

Bulb cutting methods to propagate *Hippeastrum hybridum* Hort.

Forma de corte del bulbo para la propagación de mancuernilla (*Hippeastrum hybridum* Hort.)

María Andrade-Rodríguez^{1*}; Dagoberto Guillén-Sánchez¹; Oscar Gabriel Villegas-Torres¹; J. Jorge Ayala-Hernández²; Víctor López-Martínez¹; Jesús Vargas-Araujo¹

¹Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad, núm. 1001. Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. C.P. 62209, MÉXICO.

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 38.5. Texcoco, Estado de México, C.P. 56230, MÉXICO.

Correo-e: mariamaria.andrade65@gmail.com, tel.: 5538447031 (*Autor para correspondencia).

Abstract

Hippeastrum, commonly known in Mexico as Mancuernilla, is important in floriculture because of its beautiful flowers; it can be propagated by seeds, bulb separation and twin cataphylls. In Mexico, bulbs are imported from the United States and the Netherlands, meaning high investment costs for nursery growers; therefore, propagation methods are needed to provide inexpensive vegetative material for the commercial production of this ornamental. The objective of this study was to evaluate different bulb cutting methods for the propagation of *Hippeastrum*. Bulbs (8 cm) were used and nine cutting methods were studied: 1) the whole bulb, 2) basal section, 3) \wedge cut in basal section, 4) basal section without central bud, 5) cutting basal section in half, 6) basal section into quarters, 7) longitudinal cut into quarters, 8) longitudinal cut into eighths and 9) basal section into quarters, separating each quarter into five groups of twin cataphylls. When the main bud was preserved, no bulbils were formed; when using the basal section: eliminating the central bud, cutting in half, and cutting into quarters, 5-6 bulbils were obtained; when the entire bulb was used and it was cut longitudinally into four and eight sections, 10 and 13 bulbils were obtained respectively. In contrast, when the basal section was cut into four parts, separating each quarter into five twin-cataphyll groups, 25 bulbils were obtained. It was concluded that *Hippeastrum* propagation was greater when the basal section of the mother bulb was cut into quarters and each quarter was separated into 5 twin-cataphyll groups.

Keywords: Bulbils, vegetative propagation, twin cataphylls.

Resumen

Las mancuernillas son importantes en la floricultura por sus hermosas flores; se pueden propagar por semilla, separación de bulbos y por catafilos gemelos. En México los bulbos son importados de Estados Unidos y Holanda, lo que implica gran inversión para los viveristas; por tal motivo, es necesario tener métodos de propagación que permitan disponer de material vegetativo barato para la producción comercial de dicha ornamental. El objetivo de la presente investigación fue evaluar formas de corte del bulbo para la multiplicación de mancuernilla. Se usaron bulbos de 8 cm de diámetro y se estudiaron nueve formas de corte: 1) bulbo completo, 2) sección basal, 3) corte en \wedge de sección basal, 4) sección basal sin yema central, 5) corte por mitad de sección basal, 6) sección basal en cuartos, 7) corte longitudinal en cuartos, 8) corte longitudinal en octavos y 9) sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de catafilos gemelos. Cuando se conservó la yema principal no hubo formación de bulbillos; al usar la sección basal: eliminando la yema central, cortando por mitad, y cortando en cuartos se obtuvieron cinco a seis bulbillos; cuando se usó todo el bulbo y se cortó longitudinalmente en cuatro y ocho secciones se obtuvieron 10 y 13 bulbillos respectivamente; en cambio, cuando se usó la sección basal en cuatro partes, separando cada cuarto en cinco grupos de escamas se obtuvieron 25 bulbillos. Se concluyó que la multiplicación de mancuernilla fue mayor cuando la sección basal del bulbo madre se cortó en cuartos y cada cuarto se separó en cinco grupos de catafilos gemelos.

Palabras clave: Bulbillos, propagación vegetativa, catafilos gemelos.



Introduction

The native monocotyledons of Mexico most used for decorative purposes are: Agavaceae, Amaryllidaceae, Araceae, Arecaceae, Cannaceae, Nolinaceae and Orchidaceae, among others. *Hippeastrum hybridum* known in Mexico as Mancuernilla belongs to the Amaryllidaceae family, is a plant with beautiful flowers of different colors, suitable for cultivation in garden, potted or cut flowers; so this plant has a very important place in floriculture for sale (Leszczyńska-Borys & Borys, 2001; Vargas, Oropeza, & de García, 2006).

Bulbous plants propagate by themselves or can be divided manually; Hartmann, Kester, Davies, and Geneve (1990), without indicating the species they refer to, describe the methods of bulb propagation by bulbils and cuttings bulb; they mention that propagation using bulbils is a slow method, since the process from the start of the formation of the bulbil to flowering requires approximately four to five years. The bulbils can be harvested and planted on beds or rows, in nursery to grow to be large enough to flower. When multiplying naturally is not enough we can use induction to generate new bulbils, sometimes using an artificial stimulus like making some incision in the bulb in different ways: basal cutting, removing a portion of the bulb, dividing in half, among others. Bulb wounds stimulate the reaction of bulb scales through a hormonal mechanism and form more or less bulbils, which are strengthened during the rest period of the mother bulb (Sganzerla, 1973).

Hippeastrum is propagated by four methods: the first method is using seeds (Leszczyńska-Borys & Borys, 2000), the most efficient propagation method of bulbous plants whose vegetative propagation is slow (Schiappacasse, Peñailillo, & Yáñez, 2002), is usually used to develop new varieties due to the large variation in the characteristics of flowers, plant form and flowering time; the second method is dividing bulbils and this method is used for cultivars that produce at least three bulbils; the third method is twin cataphylls used in most propagation cases (Vijverberg, 1981); propagation *in vitro* is the fourth method that has been used successfully for bulbous and in particular for *Hippeastrum* (Sultana et al., 2010; Vargas et al., 2006; Zayed, El-Shamy, Berkov, Bastida, & Codina, 2011), however, to use this method fancy facilities and equipment are required.

Ephrath et al. (2001) report that less *Hippeastrum* bulbils were obtained when the mother bulb was divided into sections without separating the parts (a bulb per section). When having 32 scale groups, 27 bulbils were obtained; on the other hand, when having 48 groups 33 bulbils were obtained; this indicates that to increase the number of sections per bulb generates more bulbils.

Introducción

Las monocotiledóneas nativas de México más utilizadas con fines decorativos son: Agavaceae, Amaryllidaceae, Araceae, Arecaceae, Cannaceae, Nolinaceae y Orchidaceae, entre otras. Mancuernilla (*Hippeastrum hybridum*) pertenece a la familia Amaryllidaceae, es una planta de hermosas flores de variados colores, adecuada para cultivo en jardín, maceta o para flor de corte; por lo que tienen un lugar muy importante dentro de la floricultura para su venta (Leszczyńska-Borys & Borys, 2001; Vargas, Oropeza, & de García, 2006).

