

Application of biol, inorganic fertilizer and superabsorbent polymers in the growth of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica)

Aplicación de biol, fertilizante inorgánico y polímeros superabsorbentes en el crecimiento de heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica)

Ariadna Linares-Gabriel¹; Catalino Jorge López-Collado^{1*};
Carlos Alberto Tinoco-Alfaro³; Joel Velasco-Velasco²; Gustavo López-Romero¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera federal Xalapa-Veracruz km 88.5, Veracruz, México, C. P. 91700, MÉXICO. cjlc2000@hotmail.com, tel. 229 10 97 118 (*Corresponding author)

²Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera federal Córdoba-Veracruz km 348, Córdoba, México, C. P. 94946, MÉXICO.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIR Golfo Centro, C. E. Cotaxtla, C. P. 94270, MÉXICO.

Abstract

Heliconias are grown for production of cut flowers, potted plants and indoor landscapes; however, they are affected by inadequate fertilization and poor water supply. The aim of this research was to analyze the effect produced by foliar and soil fertilization with biol, soil chemical fertilization and application of superabsorbent polymers (SAP) on the growth of heliconia. A randomized complete block design with a split-plot arrangement (A x B x C) and four replicates was used: A) application of biol to the soil (20 mL·plant⁻¹), chemical fertilization (5 g·plant⁻¹ of 17-17-17 [N, P and K]), without application (control) and chemical fertilization + biol (5 g·plant⁻¹ of 17-17-17 + 20 mL·plant⁻¹, respectively); B) with and without the application of foliar biol (17 mL·plant⁻¹) and C) with and without application of SAP (2 g·plant⁻¹). During 180 days of evaluation, variables measured were: plant height, vigor, color, number of leaves, health, leaf area and number of shoots. The best treatments were chemical fertilization and the biol + chemical fertilizer combination. The interaction of these treatments showed the best values in plant height, health, number of leaves, leaf area, vigor and color. The chemical fertilization and biol + chemical fertilizer with SAP application treatments showed statistical differences in number of leaves, leaf area and vigor. Biol use showed significant differences, so it is suggested as a complement in heliconia fertilization. In addition, the use of substrates with a high level of organic matter is recommended as an alternative for water retention.

Keywords: tropical ornamental, fermented liquid fertilizer, fertilization, nutrition.

Resumen

Las heliconias son cultivadas para producción de flores de corte, plantas en macetas y paisajes en interiores; sin embargo, son afectadas por la fertilización inadecuada y el abastecimiento deficiente de agua. El objetivo de esta investigación fue analizar el efecto producido por la fertilización foliar y al suelo con biol, fertilización química al suelo y aplicación de polímeros superabsorbentes (SAP) en el crecimiento de heliconia. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subdivididas (A x B x C) con cuatro repeticiones: A) aplicación de biol al suelo (20 mL·planta⁻¹), fertilización química (5 g·planta⁻¹ de 17-17-17 [N, P y K]), sin aplicación (testigo) y fertilización química + biol (5 g·planta⁻¹ de 17-17-17 + 20 mL·planta⁻¹, respectivamente); B) con y sin la aplicación de biol foliar (17 mL·planta⁻¹) y C) con y sin aplicación de SAP (2 g·planta⁻¹). Durante 180 días de evaluación se midió: altura de planta, vigor, color, número de hojas, sanidad, área foliar y número de brotes. Los mejores tratamientos fueron la fertilización química y la combinación de biol + fertilizante químico. En la interacción los mejores tratamientos fueron 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 en número de hojas, área foliar y vigor. El uso de biol mostró diferencias significativas, por lo que se sugiere como complemento en la fertilización de heliconia, además del uso de sustratos con nivel alto de materia orgánica como alternativa para la retención de agua.

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



Introduction

Heliconias are tropical ornamental plants grown at temperatures of 18 to 34 °C (Jerez, 2007). They are cultivated commercially for the production of cut flowers, potted plants and indoor landscapes (Ribeiro-de Castro et al., 2007; Santos, Lombera, & Benitez-Malvido, 2009). The main producers of heliconias for cut flowers are the United States, the Caribbean Islands and South American countries such as Colombia, Brazil, Ecuador, etc. Major markets are the United States, Canada and Europe (Criley, 1991). In Colombia, for example, the commercial value per floral stem is from \$1.15 to \$1.90 USD (Aranda, Bello, & Montoya, 2007). In Mexico they are cultivated mainly in south-southeast states like Chiapas and Veracruz, due to their climatic conditions (Hernández-Meneses, López-Peralta, & Estrada-Luna, 2013; Murguía-González, Lee-Espinosa, & Landero-Torres, 2007).

The exotic and economic importance of heliconias is affected by various social, economic, marketing and production factors. Heliconia production is adversely affected by inadequate fertilization and poor water supply (Andreza-da Silva, Janie-Mendes, & Niraldo-José, 2011). Among the technological factors, chemical and organic fertilization is used in the production and nutrition of heliconias, since it is one of the most significant elements for ensuring inflorescence (Sushma, Reddy, Kulkarni, & Patil, 2012), in addition to quality and disease resistance (Cerqueira, Fadigas, Pereira, Gloaguen, & Costa, 2008; Ribeiro-de Castro et al., 2007). The proper fertilization dose helps to generate higher yield and performance in this species (Sushma et al., 2012).

Organic fertilizers help optimize crop growth and development (Albuquerque, Rocha, Costa, Farias, & Bastos, 2010; Koller, Koch, & Degen, 2014; Myint, Yamakawa, Kajihara, & Zenmyo, 2010), such as biol (fermented liquid fertilizer), which can be applied to the leaves or soil (Galindo, Jerónimo, Spaans, & Weil, 2007; Russoa, 2001; Ubalua, 2007).

Irrigation can be a limiting factor for the growth, production and quality of heliconias, affecting their useful life (Díaz, Mansito, Pérez-Díaz, Cid, & Socorro, 2008; Fischer & Beiner, 2005; Šarapatka, Rak, & Bubenikova, 2006). Considering the importance of water, superabsorbent polymers (SAPs) have been used to increase soil water retention and space out irrigation frequencies; they also help to absorb organic nutrients and minerals that increase the ecological use and efficiency of fertilizers (Qu, de Varennes, & Cunha-Queda, 2010; Ramos-González, Velázquez-Manzano, de la Rosa-Loera, Valdés-Flores, & Segura-Ceniceros, 2009; Šarapatka et al., 2006).

Introducción

Las heliconias son plantas ornamentales tropicales desarrolladas a temperaturas de 18 a 34 °C (Jerez, 2007). Son cultivadas comercialmente para la producción de flores de corte, plantas en maceta y paisajes en interiores (Ribeiro-de Castro et al., 2007; Santos, Lombera, & Benitez-Malvido, 2009). Los principales productores de heliconias para flor de corte son Estados Unidos, las Islas del Caribe, Colombia, Brasil y Ecuador, entre otros. Los mercados importantes son Estados Unidos, Canadá y Europa (Criley, 1991). En Colombia, por ejemplo, el valor comercial por tallo floral es desde \$1.15 hasta \$1.90 USD (Aranda, Bello, & Montoya, 2007). En México se cultivan principalmente en estados del sur-sureste como Chiapas y Veracruz; esto debido a sus condiciones climáticas (Hernández-Meneses, López-Peralta, & Estrada-Luna, 2013; Murguía-González, Lee-Espinosa, & Landero-Torres, 2007).

