

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE ALCATRAZ AMARILLO (*Zantedeschia elliottiana* Engl.) EN DIFERENTES SUSTRATOS*

YELLOW CALLA LILY SEEDLING PRODUCTION (*Zantedeschia elliottiana* Engl.) IN DIFFERENT SUBSTRATES

Ma. de Jesús Juárez-Hernández^{1§}, Juan Martínez-Solís¹, Arturo Curiel-Rodríguez¹ y Alejandro Gracia-Santos²

¹Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 95216542. (juanmtzs91@gmail.com), (metsocioec@yahoo.com.mx). ²Ingeniero agrónomo especialista en fitotecnia. (alejandrograciasantos@gmail.com). [§]Autora para correspondencia: juarezhma@yahoo.com.mx.

RESUMEN

Zantedeschia elliotiana Engl. es una planta herbácea decidua nativa de África con potencial ornamental para jardín, flor de corte y planta de maceta. Estudios en especies ornamentales han confirmado que el ácido giberélico (AG₃), mejora el porcentaje de emergencia y la velocidad de emergencia de las plántulas. La presente investigación experimental se estableció en mayo de 2008 en un invernadero localizado en Chapingo, Estado de México con el objetivo de evaluar el efecto del AG₃ en concentraciones de 0, 100 y 200 mg L⁻¹ en seis sustratos (tierra lama, tezontle, tierra de hoja y las mezclas de éstos en pares por partes iguales). El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones, empleando siete semillas para cada tratamiento. El AG₃ fue principalmente favorable cuando se aplicó a una concentración de 100 mg L⁻¹ utilizando como sustrato la tierra lama; sin embargo, los mayores valores de porcentaje de germinación e índice de velocidad de emergencia, se obtuvieron cuando no se aplicó AG₃ y utilizando como sustratos la tierra lama más la tierra de hoja o sólo tierra de hoja. Se concluyó que la germinación de *Z. elliotiana* no estuvo regulada totalmente por procesos fisiológicos de las giberelinas, debido que no mejoró considerablemente los valores de las variables evaluadas, y el tipo de sustrato es muy importante para la germinación de semillas.

ABSTRACT

Zantedeschia elliotiana Engl. is a deciduous herbaceous plant native from Africa with ornamental potential for garden, cutting flower and pot plant. Studies in ornamental species have confirmed that gibberellic acid (GA₃), improves the emergence percentage and the rate of seedling emergence. This experimental research was established in May, 2008, in a greenhouse located in Chapingo, State of Mexico in order to evaluate the effect of GA₃ at concentrations of 0, 100 and 200 mg L⁻¹ in six substrates (organic matter, volcanic rock, leaf mold and mixtures of these in pairs equally distributed). The experiment was conducted under a completely randomized design with three replications, using seven seeds for each treatment. The GA₃, was mainly favorable when applied at a concentration of 100 mg L⁻¹ using as substrate organic matter; however, the highest values of germination percentage and rate of emergence speed is obtained when GA₃ was not applied and using as substrates organic matter with leaf mold or just the last one. It was concluded that, the germination of *Z. elliotiana* was not fully regulated by physiological processes of gibberellins, because it did not improve significantly the values of the variables evaluated and, the type of substrate it's quite important for seed germination.

* Recibido: febrero de 2011
Aceptado: octubre de 2011

Palabras clave: ácido giberélico, reguladores de crecimiento, sustratos.

Key words: gibberellic acid, growth regulators, substrates.

INTRODUCCIÓN

El alcatraz amarillo (*Zantedeschia elliotiana* Engl.) es una planta herbácea nativa del sur de África la cual es producida y comercializada como flor de corte, planta de jardín al aire libre y más recientemente como plantas para floración en maceta, esto debido a su atractiva espata, referida comúnmente como la flor (Corr y Widmer, 1991).

Las hormonas han sido reconocidas desde el principio como agentes que desencadenan procesos que llevan la semilla a la germinación. Las principales clases de hormonas asociadas con la fisiología de la semilla son giberelinas (AG), ácido abscísico (ABA) y citocininas (Purohitt, 1985). Los principales efectos de las giberelinas en las semillas son el aumento en el porcentaje y velocidad de la germinación (Weaber, 1980), beneficios que se buscan cuando se propaga a nivel comercial a partir de semillas.

La germinación de semillas de alcatraz por lo común no presenta problemas, ya que se obtiene un porcentaje de germinación aceptable cuando se propaga de esta manera; sin embargo, la velocidad de germinación es lenta, empezando a germinar las semillas a 30 días de sembradas. El tipo de sustrato es también esencial para la producción de plantas de alta calidad, debido que el volumen de una maceta es limitado, el sustrato y sus componentes deben de poseer características físicas y químicas que combinadas con un programa integral de manejo permitan un crecimiento óptimo de las plantas (Cabrera, 1995).

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron determinar el sustrato o la combinación de sustratos que proporcionen las mejores condiciones para la germinación y crecimiento de plántulas de alcatraz amarillo y evaluar el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas, bajo diferentes concentraciones de ácido giberélico (AG₃).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en los invernaderos de Postgrado de Horticultura del Departamento de Fitotecnia en mayo de 2008, ubicados en la Universidad Autónoma

INTRODUCTION

The yellow calla lily (*Zantedeschia elliotiana* Engl.) is an herbaceous plant native of southern Africa which is produced and marketed as a cutting flower, outdoors garden plant and most recently as potted flowering plants, this due to its attractive spathe, commonly referred as the flower (Corr and Widmer, 1991).

The hormones have been recognized from the beginning as agents that trigger processes leading to seed germination. The major classes of hormones associated with seed physiology are gibberellin (GA), abscisic acid (ABA) and cytokinins (Purohitt, 1985). The main effects of gibberellins in the seeds are the increase in the percentage and germination rate (Weaber, 1980), benefits sought when propagated commercially from the seeds.

The yellow calla lily's seeds germination usually do not present any problem at all, since it is obtained an acceptable percentage of germination when propagated in this manner; however, the speed of germination is slow, starting to germinate the seeds 30 days after sowing. The type of substrate is also essential for plant production of high quality, because the volume of a container is limited, the substrate and its components should possess chemical and physical characteristics combined with an integrated management program permit an optimum growth of the plants (Cabrera, 1995).

Therefore, the objectives of this study were to determine the substrate or the combination of substrates that would provide the best conditions for germination and seedling growth of yellow calla lily and, assessing the degree and speed of seed germination under different acid concentrations gibberellic (GA₃).

