was used a randomized blocks array with subdivided plots (a x b x c) with four replicates: plots: plot; the studied treatments were: "biol" application to soil (20 mL plant⁻¹), mineral fertilization to the soil (5 g plant⁻¹ 17-17 - 17 N, P and K), a control (without application to the soil) and chemical fertilization + "biol" to the ground (5 g plant⁻¹ 17-17 - 17 of N, P and K + 20 ml plant⁻¹); medium-sized plot: application of biol via foliar and without application; subplot: with and without application of SAP . The evaluation period was 180 days. The assessed variables were the plant height, number of leaves, foliar area, number of outbreaks, health, plant vigour and color. The treatment with a combination of "biol" and chemical fertilization + chemical fertilizer showed statistical differences for all of the evaluated variables. The interactions between the combination of "biol" and chemical fertilization treatments + chemical fertilizer with "biol" spread via foliar showed effects in plant height, health, number of leaves, leaf area, vigour and color. For treatments with chemical fertilization and "biol" + chemical fertilization with SAP application showed statistical differences.

Keywords: ornamental tropical, fertilization, superabsorbent polymers.

DEDICATORIA

A Dios

Porque nos das la vida, nos brinda oportunidades, nos guía a su tiempo y espacio, por ser la verdad, por permitirnos salir adelante, gracias te doy en todo momento.

A mi madre Martha Gabriel Artigas

Gracias por traerme a este mundo, por ser la primera persona en incentivarme para ser alguien en la vida, aunque ya no estás conmigo físicamente, te llevo en mi alma, mente y corazón, eres mi más grande inspiración, te amo mamá.

A mi padre Alejandro Linares León

Gracias por apoyarme siempre a pesar de mis errores, eres un hombre trabajador, inteligente y que lucha por salir adelante. Te agradezco lo que has hecho por mí, por guiarme y por qué tus consejos me han hecho una gran persona. Te amo papá.

A mi esposo Mario Alejandro Hernández Chontal

Por su amor, comprensión, compañía, tiempo, dedicación, por estar en todo momento. Por ser parte de mi vida.

A mis hermanos

Alejandra y Guillermo, por apoyarme siempre, aprendo mucho de ustedes, las quiero son parte fundamental en mi vida. Los amo.

A Martín Rodríguez González

Por apoyarme y creer en mí, gracias a pesar de la distancia, lo quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT

Por el apoyo económico otorgado durante mis estudios.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz

Por darme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado.

A mi consejero Dr. Catalino Jorge López Collado

Por su valioso apoyo para la realización de mi investigación, por sus consejos, comentarios y sugerencias. Ante todo por su grandiosa amistad.

A mi asesora Dra. Nereida Rodríguez Orozco

Por ser una excelente persona, por sus observaciones, apoyos, por su contribución en mi formación profesional y por su gran amistad.

A mi asesor Dr. Joel Velasco Velasco

Por sus comentarios y por su apoyo a la realización de mi investigación, lo considero una gran persona.

Al Dr. Carlos Alberto Tinoco Alfaro

Por ser mi amigo científico, por todo el apoyo hacia mi investigación, por dedicarme tiempo y orientarme con sus observaciones. Lo aprecio mucho, gracias por su amistad. Gracias por darme la oportunidad de conocerlo.

A mis amigos del Colegio de Postgraduados

Gloria Esperanza, Gustavo, Vinicio, Aurora, Rosario, Alín, los aprecio mucho y he aprendido mucho de ustedes.

A mis compañeros de generación “Ti icimhes”, por los momentos agradables que vivimos.

Al Dr. Alejandro Alonso López por los gratos momentos en convivencia con mis compañeros.

A mis compadres

Sandra Ramírez Luna y Melitón Varillas Domínguez, por grandiosa amistad y por considerarnos parte de su vida.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1. Floricultura contexto mundial, nacional regional	4
4.2. Importancia comercial de las Heliconias	5
4.3. Heliconias flores tropicales.....	5
4.4. Requerimientos de agua en Heliconias	6
4.5. Fertilización orgánica en Heliconias.....	7
4.6. Fertilización química en Heliconias.....	8
4.7. Polímeros superabsorbentes (SAP)	9
4.8. Aplicación de dosis de SAP en diferentes cultivos.....	10
4.9. Fertilizante líquido fermentado “Biol”	10
4.10. Aplicación y dosis de “biol” en diferentes cultivos	11
5. LITERATURA CITADA	13
CAPÍTULO I. APLICACIÓN DE “BIOL” Y POLÍMEROS SUPERABSORBENTES EN EL CRECIMIENTO DE <i>Heliconia psittacorum</i> cv. Trópica	18
1.1. INTRODUCCIÓN.....	20
1.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
1.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23

1.4. CONCLUSIONES.....	29
1.5. LITERATURA CITADA	30
CAPÍTULO II. APLICACIÓN DE “BIOL”, FERTILIZANTE MINERAL Y POLÍMEROS SUPERABSORBENTES EN EL CRECIMIENTO DE <i>Heliconia psittacorum</i> cv. Trópica.....	34
2.1. INTRODUCCIÓN.....	36
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
2.4. CONCLUSIONES.....	48
2.5. LITERATURA CITADA	49

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características del SAP	9
Cuadro 2. Medias de número de brotes.....	25
Cuadro 3. Medias de la variable área foliar.	27
Cuadro 4. Comparación de medias de las variables diámetro de tallo.....	27
Cuadro 5. Comparación de medias de la variable número de hojas.	28
Cuadro 6. Características químicas de “biol” utilizados vía foliar y al suelo.	38

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Prueba de medias de la variable altura de la planta	24
Figura 2. Tratamientos con fertilización al suelo.....	42
Figura 3. Interacción de la fertilización al suelo con aplicación foliar de “biol”.....	44
Figura 4. Interacción de los tratamientos de la fertilización al suelo con aplicación de SAP.....	46
Figura 5. Interacción de los tratamientos de la fertilización al suelo con aplicación foliar.....	47

1. INTRODUCCIÓN

El mercado mundial de flores tropicales presenta un alto potencial comercial, ha demostrado ser una alternativa muy atractiva y los principales países importadores de flores tropicales como Estados Unidos y la Unión Europea valoran este producto (Díaz *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2007; Machado *et al.*, 2011; Cantor *et al.*, 2014) por sus características como la belleza, el exotismo, la diversidad de colores y formas, la resistencia de transporte y durabilidad en poscosecha (Loges *et al.*, 2005).

En los países de origen como Brasil, Colombia, Costa Rica, con temperaturas entre 18°C y 34°C (Jerez, 2007), garantizan periodos de floración desde enero a septiembre (Santos *et al.*, 2009; Cantor *et al.*, 2014). En México, se cultivan principalmente en los estados del sur-sureste que disponen de condiciones climáticas tropicales propicias para este tipo de especie (Murguía *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2013).

La producción de Heliconias es considerada una actividad económica para la mayoría de los productores de flores tropicales, además se presenta como una propuesta de la agregación de los ingresos para el agricultor (Machado *et al.*, 2011).

La importancia económica de esta especie conlleva a la utilización de tecnologías dentro de la fase de producción para obtener tallos florales de calidad, en tal sentido, en este estudio se utilizó la fertilización orgánica mediante el uso de “biol”, que puede ser una alternativa tecnológica para el manejo de los residuos orgánicos (Carhuancho *et al.*, 2012) mejorando la productividad y calidad de los cultivos (Campero, 2012; Carhuancho *et al.*, 2012), además es indispensable la utilización de fertilizantes sintéticos, en complementación con biofertilizantes, permitiendo sustituir la dependencia de fertilizantes sintéticos (Armenta *et al.*, 2010).

Para facilitar la disponibilidad de agua en los cultivos, se han utilizado tecnologías, como los polímeros superabsorbentes (SAP por sus siglas en inglés). Este producto se ha utilizado para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo y espaciar las frecuencias de riego que se pierde normalmente (Šarapatka *et al.*, 2006; Ramos *et al.*, 2009; Qu *et al.*, 2010).

Para un adecuado manejo y calidad de la flor es muy importante conocer el proceso de producción, dada las características fisiológicas de Heliconias, por lo tanto el objetivo de la investigación fue analizar el efecto de diferentes fuentes de fertilización y la aplicación de polímeros superabsorbentes (SAP), sobre el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica, generando información que haga más eficiente el uso de nutrientes y agua, con impacto económico y operativo más adecuado para los productores.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar el efecto de diferentes fuentes de fertilización al suelo, foliar y aplicación de SAP, sobre el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica.

Objetivos particulares

1. Analizar el efecto de la aplicación de “biol” al suelo y SAP sobre el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica.
2. Analizar el efecto producido por la fertilización foliar y al suelo de “biol”, fertilización química al suelo y aplicación de SAP sobre el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica.

3. HIPÓTESIS

Hipótesis general

El mayor crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica, está en función de la fertilización al suelo, la fertilización foliar de “biol” y la aplicación de SAP.

Hipótesis particulares

1. El mayor crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica, está en función de la aplicación de “biol” al suelo y la aplicación de SAP.
2. La mejor respuesta de crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica, está en función de la combinación de “biol” + fertilizante químico al suelo con la aplicación foliar de “biol” y la aplicación de SAP.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Floricultura contexto mundial, nacional y regional

A nivel mundial, Holanda es el principal productor y comercializador de flores, seguido de Colombia, La Unión Europea, Ecuador y Kenia, estos países se caracterizan principalmente por tener tecnología para producir (Chalate *et al.*, 2008). La producción de plantas ornamentales se ha convertido en una demanda para el mercado, la cual es cada vez más exigente en la búsqueda de plantas y flores con mayor belleza y duración, sobre todo en las flores de corte (Iracheta *et al.*, 2013).

De acuerdo a la Financiera Nacional de Desarrollo (2014), en México, las plantas ornamentales son de gran importancia en el sector agrícola, debido a que se comercializan a nivel nacional e internacional como flores de corte, follaje, plantas y árboles, en el año 2012, en nuestro país la superficie sembrada, fue cerca de 20 mil hectáreas, que representa el 0.1% de la superficie, sin embargo generó casi 6 mil millones de pesos (mdp), el 1.5% del valor al sector agrícola nacional, teniendo un valor promedio por hectárea sembrada de 300 mil pesos.

En México, las principales entidades de veinticinco que registraron producción en 2012 concentraron el 87.2% del valor generado por esta actividad: Estado de México (3,652 mdp), Puebla (866 mdp), Morelos (453 mdp) y el Distrito Federal (229 mdp). Mientras que las exportaciones corresponden en casi un 50% a flor de corte, en las importaciones, cerca del 80% es material de propagación como bulbos, esquejes, etc. (Financiera Nacional de Desarrollo, 2014).

Chalate *et al.* (2008) hacen mención de las características de la producción de ornamentales en el estado de Veracruz donde: la superficie por unidad de producción es pequeña, el nivel tecnológico, equipo e infraestructura son mínimos, además existe desorganización entre los productores y los diferentes agentes de la cadena productiva, la mano de obra utilizada es familiar, la mayoría de los productores diversifican su producción, no existe control de calidad en poscosecha, la principal forma de comercializar los productos es por pieza, docena, millares o rollo, los principales compradores son intermediarios o coyotes, siendo mínima la venta directa al consumidor final.

Lo anterior coincide con Murguía *et al.* (2007), quienes mencionan que en Veracruz, la actividad de la horticultura ornamental es de superficies pequeñas, en general de 0.56 ha⁻¹ por especie o grupo de especies; se cultivan 782 ha⁻¹ a cielo abierto o pleno sol. Los mismos autores plantean que la horticultura ornamental en Veracruz requiere mejorar el grado de organización de los productores, para integrar grandes empresas que les permitan vender con mayor volumen y calidad.

4.2. Importancia comercial de las Heliconias

Dentro de la horticultura ornamental, existe un grupo de plantas que se desarrollan en regiones tropicales; como las Heliconias, un aspecto relevante de esta especie es que pueden ser utilizadas tanto para el ornato de parques y jardines, como flores de corte (Jerez, 2007). Por consiguiente, se debe considerar el negocio de las flores de Heliconia como un proyecto integral que incluya todos los eslabones de la cadena, es decir cosecha, poscosecha y principalmente comercialización, que es donde se genera el más amplio margen de utilidad de la operación (Lanzas *et al.*, 2007).

Las principales áreas productoras de heliconias para flor cortada se sitúan en EE.UU., (Hawái, Florida y en menor proporción California), las Islas del Caribe (Jamaica, Guyana, Barbados, Trinidad y Tobago, Surinam) y los países de Centroamérica (Costa Rica y Honduras). Y los principales mercados son Estados Unidos, Canadá (Criley, 1991; citado por Jerez, 2007).

La producción de Heliconias es una actividad de naturaleza económica para la mayoría de los productores de flores tropicales, que se presenta como una propuesta de la agregación de los ingresos para el agricultor (Machado, 2010).

4.3. Heliconias flores tropicales

Se designan por flores tropicales a un grupo de especies nativas de lugares subtropicales y tropicales, ornamentales y que son miembros de una categoría taxonómica más grande del orden Zingiberales, incluyen aves de paraíso (*Strelitzia sp*), gingers (*Alpinia sp*), heliconias (*Heliconia sp*), anthuriums (*Anthurium sp*) y algunas orquídeas (Berry y John, 2003; Pizano, 2005).

Las Heliconias son propias de regiones tropicales y subtropicales del Centro y Sudamérica; pueden crecer en regiones secas y húmedas, entre 200 y 2000 msnm; la altitud ideal es de 1500 msnm, con temperatura óptima para su desarrollo de 28°C con un rango entre 25 y 32°C, y por lo tanto no producen flores cuando sobrepasan los 35°C (Sosa, 2013), toleran una precipitación de 1500 y 2000 mm, distribuidos en 120 a 200 mm al mes (Henaó y Ospina, 2008).

Las Heliconias son el único género en la familia de plantas Heliconiaceae, que tiene 250 especies con solamente 180 que se han descrito hasta el momento. Estas especies pueden ser pequeñas, medianas y grandes, a menudo con el crecimiento extensivo rizomatosa. Cada sesión se compone de un tallo y las hojas, generalmente terminan con una inflorescencia. Pueden variar desde menos de 1 metro a más de 5 metros dependiendo de la especie (Berry y John, 2003).