Las plantas bulbosas se multiplican por sí mismas o pueden dividirse manualmente; Hartmann, Kester, Davies, y Geneve (1990) sin indicar a que especie se refieren, describen los métodos de multiplicación de bulbos por hijuelos y por estacas de bulbo; mencionan que la propagación mediante bulbillos o hijuelos es un método lento, ya que el proceso desde el inicio de la formación del bulbillo hasta la floración requiere de cuatro a cinco años aproximadamente. Los hijuelos se pueden cosechar y plantar en camas o surcos, en vivero para que crezcan hasta tener el tamaño adecuado para florecer. Cuando la multiplicación de manera natural no es suficiente se puede recurrir a la inducción para generar nuevos bulbillos, a veces con algún estímulo artificial como hacer alguna incisión de diversos modos en el bulbo, un corte basal, extirpar una porción de bulbo, dividir por la mitad, entre otros. Las heridas causadas al bulbo estimulan la reacción de las escamas a través de un mecanismo hormonal y forman mayor o menor cantidad de bulbillos hijos, que se robustecen durante el periodo de reposo del bulbo madre (Sganzerla, 1973).

La mancuernilla se propaga por cuatro métodos: el primero es por semillas (Leszczyńska-Borys & Borys, 2000), forma más eficiente de propagación de plantas bulbosas cuya reproducción vegetativa es lenta (Schiappacasse, Peñailillo, & Yáñez, 2002), es usualmente usada para el desarrollo de nuevas variedades debido a la gran variación de las características de flores, forma de la planta y tiempo de floración; el segundo es la separación de bulbos hijos y se utiliza para los cultivares que producen al menos tres bulbos hijos; el tercero es catafilos gemelos utilizado en la mayoría de los casos de propagación (Vijverberg, 1981); la propagación *in vitro* es el cuarto método de multiplicación que se ha utilizado con éxito en las bulbosas y en particular en *Hippeastrum* (Sultana et al., 2010; Vargas et al., 2006; Zayed, El-Shamy, Berkov, Bastida, & Codina, 2011), sin embargo, para utilizar este último se requiere tener instalaciones y equipo sofisticado.

Ephrath et al. (2001) reportan que se obtuvieron menos bulbillos de *Hippeastrum* cuando el bulbo madre se dividió en secciones sin separar (un bulbo por sección).

Zhu, Liu, and Yiu (2005) studied propagation, growth of bulbils, number of leaves in *Hippeastrum* and found that there was effect of various cutting methods. A total of 13.3 bulbils were obtained when longitudinal cut was made without separating the parts, 19.1 bulbils were obtained when 12 longitudinal cuts were made and 38.4 bulbils by cutting twin cataphylls; reporting that when the number of bulbils was greater bulbils had smaller diameter.

Yanagawa (2005) studied the propagation of ornamental bulbous and noted that 1.3 to 2.5 bulbs per segment of twin cataphylls were formed; indicating that there may be one or more buds per scale so when using the method of twin cataphylls we obtained 35.6 buds per bulb.

In Mexico there are no companies producing bulbs, so the propagation material is generally imported from the United States, the Netherlands and Germany. The companies importing bulbs are: Grupo Nedermax, Akico, Stigma Internacional, Viveros Atlitxco and Bulbos de Holanda. The main states producing *Hippeastrum* are Morelos, Puebla and State of Mexico (7,800, 6,500 and 1,000 plants per cycle respectively). In 2013 the cost of the bulbs was: bulbs of flower with single corolla \$45 MXN and \$67 MXN, for small bulbs and large bulbs respectively; bulbs with double corolla \$70 MXN small bulbs and \$88 MXN for large bulbs. This shows the great investment for nursery growers of *Hippeastrum*. The wholesale selling price was \$150 MXN and \$180 MXN for single and double corolla, respectively. The target market is Mexico City, Oaxaca and the local market of each producing state.

Besides the cost of the bulb, there are rot problems provoked by bacteria in imported bulbs; if the plant is not sold in the first cycle and stays; at the following flowering the size of the flower will be smaller, possibly due to the lack of cold hours. If less than 200 bulbs are acquired, assorted colors will be sent; you can select a specific color if you buy 200 pieces of each color.

Hippeastrum production in Mexico has total dependence on foreign, because of the need to import the bulbs. Therefore, it is necessary to have efficient methods and techniques of propagation to multiply cheaply the bulbous species of commercial interest, to boost the production of bulbs that can be offered to national consumers.

As had been pointed out, the options for the plant propagation of bulbs are limited to one or two bulbils per plant per year in natural conditions, so it is necessary to search for cloning options, where no sophisticated equipment and techniques are required. Therefore, the objective was to evaluate different cutting methods of the mother bulb to induce the formation of bulbils and determine which method is better for the propagation of *Hippeastrum*.

Al tener 32 grupos de escamas se obtuvieron 27 bulbillos, mientras que cuando se tuvieron 48 grupos se produjeron 33; lo anterior indica que al aumentar el número de secciones por bulbo se genera mayor número de bulbillos.

Zhu, Liu, y Yiu (2005) estudiaron la multiplicación, el crecimiento de bulbos hijos, número de hojas en *Hippeastrum* y observaron que hubo efecto de diversos métodos de corte. Se obtuvieron 13.3 bulbos hijos cuando se hizo corte longitudinal sin separar las porciones, 19.1 bulbillos cuando se tuvieron 12 estacas de bulbo en corte longitudinal, y 38.4 bulbillos al hacer cortes en escamas gemelas; reportan que, cuanto mayor fue el número de bulbos hijos, éstos fueron de menor diámetro.

Yanagawa (2005) estudió la propagación de bulbosas ornamentales y observó que se formaron de 1.3 a 2.5 bulbos por segmentos de escamas gemelas; señala que por escama puede haber una o más yemas por lo que al usar el método de escamas gemelas obtuvieron 35.6 yemas por bulbo.

En México no se dispone de empresas productoras de bulbos, por lo que el material de propagación generalmente es importado de Estados Unidos, Holanda y Alemania. Las empresas importadoras de bulbos son: Grupo Nedermax, Akico, Stigma Internacional, Viveros Atlitxco y bulbos de Holanda. Los principales estados productores de mancuernilla son Morelos, Puebla y Estado de México (7,800, 6,500 y 1,000 plantas por ciclo respectivamente). En 2013 el costo de los bulbos fue: bulbos de flor corola simple \$45 MXN y \$67 MXN, para bulbos de calibre pequeño y calibre grande respectivamente; bulbos de corola doble \$70 MXN para calibre pequeño y \$88 MXN para calibre grande. Lo anterior indica la gran inversión para los viveristas productores de mancuernilla. El precio de venta al mayoreo fue de \$150 MXN y \$180 MXN para corola simple y doble, respectivamente. El mercado destino es el Distrito Federal, Oaxaca y el mercado local de cada estado productor.

Además del costo del bulbo, se tienen problemas de pudrición por bacterias presentes en los bulbos importados; si la planta no se vende en el primer ciclo y se queda, en la siguiente floración el tamaño de flor es menor debido, posiblemente, a la falta de horas frío. Si la compra es menor a 200 bulbos, estos serán de colores variados, ya que sólo venden colores específicos si se compran 200 piezas de cada color.