La importancia exótica y económica de las heliconias es afectada por diversos factores sociales, económicos, de comercialización y producción; este último, principalmente por la fertilización inadecuada y abastecimiento deficiente de agua (Andreza-da Silva, Janie-Mendes, & Niraldo-José, 2011). Dentro de los factores tecnológicos, la fertilización química y orgánica interviene en la producción y nutrición de las heliconias; ya que es uno de los aspectos más significativos para garantizar la inflorescencia (Sushma, Reddy, Kulkarni, & Patil, 2012), además de la calidad y resistencia a enfermedades (Cerqueira, Fadigas, Pereira, Gloaguen, & Costa, 2008; Ribeiro-de Castro et al., 2007). La dosis adecuada de fertilización ayuda a generar una producción y rendimiento mayores en esta especie (Sushma et al., 2012).

Los fertilizantes orgánicos contribuyen a optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo (Albuquerque, Rocha, Costa, Farias, & Bastos, 2010; Koller, Koch, & Degen, 2014; Myint, Yamakawa, Kajihara, & Zenmyo, 2010); como el biol (fertilizante líquido fermentado), que puede ser utilizado como foliar y al suelo (Galindo, Jerónimo, Spaans, & Weil, 2007; Russoa, 2001; Ubalua, 2007).

El riego puede ser una limitante para el crecimiento, producción y calidad de las heliconias, afectando su vida útil (Díaz, Mansito, Pérez-Díaz, Cid, & Socorro, 2008; Fischer & Beiner, 2005; Šarapatka, Rak, & Bubenikova, 2006). 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, ayuda a absorber nutrientes orgánicos y minerales que aumentan el uso ecológico y eficiente de los fertilizantes (Qu, de Varennes, & Cunha-Queda, 2010; Ramos-González, Velázquez-Manzano, de la Rosa-Loera, Valdés-Flores, & Segura-Ceniceros, 2009; Šarapatka et al., 2006).

Based on the above, the twofold aim of this study was to: a) analyze the effect produced by foliar and soil fertilization with biol (fermented liquid fertilizer), soil chemical fertilization and application of superabsorbent polymers on the growth of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica) and b) generate information to help make efficient use of water and obtain nutrients with a beneficial economic and operational impact for heliconia producers.

Materials and methods

Location

The research was carried out from February to August 2015 in a nursery located in Almagres, Sayula de Alemán municipality, Veracruz, Mexico (17° 80" NL, 94° 91" WL and at 40 masl). During crop development, the average temperature was 32 °C.

Soil characteristics

The soil collected for heliconia cultivation had the following characteristics: pH 6.47, 2.49 dS·m⁻¹ electrical conductivity, 30.93 % organic matter, 0.85 % total N, 17.2 mg·kg⁻¹ N-NH₄, 8.7 mg·kg⁻¹ N-NO₃, 59.69 mg·kg⁻¹ P, 1,430 mg·kg⁻¹ K, 59.9 cmol·kg⁻¹ cation exchange capacity, 0.78 t·m⁻³ bulk density, 78.41 % field capacity and sandy-loam texture. The amount of substrate per pot, on average, was 2.472 kg.

Experimental design and treatments

A randomized complete block design with a slit-plot array (A x B x C) and four replicates was used. The factors were: A) soil fertilization, B) foliar fertilization and C) SAP presence. One rhizome per experimental unit was established, giving a total of 64.

The biol was prepared in a stationary-type artisanal biodigester, according to the cattle manure, cane molasses and *Mucuna* sp. (58, 22, 5 and 15 %, respectively). In the bio for the soil, water, cattle manure, cane molasses and soybean paste (58, 22, 10 and 10 %, respectively) were used. The fermentation procedure lasted 60 days. Tables 1 and 2 show the characteristics of the two types of biol, obtained through laboratory analysis.

Crop management

For sowing, the rhizomes were harvested, a cut was made to the pseudostem to leave it 20 cm long and very long and dead roots were removed. Finally, the basal part of the rhizome (where the cut was made) was immersed in a captan solution (1 g·L⁻¹). In each 22 x 20 x 17 cm pot, a rhizome was placed in the center at 5 cm deep.

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

Materiales y métodos

Localización

La investigación se realizó de febrero a agosto de 2015 en un vivero localizado en Almagres, municipio de Sayula de Alemán, Veracruz, México (17° 80" LN, 94° 91" LO y a 40 msnm). Durante el desarrollo del cultivo, la temperatura promedio fue de 32 °C.

Características del suelo

El suelo recolectado para el cultivo de heliconia presentó las siguientes características: pH 6.47, 2.49 dS·m⁻¹ de conductividad eléctrica, 30.93 % de materia orgánica, 0.85 % de N total, 17.2 mg·kg⁻¹ de N-NH₄, 8.7 mg·kg⁻¹ de N-NO₃, 59.69 mg·kg⁻¹ de P, 1,430 mg·kg⁻¹ de K, 59.9 cmol·kg⁻¹ de capacidad de intercambio catiónico, 0.78 t·m⁻³ de densidad aparente, 78.41 % de capacidad de campo y textura franco-arcillo-arenoso. La cantidad de sustrato por maceta, en promedio, fue de 2.472 kg.

Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subdivididas (A x B x C) y cuatro repeticiones. Los factores son: A) fertilización al suelo, B) fertilización foliar y C) presencia de SAP. Se estableció un rizoma por unidad experimental, dando un total de 64.

El biol se elaboró en un biodigester artesanal tipo estacionario, de acuerdo con la metodología de Gomero-Osorio (2005). Los insumos utilizados para el biol foliar fueron agua, estiércol de bovino, melaza de caña y *Mucuna* sp. (58, 22, 5 y 15 %, respectivamente). En el biol para el suelo se utilizó agua, estiércol de bovino, melaza de caña y pasta de soya (58, 22, 10 y 10 %, respectivamente). El procedimiento de fermentación duró 60 días. En los Cuadros 1 y 2, se muestran las características de los dos tipos de biol obtenidas a través del análisis de laboratorio.

Manejo del cultivo

Para la siembra, se cosecharon los rizomas, se realizó un corte al pseudotallo para dejarlo 20 cm y se eliminaron raíces muy largas y muertas. Finalmente, la parte basal (donde se realizó el corte) del rizoma se sumergió en

Table 1. Characteristics of the foliar and soil biol used in heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica).
Cuadro 1. Características del biol foliar y al suelo utilizado en heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica).

Characteristic/ Característica	pH	EC ¹ (dS·m ⁻¹)/ CE ¹ (dS·m ⁻¹)	OM (%)/ MO (%)	Total N (mg·L ⁻¹)/ N total (mg·L ⁻¹)	N-NH ⁴ (mg·L ⁻¹)	N-NO ³ (mg·L ⁻¹)	P (mg·L ⁻¹)	K (mg·L ⁻¹)	Ca (mg·L ⁻¹)	Mg (mg·L ⁻¹)
Foliar biol/ Biol foliar	3.7	10.8	3.7	974	40.3	233.2	12.9	39.6	481	432.5
Soil biol/ Biol suelo	3.8	16.4	9.9	162	40.3	555.9	24.5	120.6	1001	625.7

¹EC = electrical conductivity, OM = organic matter, N = nitrogen, N-NH⁴ = ammonium, N-NO³ = nitrate, P = phosphorus, K = potassium, Ca = calcium and Mg = magnesium.

¹CE = conductividad eléctrica, MO = materia orgánica, N = nitrógeno, N-NH⁴ = amonio, N-NO³ = nitrato, P = fósforo, K = potasio, Ca = calcio y Mg = magnesio.

Table 2. Micronutrient concentration of leaf and soil biol in heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica).
Cuadro 2. Concentración de micronutrientos de biol foliar y al suelo en heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica).