Estas especies se ubican entre las especies tropicales más populares como plantas ornamentales por su durabilidad y el colorido de sus brácteas, sin embargo, sus flores son poco visibles (Sosa, 2013; Cantor *et al.*, 2014). Hay varias características que hacen de este un orden de fácil reconocimiento; entre esas características se pueden incluir las hojas largas y brácteas grandes de vistosos colores y pequeñas inflorescencias que se encuentran dentro de las brácteas (Jerez, 2007).

4.4. Requerimientos de agua en Heliconias

Por los resultados obtenidos en *Heliconia psittacorum* taide y *Heliconia psittacorum* x *Heliconia spathocircinata* 'golden torch' en condiciones de cultivo sin suelo, se estima suficiente proporcionar una dosis de riego que exceda un 20% la evapotranspiración, es decir de 2 a 5 L m² día⁻¹, según estado del cultivo y época del año (Díaz *et al.*, 2008). En *Heliconia Golden torch* 40 L h⁻¹, distribuidos a una distancia de 5 metros surcos por 2,5 metros entre las líneas. La duración del riego de 40 minutos por día con una hoja laminar de 2,2 mm (Albuquerque *et al.*, 2010). Santos *et al.* (2006) basándose en sus resultados obtenidos, concluyen que *Heliconia bihai* se puede aclimatar a una temperatura de 30 ± 5 ° C, irrigadas con nebulizador por 30 minutos, tres veces al día con sombreado de 80%.

H. psittacorum requiere un centímetro de agua diario cuando está sembrada en suelo bien drenado, 2.5 cm para especies creciendo en suelos más compactos y hasta 7 litros por planta en producción, en épocas de verano (Maza y Builes, 2000).

4.5. Fertilización orgánica en Heliconias

La aplicación de fertilizantes orgánicos al suelo es de suma importancia, ya que éstos son fuente valiosa para reconstruir la materia orgánica, así como reactivar la microfauna de los suelos, necesarios para suministrar nutrientes y dejarlos disponibles a las plantas (Álvarez *et al.*, 2006).

Las Heliconias prefieren drenar libremente suelos con alto contenido de materia orgánica (Berry y John, 2003). Por consiguiente, el uso de abonos como una fuente orgánica ocupa un lugar significativo, ya que reducen el uso de fertilizantes químicos de alto valor económico, que pueden contaminar el suelo en el uso a largo plazo (Sharma, 2005).

Algunos autores como Carvalho *et al.* (2012) utilizaron como fertilización orgánica el estiércol de ganado, utilizando 800 g por hoyo, las dividieron en tres aplicaciones iguales distribuidas en 60, 90 y 120 días después de la plantación (DAP) en *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Golden Torch y observaron mayor crecimiento y número de rebrotes.

Santos *et al.* (2006) evaluaron la combinación de cascara de arroz con humus de lombriz y en una proporción de 3:1 obtuvieron mayor área foliar 48,32 cm² en *Heliconia bihai*. Costa *et al.* (2006) utilizaron 13 kg m² como suministro de materia orgánica de estiércol de ganado vacuno trimestralmente en cultivares de *Heliconia bihai*, *H. Golden Torch*, y genotipos *H. psittacorum* x *H. spathocircinata*. Días *et al.* (2007) emplearon como sustrato fibra de coco que ha favorecido a algunos cultivares de heliconias.

El cultivo de *Heliconia psittacorum* ‘Teide’ y *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* ‘Golden Torch’ se realizó utilizando picón como sustrato, con un incremento en las producciones, y por tanto mayor desarrollo vegetativo, en este tipo de sustrato orgánico (Díaz *et al.*, 2008). Albuquerque *et al.*

(2010) utilizaron arena de río más compost de residuos urbanos, arena de río más compost de estiércol vacuno y arena de río más cama de pollo (pollinaza) en la proporción de 2:1 en *Heliconia Golden torch.*, mostrando valores considerables en comparación con el testigo.

4.6. Fertilización química en Heliconias

La insuficiencia de nutrientes afecta la producción de flores de corte de Heliconia y el éxito de su comercialización. A diferencia de otros cultivos de la floricultura, esta especie, requiere altas cantidades de macroelementos, fundamentalmente el nitrógeno. Existe una gran variación en la producción de heliconias, principalmente en relación con la fertilización (Castro *et al.*, 2011).

La deficiencia nutricional de las plantas expresan perturbaciones metabólicas por la falta del suministro de uno o más nutrientes minerales. Estas alteraciones están relacionadas con las funciones desempeñadas por los nutrientes en el metabolismo de la planta (Tewari *et al.*, 2004). Según Castro *et al.* (2015) los síntomas de deficiencia nutricional más drásticas en Heliconias son de N, Mg, K, P y S, los cuales están condicionados a un mayor tiempo de crecimiento en condiciones de omisión de nutrientes.

Algunos autores como Albuquerque *et al.* (2010) utilizaron en *Heliconia Golden torch* abono mineral (NPK + micro - probahia FTE), constituido por las fórmulas correspondientes 15-5-15-5, aplicando una dosis 200 g m², distribuyéndolo cada tres meses.

Por otro lado Carvalho *et al.* (2012) aplicaron nitrógeno, sulfato de amonio y urea a los 60 y 90 días después de la siembra 18 g y a los 120 días después de la siembra a una dosis de 27,72 g por hoyo en *Heliconia psittacorum x H. spathocircinata* cv. Golden Torch que contribuyó a reducir el tiempo de floración. Costa *et al.* (2006) utilizaron 72 g de sulfato de amonio, 12 g de cloruro de potasio y 16 g de superfosfato, cada tres meses. En cultivares de *Heliconia bihai*, *H. Golden Torch*, y genotipos *H. psittacorum x H. spathocircinata* He *et al.*, (2000) aplicaron N, P, K, con la formula de 15:15:15, utilizando 1 kg en 10 m² en *H. psittacorum x H. spathocircinata*, con un tiempo de evaluación de cinco semanas.

4.7. Polímeros superabsorbentes (SAP)

Los SAP son un polimérico formado por una red tridimensional que tiene la capacidad de absorber gran cantidad de disolvente. El grado de hinchamiento está determinado por la naturaleza de las cadenas de polímeros y la densidad de los enlaces transversales. Cuando se seca el polímero se colapsa debido a la tensión superficial del agua, por lo que el polímero seco es de tamaño mucho menor al del gel mojado (Akhter *et al.*, 2004; Ramos *et al.*, 2009). Su durabilidad máxima es de 7 años y la capacidad de absorción de agua (g g^{-1}) es igual a 220 en agua destilada (Nazarli y Zardashti, 2010). De acuerdo con Estrada *et al.* (2010) la capacidad de absorción de agua aumenta a una tasa que corresponde al triple de su peso seco. Puede reducir el estrés de trasplante, aumentar el crecimiento, el desarrollo inicial y reducir las necesidades de riego en los cultivos (Fischer y Beiner, 2005). Las características que presentan los polímeros se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características del SAP

Forma	Granulado sólido
Color	Blanco, crema
Granulometría	Fino de 0 a 0.3 mm, Medio de 0.35 a 0.5 mm, Grueso de 1.7 a 2 mm, Muy Grueso de 3.2 a 4 mm
pH	Neutro
Densidad	$0.7-0.85 \text{ Kg dm}^{-3}$
Solubilidad en agua	Insoluble
Tiempo de adsorción	De 5 a 45 min. Dependiendo de la granulometría
Almacenamiento	Indefinido
Composición	Poliacrilamida 94.13% Humedad 5.87% Poliacrilato de potasio
Vida activa en la tierra	Hasta 10 años (las sales del agua la reducen).

Fuente: Silos de Agua®

4.8. Aplicación de dosis de SAP en diferentes cultivos

Algunos autores como Firouzeh *et al.* (2007) indicaron que la aplicación de polímero superabsorbente en 225 kg ha⁻¹ pareció aumentar todos los atributos de crecimiento y rendimiento con tres frecuencias de riego (6, 8 y 10 días) sobre el crecimiento y rendimiento de soya. Nazarli y Zardashti (2010), aplicaron 300 kg ha⁻¹ de polímero superabsorbente en tres niveles de riego (riego después de 6, 10 y 14 días). El polímero lo añadieron en la etapa de catorce hojas de girasol al suelo en profundidad de desarrollo de la raíz obteniendo mayor rendimiento de semilla.

Nissen y San Martín (2004), evaluaron SAP en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y encontraron mejores respuestas en el diámetro de la planta al aplicar hidrogel al suelo y al aplicar este producto a la raíz y al suelo en forma conjunta.

Akhter *et al.* (2004) evaluaron el crecimiento de plántulas de trigo y cebada con enmienda de gel. En suelo franco, la germinación de semillas de garbanzo fue mayor con gel de 0,2% y crecimiento de las plántulas aumentó con el aumento en el nivel de gel. Se provocó un retraso de cuatro y cinco días en el marchitamiento de las plántulas crecidas. El gel mejoró de la disponibilidad de humedad del suelo y por lo tanto el aumento de establecimiento de las plantas.

Así mismo los SAP mejoraron el suministro de agua, incrementando la germinación de semillas de tomate, la presencia de los polímeros y su capacidad de absorber y retener agua tienen un efecto positivo sobre la germinación (Rojas *et al.*, 2006).

4.9. Fertilizante líquido fermentado “Biol”

La digestión anaeróbica (AD) se lleva a cabo a partir de una unidad de fermentación (biodigestor) que se realiza periódicamente durante un mes o dos meses, respectivamente. Este proceso genera dos productos: el metano, que posteriormente puede ser utilizado como una fuente de energía renovable, y el digestato o efluente, que se puede separar en una fracción seca “biosol y una fracción líquida “biol” adecuada para la aplicación al suelo y vía foliar como fertilizantes en gran

variedad de cultivos (Gomero, 2005; Walsh *et al.*, 2012; Ndubuaku *et al.*, 2014). Por lo anterior, la fermentación anaeróbica es una alternativa viable para tratar los residuos de origen animal y vegetal, obteniendo de esta manera un fertilizante agrícola (Watanabe *et al.*, 2012).

El “biol” puede ser enriquecido con sales minerales o materiales de desechos orgánicos como la cascara de arroz, cascara de vaina de moringa y hierba seca (*Panicum maximum*) entre otros, como el estiércol para proporcionar nutrientes adicionales a cultivos o para otros fines (Gomero, 2005; Sheng *et al.*, 2007; Steven, 2012; Ndubuaku *et al.*, 2014).

Éste fertilizante líquido fermentado, contiene muchos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, tales como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. Contiene reguladores del crecimiento de plantas tales como auxinas y giberelina (Gomero, 2005). Es importante mencionar que los abonos orgánicos son fertilizantes de liberación lenta, por lo que el “biol” es una tecnología que puede complementar o sustituir el uso de fertilizantes inorgánicos (Walsh *et al.*, 2012; Ndubuaku *et al.*, 2014).

4.10. Aplicación y dosis de “biol” en diferentes cultivos

Algunos autores como Ndubuaku *et al.* (2014), evaluaron “biol” en okra (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench), aplicaron en dosis divididas de 300 ml bolsa⁻¹ antes de la siembra y un mes después emergencia de las plántulas. El experimento sólo duro 6 semanas y obtuvieron mayor altura de la planta, circunferencia de tallo y número de hojas.

Por otra parte Walsh *et al.* (2012) mencionan que la fertilización de “biol”, puede mantener la productividad de los pastizales. Kun-Zhi *et al.* (2003) evaluaron el fertilizante líquido fermentado utilizando 25, 30 y 35 t ha⁻¹ en arroz. Llegaron a la conclusión de que puede ser utilizado como un sustituto a la fertilización química en condiciones de riego.

Como algunos autores recomiendan, el “biol” se puede diluir; por ejemplo, cuatro litros de “biol” en 10 litros de agua, para utilizarlo como fertilizante foliar en cultivos (Ricardo, 2001; Gomero, 2005). Ricardo (2001), obtuvo una respuesta positiva a la aplicación foliar de este fertilizante

orgánico con un incremento del 64% del cultivo de *Vochysia guatemalensis* en comparación con el control.

Campero (2012), realizó experimentos con aplicaciones de “biol” en diferentes cultivos en diferentes cantidades de dosificación: Papa; 300 L de biol ha⁻¹ en 3 aplicaciones foliares en una dilución de 50%, algodón; 160 L de “biol” ha⁻¹ 4 aplicaciones foliares a una dilución de 20%, uva; 320 L de “biol” ha⁻¹ en 4 aplicaciones en una dilución de 20%, maíz; 160 L de “biol” ha⁻¹ en 4 aplicaciones en dilución de 20%, espárrago: 320 L de “biol” ha⁻¹ en 4 aplicaciones, en una dilución de 20%, fresa: 480 L de “biol” ha⁻¹ en 12 diluciones (cada una durante los 3 primeros meses) en dilución de 20%.

Steven (2012), obtuvo mejoras significativas en los parámetros de fertilidad del suelo y éxito en el establecimiento de la cobertura vegetal durante la primera temporada de crecimiento y mantenimiento de esta cobertura durante los cinco años de estudio. El contenido de materia orgánica, N, P y K disponibles fueron significativamente aumentado en las diversas enmiendas de “biol”.