La producción de mancuernilla en México tiene dependencia total del extranjero, por la necesidad de importar los bulbos. Por tal motivo, es necesario disponer de métodos y técnicas de propagación eficientes que permitan multiplicar de forma económica las

Materials and methods

The research was conducted in a greenhouse covered with white plastic uv 2 and the Laboratory of Plant Propagation of the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad Autónoma de Morelos, located at 18° 58' 54.71" N and 99° 13' 59.14" W, and 1,876 m of altitude, in Cuernavaca, Morelos. The climate is semi-warm and subhumid, annual rainfall of 1,061 mm, average annual temperature of 20 °C, (A)Ca(w1)(w)(i')gw' (García, 1981).

Plant material

Hippeastrum bulbs (8 cm diameter) variety Pasadena were used. The bulbs were prepared by removing the roots, then cut according to the treatments evaluated (Figure 1): 1) the whole bulb, 2) basal section, 3) ^ cut in basal section, 4) basal section without central bud, 5) cutting basal section in half, 6) basal section into quarters, 7) longitudinal cut into quarter, 8) longitudinal cut into eighths and 9) basal section into quarters, separating each quarter into five groups of twin cataphylls.

The bulbs (or fractions) were planted in 7" black plastic pots containing compost of sifted tree leaves. A bulb or sections obtained were planted per pot. The depth of planting was to cover the bulb or sections with the substrate used.

After planting, we had to wait five days for healing of cuts; then irrigation was applied using water with fungicide Captán® (2 g·liter⁻¹, active ingredient: N-trichloromethyl dicarboximide); the fungicide application was repeated the first two weeks after planting (once a week); then watered twice a week during the seven months of experimentation.

Experimental design

The experiment was conducted as a completely randomized design with five replications per treatment; a replication was a pot with one bulb or sections, according to the treatment.

The evaluation was conducted at seven months after the establishment of the experiment, recording: 1) bulbils per mother bulb, number of bulbils provided by each mother bulb; 2) bulbil weight, weight of fresh mass of the bulbil using an analytical balance; 3) bulbil length, the length of the bulbil was measured using a digital vernier; 4) bulbil diameter, measured with digital vernier and the equatorial diameter of each of the bulbils; 5) roots per bulbil, the number of roots per bulbil; 6) leaves per bulbil, the number of leaves produced by each plant.

especies bulbosas de interés comercial, para impulsar la producción de bulbos que se puedan ofertar a los consumidores nacionales.

Como se ha señalado, las opciones de propagación vegetativa de las bulbosas son limitadas a uno o dos hijuelos por planta por año en condiciones naturales, por lo que es necesario buscar opciones de clonación, en las cuales no se requieran equipos y técnicas sofisticadas. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar diferentes formas de corte del bulbo madre para inducir la formación de bulbillos y determinar cuál es mejor para la multiplicación de mancuernilla.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en un invernadero cubierto con plástico lechoso uv 2 y en el Laboratorio de Propagación Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, con ubicación geográfica de 18° 58' 54.71" N y 99° 13' 59.14" O, y 1,876 m de altitud, en Cuernavaca, Morelos. El clima es semicálido y subhúmedo, precipitación anual de 1,061 mm, temperatura media anual de 20 °C, (A)Ca(w1)(w)(i')gw" (García, 1981).

Material vegetal

Se utilizaron bulbos de mancuernilla de la variedad Pasadena; el tamaño fue 8 cm de diámetro. Los bulbos fueron preparados eliminando las raíces presentes, posteriormente se hicieron los cortes de acuerdo a los tratamientos evaluados (Figura 1): 1) bulbo completo, 2) sección basal, 3) corte en ^ en sección basal, 4) sección basal sin yema central, 5) corte por mitad de sección basal, 6) corte de sección basal en cuartos, 7) corte longitudinal en cuartos, 8) corte longitudinal en octavos y 9) corte de la sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de catafilos gemelos.

Los bulbos (o sus fracciones) se plantaron en macetas de plástico negro de 7", que contenían composta de hojas de árbol cernida. Por cada maceta se plantó un bulbo o bien las secciones obtenidas de él. La profundidad de plantación fue hasta cubrir el bulbo o secciones con el sustrato utilizado.

Después de la plantación, se dejaron pasar 5 días para que ocurriera la cicatrización de los cortes; posteriormente se aplicó el riego usando agua con fungicida Captán® (2 g·litro⁻¹, ingrediente activo: N-triclorometil dicarboximida); la aplicación del fungicida se repitió las primeras dos semanas después de la plantación (una vez por semana); después se regó dos veces por semana durante los siete meses de experimentación.