Characteristic/ Característica	Fe ¹ (mg·L ⁻¹)	Cu (mg·L ⁻¹)	Zn (mg·L ⁻¹)	Mn (mg·L ⁻¹)	B (mg·L ⁻¹)
Foliar biol/ Biol foliar	974	40.3	233.2	12.9	39.6
Soil biol/ Biol suelo	162	40.3	555.9	24.5	120.6

¹Fe = iron, Cu = copper, Zn = zinc, Mn = manganese and B = boron.

¹Fe = hierro, Cu = cobre, Zn = zinc, Mn = manganeso y B = boro.

At the start of sowing, per pot, we applied: biol to the soil (20 mL·plant⁻¹), foliar biol (17 mL·plant⁻¹), superabsorbent polymers (2 g·plant⁻¹) and chemical fertilizer (5 g·plant⁻¹). The first was repeated at 30, 60, 90, 120 and 150 days after sowing (das) and the second at 60, 90, 120 and 150 das. For the application, a backpack pump was used without employing tackifier or surfactant. The superabsorbent polymers used were Silos de agua®, which were applied at 10 cm from the plant and buried at 10 cm. Of the chemical fertilizer (commercial formula 17-17-17 of N, P and K), two more applications were made at 60 and 120 das, based on the procedure proposed by Baltazar-Bernal, Zavala-Ruiz, and Hernández-Nataren (2011).

In order to induce flowering, three applications of biogib® (gibberellin) were made in all treatments every 15 days from the fifth month (150 das). Methomyl (90 %) was used for pest control. Irrigations were carried out every three days in all treatments until the crop adaptation period (first two months); afterwards, the irrigations were carried out at field capacity (70 %).

Variables evaluated

The evaluated variables were: plant height, health, vigor, color, number of leaves, leaf area and number

una solución de captan (1 g·L⁻¹). En cada maceta, de 22 x 20 x 17 cm, se colocó un rizoma en el centro a 5 cm de profundidad.

Al inicio de la siembra, por maceta, se aplicó biol al suelo (20 mL·planta⁻¹), biol foliar (17 mL·planta⁻¹), polímeros superabsorbentes (2 g·planta⁻¹) y fertilizante químico (5 g·planta⁻¹). El primero se repitió a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra (dds) y el segundo a los 60, 90, 120 y 150 dds. Para la aplicación, se usó una bomba de mochila sin emplear adherente o surfactante. Los polímeros superabsorbentes utilizados fueron Silos de agua®, los cuales se aplicaron a 10 cm de la planta y se enterraron a 10 cm. Del fertilizante químico (fórmula comercial 17-17-17 de N, P y K), se realizaron dos aplicaciones más: a los 60 y 120 dds; con base en lo propuesto por Baltazar-Bernal, Zavala-Ruiz, y Hernández-Nataren (2011).

Con la finalidad de inducir la floración, se realizaron tres aplicaciones de biogib® (giberelina) en todos los tratamientos cada 15 días a partir del quinto mes (150 dds). Para el control de plagas se utilizó metomil (90 %). Los riegos se efectuaron cada tres días en todos los tratamientos hasta el periodo de adaptación del cultivo (primeros dos meses); posteriormente, los riegos se realizaron a capacidad de campo (70 %).

of shoots. Plant height (cm) was measured from the base of the plant to the highest leaf. Health was determined with a qualitative scale ranging from 1 to 5, where 1 is 100 % or unhealthy plant and 5 is 0 % or healthy plant. Vigor was obtained with a qualitative scale ranging from 1 to 5, where 1 is weak plant and 5 is vigorous plant. Color was measured based on the Munsell Color Charts for Plant Tissues®, for which the scale was 1 for yellow, 2 green-yellow, 3 green and 4 very green, considering section 2.5 GY (green-yellow). All these variables were measured at 30, 90 and 180 das. Leaf area (cm²) was determined at 60, 120 and 180 das; for this, 0.74 multiplied by the length and width of the highest plant leaf (Farias, Albuquerque, Filho, & Reis, 2013). Finally, the number of shoots per plant was counted at 180 das.

For the analysis of variance, square root transformations were made to the original data of the variables number of leaves, vigor, color, number of shoots and health.

Statistical analysis

With the analysis of the seven variables in five samplings, the significance of the individual effects (soil fertilization, foliar fertilization and SAP application) and their interactions were determined (Table 3). For the analysis of variance, a randomized complete block design with a split-plot arrangement was used. Tukey's range test ($P \leq 0.05$) was performed using the Statistical Analysis System statistical package (SAS, 2014).

Results and discussion

Soil fertilization

This factor was statistically significant ($P \leq 0.05$) for the variables plant height, health, color, vigor and leaf area (Table 3). According to Tukey's range test ($P \leq 0.05$), it was found that for plant height, color, vigor and health, the treatments with the best behavior were soil chemical fertilization and chemical fertilization + biol to the soil, with final heights of 176.3 and 194.29 cm, respectively (Table 4), while the number of leaves was highest at 180 das in the biol fertilization to the soil (2.22, Table 5). The health, color and vigor scales presented values of 4, which contrasted with the control treatments and with the application of biol only, since they had values of three (Table 6).

Sushma et al. (2012) report 156 cm in height in *Heliconia psittacorum* cv Golden Torch, values that differ from those found in this study. The greatest growth, due to the combination of chemical and organic fertilizers, is due to the improved absorption availability of the main nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S and Zn). This, for the most part, is provided by the chemical fertilizer in *Heliconia psittacorum* cv. Tropica, in particular in cell elongation

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: altura de planta, sanidad, vigor, color, número de hojas, área foliar y número de brotes. La altura de planta (cm) se midió desde la base de la planta hasta la hoja más alta. La sanidad se determinó con una escala cualitativa con rangos de 1 a 5, donde 1 es 100 % o planta insana y 5 es 0 % o planta sana. El vigor se obtuvo con una escala cualitativa con rangos de 1 a 5, donde 1 es planta endeble y 5 es planta vigorosa. El color se midió con base en la tabla de colores Munsell Color Charts for Plant Tissues®; para lo cual, 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). Todas estas variables se midieron a los 30, 90 y 180 dds. El área foliar (cm²) se determinó a los 60, 120 y 180 dds; para ello se multiplicó 0.74 por el largo y ancho de la hoja más alta de la planta (Farias, Albuquerque, Filho, & Reis, 2013). Finalmente, el número de brotes por mata se contó a los 180 dds.

Para los análisis de varianza, se realizaron transformaciones de raíz cuadrada a los datos originales de las variables número de hojas, vigor, color, número de brotes y sanidad.

Análisis estadístico

Con el análisis de las siete variables en cinco muestreos se determinó la significancia de los efectos individuales (fertilización al suelo, fertilización foliar y aplicación de SAP), así como de sus interacciones (Cuadro 3). Para el análisis de varianza se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subdivididas y la comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$); esto mediante el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS, 2014).

Resultados y discusión

Fertilización al suelo

Este factor fue estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) para las variables altura de planta, sanidad, color, vigor y área foliar (Cuadro 3). De acuerdo con la comparación de medias ($P \leq 0.05$), se encontró que para la altura de planta, color, vigor y sanidad, los tratamientos con el mejor comportamiento fueron la fertilización química al suelo y la fertilización química + biol al suelo, con alturas finales de 176.3 y 194.29 cm, respectivamente (Cuadro 4); mientras que el número de hojas fue mayor a los 180 dds en la fertilización de biol al suelo (2.22, Cuadro 5). Las escalas de sanidad, color y vigor presentaron valores de 4; lo cual contrastó con los tratamientos testigo y con la aplicación únicamente de biol, ya que tuvieron valores de tres (Cuadro 6).

and multiplication (Bittencourt-Ferreira, & Oliveira, 2003; Clemens & Hugh-Morton, 1999; Matos-Viégas et al., 2014; Oliveira-Stringheta, Martínez-Prieto, Cardoso, & Alves-da Costa, 2003).