5. LITERATURA CITADA

- Akhter J., Mahmood K., Malik K.A., Mardan A., Ahmad M., Iqbal M.M., 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environmental*. 50(10):463-469.
- Álvarez-Sánchez, E., A., Vázquez-Alarcón, J.Z., Castellanos y J., Cueto-Wong. 2006. Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo. *TERRA Latinoamericana*. 24(2): 261-268.
- Berry, F. and W. John Kress. 2003. *Heliconia: An Identification Guide*. Bulletin Heliconia Society International. 2 pp.
- Campero-Rivero O. 2012. Sistema integral tratamiento de residuos de granja lechera mediante la biodigestión anaerobia en el Perú “La obtención de biogás no solo es producción de energía sino también de Biofertilizantes”. *DELOS Desarrollo Local Sostenible Revista Desarrollo Local Sostenible*. 5:14. www.eumed.net/rev/delos/14.
- Cantor M., Singureanu V., Hort D., Buta E. 2014. Heliconias-Novedades y aplicabilidad en el arte floral. *Revista de Horticultura, Silvicultura y Biotecnología*. 18:22- 27.
- Carhuanchu-León F.M., Guerrero-Barrantes J., Ramírez-Candia J. 2012. Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola. XIX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XIX- SPES). 12-17.
- Carvalho JSB; Martins JDL; Ulisses C; Silva WL. 2012. Adubação orgânica, mineral e organomineral e sua influência no crescimento da helicônia em Garanhuns-PE. *Horticultura Brasileira*. 30: 579-583.
- Castro A.C.R; Loges V; Costa A.S; Castro M.F.A; Aragão F.A.S; Willadino L.G. 2007. Hastes florais de helicônia sob deficiência de macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42: 1299-1306.
- Castro, A. C. R. 2011. Macronutrient contents in two development phases of *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* ‘Golden Torch’. *Acta Horticulturae*. 886: 283-286.

- Chalate M. H., San Juan H. R., Diego L. G. y Pérez H. P., 2008. Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena productiva horticultura ornamental en el estado de Veracruz. FUNPROVER-COLPOS. Veracruz. 120 pp.
- Costa AS; Loges V; Castro ACR; Verona AL; Pessoa Co; Santos VF. 2006. Perfilamento e expansão de touceiras de helicônias. *Horticultura Brasileira*. 24: 460-463.
- Dias E.D., J.C. Kreling, R. Botero, J.V. Murillo. 2007. Evaluación de la productividad y del efluente de biodigestores suplementados con grasas residuales. *Tierra Tropical*. 3(2): 237-248.
- Díaz, M. A. Mansito, P. Pérez-Díaz, M. Cid, M. C., Socorro, A. R., 2008. Efecto de las dosis de riego, aplicadas según demanda, en cultivo sin suelo de heliconia. I Simposio Iberoamericano- IV Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental. Pontevedra, España. 300-305.
- Estrada-Guerrero R.F., Lemus-Torres D., Mendoza-Anaya D., Rodríguez-Lugo V. 2010. Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 12: 1-2.
- Firouzeh Yazdani, Iraj Allahdadi and Gholam Abas Akbari, 2007. Impact of Superabsorbent Polymer on Yield and Growth Analysis of Soybean (*Glycine max L.*) Under Drought Stress Condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10: 4190-4196.
- Fischer R.A. & Beiner C.D. 2005. Assessing the effect of hydrophilic soil amendments on riparian plant survival in arid and semi-arid environments. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 80: 667-675. www.witpress.com, ISSN 1743-3541 (on-line).
- FND Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario Rural Forestal y Pesquero. 2014. Panorama de ornamentos. 2 p.
- Gomero-Osorio L. 2005. La mejora de fertilizantes orgánicos. *Improving organic Fertilizer*. *Leisa-Magazine*. 21: 13-14.
- He J., Lay Pheng Tan & Chong Jin Goh. 2000. Alleviation of photoinhibition in heliconia growth under tropical natural conditions after release from nutrient stress. *Journal of Plant Nutrition*. 23: (2) 181-196.

- Henao E.R. y Ospina K.A. 2008. Insectos benéficos asociados a cultivos de heliconias en el eje cafetero colombiano. Boletín científico centro de museos museo de historia natural (bol.cient.mus.hist.nat.). 12: 157-166.
- Hernández-Meneses E., López-Peralta M.C.G. y Estrada-Luna A.A. 2013. Callogenesis de *Heliconia collinsiana* GRIGGS in vitro: establecimiento, inducción y proliferación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4(8): 1175-1186.
- Iracheta-Donjuan L., Olivera de los Santos A., Ortiz-Curiel S. y López- Gómez P. 2013. Propagación de heliconias. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa. Folleto Técnico Número 30. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 29 p.
- Jerez, E. 2007. El cultivo de las Heliconias. Cultivos Tropicales, Instituto nacional de Ciencias Tropicales. 28(1): 29-35.
- Kun-Zhi Li, Tatsuya Inamura & Mikio Umeda. 2003. Growth and nitrogen uptake of paddy rice as influenced by fermented manure liquid and squeezed manure liquid. Soil Science and Plant Nutrition. 49(3): 463-467.
- Lanzas-Duque A.M., Cruz-Trejos E.A., Lanzas-Duque V.E. 2007. Caracterización del sistema de costos de la cadena de flores tropicales (heliconias) en el departamento de Risaralda. Scientia Et Technica. 13(34): 331-336.
- Loges, V., Teixeira, M.C., Castro A.C., Costa, A.S. 2005. Colheita e pós-colheita de flores tropicais no estado de Pernambuco. Revista de Horticultura Brasileira. 23: 699-672.
- Machado Neto A.D.S., Janie M. J., Niraldo J.P. 2011. Economía en la producción de heliconias en el estado de río de janeiro. Ciencia Rural, Santa María. 41: 1858-1863.
- Maza, V. y Builes, J. Heliconias de Antioquia guía de identificación y cultivo. Ed. Gráficas Ltda. Medellín. 2000.
- Murguía, G. J., Lee, H. E. y Landero, T. I. 2007. La horticultura ornamental en el estado de Veracruz, México. Actas de Horticultura. 48: 485-488.
- Nazarli H., Zardashti M.R. 2010. El efecto de estrés de sequía y polímero superabsorbentes (A200) en los rasgos agronómicos de girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo condiciones de campo. Cercetări Agronomice în Moldova. 43(3): 143.

- Ndubuaku, U. M., Imegwu, C. N. and Ndubuaku, N.E. 2014. Nutrient compositions of liquid and solid fractions of organic waste fermentation and the influence on growth and yield of okra. *International Journal of Development Research*. 4(9): 1909-1914.
- Nissen Juan M., y San Martin Karin R. 2004. Uso de poliacrilamidas y el riego en el manejo hídrico de lechugas (*Lactuca sativa* L.). *AGRO SUR*. 32(2): 1-12.
- Pizano M. 2005. International Market Trends-Tropical Flowers. *Acta Horticulturae*. 683: 79-86.
- Qu G., De Varennes A. and Cunha-Queda C. 2010. Use of Insoluble Polyacrylate Polymers to Aid Phytostabilization of Mine Soils: Effects on Plant Growth and Soil Characteristics. *J. Environ. Qual.* 39:168-175.
- Ramos González, R., K. Velázquez Manzano, P., De la Rosa Loera, M.A., Valdez Flores, E.P., Segura Ceniceros. 2009. Atrapamiento de sustancias húmicas en hidrogeles de gelatina con aplicación en agricultura. *Revista de Divulgación Científica, Cienciacierta*. N°. 20.
- Ricardo O. Russo. 2001. Organic Foliar Fertilizer Prepared from Fermented Fruits on Growth of *Vochysia guatemalensis* in the Costa Rican Humid Tropics. *Journal of Sustainable Agriculture*. 18 (2-3): 161-166. DOI: 10.1300/ J064v18n02_12.
- Rojas B., M., Ramírez., R., Aguilera., J., L., Prin y C. Torres 2006. Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. *Aplicaciones de los hidrogeles*. 7(3): 7.
- Šarapatka B., Rak L., Bubeníková I. 2006. The effect of hydroabsorbent on selected soil biological and biochemical characteristics and its possible use in revitalization. *Ekológia (Bratislava)*. 25(4): 422-429.
- Sharma A.K. 2005. The living soil. In: *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agrobios (India), Jodhpur. pp 1-19.
- Sheng-Mao Yang, Sukhdev S. Malhi, Feng-Min Li, Dong-Rang Suo, Ming-Gang Xu, Ping Wang, Guo-Ju Xiao, Yu Jia, Tian-Wen Guo, and Jian-Guo Wang. 2007. Longterm effects of manure and fertilization on soil organic matter and quality parameters of a calcareous soil in NW China. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*. 170: 234-243.
- Sosa Rodríguez F.M. 2013. Cultivo del género *Heliconia*. *Cultivos Tropicales*. 34: 24-32.

- Steven L. McGeehan, 2012. Impact of Waste Materials and Organic Amendments on Soil Properties and Vegetative Performance. Hindawi Publishing Corporation Applied and Environmental Soil Science. 2012: 1-12. doi:10.1155/2012/907831.
- Tewari, R. K. 2004. Macronutrient deficiencies and differential antioxidant responses influence on the activity and expression of superoxide dismutase in maize. Plant Science. 166(3): 687-694.
- Walsh J. J., Davey L. Jones, Gareth Edwards-Jones, and A. Prysor Williams. 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. Journal Plant Nutrition and Soil Science. 175: 840-845.
- Watanabe Satoko, Kimihito Nakamura, Chan Seok Ryu, Michihisa Lida and Shigeto Kawashima. 2012. Effects of different application timings of methane fermentation digested liquid to paddy plots on soil nitrogen and rice yield. Soil Science and Plant Nutrition. 58(2): 224-237.

CAPÍTULO I. APLICACIÓN DE “BIOL” Y POLÍMEROS SUPERABSORBENTES EN EL CRECIMIENTO DE *Heliconia psittacorum* cv. Trópica

RESUMEN

El objetivo fue analizar el efecto de “biol” (fertilizante líquido fermentado) y SAP (polímeros superabsorbentes, por sus siglas en inglés) sobre el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica. Se estableció un experimento en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, se sembró un rizoma de 20 cm por maceta. Utilizando un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones: SAP (1 g planta^{-1}), “biol” (20 mL planta^{-1}) + SAP (1 g planta^{-1}), “biol” (20 mL planta^{-1}) y un testigo (solo sustrato) todos los tratamientos fueron aplicados al suelo. Durante cinco meses de evaluación se midió la altura de la planta, diámetro del tallo, número de brotes, número de hojas y área foliar. De acuerdo a los análisis de varianza realizados, se encontraron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos sobre el diámetro de tallo a los 45 días y con base a la prueba de medias con Tukey los mejores tratamientos fueron la aplicación de “biol” más SAP (6.3 cm), “biol” (5.6 cm) y el testigo (5.6 cm). Para la variable número de hojas los mejores tratamientos correspondieron a la aplicación de “biol” más SAP (15 hojas por mata), SAP (13 hojas por mata) y testigo (12 hojas por mata). Los resultados no mostraron diferencia significativa para las variables altura de la planta, número de rebrotes y área foliar.

Palabras clave: flor tropical, “biol”, SAP.

APPLICATION OF “BIOL” AND SUPERABSORBENT POLYMERS ON THE GROWTH OF *Heliconia psittacorum* cv. Tropica

ABSTRACT

The objective was to analyze the effect of "biol" (fermented liquid fertilizer) and SAP (superabsorbent polymers) on the growth of *Heliconia psittacorum* cv. Tropical. An experiment was established in the Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, a Rhizome of 20 cm was sown per pot. Using a completely randomized design with four treatments and five replications: SAP (1g plant⁻¹), "biol" (20 mL plant⁻¹) + SAP (1 g plant⁻¹), "biol" (20 mL plant⁻¹) and a control (only substrate) all treatments were applied to the soil. The plant height, stem diameter, number of shoots, number of leaves and leaf area was measured in five months of evaluation. According to the analysis of variance significant statistical differences for treatments on the stem diameter were found at 45 days, and based on Tukey tests means the best treatments were the application of “biol” plus SAP (6.3 cm), “biol” (5.6 cm) and the control (5.6 cm). In relation to number of leaves, the best treatments corresponded to the application of “biol” plus SAP (15 leaves by plant), SAP (13 leaves by plant) and the control (12 leaves by plant). The results showed no significant differences for plant height, number of shoots and leaf area.

Keywords: tropical flower, “biol”, SAP.

1.1. INTRODUCCIÓN

Por flores tropicales se designan a un grupo de especies nativas de regiones secas y húmedas, entre 200 y 2000 msnm con un rango entre 25 y 32°C, las Heliconias (*Heliconia sp*) consiguen esta característica (Pizano, 2005; Henao y Ospina, 2008). Ésta especie cubre los requerimientos que el mercado de plantas ornamentales exige; flores de corte con mayor belleza y duración (Loges *et al.*, 2005; Arruda *et al.*, 2008; Iracheta *et al.*, 2013) exotismo, diversidad de colores y formas (Carvalho *et al.*, 2012).

Las Heliconias pueden ser vulnerables en su producción (Machado *et al.*, 2011), generalmente las flores son susceptibles al ataque de plagas, enfermedades (Sosa, 2013) y condiciones de estrés hídrico. Las Heliconias de forma regular necesitan una dosis de riego de 2 a 5 L m² dia⁻¹, según estado del cultivo y época del año (Díaz *et al.*, 2008).

En Heliconias, la deficiencia de nutrientes afecta a la producción y calidad de flores de corte para su comercialización. A diferencia de otros cultivos en la floricultura, esta especie en general, requiere altas tasas de macro-elementos, especialmente el nitrógeno (Castro *et al.*, 2011). Demandan altas cantidades de nutrientes, en ocasiones se recomienda la aplicación de 46, 50 y 150 kg ha⁻¹ de N, P y K al suelo respectivamente (Sosa, 2013).

Se requiere realizar estudios pertinentes sobre esta planta ornamental (Iracheta *et al.*, 2013) ya que no se cuenta con investigación suficiente (Arruda *et al.*, 2008) que ayude a productores de esta especie a generar flores de corte de calidad.

Tomando en cuenta la problemática anterior; existen tecnologías orgánicas, como el uso del “biol”, el cual es un fertilizante líquido fermentado, efluente de un biodigestor a partir de la digestión anaeróbica (Ferrer *et al.*, 2009; Khalid *et al.*, 2011) contiene minerales que pueden ser usados en la fertilización de cultivos (Días *et al.*, 2007), promueve el rendimiento y reduce la pérdida de nutrientes (Walsh *et al.*, 2012), teniendo beneficios ambientales (Lijó *et al.*, 2014). Considerando las características anteriores se puede utilizar como un complemento a la fertilización química,

permitiendo sustituir la dependencia de insumos externos (Armenta *et al.*, 2010) en el cultivo de Heliconias.