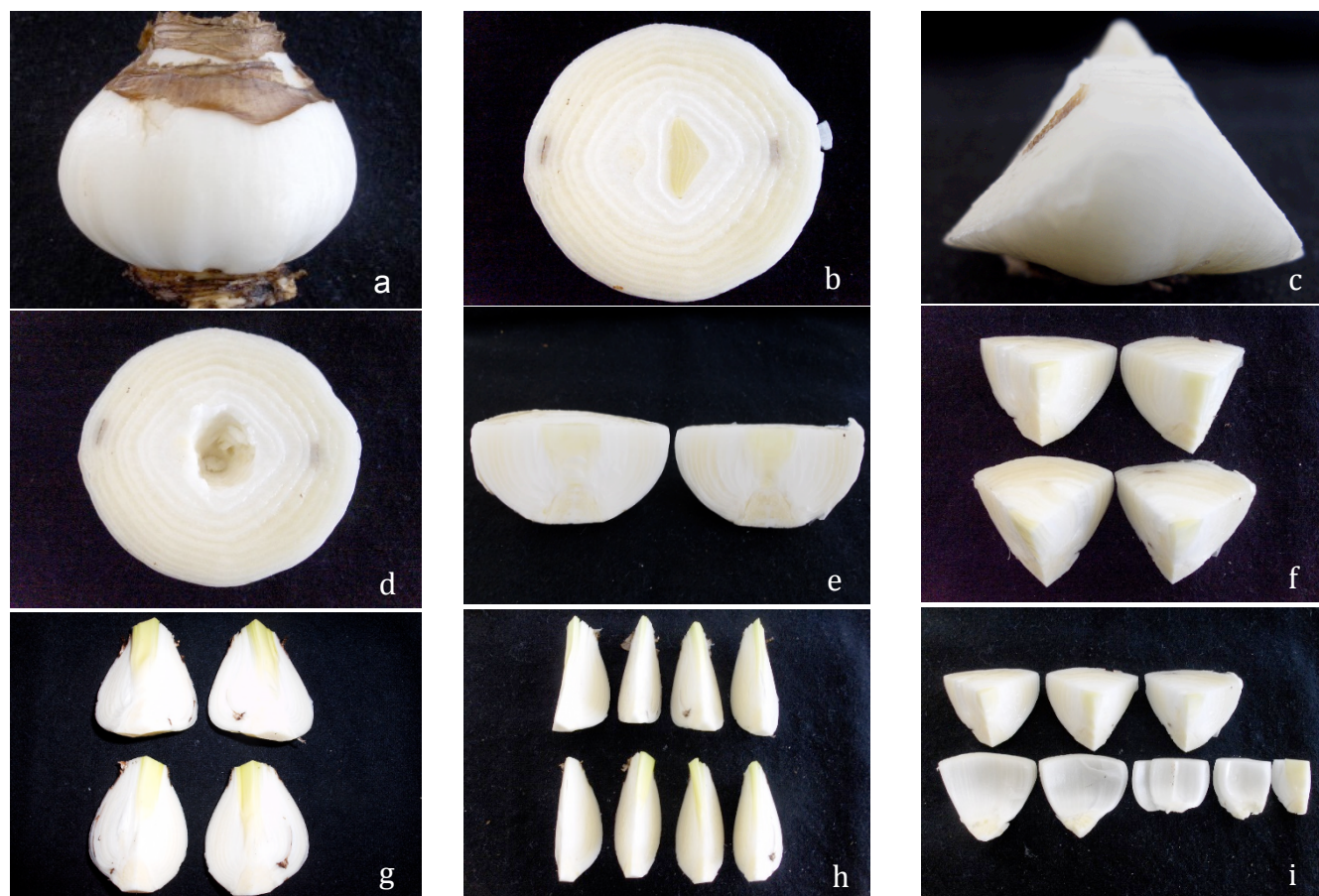


Figure 1. Description of cutting methods used in *Hippeastrum* bulbs variety Pasadena to induce the formation of bulbils. a) The whole bulb, b) basal section, c) \wedge cut in basal section, d) basal section without central bud, e) cutting in half of basal section, f) cutting basal section in quarters, g) longitudinal cut into quarters, h) longitudinal cut into eighths and i) basal section into quarters, separating each quarter into five groups of twin cataphylls.

Figura 1. Descripción de la forma de corte realizada en bulbos de mancuernilla var. Pasadena para inducir la formación de bulbillos. a) Bulbo completo, b) sección basal, c) corte en \wedge en sección basal, d) sección basal sin yema central, e) corte por mitad de sección basal, f) corte de la sección basal en cuartos, g) corte longitudinal en cuartos, h) corte longitudinal en octavos, i) corte de la sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de catafilos gemelos.

Data analysis

The data were evaluated using the analysis of variance, mean comparison test of Tukey ($P \leq 0.05$), and correlation. The variables evaluated were transformed with the \sqrt{x} function prior to statistical analysis.

Results and discussion

Three bulb cutting method (whole bulb, basal section and \wedge cut of the basal section), showed no formation of new bulbils from the mother bulb; in the three cutting methods, the central bud of mother bulb was not damaged, provoking that only a single plant grew up from the mother bulb and no new bulbils were formed, showing effect of apical dominance by not allowing the buds to grow at the base of the bulb. In this regard, Azcón-Bieto and Talón (2008) indicate that it has been

Diseño experimental

El experimento fue conducido como diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento, una repetición fue una maceta con un bulbo o las secciones de éste, según el tratamiento.

La evaluación se realizó a los siete meses después de establecido el experimento, registrando: 1) bulbillos por bulbo madre, se contó el número de bulbillos generados por cada bulbo madre; 2) peso del bulbillo, se registró el peso de la masa fresca del bulbillo, en balanza analítica; 3) longitud del bulbillo, se midió el largo del bulbillo, con vernier digital; 4) diámetro del bulbillo, con vernier digital se midió y registró el diámetro ecuatorial de cada uno de los bulbillos; 5) raíces por bulbillo, se contó el número de raíces por bulbillo; 6) hojas por bulbillo, se contó el número de hojas producidas por cada planta.

found that the apical bud may inhibit the polar transport of the endogenous auxin in lateral buds, transportation that would be essential to its growth, because these regulators stimulate especially the growth of the stem and inhibit the growth of lateral buds. Therefore, *Hippeastrum* bulbs with main bud had no growth of buds among cataphylls and thus no new formation of bulbils.

This result agrees with Schiappacasse et al. (2002) who suggest that undivided bulbs of *Phycella australis* increased in size, but rarely produced bulbils. In this regard, Kariuki (2008) reports that by eliminating the main bud of the bulb of *Ornithogalum* more bulbils were obtained.

The analysis of variance showed highly significant effect ($P \leq 0.01$) of the bulb cutting method in all variables (bulbils per bulb mother bulb, bulbil weight, length, diameter, roots and leaves) evaluated in the propagation of bulbils. The coefficients of variation were 3.66 to 7.56 %, while the determination coefficients were greater than 0.90, indicating little variation in the observations and good fit of the statistical model used.

Bulbils per bulb

When the basal part of the bulb was used, eliminating the central bud cutting in half and into quarters, five and six new bulbils per mother bulb were obtained; on the other hand, when the whole bulb was used and longitudinal cuts were made to obtain four and eight bulb sections, the double of bulbils (10.5 and 13.7 new bulbils respectively) was obtained; this indicates that reserve source contained in cataphylls of the mother bulb had an important role in the formation of new bulbils, when cataphyll was longer (with more reserves) more bulbils were formed; Stancato, Mazzafera, and Magalhães (1995) indicate that the reserves contained in *Hippeastrum* bulbs are starch and sucrose, whose proportion varies depending on whether the bulb is source or demand. The bulb is demand when it is still growing, and becomes a source when it has finished growing. However, when only the basal section of the mother bulb was used cutting into four equal parts and each quarter was separated into five groups of twin cataphylls (with 20 bulb sections), 25.6 new bulbils were obtained, value that was statistically higher than that obtained in all other cutting methods (Figures 2 and 3).

Stancato et al. (1995) reported that during the formation of bulbils (125 days in culture for propagation), cataphylls of the mother bulb had 75 % weight loss in dry matter and 85 % starch content, indicating that the reserve source was used for the formation and growth of new bulbils.

The above results indicate that the greater the number of cuts in the bulb, the greater the number

Análisis de datos

Los datos fueron estudiados mediante análisis de varianza, prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$), y correlación. Las variables evaluadas en conteos fueron transformadas con la función \sqrt{x} , previo al análisis estadístico.

Resultados y discusión

En tres tratamientos de forma de corte del bulbo (bulbo completo, sección basal y corte en \wedge de la sección basal), no hubo formación de nuevos bulbillos a partir del bulbo madre; en las tres formas de corte, la yema del centro del bulbo madre no fue dañada, lo anterior ocasionó que a partir de ella creciera una sola planta y no se formaran nuevos bulbillos, manifestando efecto de dominancia apical al no permitir que crecieran las yemas existentes en la base del bulbo. Al respecto, Azcón-Bieto y Talón (2008), indican que se ha comprobado que la yema apical puede inhibir el transporte polar de la auxina endógena en las yemas laterales, transporte que sería indispensable para su crecimiento, ya que estos reguladores estimulan especialmente el crecimiento del tallo e inhiben el crecimiento de las yemas laterales. Por lo anterior, en los bulbos de mancuernilla donde no se eliminó la yema principal del bulbo, no hubo crecimiento de las yemas presentes entre los catafilos y con ello no hubo formación de nuevos bulbillos.