It is important to note that during the experiment 15 g-plant⁻¹ of chemical fertilizer were used, which was probably a low dose considering those applied by Matos-Viégas et al. (2014) and Albuquerque et al. (2010), who used 50 to 150 g-plant⁻¹ of the formula

Sushma et al. (2012) reportan 156 cm de altura en *Heliconia psittacorum* cv Golden Torch, valores que difieren a los encontrados en este estudio. El crecimiento mayor, debido a la combinación de fertilizantes químicos y orgánicos, se debe a la mejora en la disponibilidad de absorción de los principales nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S y Zn). Lo anterior, en su mayoría, lo aporta el fertilizante químico en *Heliconia psittacorum* cv. Tropica, en particular en la elongación y la multiplicación celular (Bittencourt-Ferreira, &

Table 3. Analysis of variance for the variables evaluated in heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica).

Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables evaluadas en heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica).

Variable	SF ¹ /FS ¹	FF	SF X FF/ FS X FF	SAP	SF X SAP/ FS X SAP	FF X SAP	SF X FF X SAP/ FS X FF X SAP
Height 30 das ² /Altura 30 dds ²	0.001*	0.267	0.063	0.519	0.225	0.253	0.726
Height 90 das/Altura 90 dds	0.002*	0.539	0.297	0.729	0.003*	0.518	0.254
Height 180 das/Altura 180 dds	0.000*	0.059	0.001*	0.325	0.617	0.061	0.001*
Leaf area 60 das/ Área foliar 60 dds	0.022*	0.122	0.040*	0.800	0.019*	1.000	0.309
Leaf area 120 das/ Área foliar 120 dds	0.000*	0.015*	0.141	0.241	0.169	0.125	0.504
Leaf area 180 das/ Área foliar 180 dds	0.003*	0.030*	0.007*	0.007*	0.000*	0.110	0.000*
Health 30 das/Sanidad 30 dds	0.539	0.876	0.050*	0.617	0.105	0.186	0.932
Health 90 das/Sanidad 90 dds	0.003*	0.938	0.014*	0.653	0.027*	0.810	0.056
Health 180 das/Sanidad 180 dds	0.002*	0.757	0.004*	0.791	0.687	0.508	0.579
Vigor 30 das/Vigor 30 dds	0.013*	0.558	0.192	0.056	0.053	0.113	0.403
Vigor 90 das/Vigor 90 dds	0.000*	0.892	0.001*	0.893	0.003*	0.770	0.066
Vigor 180 das/Vigor 180 dds	0.002*	0.257	0.257	0.150	0.090	0.062	0.115
Color 30 das/Color 30 dds	0.000*	0.192	0.001*	0.619	0.042*	0.098	0.951
Color 90 das/Color 90 dds	0.000*	0.012*	0.002*	0.589	0.170	0.059	0.110
Color 180 das/Color 180 dds	0.000*	1.000	0.931	1.000	0.866	0.913	0.870
Number of leaves 30 das/ Número de hojas 30 dds	0.220	0.548	0.012*	0.091	0.000*	0.613	0.353
Number of leaves 90 das/ Número de hojas 90 dds	0.825	0.082	0.255	0.599	0.023	0.292	0.062
Number of leaves 180 das/ Número de hojas 180 dds	0.719	0.588	0.127	0.647	0.364	0.122	0.248
Number of shoots 180 das/ Número de brotes 180 dds	0.162	0.256	0.152	0.279	0.085	0.613	0.045*

¹SF: soil fertilization; FF: foliar fertilization; SAP: SAP application; SF X FF: soil fertilization and foliar fertilization interaction; SF X SAP: soil fertilization and SAP application interaction; FF X SAP: foliar fertilization and SAP application interaction; SF X FF X SAP: soil fertilization, soil fertilization and SAP application interaction.

²Days after sowing.

* P ≤ 0.05

¹FS: fertilización al suelo; FF: fertilización foliar; SAP: aplicación de SAP; FS X FF: interacción fertilización suelo y fertilización foliar; FS X SAP: interacción fertilización suelo y aplicación de SAP; FF X SAP: interacción fertilización foliar y aplicación de SAP; FS X FF X SAP: interacción fertilización suelo, fertilización foliar y aplicación de SAP.

²Días después de la siembra.

* P ≤ 0.05

15-15-15 of N, P, K. This could be the reason for the zero emission of inflorescences in this study. The best result of this combination is explained by the short-

Oliveira, 2003; Clemens & Hugh-Morton, 1999; Matos-Viégas et al., 2014; Oliveira-Stringheta, Martínez-Prieto, Cardoso, & Alves-da Costa, 2003).

Table 4. Comparison of means for the variables plant height and leaf area of the highest leaf in plants of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. *Tropica*).

Cuadro 4. Comparación de medias para las variables altura de la planta y área foliar de la hoja más alta en plantas de heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. *Tropica*).

Factors/Factores	Levels/Niveles	Height (cm)/Altura (cm)			Leaf area (cm ²)/Área foliar (cm ²)		
		30 das*/ 30 dds*	90 das/ 90 dds	180 das/ 180 dds	60 das/ 60 dds	120 das/ 120 dds	180 das/ 180 dds
Soil fertilization/ Fertilización al suelo	Biol	31.2 a ^z	83.1 b	164.9 b	230.2 ab	505.3 ab	834.0 ab
	Chemical fertilizer/ Fertilizante químico	30.4 a	105.9 a	176.3 ab	293.4 a	666.6 a	764.3 b
	Control/Testigo	29.3 ab	85.7 b	162.9 b	197.1 b	415.6 b	745.5 b
	Biol + chemical fertilizer/ Biol + fertilizante químico	23.0 b	83.1 b	194.2 a	209.1 b	558.3 ab	924.7 a
Foliar fertilization/ Fertilización foliar	Foliar biol/Biol foliar	29.2 a	90.9 a	172.3 a	247.93 a	562.8 a	903.0 a
	Without foliar/Sin foliar	27.7 a	89.6 a	176.3 a	217.0 a	510.2 b	808.3 b
SAP application/ Aplicación de SAP	With SAP/Con SAP	29.1 a	91.4 a	172.9 a	230.4 a	518.5 a	909.1 a
	Without SAP/Sin SAP	27.9 a	89.1 a	176.3 a	234.5 a	554.5 a	802.1 b

^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

*Days after sowing.

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

*Días después de la siembra.

Table 5. Comparison of means for the variables number of leaves and shoots in plants of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. *Tropica*).

Cuadro 5. Comparación de medias para las variables número de hojas y brotes en plantas de heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. *Tropica*).

Factors/Factores	Levels/Niveles	Number of leaves/Número de hojas			Number of shoots 180 das/Número de brotes 180 dds
		30 das*/ 30 dds*	90 das/ 90 dds	180 das/ 180 dds	
Soil fertilization/ Fertilización al suelo	Biol	1.87 a ^z	2.15 a	2.22 a	1.87 a
	Chemical fertilizer/ Fertilizante químico	1.91 a	2.13 a	2.21 a	1.91 a
	Control/Testigo	1.85 a	2.10 a	2.16 a	1.85 a
	Biol + chemical fertilizer/ Biol + fertilizante químico	1.70 a	2.16 a	2.19 a	1.70 a
Foliar fertilization/ Fertilización foliar	Foliar biol/Biol foliar	1.85 a	2.19 a	2.18 a	1.85 a
	Without foliar/Sin foliar	1.82 a	2.08 a	2.20 a	1.77 a
SAP application/ Aplicación de SAP	With SAP/Con SAP	1.77 a	2.15 a	2.18 a	1.84 a
	Without SAP/Sin SAP	1.89 a	2.12 a	2.21 a	1.78 a

^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

*Days after sowing.