Los polímeros superabsorbentes (SAP por sus siglas en inglés) como otro componente tecnológico para uso en la agricultura (Rojas *et al.*, 2006), es un polímero que tiene la capacidad de absorber agua, de 400-1500 g de agua por gramo seco (Abedi *et al.*, 2008), retenerla y dejarla disponible para el crecimiento de plantas (Akhter *et al.*, 2004) aprovechando el agua de lluvia o espaciando frecuencias de riego (Rojas *et al.*, 2006; Abedi *et al.*, 2008; Ramos *et al.*, 2009) puede ser utilizado como alternativa en la conservación de agua en algunas regiones en condiciones de sequía (Abdulrahman *et al.*, 2007) y en cultivos que demandan altos niveles de agua, tal como es el caso de las Heliconias.

Los SAP han sido utilizados como medio para inmovilizar, encapsular y liberar de manera controlada sustancias con actividad fisiológica como: enzimas, nutrientes y fertilizantes (Ramos *et al.*, 2009), por lo que aumenta el uso ecológico y eficiente de los fertilizantes (Šarapatka *et al.*, 2006) así como la supervivencia de las plantas (Abdulrahman, 2007).

Considerando las necesidades nutricionales e hídricas de las Heliconias, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto de “biol” y SAP en el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica, generando información que haga más eficiente el uso de nutrientes y agua en la producción de plantas ornamentales, con impacto económico y operativo más adecuado para los productores.

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, ubicado en el predio Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano (19.27° LN, 96.27° LO), a 36 msnm. Presenta un clima cálido subhúmedo de tipo Aw₁. El estudio comprendió los meses de mayo a octubre del año 2014.

Se recolectó el suelo y de acuerdo a los análisis realizados mostró las siguientes características: pH 7.57, conductividad eléctrica 1.04 dS m⁻¹, materia orgánica 7.73 %, nitrógeno total 0.33 %,

nitrógeno inorgánico 98.3 mg kg⁻¹, fósforo 33.81 mg kg⁻¹, potasio 684 mg kg⁻¹, capacidad de intercambio catiónico 31.8 C mol (+) kg⁻¹, densidad aparente 1.07 T m⁻³, capacidad de campo 28.53 %, punto de saturación 54.11 %, textura franco-arenoso.

Se evaluaron cuatro tratamientos, utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones; 1) aplicación de SAP, 2) aplicación de “biol” + SAP, 3) solo aplicación de “biol” y 4) testigo (sin aplicación).

Previamente se elaboró “biol” en un biodigestor artesanal de modelo batch o estacionario, (Gomero 2005), los insumos utilizados fueron los siguientes: agua 58 %, estiércol 22 %, pasta de soya 10 % y melaza 10 %. El procedimiento de fermentación se llevó a cabo durante 60 días y de acuerdo a los análisis realizados mostraron las siguientes características: pH 8.25, nitrógeno total 0.33 %, nitrógeno inorgánico 1724 mg L⁻¹, fósforo 1646 mg L⁻¹, potasio 710 mg L⁻¹.

La siembra se realizó en macetas con un tamaño de 22 x 20 x 17 cm, utilizando suelo con una cantidad de 4 kg por maceta. Se cosecharon los rizomas y se realizó un corte al pseudotallo para dejarlo a una longitud de 20 cm, se eliminaron raíces muy largas y muertas, finalmente se sumergió en una solución de captan (1 g L⁻¹) en la parte basal y donde se realizó el corte. En cada maceta se colocó un rizoma en el centro, a una profundidad de 5 cm. Posteriormente se realizó un riego a la siembra.

Se aplicó 20 mL de “biol” al 50 % v/v de agua por planta, se realizaron tres aplicaciones (siembra, 15 dds, 30 dds). Se utilizó el producto comercial de polímero superabsorbente (silos de agua[®]), se aplicó 1 g de SAP al momento de la siembra enterrado a una distancia de 15 cm y 10 cm de profundidad de la planta.

Se midió la altura de la planta utilizando una regla graduada, midiendo desde la base del tallo hasta la máxima longitud de las hojas, recogiendo estas hacia arriba (las mediciones fueron a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 días después de la siembra), el diámetro de tallo se determinó utilizando un vernier digital (a los 45 y 120 días después de la siembra), número de brotes (el conteo se realizó a los 150

días después de la siembra), número de hojas (a los 150 días después de la siembra) y a los 150 días se determinó área foliar, midiendo largo y ancho de la hoja más alta, multiplicado por 0.75. Los análisis estadísticos de las variables de estudio se realizarán mediante el paquete estadístico SAS versión 9.4., para Windows con pruebas de media de Tukey, $\alpha= 0.95$ de probabilidad.

1.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron un total de cinco variables, para encontrar el efecto individual de la aplicación de “biol”, “biol” + SAP y SAP. En los análisis de varianza realizados, demostraron efecto significativo de la aplicación “biol” + SAP, para diámetro de tallo y número de hojas. A continuación se describe el efecto para cada una de las variables.

Altura de la planta

De acuerdo a los análisis de varianza realizados, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, para la variable altura de la planta, en los muestreos realizados a los 30, 60, 90 y 120 días (Figura 1).

Uno de los factores por los cuales se considera que la respuesta en altura coincidieron en todos los tratamientos, fue por la presencia de lluvias que no permitieron que el SAP y el “biol” mostraran sus efecto, ya que de acuerdo a la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados del Campus Veracruz, reportó un promedio de 15 mm m^2 al día, se considera que las Heliconias necesitan una dosis de riego de en promedio de 2 a 5 L m^2 dia^{-1} , según estado del cultivo y época del año (Díaz *et al.*, 2008).

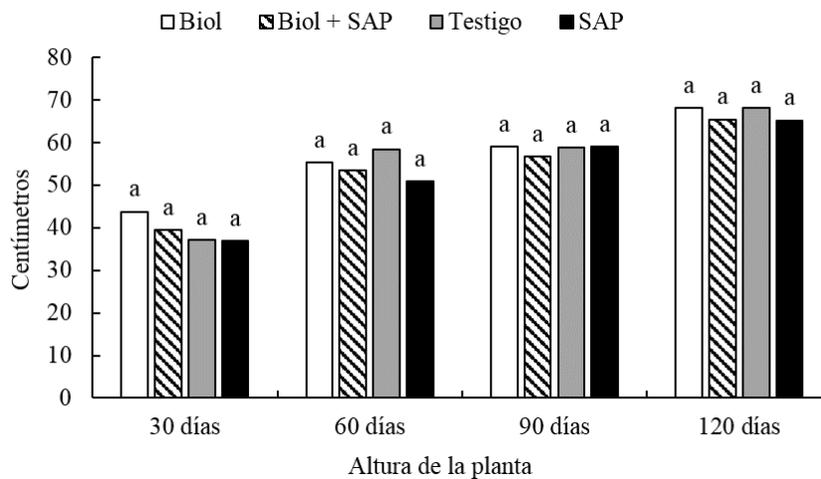


Figura 1. Prueba de medias de la variable altura de la planta durante los cuatro muestreos realizados. Tukey $\alpha=0.95$ probabilidad, valores con la misma letra no hay diferencias significativas.

Las temperaturas durante el estudio oscilaron en promedio 27.7°C , por lo que la temperatura ideal para el cultivo de estas especies varía entre 18°C y 34°C (Jerez, 2007), dado que favoreció a un comportamiento similar en altura para cada tratamiento. En cambio, cuando se tienen ambientes de sequía, Akhter *et al.* (2004) mencionan que la adición de hidrogel (SAP) puede mejorar el almacenamiento de agua para aumentar el crecimiento de plantas, razón por la cual no se vieron diferenciadas las alturas en esta evaluación.

Galindo *et al.* (2007) aplicaron abono líquido fermentado (“biol”) en crecimiento de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y no encontraron diferencia estadística significativa, durante un periodo corto de evaluación, a diferencia de esta evaluación en *Heliconia psittacorum* donde la evaluación comprendió un periodo de cinco meses.

Carvalho *et al.* (2012) midieron la altura de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata*, cv. Golden Torch, con fertilización orgánica de estiércol de buey y obtuvieron alturas a los 90 y 120 días de 13.81 cm y 19.09 cm respectivamente, valores menores a los de esta evaluación. Otro factor que influyó fueron las bajas concentraciones de N, P, K que contiene el “biol” y el efecto es más lento

por ser un fertilizante orgánico, ya que se recomienda la aplicación de 46, 50 y 150 kg ha⁻¹ de N, P y K, de acuerdo con lo mencionado por Sosa (2013).

Número de brotes

Para la variable número de brotes, no se encontró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), entre los tratamientos por lo que todos fueron iguales, se obtuvieron un promedio de tres brotes hasta los 150 días (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con Carvalho *et al.* (2012) quienes obtuvieron a los 150 días en *Heliconia psittacorum x H. spathocircinata*, cv. Golden Torch, de dos a tres brotes en los tratamientos de control, estiércol, NPK y NPK + estiércol en condiciones de campo.

Durante la evaluación, los primeros brotes se observaron a los 30 días después de la siembra, lo que difiere de Carvalho *et al.* (2012) que observaron los primeros brotes a los 55 días después de la siembra en *Heliconia psittacorum x H. spathocircinata*, cv. Golden Torch.

Cuadro 2. Medias de número de brotes.

Tratamiento	60 días	Tratamiento	120 días	Tratamiento	150 días
“Biol” + SAP	2.40 a *	Testigo	2.80 a *	“Biol” + SAP	3.80 a *
Testigo	2 a	“Biol” + SAP	2.60 a	Testigo	3.40 a
SAP	1.40 a	SAP	2.40 a	“Biol”	3.20 a
“Biol”	1.40 a	“Biol”	2.40 a	SAP	2.60 a

* Tukey $\alpha = 0.95$ de probabilidad, valores con letra diferente en la misma columna muestran diferencias estadísticas significativas.

Ibiapaba *et al.* (2000) obtuvieron los primeros brotes de variedades de heliconias Sassy y Andrómeda a los 20-30 días después de la siembra. Por lo que el potencial de macollaje puede ser determinado por el genotipo, suelo, fertilización y condiciones climáticas de cada región. Criley *et al.* (2001) consideran que el número de macollos de Heliconias por planta está directamente relacionada con la producción de tallos de las flores, además de que la reducción en el número de macollos es también en relación con la competencia entre plantas. Akhter *et al.* (2004) mencionan

que la adición de hidrogel aumenta la retención de humedad (θ_r) a capacidad de campo linealmente en suelos franco arenosos, mismo que se utilizó en este estudio, razón por la cual no se encontraron diferencias en el número de brotes laterales, teniendo el mismo comportamiento, aunado a la presencia de lluvias como se mencionó anteriormente.

Área foliar

Para la variable área foliar, de acuerdo a los análisis de varianza realizados, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos a los 150 días (Cuadro 3). Cuando el área foliar es mínima puede reflejarse negativamente en el desarrollo de la planta, teniendo en cuenta que la reducción del área foliar está involucrado en el proceso de fotosíntesis, que depende de la interceptación de energía de la luz y su conversión en energía química (Albuquerque *et al.*, 2010). Por ello es importante el aumento del área de la hoja ya que puede promover una tasa fotosintética más eficiente por unidad de área foliar que contribuye al aumento de la síntesis de minerales (Farias *et al.*, 2013).

La nula respuesta de los tratamientos sobre área foliar, se puede explicar por la falta de nutrientes, que coinciden con Castro *et al.* (2007) y Albuquerque *et al.* (2010) en el cultivo de Heliconias.

El “biol” utilizado puede variar su respuesta en cultivos de Heliconias, esto coincide a lo dicho por Armenta *et al.* (2010) donde mencionan que los biofertilizantes varían dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales.

Por lo que Walter *et al.* (2011) consideran necesario complementar la fertilización química con el biofertilizante (“biol”) ya que este último contribuye solamente con el 40% del total de la fertilización requerida. Así pues se sugiere considerar la fertilización orgánica como una complementación a la fertilización química en Heliconias.

Cuadro 3. Medias de la variable área foliar.

Tratamiento	Área foliar cm ²
“Biol”	490 a*
“Biol” + SAP	440 a
SAP	420 a
Testigo	380 a

* Tukey $\alpha= 0.95$ de probabilidad, valores con letra diferente en la misma columna muestran diferencias estadísticas significativas.

Diámetro de tallo

Para la variable diámetro de tallo, de acuerdo al análisis de varianza, se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para los diferentes tratamientos evaluados a los 45 días, de acuerdo a la prueba de medias con Tukey ($p \leq 0.05$) la aplicación de “biol” + SAP mostrando diferencias con respecto al tratamiento de solo SAP (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de la variable diámetro de tallo a los 45 días después de la siembra de heliconia con aplicación de polímeros superabsorbentes (SAP) y “biol”.

Tratamientos	Diámetro de tallo 45 días (cm)
“Biol” + SAP	6.3 a*
Testigo	5.6 a b
“Biol”	5.6 a b
SAP	4.7 b

* Tukey $\alpha= 0.95$ de probabilidad, valores con letra diferente en la misma columna muestran diferencias estadísticas significativas.

De acuerdo con Ndubuaku *et al.* (2014), éste efecto se puede atribuir a la fácil disponibilidad de nutrientes en el “biol” para el crecimiento vegetal, mismos autores observaron en periodo corto de evaluación que el “biol” de cáscara de arroz en plántulas de Okra obteniendo valores altos en diámetro de tallo, en dosis divididas de 300 ml/bolsa antes de la siembra y un mes después emergencia, a diferencia de que la dosis utilizada en este estudio que fue de 60 ml.

Número de hojas

Para la variable número de hojas, se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$), y de acuerdo con la prueba de medias con Tukey ($p \leq 0.05$), el tratamiento de la aplicación de “biol” + SAP mostró mejor comportamiento en comparación con el tratamiento de la aplicación de “biol”, como se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación de medias de la variable número de hojas a los 150 días después de la siembra de heliconia con aplicación de polímeros superabsorbentes (SAP) y “biol”.

Tratamientos	Número de hojas
“Biol” + SAP	15 a *
Testigo	13 ab
SAP	12 ab
“Biol”	11 b

* Tukey $\alpha = 0.95$. Probabilidad valores con letra diferente en la misma columna muestran diferencias estadísticas significativas.