El resultado anterior concuerda con Schiappacasse et al. (2002) quienes indican que los bulbos no divididos de *Phycella australis* aumentaron de tamaño, pero escasamente dieron origen a bulbillos hijos. En este sentido, Kariuki (2008) reporta que al eliminar la yema principal del bulbo de *Ornithogalum* se obtuvo mayor número de bulbillos.

El análisis de varianza mostró efecto altamente significativo ($P \leq 0.01$) de la forma de corte del bulbo en todas las variables (bulbillos por bulbo madre, peso del bulbillo, longitud, diámetro, raíces y hojas) evaluadas en la multiplicación de bulbillos. Los coeficientes de variación fueron de 3.66 a 7.56 %, en tanto que los coeficientes de determinación, fueron mayores a 0.90, indicando poca variación en las observaciones y buen ajuste del modelo estadístico utilizado.

Bulbillos por bulbo

Cuando se usó la parte basal del bulbo, eliminando la yema central cortando por la mitad y cortando en cuatro partes, se obtuvieron cinco y seis bulbillos nuevos por bulbo madre; en contraste, cuando se usó todo el bulbo y se hicieron cortes longitudinales para obtener cuatro y ocho secciones de bulbo, se obtuvo el doble de bulbillos (10.5 y 13.7 bulbillos nuevos respectivamente); lo anterior indica que la fuente de reservas, contenidas en los catafilos

of new bulbils, although these bulbils would be smaller. Moreover, Ephrath et al. (2001) report that when increasing the number of sections of the bulb *Hippeastrum*, greater number of bulbils was obtained; as opposed to this study, these researchers used complete bulb longitudinal sections, with or without separation of cataphylls in all cuts.

Zhu et al. (2005) cut the mother bulb into 8, 12, 16 and 32 complete longitudinal sections and found that the greater the number of segments increased number of bulbils was obtained per mother bulb (12.8, 18.0, 22.4, and 28 respectively). The results obtained by these researchers, for eight sections of mother bulb, were similar to the 13.7 bulbils obtained in eight sections of the bulb in this study. However, the number of bulbils produced was lower than that obtained by Yanagawa (2005) who used the method of twin cataphylls and found 35.6 buds per bulb and indicates the presence of basal plate is of fundamental importance for the formation of new bulbils.

Bulbils weight

The heavier bulbils (9.6 and 7.7 g) were those formed when the whole bulb with longitudinal cuts was used to obtain four and eight sections; on the contrary, the bulbils with less weight were formed when the basal section cut in half was used (2.2 g), basal section cut into quarter separating each quarter into five groups of twin cataphylls (2.5 g), and when the basal section was cut into quarters (3.4 g) (Figure 4). Witomska, Ilczuk, and Zalewska (2005) also found that smaller cut in the bulb (16 sections) produced lower weight bulbils.

The above results indicate that the growth of the bulbs was affected by the reserves contained in the mother bulb; when using the whole bulb with longitudinal cuts, allowed to dispose of all reserves contained in the bulb and bulbils were heavier; while, when only the basal section of the bulb was used, half of the reserves

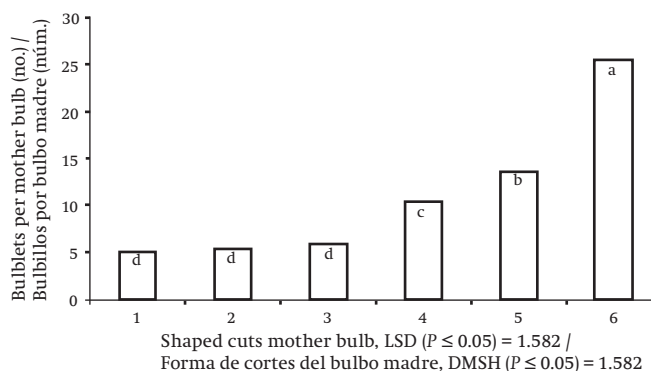


Figure 2. Formation of *Hippeastrum* bulbils due to cutting methods of mother bulb. 1) Basal section without central bud, 2) cutting basal section in half, 3) cutting basal section into quarters, 4) longitudinal cut into quarters, 5) longitudinal cut into eighths, 6) basal section into quarters, separating each quarter into five groups of twin cataphylls.

Figura 2. Formación de bulbillos en mancuernilla por efecto de la forma de corte del bulbo madre. 1) Sección basal sin yema central, 2) corte por mitad de sección basal, 3) corte de sección basal en cuartos, 4) corte longitudinal en cuartos, 5) corte longitudinal en octavos, 6) sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de catafilos gemelos.

del bulbo madre, tuvo una función importante en la formación de nuevos bulbillos, cuando el catafilo fue más largo (con más reservas) también se tuvo mayor formación de éstos; Stancato, Mazzafera, y Magalhães (1995) indican que las reservas contenidas en los bulbos de *Hippeastrum* son almidón y sacarosa, cuya proporción varía en función de si el bulbo es fuente o es demanda. El bulbo es demanda cuando está en proceso de crecimiento y se convierte en fuente cuando ha completado su crecimiento. Sin embargo, cuando se usó únicamente la sección basal del bulbo madre cortando en cuatro partes iguales y separando cada cuarto en cinco grupos de escamas gemelas (con 20 secciones de bulbo), se obtuvieron 25.6 bulbillos nuevos,



Figure 3. Production of *Hippeastrum* bulbils. a) Basal section without central bud, b) cutting basal section into quarters, c) basal section into quarters, separating each quarter into five groups of twin cataphylls.

Figura 3. Producción de bulbillos en mancuernilla. a) Sección basal sin yema central, b) corte de la sección basal en cuartos, c) sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de catafilos gemelos.

was discarded and therefore the bulbils had lower weight. In this regard, Ephrath et al. (2001) suggest that the smaller segments results in small amounts of nutrients to promote the growth of bulblets. Stancato et al. (1995) indicate that the nutritional reserve of the mother bulbs used for growth of the *Hippeastrum* bulbils was the starch, since they determined that the content of starch decreased 85 % during 125 days of growth of new bulbils of this species.

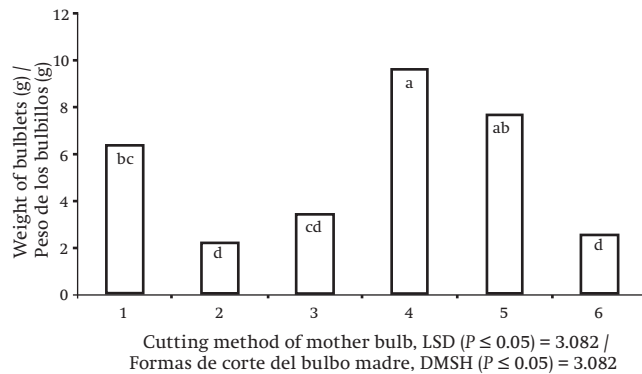


Figure 4. Formation of *Hippeastrum* bulbils due to cutting methods of mother bulb. 1) Basal section without central bud, 2) cutting basal section in half, 3) cutting basal section into quarters, 4) longitudinal cut into quarters, 5) longitudinal cut into eighths, 6) basal section into quarters, separating each quarter into five groups of twin cataphylls.