MATERIALS AND METHODS

The research was performed in greenhouses from the Horticulture Graduate, Department of Plant Science in May 2008, located in the Chapingo (UACH), located at 19° 29' north latitude and 98° 53' west longitude, at an elevation of 2 245 m, with total annual rainfall of 644.8 mm and average annual temperature of 15 °C.

Chapingo (UACH), que se localiza a 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste, a una altitud de 2 245 msnm, con precipitación total anual de 644.8 mm y temperatura media anual de 15 °C.

Se emplearon semillas de alcatraz amarillo (*Zantedeschia elliotiana* Engl.), compradas en la región de Texcoco, con una edad de aproximadamente ocho meses. Los sustratos usados en este estudio fueron: tierra de hoja proveniente de los bosques de encino del municipio de Texcoco, Estado de México; tierra lama extraída de una laguna en el periodo de sequia en el estado de Jalisco, tezontle rojo, el cual es un sustrato de origen volcánico extraído de minas cercanas al municipio de Texcoco, Estado de México. Se utilizaron individualmente tierra de hoja, tierra lama y tezontle, así como sus respectivas combinaciones en pares de sustratos con una proporción 1:1. Se realizó un análisis físico-químico de los sustratos y de las mezclas utilizadas en este experimento, en el laboratorio de nutrición de frutales del Departamento de Fitotecnia. Los resultados se muestran en el Cuadro 1.

Yellow calla lily's seeds were used (*Zantedeschia elliotiana* Engl.), purchased in the region of Texcoco, eight months old. The substrates used in this study were: leaf mold from the oak forests of the municipality of Texcoco, Mexico; organic matter taken from a pond in the drought period in the State of Jalisco; volcanic rock, extracted from mines near the Texcoco, Mexico State. Individually, the leaf mold, organic matter and volcanic rock were used as well as their respective combinations of pairs of substrates with a 1:1 ratio. An analysis of physicochemical substrates and mixtures used in this experiment was made, at the nutrition laboratory of the Department of Plant Science. The results are shown in Table 1.

The factors and levels of study were three concentrations of GA₃ in powder soluble, with 0, 100 and 200 ppm and six substrates, which generated the treatments listed in Table 2.

The application of GA₃ was made by soaking the seeds for each treatment for 24 h with their respective concentration in the solution at a temperature of 25 °C. In order to ensure

Cuadro 1. Análisis físico-químico de los sustratos utilizados en los tratamientos de germinación de semillas de alcatraz amarillo (*Zantedeschia elliotiana* Engl.).

Table 1. Physicochemical analysis of the substrates used in the treatment of seed germination of yellow calla lily (*Zantedeschia elliotiana* Engl.).

Propiedades	Sustrato					
	TL100	Tz100	TH100	TL50+Tz50	TL50+TH50	Tz50+TH50
Textura	Franco	Arenoso	Arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Arenoso
ρ_b (g cm ⁻³)	0.46 mb	1.15 m	0.33 mb	0.96 b	0.39 mb	0.89 b
pH	6.2 la	6.2 la	5.8 ma	6.1 mac	5.7 ma	5.5 fa
CE (mmhos cm ⁻¹)	1.29 ns	2.85 ps	1.58 ns	1.28 ns	1.5 ns	2 ns
N (%)	0.776 er	0.006 ep	0.366 er	0.188 r	0.685 er	0.17 la
P (ppm)	2.05 p	1.97 p	2 p	1.97 p	2 p	2 p
MO (%)	15.88 er	0.7 p	18.61 er	2.24 m	20.7 er	6.09 r

TL= tierra lama; Tz= tezontle; TH= tierra de hoja; ρ_b = densidad aparente; la= ligeramente ácido; mac= moderadamente ácido; fc= fuertemente ácido; ns= no salino; ps= poco salino; er= extremadamente rico; ep= extremadamente pobre; r= rico; p= pobre; mb= muy bajo; b= bajo m= medio; fr= franco; ar= arenoso; fr-ar= franco-arenoso.

Los factores y niveles de estudio fueron: tres concentraciones de AG₃ en presentación de polvo soluble, con 0, 100 y 200 ppm y seis sustratos, los cuales generaron los tratamientos que se indican en el Cuadro 2.

the inhibition of the solution, the seeds were rolled into a fabric and immersed in the solution. The size of the seeds was visually standardized by size and health, gathering those with no symptoms of damage caused by fungi or environmental

Cuadro 2. Tratamientos estudiados de sustratos y concentraciones de AG₃ en la germinación de semillas de *Zantedeschia elliotiana* Engl.**Table 2. Studied treatments of substrates and GA₃ concentrations in the germination of seeds of *Zantedeschia elliotiana* Engl.**

Tratamiento	Sustrato (%)	AG ₃ (ppm)	Tratamiento	Sustrato	AG ₃ (ppm)
1	TL100	0	10	TL50+ Tz50	0
2	TL100	100	11	TL50+ Tz50	100
3	TL100	200	12	TL50+ Tz50	200
4	Tz100	0	13	TL50+ TH50	0
5	Tz100	100	14	TL50+ TH50	100
6	Tz100	200	15	TL50+ TH50	200
7	TH100	0	16	Tz50+ TH50	0
8	TH100	100	17	Tz50+ TH50	100
9	TH100	200	18	Tz50+ TH50	200

TL= tierra lama; Tz= tezontle; TH= tierra de hoja.

La aplicación de AG₃ se hizo remojando las semillas de cada tratamiento durante 24 h con su respectiva concentración en la solución, a una temperatura de 25 °C. Para asegurar la inhibición de la solución, las semillas se enrollaron dentro de una tela y se sumergieron en la solución. Se uniformizó visualmente el tamaño de las semillas por tamaño y sanidad, obteniendo aquellas sin síntomas de daño causado por hongos o factores ambientales. Las semillas se sembraron en los respectivos sustratos a una profundidad de un centímetro, en recipientes de polipropileno con dimensiones de 15 cm de largo 15 cm de ancho * 5 cm de profundidad, con una capacidad de 250 ml aproximadamente.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, donde las unidades experimentales estuvieron constituidas por un recipiente con siete semillas. Durante el transcurso del experimento se verificó que se mantuvieran constantes los niveles de humedad y se regó cada tres días con agua potable. Se aplicó Captan una vez a dosis de 2 g L⁻¹ para evitar enfermedades fungosas.

