



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**COMPLEJO REGIONAL NORTE – SEDE TETELA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**EFFECTO DE BIOESTIMULANTES COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN
FLORAL DE ANTURIO**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**PRESENTA:
MARÍA DE LOS ÁNGELES MARCOS LEMUS**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JESÚS MAO ESTANISLAO AGUILAR LUNA**

TETELA DE OCAMPO, PUEBLA, DICIEMBRE 2020



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**COMPLEJO REGIONAL NORTE – SEDE TETELA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**EFFECTO DE BIOESTIMULANTES COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN
FLORAL DE ANTURIO**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**PRESENTA:
MARÍA DE LOS ÁNGELES MARCOS LEMUS**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JESÚS MAO ESTANISLAO AGUILAR LUNA**

**ASESORES:
M.C. ALFREDO BÁEZ SIMÓN
M.C. MARÍA DEL ROSARIO HERNÁNDEZ TAPIA**

TETELA DE OCAMPO, PUEBLA, DICIEMBRE 2020

La presente tesis titulada: **Efecto de bioestimulantes comerciales en la producción floral de anturio**. Realizada por la alumna **María de los Ángeles Marcos Lemus**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

Complejo Regional Norte – Sede Tetela

Consejo particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Jesús Mao Estanislao Aguilar Luna

Asesor: M.C. Alfredo Báez Simón

Asesora: M.C. María del Rosario Hernández Tapia



Tetela de Ocampo, Puebla, diciembre de 2020

El presente trabajo forma parte del cuerpo académico: **BUAP-CA-324-Sistemas Agroforestales y Agrícolas Sostenibles**; y de la línea de **Generación y Aplicación del Conocimiento: Agroforestería y Manejo Integrado de Cultivos**. Dicho trabajo fue financiado con recursos propios.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría que en estas líneas sirvan para expresar mi más profundo agradecimiento, a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial:

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), que en el Complejo Regional Norte con Sede Tetela de Ocampo, me permitió realizar el experimento de tesis, gracias por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta.

Al Dr. Jesús Mao Estanislao Aguilar Luna, director de esta tesis, por la asesoría y por los recursos ofrecidos muchísimas gracias. A los honorables miembros del consejo particular, por el apoyo, motivación y recomendaciones para mejorar el trabajo.

A mis maestros, por ser parte de mi formación académica: Dr. Ignacio Martínez, Dr. Raúl Sánchez, Dr. José F. Conrado, M.C. Benjamín Barrios, M.C. Francisco Javier, M.C. Gloria Vázquez, M.C. Verónica Torres, M.C. Mónica Hernández, Lic. Elizabeth González y M.C. Rosario Hernández. Al fin concluye esta etapa tan importante de mi vida, son personas valiosas e interesantes de las que me llevo gratos recuerdos.

DEDICATORIAS

A Dios, por permitir que siga aprendiendo cada día de mi vida y por todo lo bueno que me ha dado durante esta etapa de aprendizaje.

A mis padres: Juana Lemus Torres y Alejandro Marcos Cruz; por el apoyo incondicional ya que sin ustedes este camino no sería fácil, les agradezco infinitamente.

A mis hermanos: Alex Marcos, Ricky Marcos y a toda la familia gracias por todos los momentos compartidos.

A tí abuelito, por todos los buenos ratos compartidos, durante mi formación y que siempre me compartías tus experiencias; se que desde haya donde te encuentras me sonríes, siempre te recordaré con una sonrisa gracias por todo. Descansa en paz TITO †.

Y a todas esas personitas que han formado parte de este capítulo de mi vida: Mauricio Naveda y todos mis amigos a Ely, Deniz, Salvador, Martin, Brendita, Rodolfo.

También a mis compañeros y amigos: Biol. Érica, Ing. Sergio, Lic. Vero, Lic. Lupita y a Don Pepe.

CONTENIDO

| | Página |
|---|---------------|
| RESUMEN..... | xii |
| SUMMARY..... | xiii |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.2. Objetivos..... | 2 |
| 1.3. Hipótesis..... | 2 |
| | |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Generalidades del anturio..... | 3 |
| 2.1.1. Importancia económica de anturio..... | 3 |
| 2.1.2. Historia y origen..... | 4 |
| 2.1.3. Clasificación taxonómica..... | 4 |
| 2.1.4. Descripción botánica..... | 5 |
| 2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos..... | 8 |
| 2.1.6. Manejo de cultivo..... | 9 |
| 2.1.7. Podas..... | 11 |
| 2.1.8. Riego..... | 12 |
| 2.1.9. Fertilización..... | 12 |
| 2.1.10. Deficiencias nutrimentales..... | 14 |
| 2.1.11. Producción de flores..... | 15 |
| 2.1.12. Propagación..... | 16 |
| 2.2. Importancia de los bioestimulantes en la floricultura..... | 17 |
| 2.2.1. Definición de bioestimulantes..... | 18 |
| 2.2.2. Función de los bioestimulantes en plantas..... | 20 |
| 2.2.3. Métodos de aplicación y dosis..... | 21 |
| 2.2.4. Clasificación y características..... | 22 |
| 2.2.5. Micorrizas en la agricultura..... | 23 |

| | |
|--|----|
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 25 |
| 3.1. Área de estudio..... | 25 |
| 3.2. Clima..... | 25 |
| 3.3. Material vegetal..... | 26 |
| 3.4. Descripción del experimento..... | 26 |
| 3.5. Tratamientos y diseño experimental..... | 26 |
| 3.6. Variables de respuesta..... | 27 |
| 3.7. Análisis estadístico..... | 28 |
| | |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 30 |
| | |
| 5. CONCLUSIONES..... | 37 |
| | |
| LITERATURA CITADA..... | 38 |

LISTA DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Contenidos nutrimentales en hojas de anturio (Benton <i>et al.</i> , 2012)..... | 13 |
| 2 | Niveles óptimos de nutrimentos en anturio (determinaciones con base a análisis foliares)..... | 13 |
| 3 | Ejemplo de bioestimulantes usados en diferentes cultivos..... | 19 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Partes del anturio; en a) hoja, en b) tallo, en c) raíz, en d) flor..... | 7 |
| 2 | Calidad de las flores; en a) flor pequeña, en b) flor mediana, en c) flor grande... | 15 |
| 3 | Ubicación del experimento en el de Tetela de Ocampo, Puebla..... | 25 |
| 4 | Arreglo de tratamientos del experimento con anturio para un diseño completamente al azar (Tn = tratamientos y Rn = repeticiones)..... | 28 |
| 5 | Supervivencia en anturio, alcanzada a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$)..... | 30 |
| 6 | Altura de planta en anturio, alcanzada a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$)..... | 32 |
| 7 | Área foliar en anturio, alcanzada a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$)..... | 33 |
| 8 | Tasa de crecimiento en anturio, alcanzada a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).... | 35 |
| 9 | Número de flores por planta de anturio, desarrolladas a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$)..... | 36 |

EFFECTO DE BIOESTIMULANTES COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN FLORAL DE ANTURIO

RESUMEN

El anturio es uno de los cultivos más importantes dentro de las ornamentales, pues se trata de una planta con una inflorescencia muy atractiva. El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de bioestimulantes comerciales en el crecimiento y producción floral de anturio. El experimento se realizó en Tetela de Ocampo, Puebla (19°49'01" LN, 97°47'36" LO y 1764 msnm); se hizo un diseño experimental completamente al azar balanceado y completo, con cuatro tratamientos y un testigo: testigo (T₁), Nautilus[®] (T₂), Supra[®] (T₃), Agribat[®] (T₄), Glumix[®] (T₅), y 10 repeticiones donde Las variables de respuesta fueron supervivencia, altura de la planta, área foliar, tasa relativa de crecimiento cm y numero de flores por planta. Se sometieron a ANOVAS, utilizando la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Los resultados demostraron que: puede haber hasta un 95 % de supervivencia en plantas de anturio a los 201 días, cuando se les aplica Agribat[®] o Glumix[®] a una dosis de 12ml/200ml; mientras que la altura de la planta fue mayor en el T₂ (Nautilus[®]) con una media de 34 cm, por otra parte el área foliar lo obtuvo el T₃ (Supra start[®]), así mismo, en la tasa relativa de crecimiento el T₁ (Testigo) fue superior con un promedio de 0.04 cm.día⁻¹, por último, en el número de flores el T₂ (Nautilus[®]) fue el que ofreció una mayor cantidad de flores, con un promedio de tres flores por planta. Por esto, se demostró que la utilización del Nautilus[®] a una dosis de 12ml/200ml, en época de floración genera un crecimiento en producción de flores de la planta de anturio, creando una planta con mayor valor comercial.