Figura 4. Formación de bulbillos en mancuernilla por efecto de la forma de corte del bulbo madre. 1) Sección basal sin yema central, 2) corte por mitad de sección basal, 3) corte de sección basal en cuartos, 4) corte longitudinal en cuartos, 5) corte longitudinal en octavos, 6) sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de catafilos gemelos.

Bulbils length

It was observed that the bulbils were bigger when the basal section without central bud was used and when four longitudinal sections were obtained. On the other hand, smaller bulb were recorded in those produced when the basal section was divided in half, and when the basal section in quarter was used, separating each quarter into five groups of twin cataphylls. Smaller bulbils had also lower weight (Table 1, Figure 4). The shorter length of the bulbils is attributed to using only the basal section of the bulb where fewer starch is available for growth; so the same happened when separating into groups of twin cataphylls, the amount of starch available was limiting for growth.

Bulbils diameter

In four of the cutting methods of the mother bulb, the bulbils had of similar diameter (19 to 21 cm), with

valor que fue estadísticamente superior al obtenido en todas las demás formas de corte (Figuras 2 y 3).

Stancato et al. (1995) reportan que durante la formación de bulbillos (125 días en cultivo para multiplicación), los catafilos del bulbo madre tuvieron 75 % de pérdida de peso en materia seca y 85 % de contenido de almidón, indicando que la fuente de reservas fue utilizada para la formación y crecimiento de los nuevos bulbillos.

Los resultados anteriores indican que a mayor número de cortes en el bulbo se obtiene mayor número de nuevos bulbillos, aunque de menor tamaño. También Ephrath et al. (2001) reportan que, al aumentar el número de secciones en que se dividió el bulbo de *Hippeastrum*, se obtuvo mayor número de bulbillos; a diferencia de la presente investigación, estos investigadores en todos sus cortes usaron secciones longitudinales de bulbo completas, con o sin separación de catafilos.

Zhu et al. (2005) cortaron el bulbo madre en 8, 12, 16 y 32 secciones longitudinales completas y observaron que a mayor número de segmentos se obtuvo mayor número de bulbillos por bulbo madre (12.8, 18.0, 22.4, y 28 respectivamente). Los resultados obtenidos por estos investigadores, para ocho secciones de bulbo madre, fueron similares a los 13.7 bulbillos obtenidos en las ocho secciones de bulbo en esta investigación. Sin embargo, el número de bulbillos producido fue menor que lo obtenido por Yanagawa (2005) quien utilizó el método de catafilos gemelos y observó 35.6 yemas por bulbo e indica que la presencia de plato basal es de fundamental importancia para la formación de los nuevos bulbillos.

Peso de los bulbillos

Los bulbillos de mayor peso (9.6 y 7.7 g), fueron los que se formaron cuando se utilizó todo el bulbo con cortes longitudinales para obtener cuatro y ocho secciones; por el contrario, los bulbillos de menor peso se formaron cuando se usó la sección basal haciéndole corte por mitad (2.2 g), sección basal en cuartos separando cada cuarto en cinco grupos de escamas gemelas (2.5 g), y cuando se hizo corte de la sección basal en cuartos (3.4 g) (Figura 4). También Witomska, Ilczuk, y Zalewska (2005) observaron que menor tamaño de corte en el bulbo (16 secciones) generó bulbillos de menor peso.

Los resultados anteriores indican que el crecimiento de los bulbos se vio afectado por las reservas contenidas en el bulbo madre; el usar el bulbo completo con cortes longitudinales, permitió disponer de todas las reservas contenidas en el mismo y los bulbillos fueron de mayor peso; en tanto que, cuando se usó sólo la sección basal del bulbo, se desechó la mitad de las reservas y por lo tanto, los bulbillos fueron de menor peso. Al respecto, Ephrath et al. (2001) indican

Table 1. Effect of the bulb cutting method on the characteristics of the bulbils produced in the propagation of *Hippeastrum* variety Pasadena.**Cuadro 1. Efecto de la forma de corte del bulbo en las características de los bulbillos producidos en la multiplicación de mancuernilla var. Pasadena.**

Cutting method of the mother bulb / Forma de corte en el bulbo madre	Bulbil length (mm)/Longitud del bulbillo (mm)	Bulbil diameter (mm)/Diámetro de bulbillo (mm)	Roots per bulbil (number)/ Raíces por bulbillo (núm.)	Leaves per bulbil (number)/ Hojas por bulbillo (núm.)
Basal section without central bud / Sección basal sin yema central	30.79 a	21.58 a	10.2 c	1.42 a
Cutting basal section in half / Corte por mitad de la sección basal	17.55 d	13.36 b	3.0 d	1.00 c
Cutting basal section into quarters / Corte de sección basal en cuartos	21.26 cd	19.24 a	11.0 c	1.00 c
Longitudinal cut into quarters / Corte longitudinal en cuartos	27.88 ab	21.96 a	33.5 b	1.34 ab
Longitudinal cut into eighths / Corte longitudinal en octavos	24.82 bc	20.71 a	43.5 a	1.48 a
Basal section into quarters, separating each quarter into five groups of twin cataphylls/ Sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de catafilos gemelos	18.99 d	14.25 b	44.0 a	1.18 b
DMSH ($P \leq 0.05$)	4.532	4.48	6.774	0.167

Values with the same letter within each column are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

LSD: Least Significant Difference.

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

significant differences compared to those formed when using the basal section cut in half and when the basal section in quarters was used separating each quarter into five groups of scales, since the diameter of the bulbils was only 13 and 14 mm, respectively (Table 1).

The growth of new bulbils, given by the weight, length and diameter, depended on the size of the section used. The larger the section of cataphylls, the higher growth of bulbils and the smaller the size of cataphylls the lower the growth, as was also reported by Jamil Rahman, Rahman, and Gazipur (2014). Stancato et al. (1995) indicate that the starch of the mother bulbs is the reserve substance used in the initial growth phase, until bulbs have leaves photosynthetically active.

Roots per bulb

The number of roots was higher (43 and 44 roots) for longitudinal cut in eights, and for using quarters of basal section, separating each quarter into five groups of twin cataphylls (Table 1). With these cutting methods we also had the largest number of bulbils. The lowest number of roots was obtained for basal section without

que, el menor tamaño de segmentos resulta en poca cantidad de nutrientes para impulsar el crecimiento de los bulbillos. Stancato et al. (1995) indican que la reserva nutritiva de los bulbos madre usada para el crecimiento de los bulbillos de *Hippeastrum* fue el almidón, dado que determinaron que el contenido de éste, disminuyó 85 % durante 125 días de crecimiento de los nuevos bulbillos de esta especie.