El número de hojas se contabilizó por mata, de acuerdo al número de brotes laterales por tratamiento, como se mencionó anteriormente se obtuvo un promedio de tres brotes, es decir que para los tratamientos “biol” + SAP se obtuvo cinco hojas, para el testigo y SAP se obtuvieron cuatro hojas, y para el tratamiento de “biol” sólo se obtuvieron tres hojas.

Autores como Albuquerque *et al.* (2010) mencionan que a pesar de no haber encontrado diferencias significativas entre tratamientos de fertilización orgánica y mineral en *Heliconia Golden torch*, obtuvieron 4 hojas por tallo. Ellos mencionan que las hojas son responsables de la fotosíntesis y que tienen una importancia directa en el desarrollo de la mata, tallo y brácteas.

Carvalho *et al.* (2012) obtuvieron a los 150 días de evaluación en *Heliconia psittacorum x H. spathocircinata*, cv. Golden Torch, entre cuatro y cinco hojas en cada uno de sus tratamientos orgánicos y mineral. A su vez la adición de fertilizantes orgánicos es esencial para la fertilidad, ya que su acción lenta suministra constantemente los compuestos orgánicos graduales (Malavolta *et al.*, 2002).

1.4. CONCLUSIONES

De las variables evaluadas, solo se tuvo significancia estadística para diámetro de tallo a los 45 días y número de hojas 150 días.

El mejor tratamiento para diámetro de tallo fue la combinación de “biol” (20 ml planta⁻¹) + SAP (1 g planta⁻¹) a diferencia de la aplicación de solo SAP.

El mejor tratamiento para número de hojas, fue la combinación de “biol” (20 ml planta⁻¹) + SAP (1 g planta⁻¹), con respecto a la aplicación de solo “biol”.

El “biol” tuvo una respuesta sobre ambas variables por lo que se considera importante estudiar dosis más altas, esperando una mayor respuesta de este factor, así como complementar la fertilización orgánica con la fertilización química.

Los tratamientos no mostraron efecto para todas las variables durante los meses de evaluación, debido a las bajas temperaturas y presencias de lluvia. Se espera que los tratamientos con SAP demuestren un mejor efecto en la época seca del año (Febrero-mayo).

1.5. LITERATURA CITADA

- Abdulrahman I., Al-Humaid y Ansary E. Moftah, 2007. Effects of Hydrophilic Polimer on the survival of Buttonwood seedlings grown under drought stress. *Journal of Plant Nutrition*. 30(1): 53-66.
- Abedi K.J., Saeid E.S., Asad K.J. 2008. Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth índices. *Ecohidrology and Hidrobiology*. 8(1): 67-75.
- Akhter J., Mahmood K., Malik K.A., Mardan A., Ahmad M., Iqbal M.M., 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environmental*. 50(10): 463-469.
- Albuquerque A.W., Rocha E.S., Costa J.V., Farias A.P., Bastos AL. 2010. Produção de helicônia Golden Torch influenciada pela adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 14: 1052-1058.
- Armenta Bojórquez A.D., García Gutiérrez C., Camacho Báez J. R., Apodaca Sánchez M.A., Gerardo Montoya L. y Nava Pérez E. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*. 6(5): 1-56.
- Arruda R., Carvalho V.T., Machado A.P.C., Goretti P.M. 2008. Hêliconias como alternativa econômica para comunidades amazônicas. *Acta amazônica*. 38(4): 611-616.
- Carvalho J.S.B., Martins J.D.L., Ulisses C., Silva WL. 2012. Adubação orgânica, mineral e organomineral e sua influencia no crescimento da helicônia em Garanhuns-PE. *Horticultura Brasileira* 30: 579-583.
- Castro A.C.R.; Loges V; Costa A.S; Castro M.F.A; Aragão F.A.S; Willadino L.G. 2007. Hastes florais de helicônia sob deficiência de macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42: 1299-1306.
- Castro, A.C.R., Aragão, F.A.S., Loges, V., Costa, A.S., Willadino, L.G. and Castro, M.F.A. 2011. Macronutrients contents in two development phases of *Heliconia psittacorum* × *H. spathocircinata* 'Golden Torch'. *Acta Horticulture*. 886: 285-288. DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.886.40. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.886.40>.
- Costa AS; Loges V; Castro ACR; Verona AL; Pessoa Co; Santos VF. 2006. Perfilhamento e expansão de touceiras de helicônias. *Horticultura Brasileira*. 24: 460-463.

- Criley RA, Maciel N, Fu Z and Uchida J (2001) Productivity of three heliconia hybrids. Bulletin Heliconia Society International 10: 1-3.
- Dias E.D., J.C. Kreling, R. Botero, J.V. Murillo. 2007. Evaluación de la productividad y del efluente de biodigestores suplementados con grasas residuales. Tierra Tropical. 3(2): 237-248.
- Díaz, M. A. Mansito, P. Pérez-Díaz, M. Cid, M. C. y Socorro, A. R., 2008. Efecto de las dosis de riego, aplicadas según demanda, en cultivo sin suelo de heliconia. I Simposio Iberoamericano- IV Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental. Pontevedra, España. 300-305.
- Farias A.P., Albuquerque A.W., Moura F.G. & Reis S.L. 2013. Produtividade da Heliconia psittacorum x Heliconia pathocircinada cv. Golden Torch sob diferentes fontes de adubação orgânica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 17(7): 713-720.
- Ferrer, I., Gamiz, M., Almeida, M., Ruiz, A., 2009. Pilot project of biogas production from pig manure and urine mixture at ambient temperature in Ventanilla (Lima, Peru). Waste Manag. 29: 168-173.
- Galindo A., Jerónimo C., Spaans E., Weil M. 2007. Los abonos líquidos fermentados y su efectividad en plántulas de papaya (*Carica papaya* L.). Tierra Tropical. 3(1): 1-6.
- Gomero-Osorio L. 2005. Improving organic Fertilizer. LEISA-Magazine. 21: 13-14.
- Henaó E.R. y Ospina K.A. 2008. Insectos benéficos asociados a cultivos de heliconias en el eje cafetero colombiano. Boletín científico centro de museos museo de historia natural. 12: 157-166.
- Ibiapaba M.V.B., Luz J.M.Q., Innecco R. 2000. Avaliação do espaçamento de plantio de *Heliconia psittacorum* L., cultivares Sassy e Andrômeda. Ciênc. Agrotec. 24: 181-186.
- Iracheta-Donjuan L., Olivera de los Santos A., Ortiz-Curiel S. y López- Gómez P. 2013. Propagación de heliconias. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa. Folleto Técnico Número 30. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 29 p.
- Jerez, E. 2007. El cultivo de las Heliconias. Cultivos Tropicales, Instituto nacional de Ciencias Tropicales. 28(1): 29-35.

- Khalid A., M. Arshad, M. Anjum, T. Mahmood, and L. Dawson. 2011. The anaerobic digestion of solid Organic Waste. *Waste Management*. 31: 1737-1744.
- Lijó L., S. Gonzalez-Garcia, J. Bacenetti, M. Fiala, G. Feijoo, J.M. Lema, and M.T. Moreira. 2014. Life cycle assessment of electricity Production in Italy from anaerobic co-digestion of pig slurry and energy crops. *Renewable Energy*. 68: 625-635.
- Loges V., Teixeira, M.C., Castro A.C., Costa, A.S. 2005. Colheita e pós-colheita de flores tropicais no estado de Pernambuco. *Revista de Horticultura Brasileira*. 23: 699-672.
- Machado Neto A.D.S., Janie M. J., Niraldo J.P. 2011. Economía en la producción de heliconias en el estado de río de janeiro. *Ciencia Rural, Santa María*. 41: 1858-1863.
- Malavolta E., Gomes P.F., Alcarde JC. 2002. *Adubos e adubações*. São Paulo: Nobel. 200p.
- Ndubuaku, U. M., Imegwu, C. N. and Ndubuaku, N.E. 2014. Nutrient compositions of liquid and solid fractions of organic waste fermentation and the influence on growth and yield of okra. *International Journal of Development Research*. 4(9): 1909-1914.
- Pizano M. 2005. International Market Trends – Tropical Flowers. *Acta Horticulture*. 683: 79-86.
- Ramos González, R., K. Velázquez Manzano, P., De la Rosa Loera, M.A., Valdez Flores, E.P., Segura Ceniceros. 2009. Atrapamiento de sustancias húmicas en hidrogeles de gelatina con aplicación en agricultura. *Ciencia cierta*. 20. <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC20/CC20hidrogeles.html>.
- Rojas de Gascue B., M. Ramírez, R. Aguilera, J.L. Prin y C. Torres. 2006. Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 7(3): 199-210.
- Šarapatka B., Rak L., Bubeníková I. 2006. The effect of hydroabsorbent on selected soil biological and biochemical characteristics and its possible use in revitalization. *Ekológia (Bratislava)*. 25(4): 422–429.
- Sosa Rodríguez F.M. 2013. Revisión bibliográfica. Cultivo del género *Heliconia*. *Cultivos Tropicales*. 34: 24-32.
- Walsh J.J., D.L. Jones, G. Edwards-Jones, and A.P. Williams. 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*. 175: 840-845.

CAPÍTULO II. APLICACIÓN DE “BIOL”, FERTILIZANTE MINERAL Y POLÍMEROS SUPERABSORBENTES EN EL CRECIMIENTO DE *Heliconia psittacorum* cv. TRÓPICA

RESUMEN

Se analizó el efecto producido por la fertilización foliar y al suelo de “biol” (fertilizante líquido fermentado), fertilización química al suelo y aplicación de polímeros superabsorbentes (SAP, por sus siglas en inglés) en el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica. Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas subdivididas (a x b x c) con cuatro repeticiones, teniéndose en parcelas grandes la aplicación al suelo de “biol” (20 mL planta⁻¹), fertilización química (5 g planta⁻¹ de la fórmula 17-17-17 de N, P y K), sin aplicación (testigo) y fertilización química + “biol” (5 g planta⁻¹ de la fórmula 17-17-17 de N, P y K + 20 mL planta⁻¹). Dentro de estas parcelas se incluyeron parcelas medianas con y sin la aplicación de “biol” foliar (17 mL planta⁻¹) y dentro de estas últimas se manejaron parcelas chicas, con y sin aplicación de SAP (2 g planta⁻¹). Durante los 180 días de evaluación, se midió: altura de la planta, número de hojas, sanidad y vigor de la planta, color de hojas, área foliar y número de brotes. Los mejores tratamientos para todas las variables a los 180 días, fueron fertilización química y la combinación de “biol” + fertilizante químico. Las interacciones entre los tratamientos con fertilización química y la combinación de “biol” + fertilizante químico con aplicación foliar de “biol” mostró efectos para altura de planta, sanidad, número de hojas, área foliar, vigor y color. Para los tratamientos fertilización química y “biol” + fertilizante químico con aplicación de SAP mostraron diferencias estadísticas para número de hojas, área foliar y vigor de planta.

Palabras clave: ornamental tropical, fertilizante líquido fermentado, fertilización.

APPLICATION OF “BIOL”, MINERAL FERTILIZER AND POLYMER SUPERABSORBENT IN GROWTH OF *Heliconia psittacorum* cv. TROPICA

ABSTRACT

It was analyzed the effect produced by the “biol” applied via foliar and in soil, chemical fertilizer to soil and application of superabsorbent polymers (SAP) on the growth of *Heliconia psittacorum* cv. Tropica. It was used an array of randomized blocks design with subdivided plots (a x b x c) with four replicates, taking in large plots the application to the soil of “biol” (20 mL plant⁻¹), chemical fertilization (5 g plant⁻¹ of formula 17-17 – 17, N, P and K), application (control) and chemical fertilization + “biol” (5 g plant⁻¹ of formula 17-17 – 17, N, P and K + 20 mL plant⁻¹). Within these plots included medium-sized plots with and without the application of foliar “biol” (17 mL plant⁻¹) and within these latest plots, were handled with and without implementation of SAP (2 g plant⁻¹). During the 180 days of evaluation, was measured: height of the plant, number of leaves, health and plant vigour, color of leaves, leaf area and number of outbreaks. The combination of “biol” chemical fertilization + chemical fertilizer showed significant statistical differences ($p \leq 0.05$), for all of the evaluated variables, for the 180 days of evaluation. The interactions between the combination of “biol” and chemical fertilization treatments + chemical fertilizer with “biol” foliar showed positive effects for plant height, health, number of leaves, leaf area, vigor and color. The treatments of chemical fertilization and “biol” + chemical fertilizer with SAP application showed statistical differences for number of leaves, leaf area and plant vigour.

Keywords: tropical ornamental, fermented fertilizer liquid, fertilization.

2.1. INTRODUCCIÓN

Por sus colores brillantes y formas exóticas, las Heliconias son plantas ornamentales tropicales, cultivadas comercialmente para la producción de flores de corte, plantas en maceta y paisajes en interiores (Loges *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2009). Las regiones tropicales donde se desarrollan estas especies les brindan la abundancia de agua y los cambios de temperatura que determinan su frescura, durabilidad y el colorido de sus brácteas, que son los órganos más vistosos (Jerez, 2007; Sosa, 2013).

Los principales países productores de Heliconias para flor de corte se sitúan en Estados Unidos, Las Islas del Caribe y los países de Centroamérica. Sus principales mercados son Estados Unidos, Canadá y Europa (Criley, 1991). En México se cultivan principalmente en los estados del sureste que disponen de condiciones climáticas tropicales propicias para ello (Murguía *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2013).

Sin embargo, la importancia exótica y económica de esta especie, son afectadas por factores sociales, económicos, de comercialización y producción, este último, principalmente en la fertilización y abastecimiento de agua (Machado *et al.*, 2011). Dentro de los factores tecnológicos, la fertilización química y orgánica, intervienen en la producción de los cultivos, la nutrición en las Heliconias es uno de los aspectos más significativos para garantizar la emisión de inflorescencias (Sushma *et al.*, 2012), así para su calidad y resistencia a enfermedades (Castro *et al.*, 2007; Cerqueira *et al.*, 2008). Una dosis adecuada ayuda a generar períodos de aplicación de fertilizantes para una mayor producción y rendimiento en estas especies (Sushma *et al.*, 2012).