Palabras clave: Aplicación foliar, bioproductos, flores, micorrizas, producción ornamental, tasa de crecimiento.

EFFECT OF COMMERCIAL BIOSTIMULANTS ON ANTHURIUM FLOWER PRODUCTION

SUMMARY

The anthurium is one of the most important crops within the ornamental, as it is a plant with a very attractive inflorescence. The objective of this research was to evaluate the use of commercial biostimulants in the growth and floral production of anthurium. The experiment was carried out in Tetela de Ocampo, Puebla (19°49'01" LN, 97°47'36" LO and 1764 masl); a complete and balanced randomized experimental design was made, with four treatments and a control: control (T1), Nautilus® (T2), Supra® (T3), Agribat® (T4), Glumix® (T5), and 10 repetitions where the response variables were survival, plant height, leaf area, relative growth rate in cm and number of flowers per plant. They were subjected to ANOVAS, using Tukey's test ($\alpha \leq 0.05$). The results showed that: there can be up to 95% of survival in anthurium plants at 201 days, when Agribat® or Glumix® is applied at a dose of 12ml/200ml; while the height of the plant was higher in T2 (Nautilus®) with an average of 34 cm, on the other hand the foliar area was obtained in T3 (Supra start®), likewise, in the relative growth rate T1 (Control) was higher with an average of 0.04 cm.day⁻¹, finally, in the number of flowers, T2 (Nautilus®) had the most flowers, with an average of three flowers per plant. For this reason, it was demonstrated that the use of Nautilus® at a dose of 12ml/200ml, during the flowering season generates a growth in flower production of the anthurium plant, creating a plant with greater commercial value.

Keywords: Foliar application, bioproducts, flowers, mycorrhizae, ornamental production, growth rate

1. INTRODUCCIÓN

La floricultura en México es una actividad que ha demostrado ser rentable, ya que permite una relativamente rápida recuperación de las inversiones que se requieren para el establecimiento de cultivos de plantas ornamentales. Además, es una fuente generadora de empleos, ya que se requiere de gran cantidad de mano de obra para realizar las labores de cultivo para el manejo intensivo que esta representa. Las flores y follajes de corte son adicionalmente, una fuente de divisas debido a que la demanda de los países desarrollados no es satisfecha por los cultivadores locales. En México, debido a su ubicación geográfica, presenta una amplia gama de condiciones climáticas favorables para la producción de flores.

El cultivo del anturio fue introducido a México entre 1930 y 1940, época en la que algunas plantas fueron establecidas en el estado de Veracruz, en él, actualmente se concentra la mayor superficie cultivada, con cerca de 8 ha⁻¹. Existen plantaciones importantes en Chiapas, Michoacán, Colima, Morelos, Querétaro y Coahuila. La República Mexicana cuenta con variados microclimas que presentan las condiciones ecológicas adecuadas para el cultivo de anturio de manera casi natural, por lo que existe la posibilidad de producir esta especie a bajo costo. Esto permitirá que el producto pueda competir en el mercado internacional. En Tetela de Ocampo, Puebla, se cuenta con diferentes florerías las cuales representan un ingreso para el municipio, pero uno de los problemas más frecuentes es la materia prima, la cual se debe comprar en lugares alejados del mismo principalmente por la poca actividad florícola que en este lugar se tiene.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el uso de bioestimulantes comerciales en el crecimiento y producción floral de anturio. Con el fin de encontrar algún método que permita una mayor obtención de plantas con buena calidad para ofrecer a los productores una herramienta más en la producción de esta ornamental. Este experimento se realizó en el municipio de Tetela de Ocampo, en un espacio cubierto con malla sombra. Se inició con la propagación de hijuelos para posteriormente aplicar distintos bioestimulantes comerciales y analizar cuál de ellos ofrece una mayor producción floral.

La estructura metodológica y el contenido de esta investigación se encuadró en el protocolo tipo EXPERIMENTO; dado que sus dicotomías en la matriz de clasificación de la

investigación científica, corresponden a lo siguiente: fue **experimental**, porque se modificó a voluntad una o más variables del fenómeno estudiado (diferentes bioestimulantes en la producción floral de anturio); donde el aspecto fundamental de este tipo de estudio, fue la asignación en bloques al azar de las diversas variantes del factor causal. Fue **prospectivo**, porque toda la información se recogió, de acuerdo con los criterios de la investigadora y para los fines específicos de la investigación (producción de flor de anturio en maceta), después de planear dicha investigación. Fue **longitudinal**, porque las mediciones en las variables de respuesta se hicieron en varias ocasiones (durante los ocho meses que duró la investigación); lo cual implicó un seguimiento para estudiar el desarrollo floral del anturio, en el tiempo en cada unidad experimental. Fue **comparativo**, de causa a efecto, porque se estudió el factor causal (producción floral del anturio en maceta) en más de dos tratamientos, evaluando variables para contrastar hipótesis; por lo tanto, se trató de un diseño con experimento clásico.

1.1. Planteamiento del problema

¿Mediante el uso de bioestimulantes comerciales, se pueden obtener plantas de anturio con mayor altura y mayor número de flores?

1.2. Objetivos

- Evaluar el uso de diferentes bioestimulantes comerciales que incrementen la cantidad y la calidad de flores de anturio, cultivadas en macetas.
- Analizar la respuesta de las plantas de anturio, cultivadas en maceta, tratadas con bioestimulantes y su efecto en la tasa de crecimiento y la supervivencia.

1.3. Hipótesis

- Si aplico 12 ml/ 200 ml de bioestimulantes comerciales (Nautilus[®], Supra start[®], Agribat[®], Glumix[®]) estos incrementarán la cantidad, y calidad de las flores en plantas de anturio cultivadas en maceta, en comparación con plantas sin ninguna aplicación.
- Si aplico 12 ml/ 200 ml de bioestimulantes comerciales (Nautilus[®], Supra start[®], Agribat[®], Glumix[®]) estos mejorarán la tasa de crecimiento, y supervivencia en plantas de anturio cultivadas en maceta, debido a la composición química, contiene aquellos nutrimentos esenciales que promueven el desarrollo y la floración.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del anturio

2.1.1. Importancia económica del anturio

En la actualidad el anturio es uno de los cultivos de flor de corte más importante, aunque también se produce como planta en maceta, planta de follaje o follaje de corte. Dentro de las ornamentales tropicales, es el segundo cultivo en importancia, solo después de las orquídeas (Galinsky y Laws, 2012). Sin embargo, la superficie cultivada a nivel mundial es pequeña en comparación con otras especies. La atracción de las flores por los consumidores radica principalmente en que son vistosas y tienen larga vida poscosecha.

Se trata de una planta herbácea y perenne, cultivada por su inflorescencia, acorazonada, muy atractiva (Buldewo y Jaufeerally 2002); ésta posee colores que varían del rojo intenso al rosado blancuzco o del marrón chocolate al verde pistache y también existen variedades con la bráctea de color blanco (Anthura, 2007).

Entre los países productores de esta flor, se encuentran en primer lugar Países Bajos con cerca de 70 ha en producción, Mauricio con 59 ha y Hawái con 100 ha, con producciones estimadas en 30, 10 y 11 millones de tallos florales al año. Los países del continente americano con mayor volumen de exportación son Trinidad y Tobago, República Dominicana y Jamaica; en menor importancia se encuentra Costa Rica, Colombia y Ecuador. Los principales países importadores son: Japón, Alemania, Francia y Estados Unidos, siendo este último, por su cercanía geográfica, el mercado más atractivo para México.

La floricultura tropical es una opción con alto potencial de desarrollo, puesto que los estados del sur del país cuentan con las condiciones naturales para su cultivo. Del mercado mundial de las flores, el 3 % corresponde a las flores tropicales, dentro de las cuales se encuentran algunas especies muy apreciadas, debido a que producen flores muy llamativas y con atractivos follajes. Entre estas se encuentran las orquídeas, bromelias, gingers, proteas, heliconias y el anturio. Tales especies se clasifican dentro de un grupo conocido como flores exóticas, tienen un gran atractivo y aceptación tanto en el mercado nacional como internacional.

2.1.2. Historia y origen

Los anturios son nativos de zonas tropicales del centro y sur del continente americano, principalmente de las pendientes húmedas del oeste de los Andes en el sur de Colombia y norte de Ecuador (Criley, 2012). Los anturios pertenecen a la familia Araceae la cual incluye más de 100 géneros y cerca de 1500 especies, dentro de estas, 500 a 700 especies se atribuyen al género *Anthurium* (Croat, 2012; Higaki *et al.*, 2012).