Se registró el porcentaje de germinación desde que emergió la primera plántula hasta cuatro meses después de la siembra. Al final del experimento se tomaron los datos del resto de las variables, para lo cual se cosecharon las plántulas y se trasplantaron inmediatamente, dichas variables fueron las siguientes: índice de velocidad de emergencia (IVE), peso fresco de plántula (PFP), emergencia (E), plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), semillas sin germinar (SSG), número de hojas (NH), ancho de hojas (AH), longitud de raíces (LR), número de raíces (NR).

The seeds were sown in the respective substrate to a depth of one inch in polypropylene containers with dimensions of 15 cm length * 15 cm wide * 5 cm deep with a capacity of 250 ml.

We used a completely randomized design with three replications, where the experimental units were composed of a container with seven seeds. During the course of the experiment, the humidity levels were verified to remain constant and watered every three days with drinking water. Captan was applied once at a dose of 2 g L⁻¹ to prevent fungal diseases.

We recorded the percentage of germination from the first seedling emerged until four months after planting. At the end of the experiment, data from the rest of the variables were taken, for which the seedlings were harvested and transplanted immediately, these variables were: emergence velocity index (EVI), fresh weight of plant (FWP), emergence (E), normal seedlings (NS), abnormal seedlings (AS), un-germinated seeds (UGS), number of leaves (NL), leaf width (LW), root length (RL), root number (RW).

Due to the wide variability in response to the treatments applied to the yellow calla lily's seeds, we performed the Kruskal Wallis nonparametric test for more than two independent samples, which does not assume normality in the data and replace them by category (Conover, 1980), which made an analysis of variance (ANOVA) and comparison of means through the 't' student test ($p \leq 0.05$).

Por razones de la amplia variabilidad en la respuesta a los tratamientos aplicado a las semillas de alcatraz amarillo, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para más de dos muestras independientes, la cual no asume normalidad en los datos y los reemplaza por categorías (Conover, 1980), con la cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias a través de la prueba de 't' de student ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de disminuir la variabilidad de las variables respuesta, se manejó de la mejor manera el riego en los sustratos. Aún así se presentaron problemas en los sustratos tezontle y tierra lama, debido a la menor y excesiva retención de agua en estos sustratos.

Emergencia

Los tratamientos con el mayor valor de emergencia fueron con concentraciones de 0 ppm de AG_3 en el sustrato con TL50+TH50 y también con 100 ppm de AG_3 y el sustrato TH100, ya que en ambos se obtuvo una emergencia (E) de 100%, estos valores tuvieron diferencias significativas con el resto de los tratamientos, con excepción de TH100 a 0 y 200 ppm de AG_3 y TL50+TH50 a 100 y 200 ppm de AG_3 (Cuadro 3). Al respecto, Bowman y Paul (1983), mencionan que un sustrato debe tener una porosidad de por lo menos 70% con base en volumen y una proporción de componentes orgánicos 40% como mínimo, características que presentó el sustrato TH100.

RESULTS AND DISCUSSION

In order to reduce the variability of the response variables, the irrigation in the substrates was carefully managed. Even so, there were problems in the volcanic rock and organic matter substrates, due to the lower and excessive retention of water.

Emergence

The treatments with the highest value of emergence were at concentrations of 0 ppm of GA_3 on the substrate with TL50+TH50 with 100 ppm of GA_3 ; and the substrate TH100, because in both (E) 100% emergence was obtained, these values differed significantly from other treatments, except TH100 at 0 and 200 ppm of GA_3 and TL50+TH50 at 100 and 200 ppm of GA_3 (Table 3). Bowman and Paul (1983) reported that a substrate should have a porosity of at least 70% based on the volume and at least 40% proportion of organic components, characteristics presented in the TH100 substrate.

The TH100 positive effect on germination is consistent with that reported by Martínez (2008), who evaluated substrates on the germination of *Hippeastrum* sp., found that, TH100 allowed a germination percentage above 90%. The combination of substrates TL50+TH50 gave a favorable result due to interaction effects, enhancing organic matter, water holding capacity and air porosity (Bowman and Paul, 1983; Bunt, 1988; Ansorena, 1994; Handreck and Black, 2002). With the volcanic rock, having a low porosity level, presented a lower moisture retention capacity and achieved 48% of germinated seeds.

Cuadro 3. Efectos de los sustratos y del AG_3 sobre la germinación y vigor de semillas de alcatraz amarillo, mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Table 3. Effects of the substrates and GA_3 on germination and vigor of yellow calla lily's seeds through the Kruskal-Wallis nonparametric test.

Sustrato (%)	AG_3 (ppm)	E (%)		PN (%)		PA (%)		SSG (%)		IVE (%)	
TL100	0	28.57	Ef ^z	23.8	fg	4.76	ab	71.42	fg	0.012	c-e
TL100	100	57.14	b-e	57.14	b-e	0	a	42.85	b-f	0.014	a-d
TL100	200	57.14	b-e	57.14	b-e	0	a	42.85	b-f	0.012	c-e
Tz100	0	47.61	b-e	42.85	c-f	4.76	ab	52.38	c-f	0.01	de
Tz100	100	33.33	ef	9.52	g	23.8	b	66.66	fg	0.013	a-d
Tz100	200	9.52	f	9.52	g	0	a	90.47	g	0.008	c-e
TH100	0	85.71	ab	80.95	ab	4.76	ab	14.28	a-c	0.019	a
TH100	100	100	a	100	a	0	a	0	a	0.014	a-d

TL= tierra lama; Tz= tezontle; TH= tierra de hoja; E= emergencia; PN= plántulas normales; PA= plántulas anormales; SSG= semillas sin germinar; IVE= índice de velocidad de emergencia; ^z= medias con la misma letra dentro de cada columna indican diferencias no significativas con $p \leq 0.05$.