Los fertilizantes orgánicos contribuyen a la optimización del cultivo en el suelo (Albuquerque *et al.*, 2010; Myint *et al.*, 2010; Morteza *et al.*, 2011; Morteza *et al.*, 2011; John *et al.*, 2012; Koller *et al.*, 2014), como la adición de “biol”, que es un fertilizante líquido fermentado (Ricardo, 2001; Galindo *et al.*, 2007; Ubalua, 2007), puede ser utilizado como foliar y al suelo, ya que favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Ricardo, 2001; Ubalua, 2007; Galindo *et al.*, 2007).

Otro factor para complementar el cultivo de Heliconias es el riego, ya que puede ser un limitante en el crecimiento, producción y calidad, afectando a la duración de poscosecha de las flores (Fischer y Beiner 2005; Šarapatka *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2008). Considerando la importancia del agua, los polímeros superabsorbentes (SAP por sus siglas en inglés), se han utilizado para aumentar la retención de agua del suelo y espaciar las frecuencias de riego, además de absorber nutrientes orgánicos y minerales que aumentan el uso ecológico y eficiente de los fertilizantes (Šarapatka *et al.*, 2006; Ramos *et al.*, 2009; Qu *et al.*, 2010).

Con base en lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivo analizar el efecto producido por la fertilización foliar y al suelo de “biol” (fertilizante líquido fermentado), fertilización química al suelo y aplicación de polímeros superabsorbentes en el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica, buscando con este estudio generar información que permitiera hacer más eficiente el uso del agua y nutrientes con impacto económico y operativo más adecuado para los productores de Heliconia.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de febrero-agosto del 2015 en la localidad de Almagres, Municipio de Sayula de Alemán, Veracruz, que se encuentra entre las coordenadas 17° 80” latitud norte y 94° 91” longitud Oeste a una altura promedio de 40 msnm. Durante el desarrollo del cultivo se presentaron temperaturas en promedio de 32 °C.

El sustrato recolectado para el cultivo de Heliconia mostró las siguientes características; pH 6.47, CE 2.49 dS m⁻¹, MO 30.93%, N total 0.85%, N-NH₄ 17.2 mg kg⁻¹, N-NO₃ 8.7 mg kg⁻¹, P 59.69 mg kg⁻¹, K 1430 mg kg⁻¹, CIC 59.9 Cmol (+) kg⁻¹, densidad aparente 0.78 t m⁻³, CC 78.41%, textura franco-arcillo-arenoso. La cantidad de sustrato por maceta fue de 2.472 kg., en promedio.

Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas subdivididas (a x b x c) con cuatro repeticiones. Los factores fueron los siguientes: parcela grande: aplicación de “biol” al suelo, fertilización química al suelo, un testigo (sin aplicación al suelo) y fertilización química + “biol”

al suelo; parcela mediana: aplicación de “biol” foliar y sin aplicación; parcela chica: aplicación de SAP y sin aplicación. Estableciendo un rizoma por unidad experimental con un total de 64 plantas. Se elaboró el “biol” en un biodigestor artesanal de modelo batch o estacionario, de acuerdo con la metodología de Gomero (2005). Los insumos utilizados para el “biol” foliar fueron agua 58%, estiércol de bovino 22%, melaza de caña 5% y *Mucuna sp.* 15%; para el “biol” al suelo se utilizó agua 58%, estiércol de bovino 22%, melaza de caña 10% y pasta de soya 10%. El procedimiento de fermentación se llevó a cabo durante 60 días, en el Cuadro 6 se muestran las características de los dos tipos de “biol” obtenidas a través de análisis de laboratorio.

Cuadro 6. Características químicas de “biol” utilizados vía foliar y al suelo.

Característica	pH	CE dS m ⁻¹	MO %	N total mg L ⁻¹	N- NH4 mg L ⁻¹	N-NO3 mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	Ca mg L ⁻¹	Mg mg L ⁻¹
“Biol” foliar	3.7	10.8	3.7	974	40.3	233.2	12.9	39.6	481	432.5
“Biol” suelo	3.8	16.4	9.9	162	40.3	555.9	24.5	120.6	1001 .4	625.7

La siembra se llevó a cabo en macetas con un tamaño de 22 x 20 x 17 cm, se cosecharon los rizomas y se realizó un corte al pseudotallo para dejarlo a una longitud de 20 cm, se eliminaron raíces muy largas y muertas, finalmente se sumergió el rizoma en una solución de captán (1 g L⁻¹) en la parte basal y donde se realizó el corte. En cada maceta se colocó un rizoma en el centro, a una profundidad de 5 cm.

Se aplicó el “biol” al suelo 20 ml planta⁻¹ y se realizaron cinco aplicaciones a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra (DDS) Se aplicó “biol” foliar 17 ml planta⁻¹, se realizaron cuatro aplicaciones a los 60, 90, 120 y 150 DDS, utilizando una bomba de mochila.

Se utilizó el producto comercial de polímeros superabsorbentes (silos de agua[®]), 2 g planta⁻¹, realizando una sola aplicación al momento de la siembra, a una distancia de 10 cm de la planta y enterrado a una profundidad de 10 cm. Se hicieron riegos cada tres días en todos los tratamientos hasta el periodo de adaptación del cultivo (primeros dos meses) posteriormente se realizaron los riegos correspondientes a capacidad de campo (70%).

Se aplicó una cantidad de 5 g planta⁻¹ de fertilizante químico por maceta de la fórmula comercial 17-17-17 de N, P, K, se efectuaron tres aplicaciones: al momento de la siembra, a los dos meses y al cuarto mes después de la siembra.

Se realizaron tres aplicaciones de biogib[®] (giberelina) en todos los tratamientos a partir del quinto mes (150 días) cada 15 días, con la finalidad de inducir la floración. Para el control de plagas se utilizó el insecticida de ingrediente activo metomil (90%).

Se midió la altura de la planta, sanidad, vigor, color, número de hojas, área foliar, número de brotes. La sanidad se determinó con una escala cualitativa con rangos del 1-5, donde 1, es el 100% o muy mala sanidad de planta y 5 es el 0% o muy buena sanidad de planta. El vigor de planta se determinó una escala cualitativa con rangos del 1-5; donde 1 es la planta menos vigorosa y 5 es planta muy vigorosa. El color de planta se midió con base a la tabla de colores Munsell[®], se determinó una escala de 1 para amarillo, 2 verde amarillo, 3 verde y 4 muy verde; considerando el apartado 2.5 GY (green-yellow). Estas variables medidas a los 60, 90, 120, 150 y 180 DDS. Para determinar el área foliar se determinó a los 90, 150 y 180 DDS, se midió el largo y ancho de la hoja más alta de una planta, lo cual el resultado de lo largo y ancho se multiplicó por 0.75. Finalmente se contó el número de brotes por mata a los 180 DDS.

Los análisis estadísticos de las variables de estudio se realizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 9.4., para Windows con pruebas de media con Tukey, $\alpha=0.05$ de probabilidad. A las variables medidas en porcentajes y escalas, se les efectuaron transformaciones de raíz cuadrada.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron los análisis estadísticos de siete variables medidas en cinco muestreos, a través de las cuales se determinó la significancia de los efectos individuales (fertilización al suelo, fertilización foliar y aplicación de SAP), así como de sus interacciones, los resultados de los análisis de varianza, así como de las pruebas de comparación de medias con Tukey ($p < 0.05$), se presentan a continuación.

Factor fertilización al suelo

Este factor fue altamente significativo ($p \leq 0.01$) para las variables altura de planta, sanidad, color y vigor en todos los muestreos, así como para área foliar y número de hojas en el penúltimo muestreo. De acuerdo con la comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.01$), se encontró lo siguiente. Para la variable altura de planta, color, vigor y sanidad, los tratamientos con el mejor comportamiento a través de los diferentes muestreos, fueron la aplicación de fertilizante químico al suelo y biol + fertilizante químico, con alturas finales de 171 cm y 194.29 cm respectivamente. Las escalas de sanidad, color y vigor estuvieron al final del estudio en valores altos de 4 para las tres variables, lo cual contrastó con los tratamientos testigo y sólo biol que tuvieron valores de tres (Figura 1).

Sushma *et al.* (2012) reportan un valor de 156 cm en *Heliconia psittacorum* cv Golden Torch, valores que difieren a los encontrados en este estudio. El mayor crecimiento, debido a la combinación de nutrientes; químicos y orgánicos, puede estar en función de los principales nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S y Zn) en el metabolismo de *Heliconia psittacorum* cv. Trópica, en particular en la elongación y la multiplicación celular (Clemens y Morton, 1999; Ferreira y Oliveira, 2003; Girish, 2006; Matos *et al.*, 2014).

Es importante señalar que durante el experimento se utilizó la cantidad de fertilizante químico de 15 g, lo cual probablemente fue una dosis baja, ya que a diferencia de Matos *et al.* (2014), algunos autores como Albuquerque *et al.* (2010), aplican cantidades hasta 600 g m², razón que puede atribuirse a la nula emisión de las inflorescencias en este estudio.

El mejor resultado de esta combinación se explica por el efecto en el corto plazo del fertilizante químico y el complemento en el mediano plazo del fertilizante orgánico “biol”, además del suministro de micronutrientes de este último, como lo sugiere Matos *et al.* (2014).

En relación con las variables de área foliar y número de hojas, se tuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las etapas de máximo desarrollo foliar (90 a 150 días), sobresaliendo el tratamiento de fertilización química al suelo. Es importante señalar que al final del estudio todos los tratamientos registraron valores similares de área foliar.

Ribeiro *et al.* (2015), reportan en área foliar 299 cm² con aplicación de N, P, K, Ca, Mg, S, estos valores también fueron inferiores y difieren a los encontrados en esta investigación. Lo anterior se explica de acuerdo a Farias *et al.* (2012), quienes mencionan que un balance adecuado de los nutrimentos N, P y K de la fertilización química estimulan el dosel vegetal, el área de la hoja, aumentando la intercepción de radiación solar y fotosíntesis, lo que resulta en mayor crecimiento. Considerando que este proceso puede manifestar su efecto en sanidad de los cultivos y resistencia a enfermedades, como lo mencionan Castro *et al.* (2007) y Cerqueira *et al.* (2008).

Cabe mencionar que para número de hojas se obtuvieron un promedio de cinco para todos los tratamientos hasta los 180 días y algunos autores como Farias (2004) y Albuquerque *et al.* (2010), mencionan que la emisión de la flor es a partir de la quinta hoja para el caso de *H. psittacorum* Golden Torch. De acuerdo con Sosa (2013), el periodo de floración comienza dependiendo de la especie, las más rápidas como *H. psittacorum* tardan desde el momento de la plantación hasta seis meses en producir sus primeras flores.

En el presente estudio se utilizó la misma especie, con un cultivar distinto, sin embargo no se reflejó el proceso de floración a los seis meses de crecimiento de la planta, a pesar de que se utilizó giberelina para inducir en menor tiempo la época de floración, lo anterior provocó en las plantas alargamiento de tallo y hojas, tal como lo indican Treder *et al.* (1999), en *Cyclamen* L., Khan y Tewari, (2003) en *Dahlias* y *Tulipa* L., con un aumento en la altura sin la aparición de inflorescencias, después de la aplicación de giberelinas (Ácido Giberelico GA₃).

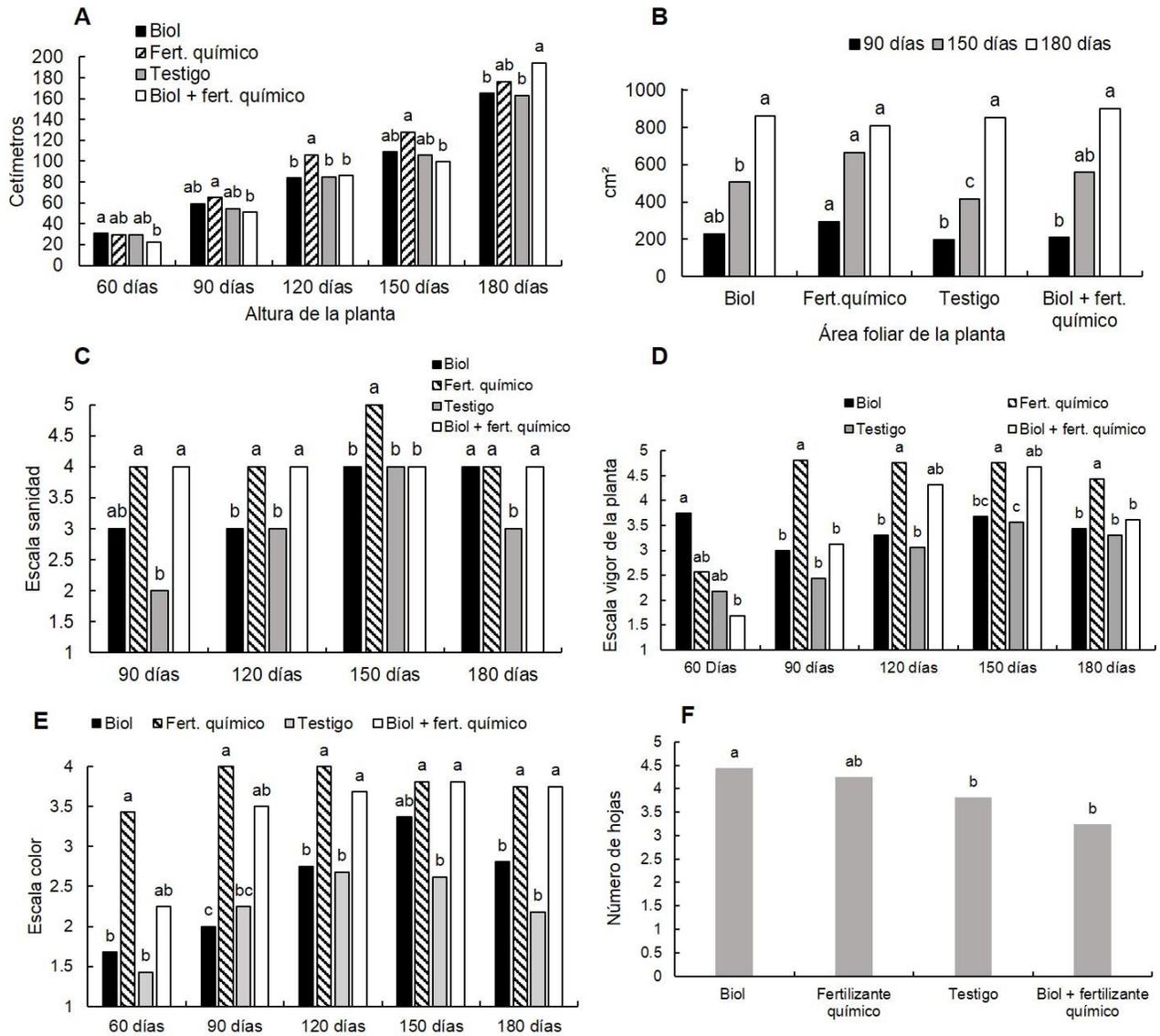


Figura 2. Tratamientos con fertilización al suelo para las variables altura de la planta (A), área foliar (B), sanidad de planta (C), vigor de planta (D), color de planta (E) y número de hojas a los 90 días (F). Tukey $\alpha= 0.95$ de probabilidad, valores con letra diferente muestran diferencias significativas.