El principal centro de distribución de género son las zonas tropicales y subtropicales de Sudamérica. La mayoría de las especies se encuentran a elevaciones medias y bajas del noreste de Sudamérica, Panamá y Costa Rica; también Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia son entidades con diversidad en especies, mientras que en las montañas del sureste de México es donde se concentra la mayor cantidad de especies. Sin embargo, se afirma que en México y Centroamérica se encuentran aproximadamente 219 especies del género *Anthurium* en forma silvestre (Croat, 2012).

2.1.3. Clasificación taxonómica

Anthurium deriva de las palabras griegas *Anthos* (flor) y *oura* (cola), es decir, flor con cola. Se le conoce también como flor flamenco. Según Cronquist (2012), la clasificación taxonómica del anturio es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Subdivisión: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Arecidae

Orden: Arales

Familia: Araceae

Género: *Anthurium*

Especie: *Anthurium* spp.

2.1.4. Descripción botánica

Los anturios cultivados por sus atractivas flores y su larga vida poscosecha, son plantas monocotiledóneas, con un hábito de crecimiento que varía desde terrestres, trepadoras y epilíticas (sobre piedras y rocas). La forma predominante es la epífita por lo que se encuentra creciendo en forma natural sobre la corteza de árboles y arbustos (Criley, 2012). Es una planta de consistencia herbácea y de hábito perenne, aunque en cultivo su vida productiva es de ocho años.

El anturio es una planta herbácea-perenne por lo que puede formar muchas hojas durante su vida productiva, se calcula que entre 6 a 8 hojas se desarrollan en un año, dependiendo de la especie y cultivar. Para que se desarrolle una flor en realidad se necesita sólo una hoja adulta y una hoja joven en desarrollo, por cada flor, siempre y cuando tales hojas reciban la cantidad adecuada de radiación (Criley, 2012). Otras características son:

◆ Raíz. Son adventicias y se originan de los nudos del tallo, son cilíndricas, gruesas, carnosas y emergen por debajo de la yema vegetativa u hoja. Las raíces primarias se bifurcan y forman las raíces secundarias y terciarias, las cuales son esponjosas, con diámetros de 0.5 a 1.0 mm (Figura 1). Las raíces aéreas tienen la capacidad de sujetarse por ellas mismas a varias superficies. Los pelos radicales se encuentran aparentemente a 4 ó 5 cm del ápice de la raíz. En las plantas de la familia de las aráceas es común encontrar un velamen, el cual es un tejido formado por células muertas. Su función es la absorción y conservación del agua. El velamen capacita al anturio a sobrevivir por periodos cortos de sequía, dado que éste provee a la planta parte del agua acumulada (Higaki *et al.*, 2012).

◆ Tallo. Es cilíndrico, fibroso, corto y grueso. En la madurez, el tallo alcanza un diámetro de aproximadamente 2 cm. El tallo es caulinar, monopódico, simple, herbáceo cuando joven y semileñoso cuando ya ha madurado; llega a alcanzar una longitud de 1.5 m. Los nudos se encuentran en pares, mientras que los entrenudos se alternan entre un largo y un corto. La longitud de los entrenudos depende del cultivar y del ambiente, por ejemplo: un sombreado intenso promueve la formación de entrenudos largos, mientras que una alta luminosidad promueve entrenudos cortos (Higaki *et al.*, 2012). El entrenudo corto mide cerca de 0.015 cm

de longitud, mientras que el entrenudo largo varía de 1 a 5 cm; en general el entrenudo corto es conocido como nudo y el entrenudo largo como entrenudo (Higaki *et al.*, 2012). El tallo principal produce de tres a ocho hojas por año dependiendo de la nutrición, ambiente y cultivar (Criley, 2012).

◆ Hojas. Son simples, de color verde intenso, en forma de corazón y con márgenes enteros, en su madure alcanzan 35 cm de largo y 20 cm de ancho, con un grosor de 400-500 μm . La lámina foliar es coriácea o subcoriácea y está unida a un pecíolo cilíndrico. La venación es reticulada y pinnada. Las hojas se disponen en un arreglo alternado sobre el tallo. Presentan catáfilos deciduas o persistentes en la base del pecíolo. Los poros estomatales solo se encuentran en la superficie inferior, presentando aproximadamente de 30 a 40 estomas mm^2 los cuales se distribuyen en la forma aleatoria. El pecíolo es un cilíndrico, liso y usualmente de 25 a 35 cm de longitud. La base del pecíolo forma una vaina alrededor del tallo y las estípulas están en la parte final de la vaina cubriendo la yema floral en las fases tempranas de desarrollo. La epidermis del pecíolo es lisa y cubierta con una cutícula cerosa; presenta algunos estomas que se encuentran dispersos de forma irregular en la superficie (Higaki *et al.*, 2012).

◆ Inflorescencia. Una inflorescencia madura tiene una bráctea pigmentada y vistosa, llamada espata. De la espata emerge una espiga conocida como espádice, en el que las flores se encuentran asentadas sobre un eje largo conocido como pedicelo. Las flores botánicas son diminutas y perfectas, es decir, son hermafroditas. Existen aproximadamente 300 flores en cada espádice, los cuales tienen un arreglo helicoidal (Higaki *et al.*, 2012). La inflorescencia deanturio consiste de tres estructuras: el pedúnculo o "tallo", la barqueta o espata, y el espádice.

◆ Espádice. Las flores verdaderas son perfectas, y pequeñas y nacen en un raquis central en forma de un pedicelo. Las flores del espádice maduran progresivamente; primero se desarrollan las flores cercanas al ápice y el resto de las flores maduran basipetamente.

◆ El perianto está formado por cuatro segmentos carnosos (conocidos botánicamente como tépalos) los cuales envuelven cuatro estambres en un gineceo carnoso. Cada estambre se localiza opuesto a un tépalo y se encuentra presionado firmemente sobre el gineceo. Los estambres tienen un filamento entero y finaliza en el tejido conectivo localizado entre las dos anteras. Las anteras son bilobadas y cada lóbulo contiene dos lóculos. La flor es protoginia, esto es, que el gineceo está receptivo antes que los estambres fértiles. Después de la emergencia los estigmas, a través de los tépalos éstos se deshidratan y encogen. Las anteras emergen y sueltan el polen cerca de los tépalos. El lapso comprendido entre estigma receptivo y dehiscencia es de una semana (Higaki *et al.*, 2012).