Cuadro 3. Efectos de los sustratos y del AG₃ sobre la germinación y vigor de semillas de alcatraz amarillo, mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Continuación).**Cuadro 3. Efectos de los sustratos y del AG₃ sobre la germinación y vigor de semillas de alcatraz amarillo, mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Continuation).**

Sustrato (%)	AG ₃ (ppm)	E (%)		PN (%)		PA (%)		SSG (%)		IVE (%)	
TH100	200	85.71	ab	85.71	ab	0	a	14.28	ab	0.013	b-e
TL50+Tz50	0	57.14	b-e	57.14	b-e	0	a	42.85	b-f	0.012	b-e
TL50+Tz50	100	33.33	ef	28.57	e-g	4.76	ab	66.66	fg	0.01	e
TL50+Tz50	200	33.33	ef	33.33	d-g	0	a	66.66	fg	0.011	c-e
TL50+TH50	0	100	a	100	a	0	a	0	a	0.018	ab
TL50+TH	100	76.19	a-c	61.9	b-d	14.28	b	23.8	a-d	0.013	a-d
TL50+TH50	200	71.42	a-d	66.66	a-c	4.76	ab	28.57	a-e	0.015	a-c
Tz50+TH50	0	47.61	c-e	38.09	c-f	9.52	ab	52.38	d-f	0.012	c-e
Tz50+TH50	100	38.09	d-f	23.8	fg	14.28	ab	61.9	e-g	0.01	e
Tz50+TH50	200	9.52	f	9.52	g	0	a	90.47	g	0.007	e
DMS		16.04		14.52		19.85		16.04		20.2	

TL= tierra lama; Tz= tezontle; TH= tierra de hoja; E= emergencia; PN= plántulas normales; PA= plántulas anormales; SSG= semillas sin germinar; IVE= índice de velocidad de emergencia; ^a= medias con la misma letra dentro de cada columna indican diferencias no significativas con $p \leq 0.05$.

El efecto positivo de la TH100 en la germinación coincide con lo reportado por Martínez (2008), quien al evaluar sustratos en la germinación de *Hippeastrum* sp., encontró que la TH100 produjo un porcentaje de germinación superior al 90%. La combinación de sustratos TL50+TH50 dio un resultado favorable, debido que hubo efectos de interacción, mejorando la materia orgánica la capacidad de retención de agua y la porosidad de aire (Bowman y Paul, 1983; Bunt, 1988; Ansorena, 1994; Handreck y Black, 2002). Con el tezontle, al tener una porosidad baja mostró menor capacidad de retención de humedad y logró 48% de semillas germinadas.

El AG₃ no tuvo efectos significativos ($p \leq 0.05$) sobre le emergencia de plántulas, es posible que las dosis altas de ácido giberélico hayan actuado en forma negativa, debido a que su efecto se añade al de las hormonas endógenas de la semilla, que se encuentran en concentraciones variables en los individuos (Rojas y Ramírez, 1993), las cuales pueden variar no sólo entre especies y edad (Alizaga, 1992; Rojas, 1995), de modo que la respuesta puede no ser uniforme.

Plántulas normales

Los tratamientos con los que se obtuvo el mayor porcentaje de plántulas normales (PN) fueron: TH100 con sus respectivas concentraciones de AG₃ y TL50+TH50, donde la aplicación de AG₃ a 200 ppm tuvo el mismo efecto que la aplicación a

GA₃ had no significant effect ($p \leq 0.05$) on the seedling emergence, it's possible that, the high doses of gibberellic acid acted negatively, because its effect is added to that of endogenous hormones in the seed, which is found in varying concentrations (Rojas and Ramírez, 1993), which may vary not only between species and age (Alizaga, 1992; Rojas, 1995), so the answer may not be uniform.

Normal seedlings

The treatments which had the highest percentage of normal seedlings (PN) were: TH100 with the respective concentrations of GA₃ and TH50+TL50, where the application of GA₃ at 200 ppm had the same effect as the application at 0 ppm. Applications of GA₃ at 100 ppm in TH100 and 0 ppm GA₃ in the TL50+TH50, provided the highest values (100%) of PN with significant differences ($p \leq 0.05$) compared to the other treatments, except TH100 at concentrations of 0 and 200 ppm of GA₃ together with LT50+TH50 at 200 ppm of GA₃ (Table 3). It's inferred that, since the organic matter came from a pond, it could've been contaminated by toxic substances from the industrial or agriculture in the rivers' flow (Bastida, 1999), which could explain the low percentage of PN.

Applications with concentrations of 100 ppm of GA₃ over concentrations of 0 ppm, generated only positive effects on the percentage of PN in the TL100, where the value increased

0 ppm. Aplicaciones de 100 ppm de AG_3 en TH100 y 0 ppm de AG_3 en la TL50+TH50, proporcionaron los más altos valores (100%) de PN con diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto al resto de los tratamientos, con excepción de TH100 a concentraciones de 0 y 200 ppm de AG_3 aunado a TL50+TH50 a 200 ppm de AG_3 (Cuadro 3). Se infiere que la tierra lama por provenir de una laguna pudo estar contaminada por sustancias tóxicas, de origen industrial o agrícola que los ríos llevan en su caudal (Bastida, 1999), lo que podría explicar el bajo porcentaje de PN.

Aplicaciones con concentraciones de 100 ppm de AG_3 respecto a concentraciones de 0 ppm, sólo generaron efectos positivos en el porcentaje de PN en la TL100, donde el valor aumentó 140% (Cuadro 3). En la TL100 el efecto positivo del AG_3 a 100 ppm posiblemente se debió al efecto de interacción sustrato* AG_3 , para la cual las condiciones brindadas por este sustrato, tales como una alta humedad y temperaturas bajas, afectaron la acción del AG_3 .

Plántulas anormales

En los siguientes tratamientos TL100 y TH100, ambos con 100 y 200 ppm de AG_3 , TL50+Tz50 con concentraciones de 0 y 200 ppm de AG_3 , también en los tratamientos Tz50+TH50 y Tz100 con concentraciones de 200 ppm de AG_3 y por ultimo en TL50+TH50 con concentraciones de 0 ppm de AG_3 , se obtuvieron los valores más bajos de plantas anormales (PA) siendo 0% y fueron diferentes a los tratamientos Tz50 y TL50 y al tratamiento TH100 a concentraciones de 100 ppm de AG_3 cada uno (Cuadro 3).

El más alto porcentaje de PA en los sustratos Tz50+TH50, Tz100 y TL100 posiblemente se debió que en los dos últimos tratamientos de sustratos, pudieron existir altos contenidos de sales o iones tóxicos (Bowman y Paul, 1983; Cabrera, 1995) o bien a sus propiedades físicas, las cuales no brindaron las condiciones óptimas para la germinación. Aplicaciones de AG_3 a 100 ppm respecto a la concentración de 0 ppm, generaron efectos significativos ($p \leq 0.05$) en la mezcla de sustrato TL50+TH50, donde el porcentaje de PA aumentó en 14% (Cuadro 3). Aplicaciones a dosis de 200 ppm de AG_3 respecto a concentraciones de 100 ppm generaron decrementos en el porcentaje de PA en el Tz100; sin embargo, no hubo efectos respecto a 0 ppm de AG_3 .