Longitud de bulbillos

Se observó que, los bulbillos fueron de mayor longitud cuando se utilizó la sección basal sin la yema central y cuando se obtuvieron cuatro secciones longitudinales. En contraste, la menor longitud de bulbo se registró en aquellos producidos cuando se dividió la sección basal en dos, y cuando se usó la sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de escamas gemelas. Los bulbillos de menor longitud también fueron los de menor peso (Cuadro 1, Figura 4). La menor longitud de los bulbillos se atribuye a que, al usar sólo la sección basal del bulbo hubo menor cantidad de almidón disponible para el crecimiento; lo mismo ocurrió al separar en grupos de catafilos gemelos, la cantidad de almidón disponible fue limitante para el crecimiento.

central bud, basal section in half, and basal section into quarters, in all three cases, only the basal section of the bulb was used; in these treatments was where the lowest number of bulbils was obtained. This indicates high association between these two variables, which was verified using the correlation analysis presented below. The formation of new bulbs leads to the generation of roots that allow independent growth of each bulb formed.

Number of leaves per bulbils

At the time of evaluation, most bulbils still did not show leaves; those that had leaves had one or two (Table 1, Figure 3), indicating that growth in weight, length and diameter was due to existing starch reserves in the mother bulb.

The analysis, considering all the variables, indicates that when using the whole bulb and cutting into quarters or eights (slices), this generates many new bulbils (10-13), with bigger size compared to when we obtain a large number of bulbils. Zhu et al. (2005) mention that when the mother bulbs are cut into many segments, more bulbils are obtained, but these bulbils are smaller, with less weight, smaller diameter and fewer leaves.

For propagation purposes, the best method to cut the mother bulb is cutting the basal section into quarters and separate each quarter into five groups of twin cataphylls, because larger number of bulbils is obtained although the small size of the bulbils could generate losses in field due to the lack of sprouting, or by drying them and thus generating crop losses, as in *Narcissus* (Hanks, 1993). Size will also affect the time required to have a mature bulb (Hanks, 1993); it is clear that small bulbs need more time to grow to market size (Zhu et al., 2005).

The bulbils from the cut method that produced more bulbils should grow longer in the field, compared with those from cutting methods that generated fewer bulbs. In this regard, it is important also to know the time required for the bulbils produced by the different cutting methods reach adult size, to choose the appropriate cutting technique for each situation.

Correlation of variables

The correlations that were significant and highly significant were positive. The number of bulbils formed per bulb mother was highly correlated with the number of roots (0.816), indicating that the greater number of bulbils, greater number of roots was obtained, this is because each new bulbil need water and nutrients to initiate growth independently.

The weight of the fresh matter of bulbils had high correlation with the length, diameter and number of

Diámetro de bulbillos

En cuatro de las formas de corte del bulbo madre, los bulbillos formados fueron de diámetro similar (19 a 21 cm), teniendo diferencias significativas con los formados al usar la sección basal con corte por mitad y cuando se usó la sección basal en cuartos separando cada cuarto en cinco grupos de escamas, ya que el diámetro de los bulbillos fue solo de 13 y 14 mm, respectivamente (Cuadro 1).

El crecimiento de los nuevos bulbillos, dado por el peso, longitud y diámetro, dependió del tamaño de la sección usada. A mayor tamaño de la sección de catafilos, mayor crecimiento de los bulbillos y a menor tamaño de catafilos menor crecimiento, como fue reportado también por Jamil, Rahman, Rahman, y Gazipur (2014). Stancato et al. (1995) indican que el almidón de los bulbos madre es la sustancia de reserva que se utiliza en la fase de crecimiento inicial, hasta que éstos tienen hojas con actividad fotosintética.

Raíces por bulbo

El número de raíces fue mayor (43 y 44 raíces) cuando se hizo corte longitudinal en octavos, y cuando se usó la sección basal en cuartos, separando cada cuarto en cinco grupos de escamas gemelas (Cuadro 1). En estos tratamientos de corte fue donde se tuvo también el mayor número de bulbillos. El menor número de raíces se obtuvo cuando se utilizó la sección basal sin yema central, sección basal en dos partes, y sección basal en cuatro partes, en los tres casos se usó sólo la sección basal del bulbo; en estos tratamientos fue donde también se obtuvo el menor número de bulbillos. Lo anterior indica alta asociación entre estas dos variables, misma que se comprobó con el análisis de correlación que se presenta más adelante. La formación de nuevos bulbos conlleva a la generación de raíces que permitirán el crecimiento independiente de cada bulbo formado.

Número de hojas por bulbillo

Al momento de la evaluación, la mayoría de los bulbillos aun no mostraban presencia de hojas; los que sí las presentaban tenían una o dos (Cuadro 1, Figura 3), indicando que el crecimiento en peso, longitud y diámetro fue debido a las reservas de almidón existentes en el bulbo madre.

El análisis general, considerando todas las variables, indica que usar el bulbo completo y obtener cuatro y ocho partes (rebanadas), este genera gran número de bulbillos nuevos (10 a 13), con tamaño más grande que cuando se forma mayor cantidad de estos. Zhu et al. (2005) señalan que cuando los bulbos madre se cortan en mayor número de segmentos, se obtiene mayor número de bulbillos, pero éstos son más

Table 2. Correlation of variables assessed in multiplying *Hippeastrum* variety Pasadena.**Cuadro 2. Correlación de variables evaluadas en la multiplicación de mancuernilla var. Pasadena.**

	Bulbils per bulb/ Bulbillos por bulbo	Bulbil weight/ Peso del bulbillo	Bulbil length/ Longitud del bulbillo	Bulbil diameter/ Diámetro del bulbillo	Roots per bulbil/ Raíces por bulbillo	Leaves per bulbil/Hojas por bulbillo
Bulbils per bulb/ Bulbillos por bulbo	1.000	- 0.178 ^{ns}	- 0.431 ^{ns}	- 0.431 ^{ns}	0.816 ^{**}	- 0.128 ^{**}
Bulbil weight/ Peso del bulbillo		1.000	0.757 ^{**}	0.788 ^{**}	- 0.328 ^{ns}	0.601 ^{**}
Bulbil length/ Longitud del bulbillo			1.000	0.789 ^{**}	- 0.108 ^{ns}	0.395 ^{ns}
Bulbil diameter/ Diámetro de bulbillo				1.000	- 0.041 ^{ns}	0.498 [*]
Roots per bulbil/ Raíces por bulbillo/					1.000	- 0.012 ^{ns}
Leaves per bulbil/ Hojas por bulbillo						1.000

ns, *: non-significant and significant at $P \leq 0.01$. / ns, *: no significativo y significativo a una $P \leq 0.01$.

leaves per bulbil, since when the weight of the bulbils was higher the parameters were also higher. There was also high and positive correlation between length and diameter of the bulbil, indicating that the larger the bulbil, the larger the diameter. Two other variables that were correlated positively were diameter and number of leaves, indicating that the higher diameter, the greater the number of leaves (Table 2). This indicates that the bulbils produced during propagation showed normal growth of the bulbs in the species evaluated.

Conclusions

Based on the results obtained and the conditions under which the research was conducted, it is concluded that the presence of the main bud of the bulbs inhibited the development of new bulbils and therefore, the propagation of them; the presence of complete cataphylls in longitudinal cuts favored the production of bulbils. To make more cuts promotes greater propagation of new bulbils; the propagation of *Hippeastrum* variety Pasadena was greater when the basal section of the mother bulb was cut into quarters and each quarter was separated into five groups of twin cataphylls.