Principales interacciones entre tratamientos

Interacción fertilización al suelo con aplicación foliar

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las interacciones entre los tratamientos al suelo: “biol” + fertilizante químico, “biol” y fertilizante químico, con aplicación foliar respectivamente, para las variables altura de planta y sanidad 180 DDS, color y vigor a los 120 y 150 DDS: Con respecto al número de hojas las diferencias se presentaron a los 60 días, sobresaliendo el tratamiento testigo con aplicación foliar; por otra parte el área foliar mostró el valor más alto a los 90 días, destacándose el tratamiento de fertilización química al suelo más aplicación foliar (Figura 3).

El tratamiento aplicación de “biol” foliar utilizado presenta un pH de 3.74, considerado como ácido, las soluciones de pH ácido favorecen la absorción de fósforo y esta absorción es mayor con el ión acompañante Na^+ y NH_4^+ (Reed y Tukey, 1978). Las cantidades de fósforo y NH_4^+ obtenidas en “biol” foliar utilizado, pueden considerarse altas, favoreciendo el color que se vio reflejado en las hojas de Heliconia. Así se comprueba que la insuficiencia de un nutriente puede causar irregularidades visibles, característico de cada elemento (Malavolta, 2006).

La aplicación foliar de biol tuvo efecto positivo a los 90 días, lo cual se podría explicar en función de que la hoja por ser el órgano de la planta más importante para el aprovechamiento de los nutrimentos aplicados por aspersión (Tisdale *et al.*, 1985); considerándose que la fertilización foliar corrige algunas deficiencias nutricionales de las plantas, en este caso, se supone que las cantidades de nutrientes presentes en el biol foliar, provocaron un efecto en los primeras fases de crecimiento con la aparición de las primeras hojas, permitiendo la incorporación inmediata de los elementos esenciales en los metabolitos que se generan en el proceso de fotosíntesis (Trinidad y Aguilar, 1999). Por lo que He *et al.* (2006), reportan que con el aumento en el ángulo de la hoja, se logra un aumento de la eficiencia fotoquímica.

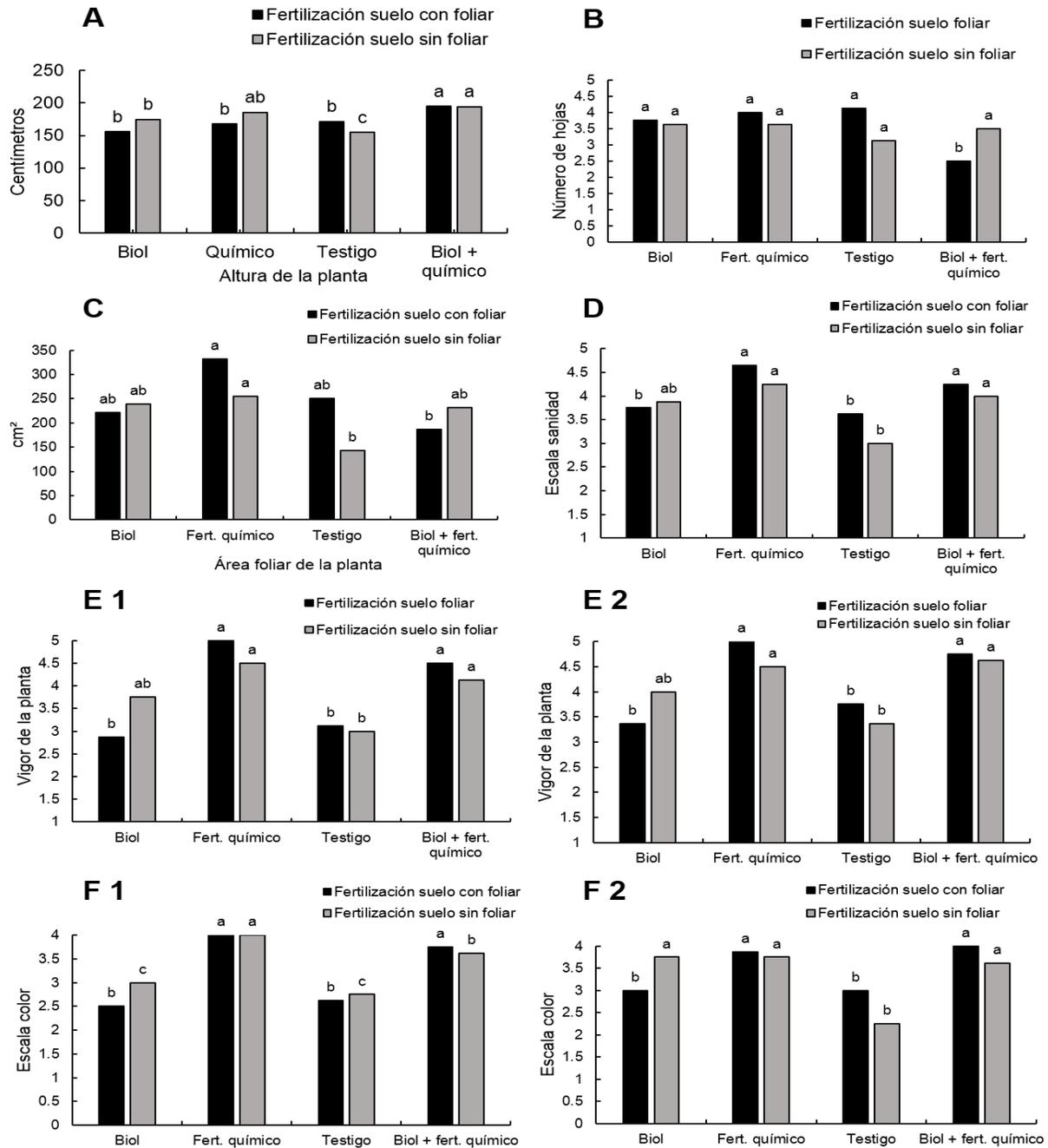


Figura 3. Interacción de la fertilización al suelo con aplicación foliar de “biol” para las variables altura de la planta (A), número de hojas (B), área foliar (C), sanidad de planta (D), vigor de planta 120 días (E 1), vigor de planta 150 días (E 2), color de planta 120 días (F 1), color de planta 150 días (F 2). Tukey $\alpha= 0.95$ de probabilidad, valores con letra diferente muestran diferencias significativas.

Interacción fertilización al suelo con aplicación de SAP

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), para las interacciones de los tratamientos al suelo; fertilizante químico, “biol” + fertilizante químico, “biol” y testigo, con y sin aplicación de SAP para las variables número de hojas a los 60 días y área foliar a los 90 días, para vigor de planta se tuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) a los 90 y 120 días (Figura 4).

Es importante indicar que durante el desarrollo del cultivo se presentaron temperaturas en promedio de 32 °C, las cuales se consideran altas para las Heliconias como lo reporta Jerez (2007), Murguía *et al.* (2007), Sosa (2013), quienes indican que la temperatura óptima para su desarrollo es de 28 °C, pudiendo tolerar entre 25 y 32 °C. La observación anterior pone de manifiesto que las altas temperaturas estuvieron asociadas a una mayor cantidad de riegos, por una mayor demanda de humedad por el cultivo, ya que se tuvieron que aplicar nueve riegos que complementaron las lluvias registradas durante el estudio, razón que justifica el nulo efecto cuando se aplicó SAP, el cual no logró ampliar más los espacios entre riegos. Díaz *et al.* (2008) mencionan que es necesaria una dosis de riego de 2 a 5 L m² día⁻¹ en Heliconias, según estado del cultivo y época del año.

Al no encontrar efectos importantes del SAP, se estima que los requerimientos marcados por Díaz *et al.* (2008) fueron cubiertos con el SAP y las lluvias, ya que de acuerdo con Prieto *et al.* (2004), al evaluar el estrés hídrico en el crecimiento de plantas de *P. engelmannii*, en el tratamiento sin restricción de humedad las tasas de crecimiento fueron mayores que aquellas sometidas a estrés. Así mismo, algo relevante que se puede señalar, son los resultados de Maldonado *et al.* (2011), quienes encontraron que las aplicaciones de SAP con 2 y 4 g L⁻¹, pero con sustratos que almacenan mucha humedad, tuvieron los mejores resultados.

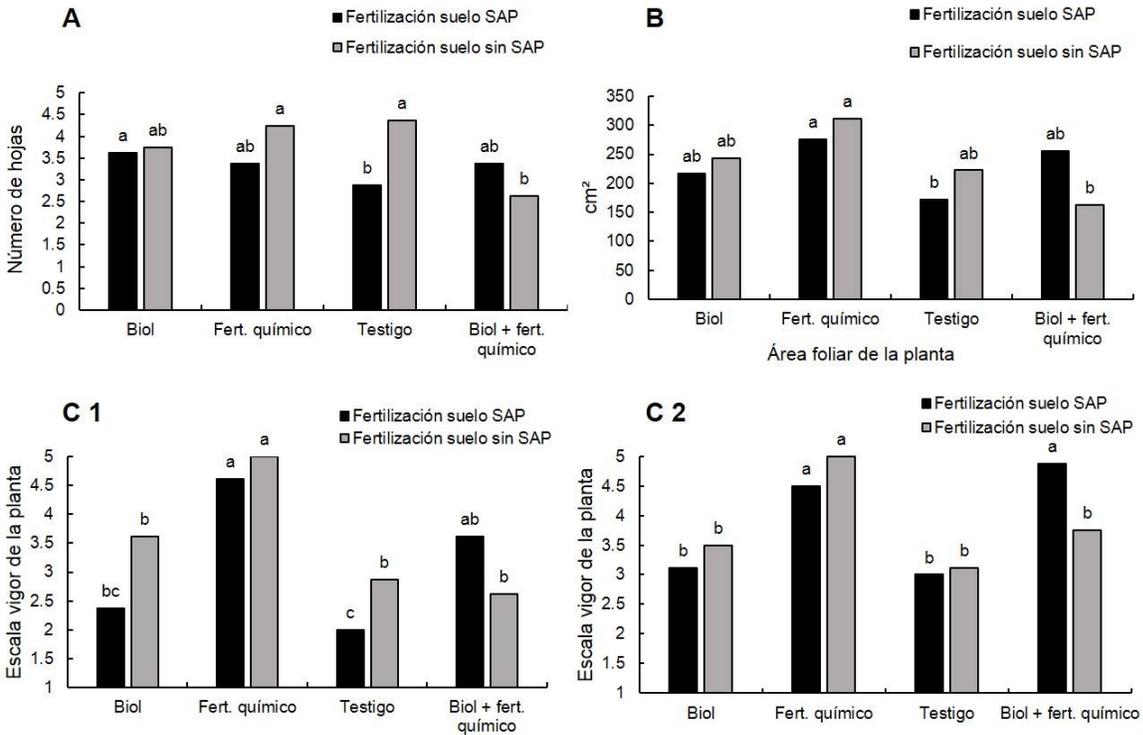


Figura 4. Interacción de los tratamientos de la fertilización al suelo con aplicación de SAP para las variables número de hojas (A), área foliar (B), vigor de planta 90 días (C 1), vigor de planta 120 días (C 2). Tukey $\alpha= 0.95$ de probabilidad, valores con letra diferente muestran diferencias significativas.

Interacción de la fertilización al suelo + aplicación foliar + aplicación de SAP a los 180 días

Para altura de la planta, se mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), para las interacciones de la combinación de “biol” + fertilizante químico sin foliar con SAP y “biol” + fertilizante químico con foliar sin SAP a los 180 DDS (Figura 5). Estos resultados coinciden con Albuquerque *et al.* (2010), quienes indican que la fertilización química y orgánica en conjunto provocan buenos resultados en los cultivos y su complemento con fertilización foliar ayuda a corregir deficiencias de microelementos (Kolota y Osinska, 2001), estos último complementados con el SAP, satisfacen las necesidades hídricas de las plantas como lo mencionan Hüttermann *et al.* (1999) y Rojas *et al.* (2006), quienes encontraron una mejor respuesta en altura de planta.

Es importante señalar que el no aplicar SAP tiene un gran valor, ya que si se toman en cuenta sus altos costos, es mejor recurrir al uso de sustratos con altos niveles de materia orgánica o que

retengan humedad, lo cual repercutirá en una mayor cantidad de agua almacenada y una disminución de riegos. Lo anterior coincide con Santos *et al.* (2006) y Albuquerque *et al.* (2010) quienes recomiendan en *Heliconia bihai* y en *Heliconia Golden torch* sustratos ricos en materia orgánica.

Para número de brotes, la interacción con los mejores resultados fue la fertilización química con foliar con SAP (Figura 5). Estos resultados demuestran que el “biol” foliar favoreció el número de brotes, además de que el SAP en colaboración con el tipo de sustrato utilizado con alto valor de materia orgánica, mostró retener más el agua de riego (Rojas *et al.*, 2006), El resultado encontrado supone que los nutrientes del fertilizante químico y orgánico disponibles en el sustrato, fueron atrapados por el polímero (Ramos *et al.*, 2009). Por tal motivo la aplicación de los polímeros pueden reducir de manera significativa las frecuencias de riego (Abedi *et al.*, 2008) y dejar disponibles los nutrientes cuando la planta los necesite, mismos que por lixiviación o lavado, a causa del riego frecuente, las deficiencias de N y P pueden afectar el número brotes con mayor intensidad (Ribeiro *et al.*, 2015).