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

*Días después de la siembra.

Table 6. Comparison of means of the variables health, vigor and color in plants of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. *Tropica*).**Cuadro 6. Comparación de medias de las variables; sanidad, vigor y color en plantas de *Heliconia psittacorum* cv. *Tropica*.**

Factors/Factores	Levels/Niveles	Health/Sanidad			Vigor			Color		
		30 das*/ 30 dds*	90 das/ 90 dds	180 das/ 180 dds	30 das/ 30 dds	90 das/ 90 dds	180 das/ 180 dds	30 das/ 30 dds	90 das/ 90 dds	180 das/ 180 dds
Soil fertilization/ Fertilización al suelo	Biol	1.75 a ²	1.78 b	1.94 ab	1.53 a	1.80 bc	1.84 a	1.27 b	1.65 b	1.67 b
	Chemical fertilization/ Fertilización químico	2.16 a	2.12 a	2.01 a	1.57 a	2.17 a	1.10 b	1.80 a	2.0 a	1.93 a
	Control/Testigo	1.68 a	1.79 b	1.81 b	1.45 b	1.73 c	1.81 a	1.19 b	1.62 b	1.47 b
	Biol + chemical fertilization / Biol + fertilización químico	2 a	2 ab	1.96 ab	1.28 b	2.06 ab	1.89 a	1.43 ab	1.91 a	1.93 a
Foliar fertilization/ Fertilización Foliar	Biol foliar/ Foliar biol	1.25 a	1.93 a	1.93 a	1.48 a	1.95 a	1.93 a	1.46 a	1.81 a	1.75 a
	Without foliar/ Sin foliar	1.26 a	1.92 a	1.93 a	1.44 a	1.94 a	1.89 a	1.38 a	1.57 b	1.75 a
SAP application/ Aplicación de SAP	With SAP/ Con SAP	1.22 a	1.90 a	1.94 a	1.51 a	1.95 a	1.93 a	1.44 a	1.78 a	1.75 a
	Without SAP/ Sin SAP	1.30 a	1.95 a	1.93 a	1.48 a	1.94 a	1.89 a	1.41 a	1.80 a	1.75 a

¹Means with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

²Days after sowing.

³Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

⁴Días después de la siembra.

term effect of the chemical fertilizer and the medium-term complement of the organic fertilizer (biol). The latter is caused by the micronutrients (Fe, Cu, Zn, Mg and B) that they can provide, as they meet the needs of the plant, resulting in a better appearance in terms of color and health (Matos-Viéegas et al., 2014).

In relation to leaf area, significant statistical differences ($P \leq 0.05$, Table 3) were obtained. Table 4 shows that the soil chemical fertilization treatment excelled at 60 and 120 das (293.4 and 666.6 cm², respectively), and at 180 das the combination of chemical fertilizer + biol to the soil (924 cm²) stood out.

Ribeiro-de Castro, Gomes-Willadino, Loges, Arruda-de Castro, and Souza-de Aragão (2015) reported 299 cm² of leaf area by applying N, P, K, Ca, Mg and S in *Heliconia psittacorum* x *Heliconia spathocircinata* Golden Torch. These values were also lower and different from those found in this research. Farias et al. (2013) mention that an adequate balance of the nutrients N, P and K in chemical fertilization stimulates the plant canopy

Es importante señalar que durante el experimento se utilizaron 15 g-planta⁻¹ de fertilizante químico; lo cual, probablemente, fue una dosis baja si se consideran las aplicadas por Matos-Viéegas et al. (2014) y Albuquerque et al. (2010), quienes empearon de 50 a 150 g-planta⁻¹ de la fórmula 15-15-15 de N, P, K. Esto pudo ocasionar la nula emisión de 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 a mediano plazo del fertilizante orgánico (biol). Esto último ocasionado por los micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mg y B) que pueden proporcionar, ya que satisfacen las necesidades de la planta, dando como resultado una apariencia mejor en cuanto a color y sanidad (Matos-Viéegas et al., 2014).

En relación con el área foliar, se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$, Cuadro 3). En el Cuadro 4 se observa que el tratamiento de fertilización química al suelo sobresalió a los 60 y 120 dds (293.4 y 666.6 cm², respectivamente), y a los 180 dds destacó la combinación de fertilizante químico + biol al suelo (924 cm²).

and leaf area, increasing the interception of solar radiation and photosynthesis, resulting in increased growth. Cerqueira et al. (2008) and Ribeiro-de Castro et al. (2007) indicate that this process can manifest itself in crop health and disease resistance.

The number of leaves obtained, on average, was five in all treatments up to 180 das (Table 5). Some authors such as Albuquerque et al. (2010) and Farias et al. (2013) mention that the issuance of the flower is from the fifth leaf, in the case of *H. psittacorum* Golden Torch. For her part, Sosa-Rodríguez (2013) states that the start of the flowering period depends on the species; the fastest ones, such as *H. psittacorum*, take six months from the time of planting to produce their first flowers.

In the present study the flowering process was not reflected at six months of growth, although gibberellin was used to induce it in a shorter time. This resulted in stem and leaf lengthening, as indicated by Treder, Matysiak, and Nowak (1999) in *Cyclamen* L. and Khan & Tewari (2003) in *Dahlia* y *Tulipa* L., as they observed an increase in height without the onset of inflorescences, after the application of gibberellins (gibberellic acid GA₃).

Foliar fertilization

The analysis of variance showed statistical significance ($P \leq 0.05$) in leaf area at 120 and 180 das and in color at 90 das (Table 3). According to the means test (Tukey, $P \leq 0.05$), the best treatment was biol fertilization in both variables (Tables 4 and 6, respectively).

Foliar biol application had a positive effect from 90 days (Table 4), which could be explained as a function of the leaf, since it is the most important plant organ by taking advantage of the nutrients applied by spraying (Tisdale, Nelson, & Beaton, 1985). In this case, the amount of nutrients present in the foliar biol caused an effect in the early growth stages, allowing the immediate incorporation of the essential elements into the metabolites that are generated in photosynthesis (Trinidad & Aguilar, 1999). This coincides with the findings reported by He, Pheng, and Chong (2000), who mention that increasing the leaf angle leads to an increase in photochemical efficiency.

SAP application

The analysis of variance showed significant statistical differences ($P \leq 0.05$) only in leaf area at 180 das in SAP treatments (Table 3). With SAP application, this variable reached 909.1 cm² (Table 4).

By not finding important effects when using SAP, it is estimated that the requirements indicated by Díaz et

Ribeiro-de Castro, Gomes-Willadino, Loges, Arruda-de Castro, y Souza-de Aragão (2015) reportaron 299 cm² de área foliar al aplicar N, P, K, Ca, Mg y S en *Heliconia psittacorum* x *Heliconia spathocircinata* Golden Torch. Estos valores también fueron inferiores y diferentes a los encontrados en esta investigación. Farias et al. (2013) mencionan que un balance adecuado de los nutrimentos N, P y K en la fertilización química estimula el dosel vegetal y el área de la hoja, aumentando la intercepción de radiación solar y fotosíntesis; lo que resulta en crecimiento mayor. Cerqueira et al. (2008) y Ribeiro-de Castro et al. (2007) indican que este proceso puede manifestarse en la sanidad de los cultivos y resistencia a enfermedades.