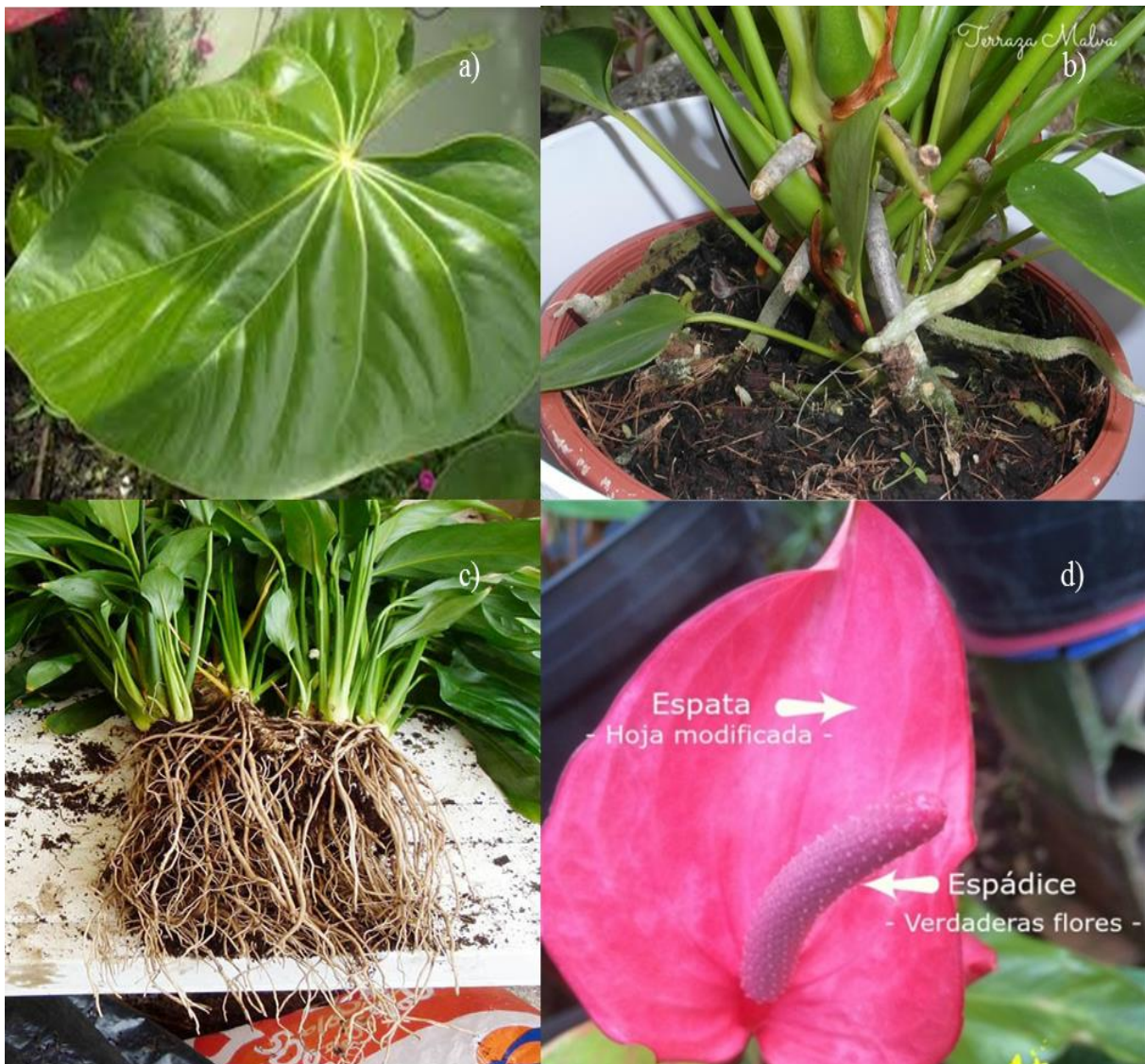


Figura 1. Partes del anturio; en a) hoja modificada, en b) tallo, en c) raíz, en d) flor.

◆ Espata. De usualmente 12 cm de ancho por 14 cm de largo, aunque puede ser más grande o pequeña. Es una hoja modificada conocida como bráctea, de forma generalmente acorazonada. Es posible que se presenten otras formas distintas. Es simple, aunque algunos cultivares tienen una espata compuesta. Las espatas simples están compuestas de una sola lámina, en tanto que las compuestas cuentan con dos láminas. Puede ser de varios colores, motivo por el cual el anturio se cultiva comercialmente. Las venas de la espata son prominentes y se originan en la unión entre espádice y espata. Las venas divergen de manera curvada siguiendo la forma de la espata, luego convergen y se unen en el ápice. Las venas mayores están interconectadas por pequeñas venas transversales. Es de un grosor de aproximadamente 400 a 600 μm la superficie inferior de la espata, tiene de seis a siete estomas por mm^2 . En observaciones microscópicas indican que las antocianinas de la espata están concentradas en las células hipodérmicas, mientras que las células de la epidermis y del parénquima esponjoso carecen de antocianinas (Higaki *et al.*, 2012).

◆ Fruto. Son pequeñas bayas amarillas, globosas y que se disponen de manera compacta sobre el espádice. Muestran ocasionalmente una depresión en el ápice y son suculentos, con dos cavidades. Se encuentran una o dos semillas por baya que germinan inmediatamente después de la siembra (Higaki *et al.*, 2012).

◆ Semillas. Cada ovario fertilizado forma una baya con una o dos semillas que maduran aproximadamente en seis meses. Las semillas poseen una placentación axilar (disposición de placentas y óvulos en la cavidad ovárica) sobre los carpelos del ovario (Higaki *et al.*, 2012).

2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos

◆ Radiación. Los anturios son plantas que necesitan sombra, dado que no toleran una alta intensidad luminosa. Puesto que la intensidad luminosa varía en diferentes localidades en donde se cultiva el anturio, las indicaciones para una zona pueden no ser válidas para otras. El porcentaje de sombreo recomendado puede variar desde 50 a 80 % (Criley, 2012). En el pasado, algunos productores cultivaban anturios bajo cubiertas naturales como helechos o árboles. En la actualidad este método natural de filtración de luz ha sido remplazado por mallas de sombra (Criley, 2012). El sombreo artificial presenta ciertas ventajas, como son: el

fácil acceso a las plantas, sombreo uniforme y una reducción en el daño por insectos (Higaki *et al.*, 2012).

◆ Humedad relativa. Debido a su origen tropical, el anturio es una planta que se desarrolla apropiadamente en ambientes con una alta humedad relativa. Durante la floración se debe tener un especial cuidado en la humedad relativa, dado que una buena relación humedad-temperatura mejora la calidad de las flores. Así, se recomienda un rango de humedad relativa ambiental de 60 a 70 % (Medina, 2012). Esta humedad relativa debe mantenerse siempre y cuando la temperatura no exceda los 35 °C (Criley, 2012). Si la temperatura es mayor a los 35 °C, es mejor proporcionar una humedad relativa del 90 %. Una adecuada humedad relativa permite la obtención de flores de una brillantez, dado que la serosidad de las espatas y hojas, es favorecida (Murgia, 2012).

◆ Temperatura. La óptima para el cultivo de anturios debe ser cercana a las registradas en las regiones tropicales de donde el anturio es originario. Una temperatura de 20 a 25 °C es considerada óptima, aunque una temperatura de hasta 30 °C tiene efectos negativos en las plantas. La temperatura máxima en el día no debe ser mayor a los 35 °C. En caso de que esta temperatura se presente, se recomienda mantener una humedad relativa más elevada mediante aspersiones de agua al follaje, pasillos y aumentar el porcentaje de sombreado (Herk, 2012). Las temperaturas mínimas nocturnas deben estar en un intervalo de 15 a 18 °C aunque el anturio puede tolerar periodos cortos expuestos a temperaturas de hasta 12 °C (Higaki *et al.*, 2012). Sin embargo, la productividad de las plantas puede bajar si estas temperaturas persisten por un tiempo prolongado. En contraste, noches calurosas provocan un pobre desarrollo del color en las espatas y las flores resultan pequeñas, por lo que se recomienda una temperatura, nocturna máxima de 22 °C (Schenk y Brandert, 2012). La temperatura requerida por cultivares de anturio va 18 a 26 °C, con una mínima nocturna de 15 °C y máxima de 21 °C (Medina, 2012).

2.1.6. Manejo de cultivo

El sistema de cultivo debe estar relacionado en función de la disponibilidad de los materiales y recursos con que se cuenta el productor. Los sistemas utilizados son: el cultivo en camas y el

cultivo en bancal. En cualquiera de los sistemas de cultivo empleado, es posible obtener una productividad elevada, así como una excelente calidad, siempre y cuando se proporcione a las plantas los requerimientos necesarios en cualquiera de los sistemas de producción. Estas pueden ser:

◆ Cultivo en contenedores. Este caso se emplea contenedores de polietileno color negro con una capacidad de 8 a 10 L. Las ventajas de este sistema son el significativo ahorro en el volumen del sustrato utilizado, la facilidad de la aplicación de la fertilización y riego, y la facilidad con que puede moverse las plantas en caso de ser necesario, como cuando se eliminan plantas enfermas. Se debe tener un cuidado especial en el drenaje de los contenedores. En caso de no ser adecuado, la acumulación del agua en el sustrato acarrea problemas de enfermedades en el sistema radical.

◆ Cultivo en camas. En este sistema se construyen camas a nivel del suelo con un ancho de 1.2 m y una longitud variable, de acuerdo a la superficie que se va a destinar al cultivo. La profundidad de las camas debe ser de un mínimo de 25 a 30 cm, con el objetivo de proporcionar una buena aireación a las raíces. Se aconseja una pendiente de 5 % de tal forma que el agua fluya hacia la parte más baja y evitar su acumulación alrededor de las raíces (Marrewik, 2012). El ancho de los pasillos entre camas puede ir de 0.5 a 0.6 m. En este sistema se emplea un gran volumen de sustrato, donde se corre el riesgo de acumular una mayor proporción de sales. Otra desventaja del sistema de cultivo en camas es que en caso de enfermedades, contagio entre plantas contiguas se facilita. Entre las ventajas esta la formación de grandes reservas de agua y sustancias nutritivas, lo que amortigua algún cambio nutrimental brusco (Medina, 2012).

◆ Cultivo en bancales. Los bancales son camas elevadas que se encuentran por encima de la superficie del suelo. Al estar las plantas aisladas al suelo, los problemas causados por incidencia de enfermedades son mínimos.