El uso de giberelinas en altas concentraciones, en muchas ocasiones, puede inducir la aparición de una serie grande de anomalías en las plántulas debido a efectos tóxicos.

by 140% (Table 3). In the TL100, the positive effect of GA_3 at 100 ppm was probably due to the effect of GA_3 * substrate interaction, for which the conditions provided by this substrate, such as high humidity and low temperatures affected the action of GA_3 .

Abnormal seedlings

In the next treatments TL100 and TH100, both with 100 and 200 ppm of GA_3 , TL50+Tz50 with concentrations of 0 and 200 ppm of GA_3 , also in the treatment Tz50+TH50 and Tz100 with concentrations of 200 ppm of GA_3 and finally in LT50+TH50 with concentrations of 0 ppm of GA_3 , the lowest values of abnormal plant (PA) were obtained, at 0% and the treatments differed from Tz50 and TL50 and the TH100 treatment at concentrations of 100 ppm of GA_3 each (Table 3).

The highest percentage of PA in the substrates Tz50+TH50, Tz100 and TL100 was probably due that in the last two treatments, could've been high concentrations of salts and toxic ions (Bowman and Paul, 1983; Cabrera, 1995) or due to their physical properties, which did not provide the optimal conditions for germination. Applications of GA_3 at 100 ppm relative to the concentration of 0 ppm, generated significant effects ($p \leq 0.05$) in the substrate mixture TL50+TH50, where the percentage of PA rose 14% (Table 3). Applications at a dosage of 200 ppm of GA_3 with respect to the concentrations of 100 ppm generated decreases in the percentage of PA in the Tz100; however, there were no effects at 0 ppm GA_3 .

The use of gibberellins in high concentrations in many cases can induce the appearance of a large number of abnormal seedlings due to the toxic effects. Even though, GA_3 at concentrations of 200 ppm did not show a high percentage of PA, it's also true that at this concentration was found the least number of plants emerged in the substrates.

Ungerminated seeds

In the TL50+TH50 treatments with 0 ppm of GA_3 and TH100 with 100 ppm of GA_3 the lowest percentages of ungerminated seeds (SSG) were obtained and were different to the rest of the treatments, except for TL50+TH50 at 100 and 200 ppm of GA_3 and TH50 at 0 and 200 ppm of GA_3 (Table 3). GA_3 had negative effects on the seeds germination, possibly due to the applied concentrations affected the seed's embryo, leaving it in a state of rest, causing not to germinate in time of the emergence test.

Si bien el AG₃ a concentraciones de 200 ppm no presentó un alto porcentaje de PA, también es cierto que en esta concentración se encontró el menor número de plantas emergidas en los sustratos.

Semillas sin germinar

En los tratamientos TL50+TH50 con 0 ppm de AG₃ y TH100 con 100 ppm de AG₃, se obtuvieron los más bajos porcentajes de semillas sin germinar (SSG) y fueron diferentes con el resto de los tratamientos, con excepción de TL50+TH50 a 100 y 200 ppm de AG₃ y TH50 a 0 y 200 ppm de AG₃ (Cuadro 3). El AG₃ tuvo efectos negativos sobre la germinación de semillas, debido posiblemente que las concentraciones aplicadas afectaron el embrión de la semilla, dejándolo en un estado de reposo provocando que no germinaran en el tiempo de la prueba de emergencia.

Índice de velocidad de emergencia

Los tratamientos con los que se obtuvo el mayor valor de índice de velocidad de emergencia (IVE), fueron TH100 con concentraciones de 0 y 100 ppm de AG₃, TL50+TH50 con sus respectivas concentraciones de AG₃, Tz100 y TL100 con concentraciones de 100 ppm de AG₃; pero únicamente con el tratamiento TH100 con concentraciones de 0 ppm de AG₃, se obtuvo el mayor valor de IVE y fue diferente con todos los demás tratamientos, excepto con los que se comparó anteriormente. El AG₃ no tuvo efectos significativos ($p \leq 0.05$). Uno de los factores que afectan la aplicación del AG₃ es la concentración del mismo, con un tiempo prolongado de exposición o bien altas concentraciones en la solución provocan efectos inhibitorios (Alizaga *et al.*, 1992), lo cual podría explicar el escaso efecto del AG₃.

Número de hojas

Fueron varios los tratamientos con los cuales se obtuvo el mayor número de hojas (NH), siendo principalmente el tratamiento TH100 con 0 ppm de AG₃ con el cual se obtuvo el valor más alto de NH, este fue diferente estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los tratamientos TL50+Tz50 y Tz100, con concentraciones de 0 y 100 ppm de AG₃ con TL100 y Tz50+TH50 con concentraciones de 200 ppm de AG₃ (Cuadro 4). El AG₃ no tuvo efectos significativos ($p \leq 0.05$).

Emergence speed index

The treatments which had the highest value of emergence speed index (EVI) were TH100 with concentrations of 0 and 100 ppm of GA₃, TL50+TH50 with their respective concentrations of GA₃, Tz100 and TL100 with concentrations of 100 ppm GA₃, but only with the TH100 treatment with concentrations of 0 ppm of GA₃, the highest value of IVE were obtained and was different to all the other treatments, except with those compared before. GA₃ had no significant effect ($p \leq 0.05$). One of the factors that affected the application of GA₃ is the concentration, with prolonged exposure or high concentrations in the solution causing inhibitory effects (Alizaga *et al.*, 1992), which could explain the small effect of GA₃.

Number of leaves

There were various treatments which had the highest number of leaves (NL), mainly the treatment TH100 with 0 ppm of GA₃ which was obtained with the highest value of NH, this was statistically different ($p \leq 0.05$), the treatments TL50+Tz50 and Tz100 with concentrations of 0 and 100 ppm of GA₃ with TL100 and Tz50+TH50 with concentrations of 200 ppm of GA₃ (Table 4). GA₃ had no significant effect ($p \leq 0.05$).

The positive effect of TH100 in this variable was due to the adequate soil's physical structure and its high nutrient content. The use of the TH100 as a suitable substrate in the expression of NH, agrees with that reported by Martínez (2008), who evaluated substrates in the development of *Hippeastrum* sp., and found that, with TH100 there was a higher NH.