El número de hojas obtenido, en promedio, fue de cinco en todos los tratamientos hasta los 180 dds (Cuadro 5). Algunos autores como Albuquerque et al. (2010) y Farias et al. (2013) mencionan que la emisión de la flor es a partir de la quinta hoja, para el caso de *H. psittacorum* Golden Torch. Por su parte, Sosa-Rodríguez (2013) afirma que el periodo de floración comienza dependiendo de la especie; las más rápidas como *H. psittacorum* tardan, desde el momento de la plantación, seis meses en producir sus primeras flores.

En el presente estudio no se reflejó el proceso de floración a los seis meses de crecimiento, a pesar de que se utilizó giberelina para inducirla en menor tiempo. Lo anterior provocó alargamiento de tallo y hojas, tal como lo indican Treder, Matysiak, y Nowak (1999) en *Cyclamen* L. y Khan & Tewari (2003) en *Dahlia* y *Tulipa* L., ya que observaron aumento en la altura sin la aparición de inflorescencias, después de la aplicación de giberelinas (ácido giberélico GA₃).

Fertilización foliar

El análisis de varianza mostró significancia estadística ($P \leq 0.05$) en área foliar a los 120 y 180 dds y en color a los 90 dds (Cuadro 3). De acuerdo a la prueba de medias (Tukey, $P \leq 0.05$), el mejor tratamiento fue la fertilización de biol en ambas variables (Cuadros 4 y 6, respectivamente).

La aplicación foliar de biol tuvo efecto positivo a partir de los 90 días (Cuadro 4); lo cual podría explicarse en función de la hoja, ya que es el órgano de la planta más importante al aprovechar los nutrimentos aplicados por aspersión (Tisdale, Nelson, & Beaton, 1985). En este caso, las cantidades de nutrientes presentes en el biol foliar provocaron un efecto en los primeras fases de crecimiento, permitiendo la incorporación inmediata de los elementos esenciales en los metabolitos que se generan en la fotosíntesis (Trinidad & Aguilar, 1999). Lo anterior coincide con lo reportado por He, Pheng, y Chong (2000), quienes mencionan que al aumentar

al. (2008) were covered with SAP and rains. According to Prieto-Ruiz et al. (2004), in assessing the effect of water stress on the growth of *P. engelmannii* plants, growth rates were higher in the treatment without moisture restriction than in those plants subjected to stress. Also, Maldonado-Benitez, Aldrete, López-Upton, Vaquera-Huerta, and Cetina-Alcalá (2011) found that applications with SAP (2 and 4 g·L⁻¹), plus substrates that store a lot of moisture, had the best results.

Interactions between treatments

Soil fertilization with foliar application

In the interaction between soil and leaf fertilization, highly statistically significant differences ($P \leq 0.05$) were found in plant height (180 das), leaf area (60 and 180 das), health (30, 90 and 180 das), color (30 and 90 das), vigor (90 das) and number of leaves at 30 das (Table 3). Likewise, leaf area and plant height presented their highest value at 180 das (924.7 cm² and 194.2 cm, respectively) with the soil chemical fertilization plus biol treatment (Tables 4).

Acid pH solutions favor phosphorus absorption and this is greater with the ion Na⁺ and NH₄⁺ (Reed & Tukey, 1987); in this case, foliar biol has a pH of 3.7. The concentrations of phosphorus and NH₄⁺ obtained in foliar biol (Table 1) favored the color of the heliconia leaves. Thus, it is verified that the insufficiency of a nutrient, as was the case with the control (without application), can cause visible irregularities, such as nitrogen deficiency, which manifests as a yellow coloration on the leaves (Malavolta, Gomes, & Alcarde, 2002).

Foliar fertilization provides plants with microelements that are not present in the fertilizers that are applied in the soil, in this case biol + chemical fertilizer, which helps improve plant growth and development (Trinidad & Aguilar, 1999).

Soil fertilization with SAP application

Table 3 shows significant statistical differences ($P \leq 0.05$) in the soil fertilization and SAP application interaction for the variables plant height (90 das), number of leaves (30 das), leaf area (60 and 180 das), vigor (90 das) and color (30 das).

It is important to note that during crop development the average temperature was 32 °C, which is considered high for heliconias according to Jerez (2007), Murguía-González et al. (2007) and Sosa-Rodríguez (2013), who indicate that the optimal temperature for its development is 28 °C, as they are able to tolerate between 25 and 32 °C. The observation shows that the high temperatures were associated

el ángulo de la hoja se logra un incremento en la eficiencia fotoquímica.

Aplicación de SAP

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) sólo en el área foliar a los 180 dds en los tratamientos con SAP (Cuadro 3). Con la aplicación de SAP, esta variable alcanzó los 909.1 cm² (Cuadro 4).

Al no encontrar efectos importantes al usar SAP, se estima que los requerimientos marcados por Díaz et al. (2008) fueron cubiertos con el SAP y las lluvias. De acuerdo con Prieto-Ruiz 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. Asimismo, Maldonado-Benitez, Aldrete, López-Upton, Vaquera-Huerta, y Cetina-Alcalá (2011) encontraron que las aplicaciones con SAP (2 y 4 g·L⁻¹), más sustratos que almacenan mucha humedad, tuvieron los mejores resultados.

Interacciones entre tratamientos

Fertilización al suelo con aplicación foliar

En la interacción fertilización al suelo y foliar, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.05$) en altura de planta (180 dds), área foliar (60 y 180 dds), sanidad (30, 90 y 180 dds), color (30 y 90 dds), vigor (90 dds) y número de hojas a los 30 dds (Cuadro 3). Asimismo, el área foliar y la altura de planta presentaron su valor más alto a los 180 dds (924.7 cm² y 194.2 cm, respectivamente) con el tratamiento de fertilización química al suelo más biol (Cuadros 4).

Las soluciones de pH ácido favorecen la absorción de fósforo y ésta es mayor con el ión Na⁺ y NH₄⁺ (Reed & Tukey, 1987); en este caso, el biol foliar presenta un pH de 3.7. Las concentraciones de fósforo y NH₄⁺ obtenidas en biol foliar (Cuadro 1) favorecieron el color de las hojas de heliconia. De esta manera, se comprueba que la insuficiencia de un nutrimento, en este caso el testigo (sin aplicación), puede causar irregularidades visibles; como la deficiencia de nitrógeno, que se manifiesta con una coloración amarilla en las hojas (Malavolta, Gomes, & Alcarde, 2002).

La fertilización foliar aporta a las plantas microelementos que no están presentes en los fertilizantes que se aplican en el suelo; en este caso el biol + fertilizante químico. Esto responde como un complemento de mejora en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Trinidad & Aguilar, 1999).

with a higher moisture demand by the crop, since nine supplementary irrigations had to be applied with the rains recorded during the study. The above justifies the null effect of SAP application (Table 4), because in spite of having the same number of irrigations the plants did not present greater growth (29.1 cm at 30 das) than the control (29.3 cm at 30 das). However, Díaz et al. (2008) recommend from 2 to 5 L·m⁻²·day⁻¹ of irrigation in heliconias, depending on the state of the crop and time of year.

Soil fertilization + foliar application + SAP application

Plant height and leaf area showed significant statistical differences ($P \leq 0.05$) in this interaction at 180 das (Table 3). These results coincide with those of Albuquerque et al. (2010), who indicate that soil chemical and organic fertilization, together, lead to good results in crops, and its supplementation with foliar fertilization helps to correct microelement deficiencies (Kolota & Osinska, 2001).