◆ Plantación. Cuando se inicia la plantación de anturios se recomienda utilizar plantas que tengan como mínimo una altura de 15 a 20 cm, pues en caso contrario se obtiene una

producción más tardía de la flor. Al emplear plantas con la altura mencionada se obtienen flores seis meses después, aunque la máxima calidad y producción se alcanza después de 1.5 a 2 años. Una planta joven produce aproximadamente una hoja cada mes y la primera flor aparece cuando la planta presenta la sexta hoja.

Si cuentas con el equipo necesario para brindar un ambiente adecuado para la siembra, puedes trasplantarlo en cualquier época del año. Si depende de las condiciones climáticas, lo mejor es trasplantar en las estaciones lluviosas y cálidas para que las plantas obtengan una buena respuesta. Se recomienda mantener una humedad relativa constante entre el 75 y el 80% durante las fases postrasplante y recuperación. A la hora de plantar, es importante tener en cuenta que el nivel del sustrato no supera el cuello de la planta para brindar un mejor efecto de fijación, promover la penetración de las raíces y evitar la pudrición del tallo.

2.1.7. Podas

◆ Poda de botones florales. Antes de que las plantas formen flores comerciales se desarrollan algunos botones que al crecer no alcanzan un tamaño suficiente para ser comercializados. Se recomienda que tales botones sean eliminados lo más pronto posible, en cuanto puedan ser cortados manualmente. Esto es con el fin de evitar el consumo innecesario de reservas, las cuales pueden ser utilizadas por las plantas en crecimiento vegetativo.

◆ Poda de hojas. El anturio es una planta herbácea-perenne por lo que puede formar muchas hojas durante su vida productiva. Se calcula que entre 6 a 8 hojas se desarrollan en un año (Criley, 2012). Para evitar que las hojas senescentes utilicen reservas, estas deben ser eliminadas. También se deben eliminar hojas dañadas por plagas y enfermedades. La poda de las hojas se hace manualmente tomándolas desde la base y mediante un movimiento opuesto al punto de inserción se logra su desprendimiento. La frecuencia de la poda de hojas es una vez al año, o bien dos veces en el caso de cultivares de rápido crecimiento.

Es importante señalar que desde el inicio de la siembra hasta un año después, hasta el estado adulto, no se permite el corte de hojas. Primero corte las hojas más viejas, lo que favorece la entrada de luz en el centro de la planta y tiene buena circulación de aire, y solo una pieza

puede minimizar plagas y enfermedades (Marrewik, 2012). Una planta puede recortar hasta cuatro hojas y, a veces, hasta tres hojas, sin afectar negativamente el rendimiento y la calidad de las flores (Higaki et al., 2012). Una poda excesiva de las hojas hará que el tallo principal se adelgace, lo que se refleja en la reducción del tamaño de la flor. Se recomienda no recortar las hojas en el primer año de cultivo para facilitar el engrosamiento del tallo principal.

2.1.8. Riego

La aplicación del agua en una plantación de anturios tiene dos propósitos: mantener una alta humedad relativa en el ambiente y mantener húmedo el sustrato para que las raíces tomen el agua requerida. En el primer caso esto se logra mediante algún sistema de aspersión colocado a la altura adecuada (1.5 cm). En el riego del sustrato se puede utilizar riego por goteo, sub-riego o incluso aplicación manual con aspersores utilizados para mojar el ambiente. La frecuencia de riego del sustrato es función del clima, la etapa de crecimiento del cultivo y el tipo de sustrato utilizado. Todos los sustratos utilizados para producir anturios deben ser muy porosos, por lo que la capacidad de retención de agua es menor que la de otro tipo de materiales. Esto obliga al riego una o dos veces al día. Sin embargo, ciertos sustratos (como PeatMoss® y cáscaras o fibras de coco) retienen una mayor cantidad de agua, por lo que dependiendo de la proporción de estos sustratos en el medio de cultivo, el riesgo es mayor. Separar.

2.1.9. Fertilización

Existe información sobre niveles de nutrimentos y fórmulas de fertilización con las cuales las plantas alcanzan las concentraciones consideradas como óptimas (Cuadro 1). El anturio muestra una demanda alta de N K y Ca. Por lo cual se debe tener especial atención en la aplicación de tales nutrimentos. En comparación con otras especies, la concentración de P y Mg es también muy alta. Otros autores señalan sin embargo valores óptimos diferentes (Cuadro 2).

Cuadro 1. Contenidos nutrimentales en hojas de anturio (Benton *et al.*, 2012).

| Elemento | Nivel nutrimental | | |
|-----------|-------------------|----------------|----------|
| | Bajo (%) | Suficiente (%) | Alto (%) |
| Nitrógeno | 1.02-1.59 | 1.60-3.0 | >3.0 |
| Fósforo | 0.15-0.19 | 0.20-0.7 | >0.7 |
| Potasio | 0.70-0.99 | 1.00-3.5 | >3.5 |
| Calcio | 0.80-1.19 | 1.20-2.0 | >2.0 |
| Magnesio | 0.25-0.49 | 0.50-1.0 | >1.0 |

Cuadro 2. Niveles óptimos de nutrimentos en anturio (determinaciones con base a análisis foliares).

| Elemento (%) | (Poole <i>et al.</i> , 1998) | (Bik, 1996) | (Boertaje, 2012) | (Higaki <i>et al.</i> , 2012) |
|--------------|------------------------------|-------------|------------------|-------------------------------|
| Nitrógeno | 2.03 | 2.00 | 2.03 | 1.87 |
| Fósforo | 0.36 | 0.16 | 0.25 | 0.17 |
| Potasio | 2.87 | 1.10 | 3.07 | 2.07 |
| Magnesio | 0.35 | 0.75 | 0.35 | 0.28 |
| Calcio | 1.30 | 1.50 | 1.20 | 1.08 |

El anturio es una planta que requiere una fertilización muy completa, aunque no puede tolerar altas concentraciones de sal: una fertilización excesiva, especialmente nitrógeno, reducirá el crecimiento de la planta, el color de las flores será más claro y la punta de la hoja se volverá más gruesa y se volverá Aparecen quemaduras amarillas y de color marrón amarillento en la parte superior, lo que complica mucho los procedimientos de aplicación de fertilizantes. La forma de aplicación del fertilizante, el período de crecimiento y las condiciones de cada área de producción hacen que no se recomiende una única fórmula de fertilización (Marrewik, 2012).

En términos generales los anturios son grandes demandantes de potasio por lo que se recomienda que la fórmula de fertilización guarde una relación N:K de 1:1.5 a 1:2.5 (Bik, 1996). Si la fertilización es sólida se considera que entre 15 y 20 g·m⁻² de N es un nivel

adecuado, en cuanto al potasio se recomienda la aplicación de 25 a 30 mg² (Boertaje, 2012). Si se desea utilizar fertilizantes de liberación lenta, se tiene reportes de buenos resultados con el osmocote 10-11-18+2 Mg, osmocote 14-6-11.63 a 45 g·m⁻² al año (Marrewik, 2012).

Cuando se combinan con fertilizantes inorgánicos, los fertilizantes orgánicos pueden complementar los nutrientes restantes que necesitan los cultivos. Se recomienda agregar orgánicos al sustrato. Puede utilizar estiércol de vaca, estiércol de pollo y bagazo como mejoradores.

2.1.10. Deficiencias nutrimentales

Debido al lento crecimiento de las plantas de anturio, los sistemas de deficiencia aparecen también lentamente. En ocasiones, tales síntomas pueden aparecer hasta un año después del inicio del problema (Higaki *et al.*, 2012). Una deficiencia de N se observa como una clorosis de hojas jóvenes, o un enanismo y clorosis en la planta entera (Higaki *et al.*, 2012). Las flores producidas son pequeñas o de tamaño mediano. En estado avanzado de la deficiencia las hojas mueren.

La diferencia de fósforo da como resultado una reducción significativa en el tamaño de la planta, con hojas jóvenes que se vuelven verdes, pequeñas y estrechas (Higaki *et al.*, 2012). En el caso del potasio, la deficiencia se manifiesta como una coloración amarillenta de las venas de las hojas viejas, que antecede a la formación de áreas necróticas y retraso del nuevo crecimiento (Higaki *et al.*, 2012). Las hojas jóvenes son pequeñas, estrechas y de color verde oscuro. La deficiencia de potasio aparece después de 7 a 8 meses.