Leaf's width

For this variable in the treatment TH100 with 0 and 100 ppm concentrations of GA₃, the highest value of AH was obtained and was statistically different ($p \leq 0.05$) with all the other treatments except for the treatments TH50 + TL50, TL100 with 0 and 100 ppm of GA₃, Tz50+TH50 and Tz100 at concentrations of 100 ppm and TH at 200 ppm (Table 4). GA₃ had no significant effect.

The good effect of the TH100 and the mixture TL50+TH50 in this variable, was due that these had physicochemical characteristics such as porosity, organic matter and

Cuadro 4. Efectos de los sustratos y del AG₃ sobre el vigor de semillas de alcatraz amarillo, mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.**Table 4. Effects of substrates and GA₃ on the yellow calla lily's seeds vigor by the Kruskal-Wallis nonparametric test.**

Sustrato (%)	AG ₃ (ppm)	NH		AH (cm)		LH (cm)		LR (cm)		NR		PFP (g)	
TL100	0	2	a-e ^z	2.11	a-e	11.63	a-e	8.22	a-d	5.66	a-d	0.86	b-e
TL100	100	2	a-e	2.51	a-c	11.96	a-d	7.44	a-d	8.61	a-d	1.29	a-d
TL100	200	1.94	b-e	2.03	b-e	10.2	a-f	8.08	ab	6.11	cd	0.76	c-e
Tz100	0	1.88	c-e	1.81	de	7.02	gh	2.7	f	6.44	a-d	0.73	c-e
Tz100	100	1.33	de	1.55	a-e	5.43	f-h	2.16	f	4	cd	0.56	c-e
Tz100	200	2	a-d	1.26	e	5.23	gh	2.56	f	5	ad	0.59	c-e
TH100	0	2.87	a	2.5	a	13.97	a	9.25	a	8.68	a	2	a
TH100	100	2.28	a-d	2.36	a	12.15	ab	5.33	c-f	6.14	b-d	1.11	a-c
TH100	200	2.02	a-e	2.08	a-e	9.63	b-g	6.22	a-e	5.91	b-d	1.13	a-c
TL50+Tz50	0	1.88	c-e	1.9	c-e	7.41	e-h	5.79	b-e	5.51	cd	0.98	b-d
TL50+Tz50	100	1.27	e	1.97	b-e	8.12	d-h	4.13	ef	5.33	cd	0.6	de
TL50+Tz50	200	2	a-e	1.84	c-e	8.39	c-h	4.12	ef	5.66	cd	0.78	c-e
TL50+TH50	0	2.71	a-c	2.35	ab	11.14	a-c	6.33	a-e	7.71	cd	1.37	ab
TL50+TH50	100	2.42	a-d	2.24	a-d	11.04	a-c	7.16	a-d	7.75	a-c	1.34	ab
TL50+TH50	200	2.76	ab	1.85	de	8.74	c-h	7.28	a-c	5.96	b-d	1.14	a-c
Tz50+TH50	0	2.2	a-d	1.99	b-e	9.68	b-g	4.83	d-f	8.66	ab	1.078	b-d
Tz50+TH50	100	2.33	a-e	2.14	a-e	9.06	b-h	3.91	ef	6.33	a-d	0.96	b-d
Tz+TH	200	1.33	de	1.18	e	4.26	h	4.5	c-f	4	d	0.36	e
DMS		23.19		22.37		19.82		18.34		24.05		21.06	

TL= tierra lama; Tz= tezontle; TH= tierra de hoja; NH= número de hojas; AH= ancho de hoja; LR= longitud de raíz; NR= número de raíces; PFP= peso fresco de plántula; IVE= índice de emergencia; ^z= medias con la misma letra dentro de cada columna indican diferencias no significativas con $p \leq 0.05$; = guión entre dos letras incluye a las letras intermedias, por ejemplo a-c= abc; DMS= diferencia mínima significativa con una prueba de 't' de student.

El efecto positivo de la TH100 en esta variable se debió a la adecuada estructura física del suelo y a su alto contenido nutrimental. El uso de la TH100 como un sustrato adecuado en la expresión de NH, coincide con lo reportado por Martínez (2008), quien al evaluar sustratos en el desarrollo de *Hippeastrum* sp. encontró que con TH100 se produjo el mayor NH.

Ancho de hoja

Para esta variable en el tratamiento TH100 con concentraciones 0 y 100 ppm de AG₃, se obtuvo el mayor valor de AH y fue diferente estadísticamente ($p \leq 0.05$) con todos los demás tratamientos, excepto con los tratamientos TL50+TH50, TL100 con 0 y 100 ppm de AG₃, Tz50+TH50 y Tz100 con concentraciones de 100 ppm y TH a 200 ppm (Cuadro 4). El AG₃ no tuvo efectos significativos.

nutrients (Table 1), which favored the seeds to germinate faster, which allowed them to have more time to develop and thus express a more favorable response, contrary to what happened in the rest of the substrates, which have a lower speed to emergence response, showed a less favorable feature.

Leaf's length

The treatments with the highest leaf's length value (LH) were TH100 and TL50 + TH50 at concentrations of 0 and 100 ppm each and TL100 with the respective concentrations of GA₃, but only the TH100 treatment with concentrations of 0 ppm GA₃ obtained the highest value of LH and was statistically different ($p \leq 0.05$) with the other treatments, except for TH100 with 100 ppm, TL50+TH50 at concentrations of 100 and 200 ppm of GA₃ and TL100

El buen efecto de la TH100 y de la mezcla TL50+TH50 en esta variable, se debió que estos presentaron características físico-químicas, tales como porosidad, contenido de materia orgánica y nutrimental (Cuadro 1), que favorecieron a las semillas germinar más rápidamente, que permitió que tuvieran mayor tiempo para desarrollarse y por lo tanto, expresar una respuesta más favorable, contrariamente a lo que sucedió en el resto de los sustratos, los cuales al tener una baja velocidad de emergencia mostraron una respuesta menos favorable.

Longitud de hoja

Los tratamientos con mayor valor de longitud de hoja (LH), fueron TH100 y TL50+TH50 a concentraciones de 0 y 100 ppm de GA_3 cada uno y TL100 con sus respectivas concentraciones de GA_3 , pero sólo el tratamiento TH100 con concentraciones de 0 ppm de GA_3 , se obtuvo el mayor valor de LH y fue diferente estadísticamente ($p \leq 0.05$) con el resto de los tratamientos, excepto con TH100 con 100 ppm, TL50+TH50 a concentraciones de 100 y 200 ppm de GA_3 y TL100 con sus respectivas concentraciones de GA_3 (Cuadro 3). La TH100 al tener un buen contenido de materia orgánica, aunado a sus características físico-químicas favoreció la expresión del tamaño de hoja. El Tz100 presentó los menores valores de LH, debido al bajo contenido nutrimental y la baja capacidad de retención de humedad, ya que de acuerdo a Bastida (1999) el tezontle presenta una porosidad grande dentro de sus partículas, por lo que se supone la retención de humedad baja, agregando que ésta depende del tamaño de partícula.