Regarding the application or not of SAP, it is better to use substrates with high levels of organic matter or that retain moisture, which will result in a greater amount of stored water and reduced irrigation. This coincides with Santos, Timbó, Carvalho, and Morais (2006) and Albuquerque et al. (2010), who recommend in *Heliconia bihai* and *Heliconia Golden torch* substrates rich in organic matter.

In this interaction, the number of shoots presented significant statistical differences ($P \leq 0.05$, Table 3). This result implies that the nutrients of the chemical and organic fertilizer, available in the substrate, facilitated the emission of shoots, and the application of the polymers can reduce irrigation frequencies (Abedi-Koupai, Saeid-Eslamian, & Asad-Kazemi, 2008). The latter leaves the nutrients available for when the plant needs them, since leaching or washing, caused by frequent irrigation, can cause N and P deficiencies that affect the number of shoots (Ribeiro-de Castro et al., 2015).

Conclusions

With soil fertilization, the plants of *Heliconia psittacorum* cv. *Tropica* significantly increase their height and leaf area, and their health, vigor and color are also improved, results influenced by the treatments of chemical fertilizer + biol to the soil and only chemical fertilizer to the soil.

With foliar biol applications, significant effects were shown at 120 and 180 das in leaf area, so this treatment can be a complement for soil fertilization in heliconia.

The use of SAPs did not show significant increases in the study variables. Even though SAPs store water, no

Fertilización al suelo con aplicación de SAP

En el Cuadro 3 se observan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en la interacción fertilización al suelo y aplicación de SAP para las variables altura de planta (90 dds), número de hojas (30 dds), área foliar (60 y 180 dds), vigor (90 dds) y color (30 dds).

Es importante indicar que durante el desarrollo del cultivo la temperatura promedio fue de 32 °C; la cual se considera alta para las heliconias de acuerdo con Jerez (2007), Murguía-González et al. (2007) y Sosa-Rodríguez (2013), quienes indican que la temperatura óptima para su desarrollo es de 28 °C, pudiendo tolerar entre 25 y 32 °C. La observación manifiesta que las temperaturas altas estuvieron asociadas a una demanda mayor de humedad por el cultivo, ya que se tuvieron que aplicar nueve riegos complementados con las lluvias registradas durante el estudio. Lo anterior justifica el efecto nulo de la aplicación de SAP (Cuadro 4), pues a pesar de tener el mismo número de riegos las plantas no presentaron crecimiento mayor (29.1 cm a los 30 dds) a diferencia del testigo (29.3 cm 30 dds). Sin embargo, Díaz et al. (2008) recomiendan de 2 a 5 L·m⁻²·dia⁻¹ de riego en heliconias, según el estado del cultivo y época del año.

Fertilización al suelo + aplicación foliar + aplicación de SAP

La altura de la planta y área foliar mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en esta interacción a los 180 dds (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con los de Albuquerque et al. (2010), quienes indican que la fertilización química y orgánica al suelo, en conjunto, provocan resultados buenos en los cultivos, y su complemento con fertilización foliar ayuda a corregir deficiencias de microelementos (Kolota & Osinska, 2001).

Referente a la aplicación o no de SAP, es mejor recurrir al uso de sustratos con niveles altos de materia orgánica o que retengan humedad; lo cual repercutirá en una cantidad mayor de agua almacenada y disminución de riegos. Lo anterior coincide con Santos, Timbó, Carvalho, y Morais (2006) y Albuquerque et al. (2010), quienes recomiendan en *Heliconia bihai* y en *Heliconia Golden torch* sustratos ricos en materia orgánica.

En esta interacción, el número de brotes presentó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$, Cuadro 3). Dicho resultado supone que los nutrientes del fertilizante químico y orgánico, disponibles en el sustrato, facilitaron la emisión de brotes, y la aplicación de los polímeros puede reducir las frecuencias de riego (Abedi-Koupai, Saeid-Eslamian, & Asad-Kazemi, 2008). Esto último, deja disponibles los nutrientes cuando la planta los necesite; ya que el lixiviado o lavado, causado por el riego frecuente, puede ocasionar

effects were found on the growth of *Heliconia psittacorum* cv. Tropica. For this reason, the use of substrates with a high level of organic matter is suggested.

End of English version

References / Referencias

- Abedi-Koupai, J., Saeid-Eslamian, S., & Asad-Kazemi, J. (2008). Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth indices. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 8(1), 3-11. doi: 10.2478/v10104-009-0005-0
- Albuquerque, W. A., Rocha, S. E., Costa, P. V. C., Farias, P. A., & Bastos, L. A. (2010). Produção de helicônia Golden Torch influenciada pela adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(10), 1052-1058. doi: 10.1590/s1415-43662010001000005
- Andreza-da Silva, M., Janie-Mendes, J., & Niraldo-José, P. (2011). Economia na produção de helicônias no Estado do Rio de Janeiro. *Ciência Rural*, 41(10), 1858-1863. doi: 10.1590/s0103-84782011005000132
- Aranda, Y., Bello, J. A., & Montoya I. A. (2007). Exploración del mercado de heliconias en el segmento de consumo intermedio en las ciudades de Arauca (Colombia) y Acarigua y Caracas (Venezuela). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 189-196. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a21.pdf>
- Baltazar-Bernal, O., Zavala-Ruiz, J., & Hernández-Nataren, S. J. (2011). *Producción comercial de heliconias*. México: Colegio de Postgraduados.
- Bittencourt-Ferreira, L., & Oliveira, S. A. (2003). Estudo de doses de NPK nas variáveis de crescimento e produtividade de inflorescências de *Heliconia* sp. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 9(2), 121-127. Retrieved from <https://ornamentalthorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/175/36>
- Cerqueira, L. L., Fadigas, S. F., Pereira, A. F., Gloaguen, V. T., & Costa, A. J. (2008). Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladiolus hortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(6), 606-613. doi: 10.1590/s1415-43662008000600006
- Clemens, J., & Hugh-Morton, R. (1999). Optimizing mineral nutrition for flower production in *Heliconia* 'Golden Torch' using response surface methodology. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(6), 713-718. Retrieved from <http://journal.ashspublications.org/content/124/6/713.full.pdf+html>
- Criley, R. A. (1991). Commercial production of heliconias. In: Berry F., & Kress, W. J. (Eds.), *Heliconia: An identification guide* (pp. 321-330). Washington: Smithsonian Institution Press.
- Díaz, M. A., Mansito, P., Pérez-Díaz, M., Cid, M. C., & Socorro, A. R. (2008). Efecto de las dosis de riego, aplicadas

deficiencias de N y P afectando el número brotes (Ribeiro-de Castro et al., 2015).

Conclusiones

Con la aplicación de fertilización al suelo, las plantas de *Heliconia psittacorum* cv. Tropica incrementan significativamente su altura y área foliar, se mejora la sanidad, el vigor y el color de las plantas; resultados influenciados con los tratamientos de fertilizante químico + biol al suelo y sólo fertilizante químico al suelo.

Al realizar aplicaciones foliares de biol, se mostraron efectos significativos a los 120 y 180 dds en área foliar, por lo que este tratamiento puede ser un complemento para la fertilización al suelo en el cultivo de heliconia.

El uso de SAP no mostró incrementos significativos en las variables de estudio; aun cuando los SAP almacenan agua, no se encontraron efectos en el crecimiento de *Heliconia psittacorum* cv. Tropica. Por esta razón se sugiere el uso de sustratos con nivel alto de materia orgánica.