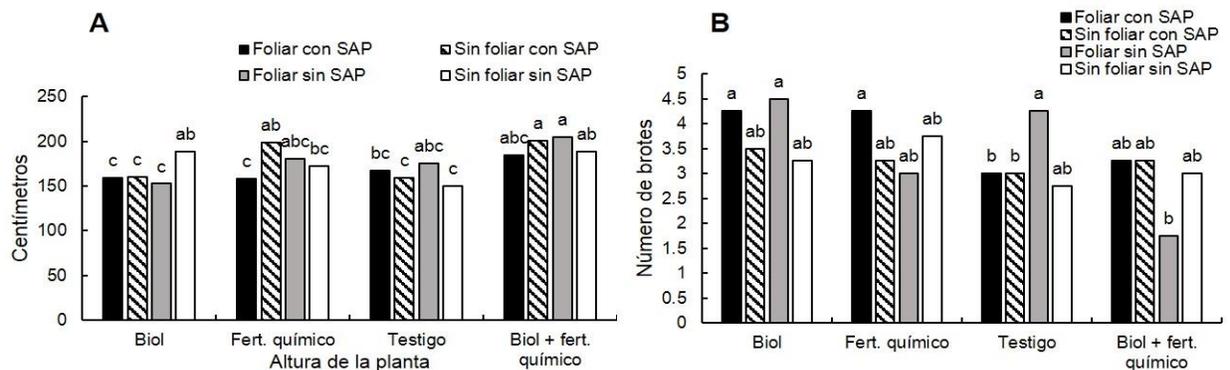


Figura 5. Interacción de los tratamientos de la fertilización al suelo con aplicación foliar y aplicación de SAP para las variables altura de planta (A) y número de brotes (B). Tukey $\alpha = 0.95$ de probabilidad, valores con letra diferente muestran diferencias significativas.

2.4. CONCLUSIONES

Los tratamientos: fertilizante químico con 5 g planta⁻¹ (de la fórmula 17-17-17 de N-P-K) y la combinación de “biol” 20 ml planta⁻¹ + fertilizante químico con 5 g (de la fórmula 17-17-17 de N-P-K) aplicados al suelo mostraron efecto significativo para las variables altura, número de hojas, área foliar, número de brotes, sanidad vigor y color de la planta.

Las aplicaciones de biol foliar (17 ml planta⁻¹), combinados con biol + fertilizante químico al suelo, tuvieron los mejores resultados para las variables altura de planta y sanidad, número de hojas, área foliar, vigor y color.

Los tratamientos con fertilizante químico, “biol” + fertilizante químico, “biol” y testigo, con 2 g planta⁻¹ de SAP y sin aplicación de SAP mostraron mejores resultados para las variables número de hojas, área foliar y vigor de planta.

El tratamiento de fertilización química al suelo con la aplicación de SAP, sin foliar, registró el valor más alto en cuanto a número de brotes.

Se considera la necesidad de la combinación de fertilizantes orgánicos y minerales, así como también la complementación de fertilizantes foliares; en este caso el “biol”, para una mejor producción de Heliconias, teniendo en cuenta las bondades de los biofertilizantes en el proceso de producción.

2.5. LITERATURA CITADA

- Abedi K.J., Saeid E.S., Asad K.J. 2008. Enhancing the available watercontent in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth índices. *Ecohydrology and Hidrobiology*. 8(1): 67-75.
- Akhter J., Mahmood K., Malik K.A., Mardan A., Ahmad M., Iqbal M.M., 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environmental*. 50(10): 463-469.
- Albuquerque A.W., Rocha E.S., Costa J.V., Farias A.P., Bastos A.L. 2010. Produção de helicônia Golden Torch influenciada pela adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 14: 1052-1058.
- Carvalho J.S.B., Martins J.D.L., Ulisses C., Silva W.L. 2012. Adubação orgânica, mineral e organomineral e sua influência no crescimento da helicônia em Garanhuns-PE. *Horticultura Brasileira*. 30: 579-583.
- Castro A.C.R., Loges V., Costa A.S., Castro M.F.A., Aragão F.A.S., Willadino L.G. 2007. Hastes florais de helicônia sob deficiência de macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42: 1299-1306.
- Cerqueira L.L., Fadigas F.S., Pereira F., Gloaguen T.V., Costa J.A. 2008. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladiolus hortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 12: 606-613.
- Clemens J and Morton RH 1999. Optimizing mineral nutrition for flower production in heliconia using response surface methodology. *Journal of American Society of Horticultural Sciences*. 124(6): 713-718.
- Costa A.S., Loges V., Castro A.C.R., Verona A.L., Pessoa C.O., Santos V.F. 2006. Perfilhamento e expansão de touceiras de helicônias. *Horticultura Brasileira*. 24: 460-463.
- Criley, R. A. 1991. Commercial Production of Heliconias. En: "Heliconia: An Identification Guide". Smithsonian Institution Press, Washington. (F. Berry and W. J. Kress, ed.): 321-330.

- Díaz, M. A. Mansito, P. Pérez-Díaz, M. Cid, M. C. y Socorro, A. R., 2008. Efecto de las dosis de riego, aplicadas según demanda, en cultivo sin suelo de heliconia. I Simposio Iberoamericano- IV Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental. Pontevedra, España. 300-305.
- Farias A.P., Albuquerque A.W., Moura F.G. & Reis S.L. 2013. Produtividade da Heliconia psittacorum x Heliconia pathocircinada cv. Golden Torch sob diferentes fontes de adubação orgânica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 17(7): 713–720.
- Ferreira L.B. and Oliveira S.A. 2003. Study of fertilization NPK in the growth variable and inflorescences productivity of Heliconia sp. Revista Brasileira de Horticulture Ornamental. 9(2): 121-127.
- Fischer R.A. & Beiner C.D. 2005. Assessing the effect of hydrophilic soil amendments on riparian plant survival in arid and semi-arid environments. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 80: 667-675. www.witpress.com, ISSN 1743-3541 (on-line).
- Galindo A., Jerónimo C., Spaans E., Weil M. 2007. Los abonos líquidos fermentados y su efectividad en plántulas de papaya (*Carica papaya* L.). Tierra Tropical. 3(1): 1-6.
- Girish J 2006. Effect of growing conditions, spacing and nutrition on growth, flowering and flower yield of heliconia (*Heliconia* sp). MSc (Hort.) thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad, Karnataka, India.
- He J., Lay Pheng Tan & Chong Jin Goh. 2000. Alleviation of photoinhibition in heliconia grown under tropical natural conditions after release from nutrient stress. Journal of Plant Nutrition. 23(2): 181-196.
- Hernández-Meneses E., López-Peralta M.C.G. y Estrada-Luna A.A. 2013. Callogenesis de *Heliconia collinsiana* GRIGGS in vitro: establecimiento, inducción y proliferación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4(8): 1175-1186.
- Ibiapaba M.V.B., Luz J.M.Q., Innecco R. 2000. Avaliação do espaçamento de plantio de *Heliconia psittacorum* L., cultivares Sassy e Andrômeda. Ciênc. Agrotec. 24: 181-186.
- Jerez, E. 2007. El cultivo de las Heliconias. Cultivos Tropicales, Instituto nacional de Ciencias Tropicales 28(1): 29-35.
- Khan FU, Tewari GN. 2003. Effect of growth regulators on growth and flowering of dahlia (*Dahlia variabilis* L.). Indian Journal Horticulturae, Bangalore. 2(60): 192-194.

- Koller M., R. Koch and B. Degen. 2014. Fertilisation Strategies in Organic Ornamental Plants. Proc. IInd IS on Organic Greenhouse Horticulture Eds.: M. Dorais and S.D. Bishop Acta Horticulture. 1041, ISHS.
- Kolota, E., Osinska, M. 2001. Efficiency of foliar nutrition of field vegetables grown at different nitrogen rates. Acta Horticulturae. 563: 87-91.
- Kun-Zhi Li, Tatsuya Inamura & Mikio Umeda. 2003. Growth and nitrogen uptake of paddy rice as influenced by fermented manure liquid and squeezed manure liquid. Soil Science and Plant Nutrition. 49(3): 463-467.
- Machado Neto A.D.S., Janie M. J., Niraldo J.P. 2011. Economía en la producción de heliconias en el estado de río de janeiro. Ciencia Rural, Santa María. 41: 1858-1863.
- Maldonado-Benítez K. R., Aldrete A., López-Upton J., Vaquera-Huerta H., Cetina-Alcalá V.M. 2011. Producción de pinus greggii engelm en mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. Agrociencia. 45: 389-398.
- Matos V.I.J., Ferreira R.E., Almeida S.S.D., Poliana D.S.S., Oliveira C.H.E., Ferreira O. N.C., Fragoso M.L.I., Lima D.S.R.T., De Cinque M.D. y Shigueru O.R. 2014. Crecimiento y síntomas visuales de deficiencia de macronutrientes y zinc en Heliconia psittacorum cv. Antorcha de Oro. Journal Food, Agriculture and Environment (JFAE). 12(1): 169-173.
- Munsell® Color Charts for Plant Tissues. Gretag Macbeth LLC. 617 Little Britain Road. New Windsor, New York 12553-6148.
- Murguía, G. J., Lee, H. E. y Landero, T. I. 2007. La horticultura ornamental en el estado de Veracruz, México. Actas de Horticultura. 48: 485-488.
- Myint, A. K., Yamakawa, T., Kajihara, Y. & Zenmyo, T. 2010. Application of different organic and mineral fertilizers on the growth, yield and nutrient accumulation of rice in a japanese ordinary paddy field. Science World Journal. 5(2): 47-54. www.scienceworldjournal.org ISSN 1597-6343.
- Ndubuaku, U. M., Imegwu, C. N. and Ndubuaku, N.E. 2014. Nutrient compositions of liquid and solid fractions of organic waste fermentation and the influence on growth and yield of okra. International Journal of Development Research. 4(9): 1909-1914.
- Prieto R., J.A., E. H. Cornejo O., J. de J. Návar C., J.G. Marmo-lejo M., y J. Jiménez P. 2004. Estrés hídrico en Pinus engelmannii Carr., producido en vivero. Invest. Agrar. Sist. Recur. Fores. 13(3): 443-451.

- Qu G., De Varennes A. and Cunha-Queda C. 2010. Use of Insoluble Polyacrylate Polymers to Aid Phytostabilization of Mine Soils: Effects on Plant Growth and Soil Characteristics. *J. Environ. Qual.* 39: 168–175.
- Ramos González, R., K. Velázquez Manzano, P., De la Rosa Loera, M.A., Valdez Flores, E.P., Segura Ceniceros. 2009. Atrapamiento de sustancias húmicas en hidrogeles de gelatina con aplicación en agricultura. *Ciencia cierta.* 20.
<http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC20/CC20hidrogeles.html>.
- Reed, D.W. y H.B. Tukey, Jr. 1978. Effect of pH on foliar absorption of phosphorus compounds by chrysanthemum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 337-340.
- Ribeiro D.C.A.C., Gomes W.L., Loges V., Arruda D.C.M.F. e Souza D.A.F.A. 2015. La deficiencia de macronutrientes en *Heliconia psittacorum* x *Heliconia spathocircinata* 'Oro Torch'. *Revista Ciência Agronômica.* 46(2): 258-265.
- Ricardo O. Russo. 2001. Organic Foliar Fertilizer Prepared from Fermented Fruits on Growth of *Vochysia guatemalensis* in the Costa Rican Humid Tropics. *Journal of Sustainable Agriculture.* 18(2-3): 161-166. DOI: 10.1300/ J064v18n02_12.
- Rojas B., M., Ramírez., R., Aguilera., J., L., Prin y C. Torres 2006. Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. *Aplicaciones de los hidrogeles.* 7(3): 7.
- Santos B.A., Lombera R. and Benitez-Malvido J. 2009. New records of *Heliconia* (Heliconiaceae) for the region of Chajul, Southern Mexico, and their potential use in biodiversity-friendly cropping systems. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 80: 857- 860.
- Santos M.R.A., Timbó A.L.O., Carvalho A.C.P.P., Morais J.P.S. 2006. Estudo de adubos e substratos orgânicos no desenvolvimento de mudas micropropagadas de helicônia. *Horticultura Brasileira.* 24(3): 273-278.
- Šarapatka B., Rak L., Bubeníková I. 2006. The effect of hydroabsorbent on selected soil biological and biochemical characteristics and its possible use in revitalization. *Ekológia (Bratislava).* 25(4): 422–429.
- Sosa Rodríguez F.M. 2013. Cultivo del género *Heliconia*. *Cultivos Tropicales.* 34: 24-32.
- Sushma H. E., B. S. Reddy, B. S. Kulkarni and C. P. Patil. 2012. Effect of spacing and inorganic nutrients on growth, flowering and nutrient status in heliconia (*Heliconia* sp.). *Journal Agriculture Science.* 25(4): 485-487.

- Tisdale, S.W., W.L. Nelson y J.D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. MacMillan Publishing Co. New York, NY. USA.
- Treder J, Matysiak B, Nowak J. 1999. The effect of gibberellic acid on growth and flowering of *Cyclamen persicum* Mill. *Folia Horticulturae*, Kraków. 2(11): 81-86.
- Trinidad S. A. y Aguilar M. D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Revista Terra*. 17(3): 248-255.
- Ubalua A. O. 2007. Cassava wastes: treatment options and value addition alternatives. *African Journal of Biotechnology*. 6(18): 2065-2073.
- Walsh J.J., D.L. Jones, G. Edwards-Jones, and A.P. Williams. 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*. 175: 840–845.
- Walter Borges de Oliveira S.V., A.B. Leoneti, G.M. Magrini Caldo, M.M. Borges de Oliveira. 2011. Generation of bioenergy and biofertilizer on a sustainable rural property. *Biomass and Bioenergy*. 35: 2608-2618.