Longitud de raíz

Con el tratamiento TH100 con concentraciones de 0 ppm de GA_3 , se obtuvo el mayor valor de longitud de raíz (LR) y fue diferente estadísticamente ($p \leq 0.05$) con todos los demás tratamientos, excepto con TL50+TH50 y el tratamiento TL100 con sus respectivas concentraciones de GA_3 cada uno, y TH100 con 200 ppm de GA_3 (Cuadro 4); el GA_3 no tuvo efectos significativos estadísticamente ($p \leq 0.05$).

La TH100 y la TL100 al ser sustratos orgánicos y muy porosos (Cuadro 2), favorecieron la exploración del sistema radicular, generando los mayores valores de LR. El tratamiento Tz100 presentó los valores más bajos de LR, debido a la mayor resistencia mecánica impuesta por sus partículas, lo que dificultó el desarrollo de las raíces.

with their respective concentrations of GA_3 (Table 3). Since TH100 has good organic matter content, together with the physicochemical characteristics favored the expression of leaf size. The Tz100 presented the lowest values of LH, due to low nutrient content and low moisture holding capacity, since according to Bastida (1999) the volcanic rock has a high porosity within its particles, so that moisture retention is low, adding that, it depends on the particle size.

Root length

With the TH100 treatment with concentrations of 0 ppm of GA_3 the highest value of root length (RL) was obtained and was statistically different ($p \leq 0.05$) with respect to the other treatments, except for TL50+TH50 and the TL100 treatment with the respective concentrations of GA_3 each, and TH100 with 200 ppm of GA_3 (Table 4) GA_3 had no significant effect statistically ($p \leq 0.05$).

The TH100 and TL100 been both very porous organic substrates (Table 2), favored the exploration of the root system, generating the highest values of LR. The Tz100 treatment showed the lowest values of RA because of the greater mechanical resistance imposed by the particles, hampering the development of the roots.

Number of roots

The treatments with the highest values of number of roots (NR) were TL100, Tz50+TH50, with concentrations of 0 and 100 ppm of GA_3 , Tz100 with 0 and 200 ppm of GA_3 , TH100 with 0 ppm of GA_3 and TL50+TH50 with 100 ppm GA_3 , but only in the treatment TH100 with concentrations of 0 ppm of GA_3 , the highest value of LR was obtained and was statistically different ($p \leq 0.05$) with all the other treatments, except for those previously compared with (Table 4). GA_3 had no significant effect.

Since the TH100 substrate has high organic matter and proper humidity levels, favored the expression of this variable, unlike the other substrates, such as the Tz100, that presented a low nutrient content and low moisture holding capacity, showing unfavorable results.

Seedling fresh weight

The treatments with the highest value of seedling fresh weight (PFP) were TH100 and TL50+TH50 with their respective concentrations of GA_3 and TL100 with 100 ppm

Número de raíces

Los tratamientos con mayor valor de número de raíces (NR) fueron TL100, Tz50+TH50, con concentraciones de 0 y 100 ppm de AG₃, Tz100 con 0 y 200 ppm de AG₃, TH100 con 0 ppm de AG₃ y TL50+TH50 con 100 ppm de AG₃, pero sólo en el tratamiento TH100 con concentraciones de 0 ppm de AG₃, se obtuvo el mayor valor de LR y fue diferente estadísticamente ($p \leq 0.05$) con todos los demás tratamientos, excepto con los comparados anteriormente (Cuadro 4). El AG₃ no tuvo efectos significativos.

El sustrato TH100 al tener altos contenidos de materia orgánica y niveles de humedad adecuados favorecieron la expresión de esta variable, contrariamente a los otros sustratos, tales como el Tz100, que al tener un bajo contenido nutrimental y una baja capacidad de retención de humedad, mostró resultados poco favorables.

Peso fresco de plántula

Los tratamientos con los que se obtuvo el mayor valor de peso fresco de plántula (PFP), fueron TH100 y TL50+TH50 con sus respectivas concentraciones de AG₃ y TL100 con 100 ppm de AG₃, pero sólo en el tratamiento TH100 con 0 ppm de AG₃, se obtuvo el mayor valor de PFP con 2 g y fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) con todos los demás tratamientos, excepto con los comparados anteriormente (Cuadro 4). El AG₃ no tuvo efectos significativos estadísticamente ($p \leq 0.05$).

El mejor desarrollo de las plántulas, se debió al contenido nutrimental aportado por la materia orgánica a los sustratos TH100 y TL50+TH50 (Gil, 1995) y a la velocidad de emergencia de las plántulas, ya que ello permitió que hubieran un mejor desarrollo y mayor acumulación de biomasa. Este resultado coincide con Martínez (2008), quien al evaluar sustratos en la producción de *Hippeastrum* sp. encontró que la TH100 produjo el mayor valor de PFP.

DISCUSIÓN

El sustrato tierra de hoja (TH100) con concentraciones de ácido giberélico (AG₃) a 0 ppm, fue el más adecuado para la propagación de semillas de alcatraz amarillo, ya que la mayoría de las variables evaluadas mostraron los mejores valores cuando se utilizó éste como sustrato. Según Bastida

of GA₃, but only in the treatment TH100 with 0 ppm of GA₃, the highest value of PFP with 2 g was obtained and was statistically different ($p \leq 0.05$) with respect to all the other treatments, except those previously compared with (Table 4). GA₃ had no significant effect statistically ($p \leq 0.05$).

The best seedling growth was due to the nutrient content contributed of the organic matter to the substrates TH100 and TL50+TH50 (Gil, 1995) and the speed of seedling emergence, as this would have allowed a better development and higher biomass accumulation. This result agrees with Martínez (2008), who evaluated substrates in the production of *Hippeastrum* sp. found that TH100 produced the highest value of PFP.