La deficiencia de Mg se manifiesta en un enanismo de la planta y una clorosis intervenal en las hojas viejas (Higaki *et al.*, 2012). Las hojas jóvenes muestran bordes amarillos y malformaciones. En estado avanzado, las hojas exhiben áreas necróticas y se detiene la producción de flores.

Una deficiencia de Ca causa el desorden fisiológico conocido como decoloración de la espata. La decoloración de la espata impide la comercialización de las flores afectadas. En este caso, la concentración de Ca en el lóbulo de la espata es menor (0.42 %) al encontrado en el ápice

de la misma (0.66 %), lo que explica por qué este desorden se localiza en los lóbulos. En las hojas, se desarrollan manchas necróticas y muerte eventual del ápice de la planta. La deficiencia de Ca ha llegado a causar pérdidas de hasta 50 % en precosecha y hasta 20 % en postcosecha (Higaki *et al.*, 2012).

2.1.11. Producción de flores

Según el tipo, variedad y edad de la planta, la producción anual de flores por planta varía de tres a ocho (Criley, 2012). Si las plantas reciben las condiciones adecuadas, principalmente temperatura y radiación, el anturio puede florecer casi todo el año. Sin embargo, exhibe una estacionalidad obvia en la producción floral, porque es mayor a fines de la primavera, verano y principios del otoño, y disminuye en invierno.

En climas templados donde el anturio se cultiva en invernadero la producción de flores puede incrementarse empleando la técnica del enriquecimiento con CO₂ en el ambiente. En México, se obtiene un aumento en la producción de alrededor de 26 y 19 % en la temporada invierno - primavera en función de la concentración de gas carbónico de 1200 y 600 pmm (Valdez, 2012). Si en combinación con la aplicación de CO₂ se eleva el nivel de fertilización con nitrógeno en la solución nutritiva, la respuesta es aún mayor.

Con un buen manejo del cultivo, alrededor de un 70 % de la producción es la calidad extra grande, 20 % es de tamaño mediano y 10 % serán pequeñas (Medina, 2012) (Figura 2). La edad es un factor que influye determinantemente en la calidad de las flores producidas: las flores de aproximadamente seis a doce meses de edad pueden producir flores de tamaño mediano y pequeño, en tanto que las plantas maduras producirán flores de tamaño grande.



Figura 2. Calidad de las flores; en a) flor pequeña, en b) flor mediana, en c) flor grande.

2.1.12. Propagación

◆ Propagación sexual. La obtención de plantas a partir de semillas es un proceso muy lento que puede tomar hasta tres años, desde que se establece la semilla hasta que se llega a la floración de la planta obtenida (Higaki *et al.*, 2012). La desventaja de la producción de plantas a través de semillas es que cada nueva planta tiene la posibilidad de ser diferente a la planta original. Ello ocasiona la obtención de cultivos heterogéneos y difíciles de manejar.

En *Anthurium andraeanum*, la tecnología de reproducción *in vitro* ha reemplazado este procedimiento en un segundo plano (Jiménez y Caballero, 2012). Para propagar *Anthurium* a partir de semillas, las flores deben fertilizarse previamente. Este trabajo se realiza manualmente con polen de otras flores. Después de la fertilización, la madurez de la fruta depende de la variedad. El período de vencimiento en *Anthurium* es de 4 a 7 meses, mientras que el período de vencimiento en *Anthurium* es de 7 a 8 meses (Jiménez y Caballero, 2012).

◆ Propagación asexual. Tradicionalmente, los anturios se han propagado vegetativamente mediante división de tallo, esquejes o por hijuelos, así como por cultivo de tejidos.

◆ Propagación por esquejes. La producción de plantas a través de esquejes consiste en permitir el desarrollo de las plantas madre hasta que formen algunas raíces sobre el tallo, cercanas al ápice. Una vez que esto se presenta, el extremo del tallo es cortado y colocado en un contenedor que debe encontrarse en un ambiente propio para su desarrollo, como son condiciones de iluminación y alta humedad relativa. Después de algún tiempo, la base del tallo seccionado formará brotes laterales, los que a su vez pueden ser empleados para la obtención de más esquejes cuando hayan logrado alcanzar su madurez y formen raíces sobre el tallo (Higaki *et al.*, 2012).

◆ Propagación por hijuelos. Los brotes laterales que surgen de yemas adventicias son conocidos como hijuelos. Cuando estos brotes presentan raíces bien desarrolladas pueden desprenderse cuidadosamente de la planta madre, empleando una navaja desinfectada o manualmente. Se debe procurar no causar lesiones innecesarias en la planta madre y dejar el mayor volumen de raíces adheridas al hijuelo. Debe evitarse que los hijuelos permanezcan por mucho tiempo en la planta madre, ya que le restan reservas que pudiesen ser utilizadas en la

producción y calidad de las flores. Algunos cultivares producen hijuelos rápidamente, mientras que en otros se pueden estimular la producción mediante aplicaciones foliares de N - 6 benzil adenina a concentraciones de $1000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Higaki *et al.*, 2012).

♦ Propagación *in vitro*. El cultivo de tejidos ha sido utilizado exitosamente en la producción comercial de material vegetal. Aunque el proceso de propagación *in vitro* es lento, en comparación con otras especies ornamentales, en anturios es muy atractiva esta técnica ya que permite obtener plantas libres de patógenos.

Se pueden obtener plantas de anturio a partir de explantes como embriones y partes jóvenes de plantas adultas, tales como pecíolo, espata, espádice y hoja. También es posible utilizar como explantes yemas vegetativas de 2 mm de diámetro, o menos, para posteriormente inducir la brotación múltiple (Kunisaki, 1980).

2.2. Importancia de los bioestimulantes en la floricultura

Son agentes biológicos que contienen una pequeña cantidad (menos de $0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) de diferentes hormonas y otros compuestos como aminoácidos, vitaminas, enzimas, azúcares y minerales. La concentración de hormonas en los bioestimulantes es casi siempre baja. Los tipos de hormonas que contienen La cantidad depende de la fuente del extracto (algas, semillas, raíces, etc.) y su método de procesamiento (Díaz, 2009).

Su efecto sobre la planta aplicada suele ser el de estimular su desarrollo general sin afectar directamente el conjunto de frutos más grandes o el crecimiento de frutos más grandes. Por lo tanto, los bioestimulantes pueden clasificarse como una ayuda para el mantenimiento fisiológico de la planta porque proporcionan una pequeña cantidad de compuestos múltiples, que pueden ser importantes para limitar las condiciones del cultivo (como clima severo, sequía, ataque de patógenos, etc.). (Alaska, 2010).

Según Boada (2005), mencionó que tras el uso de bioestimulantes como citoquininas y ácido giberélico en el cultivo de proteas (*Leucadendron* híbrido) provocó un incremento de número de yemas, con un promedio de 1.97 yemas/parcela neta, así como produjeron incremento total

de altura con un promedio de 16.42 cm/planta y con una velocidad de crecimiento de 4.77 cm/planta. Estas cualidades se consiguen gracias a que los bioestimulantes tienen una mayor composición a base de hormonas, enzimas, vitaminas, minerales, azúcares y micronutrientes; las mismo que estimulan el metabolismo general de la planta, incrementando sus procesos fisiológicos normales sin provocar la estimulación exagerada de determinada función específica (Paredes, 1998).

Los bioestimulantes tienen el potencial de mejorar el rendimiento y la calidad de las plantas, de forma similar a las hormonas vegetales naturales que regulan su crecimiento y desarrollo (Cuadro 3). Estos productos no nutritivos pueden reducir el uso de fertilizantes y reducir el estrés causado por la temperatura y el agua insuficientes (Yong et al., 2014). Alaska (2010) señaló que los bioestimulantes son moléculas con estructuras muy amplias, que pueden estar compuestas por hormonas o extractos de plantas con actividad metabólica (como aminoácidos y ácidos orgánicos). Se utilizan principalmente para aumentar el crecimiento y el rendimiento de las plantas y para hacer frente a períodos de estrés.

2.2.1. Definición de bioestimulante

La definición del Dr. Patrick Du Jardín es la más aceptada y distribuida a nivel internacional y menciona que “un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia”. Por extensión, también se considera como un bioestimulante vegetal a los productos comerciales que contienen mezclas de estas sustancias o microorganismos (Barroso *et al.*, 2015).