Fin de la versión en español

- según demanda, en cultivo sin suelo de heliconia. *Actas de Horticultura*, 52, 300-304. Retrieved from <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2052.%20IV%20Jornadas%20Ib%C3%A9ricas%20de%20Horticultura%20Ornamental/Comunicaciones/Efecto%20de%20las%20dosis%20de%20riego,%20aplicadas%20seg%C3%BAn%20demanda,%20en%20cultivo%20sin%20suelo%20de%20heliconia.pdf>
- Farias, P. A., Albuquerque, W. A., Filho, M. 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. doi: 10.1590/S1415-43662013000700004
- Fischer, R. A., & Beiner, C. D. (2005). Assessing the effect of hydrophilic soil amendments on riparian plant survival in arid and semi-arid environments. *Ecology and the Environment*, 80, 667-675. doi: 10.2495/WRM050661
- 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. Retrieved from <http://tierratropical.org/es/editions/edition-3-1-2007/fermented-liquid-fertilizers-and-their-effectiveness-in-agriculture-production/>
- Gomero-Osorio, L. (2005). Improving organic Fertilizer. *Revista de Agroecología LEISA*, 21(1), 13-14.
- He, J., Pheng, T. L., & Chong, J. G. (2000). Alleviation of photoinhibition in heliconia grown under tropical

- natural conditions after release from nutrient stress. *Journal of Plant Nutrition*, 23(2), 181-196. doi: 10.1080/01904160009382007
- Hernández-Meneses, E., López-Peralta, M. C. G., & 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. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263128356005.pdf>
- Jerez, E. (2007). El cultivo de las Heliconias. *Cultivos Tropicales*, 28(1), 29-35. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215858005.pdf>
- Khan, F. U., & Tewari, G. N. (2003). Effect of growth regulators on growth and flowering of dahlia (*Dahlia variabilis* L.). *Indian Journal of Horticulture*, 60(2), 192-194.
- Koller, M., Koch, R., & Degen, B. (2014). Fertilisation strategies in organic ornamental plants. *Acta Horticulturae*, 1041, 47-52. doi: 10.17660/actahortic.2014.1041.3
- Kolota, E., & Osinska, M. (2001). Efficiency of foliar nutrition of field vegetables grown at different nitrogen rates. *Acta Horticulturae*, 563, 87-91. doi: 10.17660/actahortic.2001.563.10
- Malavolta, E., Gomes, P. F., & Alcarde, J. C. (2002). *Adubos e adubações*. São Paulo: Novel.
- Maldonado-Benitez, 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. *Revista Agrociencia*, 45(3), 389-398. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000300011
- Matos-Viégas, I. J., Rodrigues-Ferreira, É., Seabra-Silva, D. A., Poliana-da Silva, S., Oliveira-de Conceição, H. E., de Oliveira-Neto, C. F., Fragoso-Monfort, L. E., Lima-da Silva, R. T., de Cinque-Mariano, D., & Shigueru-Okumura, R. (2014). Growth and visual symptoms of macronutrient deficiency and zinc in *Heliconia psittacorum* cv. Golden Torch. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12(1), 169-173.
- Murguía-González, J., Lee-Espinosa, H., & Landero-Torres, 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. Retrieved from <http://www.scienceworldjournal.org/article/view/6242/4333>
- Oliveira-Stringheta, A. C., Martínez-Prieto, H., Cardoso, A. A., & Alves-da Costa, C. (2003). Teores foliares de macronutrientes em crisântemos cultivados em substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 9(2), 191-197. Retrieved from <https://ornamentalthorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/185/46>
- Prieto-Ruiz, J. A., Cornejo-Oviedo, E. H., Domínguez-Callejos, P. A., Návar-Chaidez, J. J., Marmolejo-Moncivais, J. G., & Jiménez-Pérez, J. (2004). Estrés hídrico en *Pinus engelmannii* Carr., producido en vivero. *Investigación Agraria. Sistemas y recursos forestales*, 13(3), 443-451. Retrieved from [http://www.inia.es/gcontrec/pub/443-451-\(6704\)-Estres_1161947232765.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/443-451-(6704)-Estres_1161947232765.pdf)
- Qu, G., de Varennes, A., & Cunha-Queda, C. (2010). Use of insoluble polyacrylate polymers to aid phytostabilization of mine soils: Effects on plant growth and soil characteristics. *Journal of Environmental Quality*, 39(1), 168-175. doi: 10.2134/jeq2009.0081
- Ramos-González, R., Velázquez-Manzano, K., de la Rosa-Loera, P., Valdés-Flores, M. A., & Segura-Ceniceros, E. P. (2009). Atrapamiento de sustancias húmicas en hidrogeles de gelatina con aplicación en agricultura. *Revista electrónica Ciencia Cierta*, 20. Retrieved from <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC20/CC20hidrogeles.html>
- Reed, W. D., & Tukey, J. H. B. (1987). Factors affecting foliar absorption of nutrients by selected landscape and herbaceous plants. *Journal of Environmental Horticulture*, 5(2), 72-76.
- Ribeiro-de Castro, A. C., Gomes-Willadino, L., Loges, V., Arruda-de Castro, M. F., & Souza-de Aragão, F. A. (2015). Macronutrients deficiency in *Heliconia psittacorum* x *Heliconia spathocircinata* 'Golden Torch. *Revista Ciência Agronômica*, 46(2), 258-265. doi: 10.5935/1806-6690.20150005
- Ribeiro-de Castro, A. C., Loges, V., Santos-da Costa, A., Arruda-de Castro, M. F., Souza-de Aragão, F. A., & Gomes-Willadino, L. (2007). Hastes florais de helicônia sob deficiência de macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(9), 1299-1306. doi: 10.1590/S0100-204X2007000900012
- Russoa, O. R. (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
- Santos, B. A., Lombera, R., & 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(3), 857-860. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v80n3/v80n3a27.pdf>
- Santos, M. R. A., Timbó, A. L. O., Carvalho, A. C. P. P., & Moraes, J. P. (2006). Estudo de adubos e substratos orgânicos no desenvolvimento de mudas micropropagadas de helicônia. *Horticultura Brasileira*, 24(3), 273-278. doi: 10.1590/S0102-05362006000300001
- Šarapatka, B., Rak, L., & Bubenikova, I. (2006). The effect of hydroabsorbent on selected soil biological and biochemical characteristics and its possible use in revitalization. *Ekologia (Bratislava)*, 25(4), 422-429.

- Retrieved from http://147.213.211.222/sites/default/files/ek30609_sarapatka.pdf
- Sosa-Rodríguez, F. M. (2013). Cultivo del género *Heliconia*. *Cultivos Tropicales*, 34(1), 24-32. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n1/ctr04113.pdf>
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (2014). SAS User's Guide: Version 9.4. Cary, N.C. USA: Author.
- Sushma, H. E., Reddy, B. S., Kulkarni, B. S., & Patil, C. P. (2012). Effect of spacing and inorganic nutrients on growth, flowering and nutrient status in heliconia (*Heliconia* sp.). *Journal of Agricultural Sciences*, 25(4), 485-487. Retrieved from <http://www.inflibnet.ac.in/ojs/index.php/KJAS/article/view/1599/1417>
- Tisdale, S. W., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (1985). *Soil fertility and fertilizers*. New York, USA: MacMillan Publishing Co.
- Treder, J., Matysiak, B., & Nowak, J. (1999). The effect of gibberellic acid on growth and flowering of *Cyclamen persicum* Mill. *Folia Horticulturae*, 2(11), 81-86.
- Trinidad, S. A., & Aguilar, M. D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra*, 17(3), 247-255.
- Ubalua, A. O. (2007). Cassava wastes: treatment options and value addition alternatives. *African Journal of Biotechnology*, 6(18), 2065-2073. doi: 10.5897/AJB2007.000-2319