DISCUSSION

The leaf mold substrate (TH100) with concentrations of gibberellic acid (GA₃) at 0 ppm was the best suitable for the propagation of yellow calla lily's seeds, since most of the variables evaluated showed the best values when it was used as substrate. According to Bastida (1999), the oak's leaf (used in this study) contains particles of all sizes in various stages of decomposition, it has good drainage, good aeration and proper moisture retention, pH is low, it's a substrate contributor for nutrients with good buffering capacity, qualities that provided the best conditions for the seed germination and development.

When TH was mixed with the TL also showed favorable results, since this substrate was statistically similar ($p \leq 0.05$) for most of the variables. This effect was due that, TH help TL to improve their physical and chemical characteristics just mentioned and to reduce undesirable effects such as high amount of toxic substances to prevent a gap.

The application of gibberellic acid (GA₃) had poor response in the evaluated variables, in the cases with significant effects; these were mostly negative since they did decrease the value of the variables. It's possible that, the dose of gibberellic acid had been high, as it often happens, despite the known initial amount of the hormone to be applied in the treatment, the effect of this is added to endogenous hormones of the seed, which are found in varying concentrations in different individuals, so that the response is not quite uniform (Rojas and Ramírez, 1993).

(1999) la hoja de encino (usada en esta investigación) contiene partículas de todos los tamaños en diferentes etapas de descomposición, presenta buen drenaje, buena aireación y retención de humedad apropiada, su pH es bajo, es un sustrato aportador de nutrimentos, con una buena capacidad amortiguadora, cualidades que brindaron a las semillas mejores condiciones para su germinación y desarrollo.

Cuando la TH se mezcló con la TL mostró también resultados favorables, ya que este sustrato fue estadísticamente similar ($p \leq 0.05$) en la mayoría de las variables evaluadas. Este efecto se debió que la TH le ayudo a la TL a mejorar sus características físicas y químicas ya mencionadas y a reducir sus efectos indeseables, tales como elevada cantidad de sustancias tóxicas presentes en ella por prevenir de una laguna.

La aplicación de ácido giberélico (AG_3) tuvo escasa respuesta en las variables evaluadas, en los casos en los que tuvo efectos significativos, fueron en su mayoría negativos al disminuir el valor de las variables evaluadas. Es posible que las dosis de ácido giberélico hayan sido altas, como ocurre muchas veces, donde a pesar de conocer la cantidad inicial de la hormona a aplicar en el tratamiento, el efecto de ésta se añade al de las hormonas endógenas de la semilla, las cuales se encuentran en concentraciones variables en los diversos individuos, de tal modo que la respuesta no es uniforme (Rojas y Ramírez, 1993).

CONCLUSIONES

El sustrato tierra de hoja (TH) con y sin AG_3 , fue el sustrato más favorable para la propagación por semilla de alcatraz amarillo (*Zantedeschia elliottiana* Engl.), al generar los mayores valores en la mayoría de las variables evaluadas.

La combinación tierra lama con tierra de hoja (TL50 + TH50) con o sin aplicaciones de AG_3 , es otra opción aceptable que se puede utilizar en la propagación de alcatraz amarillo por semilla.

El porcentaje y la velocidad de emergencia no fueron regulados por las giberelinas en las concentraciones usadas.

Las aplicaciones de AG_3 en concentraciones de 100 y 200 ppm en combinación con los sustratos, en ningún caso superaron los valores que se obtuvieron cuando no se aplicó AG_3 .

CONCLUSIONS

The leaf mold substrate (TH) with and without GA_3 was the most favorable substrate for the propagation by seed of the yellow calla lily (*Zantedeschia elliottiana* Engl.), Generating the highest values in most of the variables.

The organic matter-leaf mold combination (TL50 + TH50) with or without GA_3 applications, is another acceptable option that can be used in the propagation of yellow calla lily's seeds.

The percentage and the emergence speed were not covered by the gibberellins in the used concentrations.

GA_3 applications in concentrations of 100 and 200 ppm blended with the substrates, in no case exceeded the values obtained when GA_3 was not even applied.

End of the English version



LITERATURA CITADA

- Alizaga, R.; Guevara, E. y Herrera, J. 1992. Efecto de algunos tratamientos químicos sobre el periodo de reposo de maní (*Arachis hypogaea*). *Agronomía Costarricense*. 16(1):29-39.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. España. 172 p.
- Bastida, T. A. 1999. El medio de cultivo de las plantas. Sustratos para hidroponía y producción de planta ornamental. Serie de Publicaciones Agribot No. 4. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. 27 p.
- Bowman, D. C. and Paul, J. L. 1983. Understanding of container media vital knowledge for growing successful plants. *Pacific Coast Nurseryman and Garden Supply Dealer*. 48-50 pp.
- Bunt, A. C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Second edition. Publisher by the Academic of Unwin Hyman Ltd. London. 309 p.
- Cabrera, R. I. 1995. Fundamentals of container media management. Part 1, Physical properties. Rutgers Cooperative Extension Factsheet. Num. 950. 4 p.

- Cabrera, R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 5(1):5-11.
- Conover, W. J. 1980. *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons. 2nd edition. Texas Tech University. 493 p.
- Corr, B. E. and Widmer, R. E. 1991. Paclobutrazol, giberellic acid, and rhizome size affect growth and flowering of *zantedeschia*. *University of Minnesota, St. Paul. HortScience*. 26(2):133-135.
- Gil, M. F. 1995. *Elementos de fisiología vegetal*. Ediciones. Mundi-Prensa S. A. de C. V. D. F., México. 225-260 pp.
- Handreck, K. and Black, N. 2002. *Growing media for ornamental plants and turf*. 3th edition. UNSW Press. Australia. 542 p.
- Martínez, J. A. J. 2008. *Evaluación de sustratos en la germinación y desarrollo de plántulas de amarillis (*Hippeastrum* sp.)*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotécnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 47 p.
- Purohitt, S. S. 1985. *Hormonal regulation of plant growth and development (advances in agricultural biotechnology)* Martinus Nilhoff. Netherlands. 95-144 pp.
- Rojas, G. M. y Ramírez, H. 1993. *Control hormonal del desarrollo de las plantas. Fisiología-Tecnología-Experimentación*. 2^{da} edición. Editorial Limusa. México. 236 p.
- Rojas, G. M. 1995. *Manual de herbicidas y fitoreguladores*. 3^{ra} edición. Noriega Editores. D. F., México. 157 p.
- Weaver, R. J. 1980. *Reguladores del crecimiento de plantas en la agricultura*. Editorial Trillas. México. 622 p.