Cuadro 3. Ejemplo de bioestimulantes usados en diferentes cultivos.

| Bioestimulante | Cultivo o especie | Resultado Principal | Referencias |
|--------------------------------|--------------------------|--|--------------------------------------|
| Enerplant®. | Pimiento. | Se incrementó el diámetro del fruto en un 8.92%. | Cabrera-Medina <i>et al.</i> (2011). |
| Organic Plus®. | Rosa <i>spp.</i> | Se desarrolló en un 15 % el tamaño del botón floral en cuanto a su longitud. | Tayupanta (2011). |
| Biofol®. | Lima mexicana. | Se obtienen frutos de mejor calidad en peso, tamaño, firmeza, porcentaje de jugo, pH y porcentaje de ácido cítrico. | Ariza <i>et al.</i> (2015). |
| Satisfy®. | Tomate. | Se obtuvo un rendimiento de 69.41 t/ha. | Avendaño (2011). |
| Alga 600 Plus®. | Rosa. | Se incrementó la longitud de tallo y botón así como diámetro de los mismos. | Calvache (2009). |
| Vitazyme®. | Proteas. | Tuvo una mayor influencia con respecto a la longitud de los tallos con un promedio de 131.1 cm. | Guerrero (2010). |
| Bioforte® (dosis de 2,0 cc/l). | Alfalfa. | Se registró un mayor número de hojas por rama, mayor peso de materia verde y seca y por ende el mayor rendimiento por hectárea | Salgado (2012). |
| FitoMas-E®. | Pepino. | Incremento entre 36 y 52 % y entre 29 y 46 % en indicadores de crecimiento y de rendimiento. | López y Vera (2017). |
| Biobras- 16® (0.05 mh L-1). | Frijol. | Estimuló significativamente el rendimiento de las plantas. | Martinez <i>et al.</i> (2017). |
| Impulse® 13 - 0 – 40. | Arroz. | Presento el mayor rendimiento de grano entero (47.6 %). | Tello (2012). |

La definición de bioestimulantes incluye materiales orgánicos y microorganismos aplicados a los cultivos para mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento y mejorar la tolerancia al estrés y la calidad. Existen varios tipos de bioestimulantes específicos, que incluyen hidrolizados de proteínas, extractos de algas, quitosano, ácido húmico y ácido fúlvico, hongos micorrízicos y bacterias promotoras del crecimiento (Ruzzi y Aroca, 2015). Según la fuente y el contenido, los bioestimulantes se pueden dividir en tres categorías. El humus ha sido reconocido por tener un efecto bioestimulante y es una de tres categorías. Además, se enumeran diferentes productos que contienen hormonas y aminoácidos en sus formulaciones (Oosten et al., 2017).

2.2.2. Función de los bioestimulantes en plantas

Los bioestimulantes son sustancias biológicas que actúan potenciando determinadas vías metabólicas y / o fisiológicas en las plantas. No son nutrientes ni pesticidas, pero tienen un efecto positivo en la salud de las plantas. Afectan a diversos procesos metabólicos, como la respiración, la fotosíntesis, la síntesis de ácidos nucleicos y la absorción de iones, mejoran la expresión del vigor del crecimiento, madurez temprana de la floración y son activadores enzimáticos. No son sustancias diseñadas para corregir deficiencias nutricionales, sino fórmulas que contienen pequeñas cantidades de 23 hormonas diferentes y otros compuestos químicos (como aminoácidos, vitaminas, enzimas, azúcares y minerales) (Sanclemente y Peña, 2008).

Actúan incrementando determinadas expresiones metabólicas y/o fisiológicas de las plantas, tales como el desarrollo de diferentes órganos (raíces, frutos, etc.), incentivando la fotosíntesis y a reducir los daños causados por estrés (fitosanitarios, enfermedades, frío, calor, toxicidad, sequías, etc.), eliminando así las limitaciones del crecimiento y el rendimiento, de igual manera potenciando la defensa natural de las plantas antes y después del ataque de patógenos. Una cantidad adecuada de bioestimulante inhiben la germinación de las esporas de hongos, reduce la penetración del patógeno en el interior del tejido vegetal, mejora el estado nutricional de la planta y el equilibrio hormonal, facilita la síntesis biológica de hormonas como las auxinas, giberelinas y citoquininas (Villalobos, 2006).

Por otro lado, cuando las plantas están bajo cierto estrés, los estimulantes biológicos han demostrado ser muy efectivos. Por otro lado, algunos investigadores creen que bajo diferentes condiciones de marea del mar, la eficiencia de uso promedio de los cultivos comerciales puede alcanzar 40-65%. Para satisfacer la demanda de los próximos 30 años, se debe incrementar hasta un 70-80% del potencial de nutrientes, por lo que los bioestimulantes pueden ser considerados como uno de los insumos más importantes para lograr este resultado (Zuaznábar et al., 2012).

Además León *et al.* (2016), informaron que los bioestimulantes suministran nutrimentos a las plantas: sirven como fuente de N, P y azufre que liberan a través de los procesos de mineralización que la materia orgánica sufre en el suelo. Otro mecanismo de suministro de elementos nutritivos a la planta se basa en la posibilidad de complejar metales y cationes que tienen las sustancias húmicas. Mejoran la estructura de los suelos, promueve la formación de agregados estables entre las partículas del suelo evitando la compactación de los mismos, con el consiguiente aumento de la aireación y una mejor circulación del agua causada por el incremento de la capilaridad del suelo.

2.2.3. Métodos de aplicación y dosis

Aunque en algunos casos, la mayoría de los bioestimulantes se pueden aplicar directamente al suelo mediante fertilización o pulverización, también se pueden aplicar directamente al follaje. Ciertos bioestimulantes se pueden mezclar con insecticidas, fungicidas u otros fertilizantes solubles, pero primero se recomienda verificar su compatibilidad con otro producto, es decir, tener cuidado de no precipitar, de lo contrario no se recomienda mezclar. Se recomienda el uso de bioestimulantes durante la fase de crecimiento vegetativo para aprovechar mejor sus compuestos (Heidari y Golpayegani, 2012).

La aplicación de los bioestimulantes se debe realizar a partir del tercer mes del desarrollo de los tallos en las proteas ya que a partir de esta etapa se hace más visible la respuesta del cultivo frente a la acción de los productos y se podría reducir los costos de producción (Guerrero, 2010).

2.2.4. Clasificación y características

Los científicos, gestores, productores y agricultores tienen cierto consenso sobre la definición de las principales categorías de bioestimulantes: ácido húmico y ácido fúlvico. El humus es un componente natural de la materia orgánica del suelo, provocado por la descomposición de plantas, animales y microorganismos, así como por la actividad metabólica de los microorganismos del suelo que utilizan estos compuestos como sustrato. El humus es un conjunto de compuestos heterogéneos, originalmente clasificados según su peso molecular y solubilidad en humus, ácido húmico y ácido fúlvico (García, 2017).

- ❖ Aminoácidos y mezclas de péptidos. Se obtienen a partir de la hidrólisis química o enzimática de proteínas procedentes de productos agroindustriales tanto vegetales (residuos de cultivos) como animales (colágenos, tejidos epiteliales, etc.). Estos compuestos pueden ser tanto sustancias puras como mezclas (lo más habitual). Otras moléculas nitrogenadas también consideradas bioestimulantes incluyen betaínas, poliaminas y aminoácidos no protéicos, que son muy diversas en el mundo vegetal y muy poco caracterizados sus efectos beneficiosos en los cultivos (Du Jardin, 2015).

- ❖ Extractos de algas y de plantas. El uso de algas como fuente de materia orgánica y con fertilizante es muy antiguo en la agricultura, pero el efecto bioestimulante ha sido detectado muy recientemente. Esto ha disparado el uso comercial de extractos de algas o compuestos purificados como polisacáridos de laminarina, alginato y carragenanos. Otros compuestos que contribuyen al efecto promotor del crecimiento incluyen micro y macronutrientes, esteroides y hormonas (García, 2017).

- ❖ Quitosanos y otros biopolímeros. El quitosano es la forma deacetilada del biopolímero de quitina, producido natural o industrialmente. Los polímeros/oligómeros de tamaño variado se usan habitualmente en alimentación, cosmética, medicina y recientemente en agricultura. El efecto fisiológico de los oligómeros de quitosano en plantas son el resultado de la capacidad de este compuesto policatiónico de unirse a una amplia variedad de compuestos celulares, incluyendo ADN y constituyentes de la membrana plasmática y de

la pared celular. Además son capaces de unirse a receptores específicos responsables de la activación de las defensas de las plantas, de forma similar a los elicitores de las plantas (Jardin, 2015).