Acknowledgements

The authors thank the Programa de Fortalecimiento de la Calidad en las Instituciones Educativas (PIFI) and the Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), for their support for the acquisition

pequeños, de menor peso, menor diámetro y menor número de hojas.

Con fines de multiplicación, la mejor forma de corte del bulbo madre es el corte de la sección basal en cuartos y separar cada cuarto en cinco grupos de escamas gemelas, porque se tiene el mayor número de bulbillos aunque su tamaño pequeño podría generar mermas en campo por falta de brotación, o por desecación de los mismos y con ello pérdidas en cosecha, como sucede en *Narcissus* (Hanks, 1993). También el tamaño afectará el tiempo necesario para lograr un bulbo maduro (Hanks, 1993); es claro que los pequeños necesitan más tiempo para crecer hasta tamaño comercial (Zhu et al., 2005).

Los bulbillos provenientes de la forma de corte que produjo más cantidad de éstos, deberán crecer durante más tiempo en campo, en comparación con los obtenidos en cortes que generaron menos bulbos. En este sentido, será importante conocer también el tiempo necesario para que los bulbillos producidos por las distintas formas de corte alcancen el tamaño adulto, para poder seleccionar así la técnica de corte apropiada para cada situación.

Correlación de variables

Las correlaciones que fueron significativas y altamente significativas fueron positivas. El número de bulbillos formados por bulbo madre estuvo altamente correlacionado con el número de raíces (0.816), indicando que a mayor número se tuvo mayor número de raíces, esto se debe a que cada nuevo bulbillo

of equipment, materials and supplies needed for conducting this research.

requiere absorber agua y nutrientes para iniciar un crecimiento de manera independiente.

End of English version

References / Referencias

- Azcón-Bieto, J. & Talón, M. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal (pp. 656). Madrid, España: Ediciones McGraw-Hill/Interamericana.
- Ephrath, J., Ben-Asher, J., Baruchin, F., Alekperov, C., Dayan, E., & Silberbush, M. (2001). Various cutting methods for the propagation of hippeastrum bulbs. *Biotronics*, 30, 75-83. Recuperado de: http://www.researchgate.net/profile/Jhonthan_Ephrath/publication/31903445_VARIOUS_CUTTING_METHODS_FOR_THE_PROPAGATION_OF_HIPPEASTRUM_BULBS/links/0deec51b1ebbf0d66000000.pdf
- García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática Koppen. *Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. México (DF): Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 246.
- Hanks, G. R. (1993). *Narcissus. The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier, Amsterdam, 463-558.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. (1990). *Plant propagation: principles and practices*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, 760.
- Jamil, M. K., Rahman, M. M., Rahman, M. M., & Gazipur, B. (2014). Effect of Bulb Cutting and Pot Medium on Propagation of Hippeastrum (*Hippeastrum hybridum* Hort.). *Journal of Ornamental Plants*, 4(3), 123-132. Recuperado de: [http://webzoom.freewebs.com/jornamental/vol4\(3\)/JOPSeptember2014P123-FullText.pdf](http://webzoom.freewebs.com/jornamental/vol4(3)/JOPSeptember2014P123-FullText.pdf)
- Kariuki, W. (2008). *Rapid multiplication of Ornithogalum saundersiae* Bak. through bulblet production in vivo.
- Leszczyńska-Borys, H. & Borys, M. W. (2001). Plantas bulbosas para flor de corte, macetas, jardines y parques. Ediciones UPAEP. Puebla, Pue, 85.
- Leszczyńska-Borys, H. & Borys, W. M. (2000). Seed production of *Sprekelia formisissima* L. Herbert. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 42, 96-103.
- Schiappacasse, F., Peñailillo, P., & Yáñez, P. (2002). *Propagación de bulbosas chilenas ornamentales*. Editorial Universidad de Talca. Talca. Chile, 65.
- Sganzerla, M. (1973). *Flores de bulbo, como cultivarlas*. Barcelona, España.
- Stancato, G. C., Mazzafera, P., & Magalhães, A. C. (1995). Dry matter partitioning during the propagation of *Hippeastrum hybridum* as affected by light. *Scientia horticultrae*, 62(1), 81-87. doi: 10.1016/0304-4238(94)00761-4
- Sultana, J., Sutlana, N., Siddique, M., Islam, A., Hossain, M., & Hossain, T. (2010). In vitro bulb production in

El peso de la materia fresca de los bulbillos tuvo alta correlación con la longitud, diámetro y número de hojas por bulbillito, ya que cuando fueron de mayor peso también fueron mayores estos parámetros. Asimismo, hubo correlación alta y positiva entre longitud y diámetro del bulbillito, indicando que a mayor longitud éstos fueron de mayor diámetro. Otras dos variables que estuvieron correlacionadas positivamente fueron el diámetro con el número de hojas, indicando que a mayor diámetro, se tendrá mayor número de hojas (Cuadro 2). Lo anterior indica que los bulbillos producidos durante el proceso de multiplicación manifestaron el crecimiento normal de los bulbos en la especie estudiada.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos y las condiciones en que se desarrolló la investigación, se concluye que la presencia de la yema principal de los bulbos inhibió el desarrollo de nuevos bulbillos y por lo tanto, la multiplicación de éstos; la presencia de los catafilos completos en los cortes longitudinales favoreció la emisión de los bulbillos. Realizar mayor número de segmentaciones promueve mayor emisión de nuevos bulbillos; la multiplicación de mancuernilla variedad Pasadena fue mayor cuando la sección basal del bulbo madre se cortó en cuartos y cada cuarto se separó en cinco grupos de catafilos gemelos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa de Fortalecimiento de la Calidad en las Instituciones Educativas (PIFI), al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo brindado para la adquisición de equipos, materiales e insumos necesarios para la realización de la presente investigación.

Fin de la versión en español

Hippeastrum (*Hippeastrum hybridum*). *Journal of Central European Agriculture*, 11(4), 469-474. doi: <http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/11.4.867>

Vargas, T. E., Oropeza, M., & de García, E. (2006). Propagación in vitro de *Hippeastrum* sp. *Agronomía Trop*, 56(4), 621-626. Recuperado de: http://www.sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5604/pdf/vargas_t.pdf

- Vijverberg, A. (1981). Growing Amaryllis. *Grower Book No. 23*, London, 57.
- Witomska, M., Ilczuk, A., & Zalewska, I. (2005). Effect of cutting size on propagation efficiency of *Hippeastrum x chmielei* by scale cuttings. *Propagation-of-Ornamental-Plants*, 5(4), 205-209.
- Yanagawa, T. (2005). *Propagation of bulbous ornamentals by simple cultures of bulb-scale segments using plastic vessels*.
- Zayed, R., El-Shamy, H., Berkov, S., Bastida, J., & Codina, C. (2011). In vitro micropropagation and alkaloids of *Hippeastrum vittatum*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 47(6), 695-701. doi: 10.1007/s11627-011-9368-1
- Zhu, Y., Liu, K. S., & Yiu, J. C. (2005). *Effect of cutting method on bulb production of Hippeastrum hybridum in Taiwan*. Recuperado de: http://www.lib.teiep.gr/images/stories/acta/Acta%20673/673_71.pdf