- ❖ Compuestos inorgánicos. Se suelen llamar “elementos beneficiosos” a aquellos elementos químicos que promueven el crecimiento de las plantas y que pueden llegar a ser esenciales para algunas especies pero no para todas. Entre estos elementos se suelen considerar el Aluminio, Cobalto, Sodio, Selenio y Silicio; y están presentes tanto en el suelo como en plantas como diferentes sales inorgánicas y como formas insolubles. Sus efectos beneficiosos pueden ser constitutivos, como el reforzamiento de las paredes celulares por los depósitos de silicio, o por la expresión en determinadas condiciones ambientales, como es el caso del selenio frente al ataque de patógenos (García, 2017).
- ❖ Hongos y bacterias beneficiosas. Los hongos interactúan con las plantas de muchas formas, desde simbiosis mutualista hasta el parasitismo. Plantas y hongos han coevolucionado desde el origen de las plantas terrestres. Los hongos micorrícicos son un heterogéneo grupo de hongos que establecen simbiosis con el 90 % de las plantas. Hay un creciente interés por el uso de los hongos micorrícicos para promocionar la agricultura sostenible, considerando sus efectos en mejorar la eficacia de la nutrición, balance hídrico y protección frente al estrés de las plantas. Bacterias beneficiosas. Las bacterias interactúan con las plantas de todas las formas posibles. En cuanto a su uso como bioestimulantes se consideran dos tipos fundamentales, los endosimbiontes mutualistas (tipo *Rhizobium*) o mutualistas no endosimbiontes o PGPRs de la rizósfera (del inglés Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) (Du Jardin, 2015).

2.2.5. Micorrizas en la agricultura

El término micorriza fue creado por el botánico alemán Albert Bernard Frank en 1885, y procede del griego *mykos* que significa hongo y del latín *rhiza* que significa raíz, definiendo así la asociación simbiótica entre el micelio de un hongo y las raíces de un vegetal. De entre las diversas asociaciones benéficas planta-microorganismo, la micorrícica es la que se

encuentra más ampliamente extendida sobre la superficie terrestre, alrededor del 90 % de las plantas terrestres la forman (Smith y Read, 1997).

Las formas en que las micorrizas pueden mejorar el estado nutricional de las plantas son: 1) Debido a que el micelio de los hongos juega un papel extendido, aumentan la cantidad de exploración de raíces; 2) Aumentan la absorción de agua y nutrientes, como fósforo, N, K Y Ca, 3) aumentan la tolerancia a la temperatura del suelo y los cambios extremos de acidez debido a la presencia de aluminio, magnesio y azufre, 4) brindan protección contra ciertos patógenos, 5) mayor actividad de las raíces, 6) mejoran La estructura del suelo, debido a la secreción de micelio y glicocalina, ayuda a mantener unidos los agregados (Alarcón y Ferrara, 2000).

Las micorrizas arbusculares son el tipo de micorrizas que forman la mayoría de las plantas de interés agrícola. En dicha asociación, el hongo forma arbusculos que son las estructuras donde se realiza el intercambio de carbono y fósforo entre el hongo y la planta. Algunos hongos micorrízicos forman vesículas en el micelio interno, las cuales son estructuras de reserva del hongo (Cuenca *et al.*, 2007).

Por otro lado, debido a que los propios hongos producen fosfatasa, las plantas micorrízicas pueden aprovechar mejor los fertilizantes orgánicos (Joner y Johansen, 2000). O gracias a la conexión existente entre las hifas MA y los microorganismos involucrados en la mineralización de la materia orgánica (Aguilar y Barea, 1999). Además, existe evidencia de que la tecnología de fabricación aditiva puede proteger a las plantas de patógenos (Newsham *et al.*, 1995) y la deficiencia de agua (Lozano y Azcón, 1995).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El experimento se realizó de enero a agosto de 2018 (201 días), en un cobertizo con malla sombra (al 60 %), de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Norte, en el Barrio de Benito Juárez, del municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México ($19^{\circ} 49' 01''$ N, $97^{\circ} 47' 36''$ O y 1764 msnm) (Figura 3).

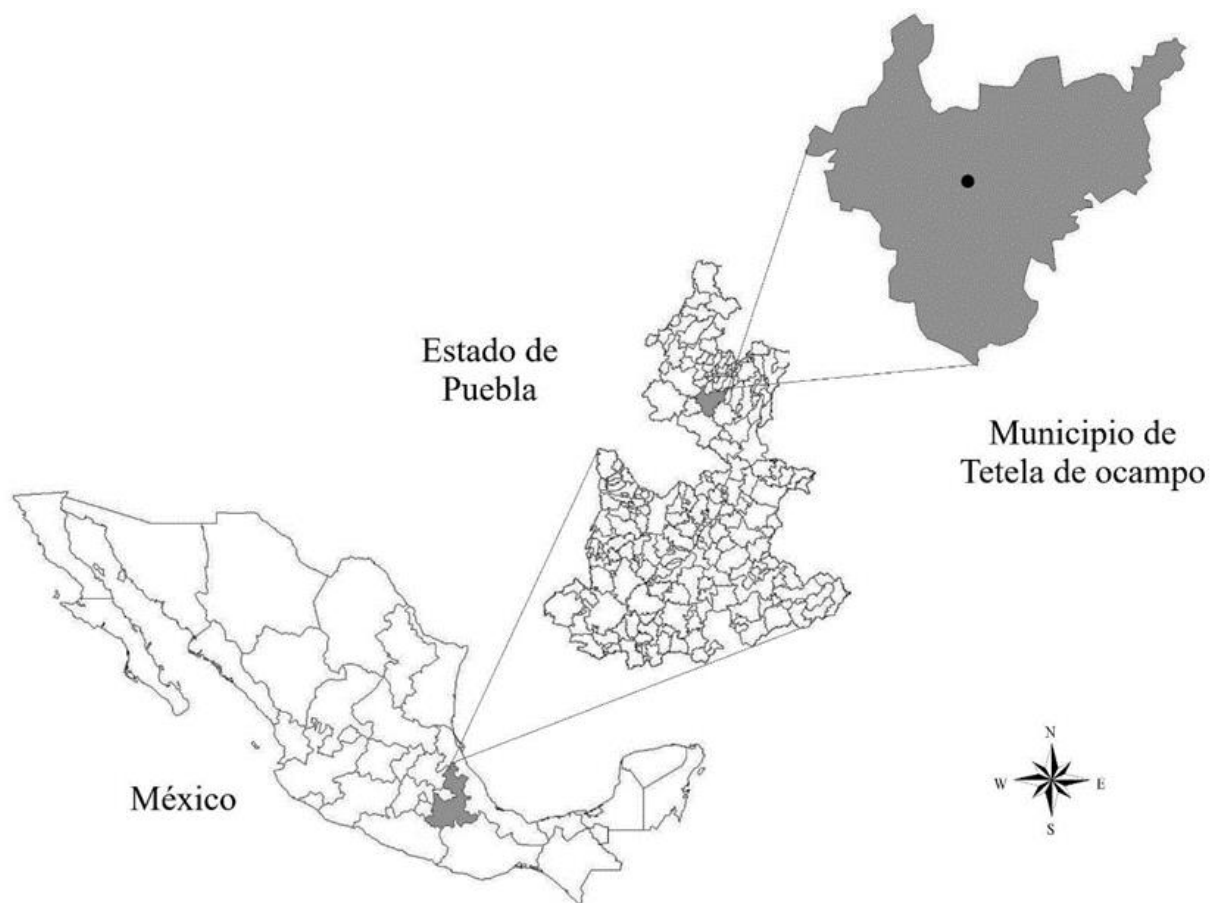


Figura 3. Ubicación del experimento en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.

3.2. Clima

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual entre 12 y 18 °C, y la del mes más frío entre -3 y 18 °C. La precipitación del mes más seco es menos de 40 mm; el porcentaje de precipitación invernal, con respecto a la anual, es menos de 5 mm, las heladas casi siempre se presentan con frecuencia de 20 a 40 días, al año, la máxima incidencia de estas se encuentra en el periodo de diciembre a enero (García, 2004).

3.3. Material vegetal

Se trabajó con plantas de anturio de un año de edad, procedentes de los viveros de Xochimilco, CDMX, seleccionadas por su vigor y sanidad. Fueron seleccionadas para la obtención flores comerciales en cuanto a tamaño y número de flores por planta ya que en la zona se está llevando a cabo la comercialización de estas plantas por su valor exótico y duración postcosecha. Se utilizaron 21 plantas adultas para la posterior segmentación de hijuelos y de esa manera hacer la propagación asexual.

3.4. Descripción del experimento

Se inició el día 4 de enero del 2018 con la limpieza del establecimiento, posteriormente se compraron las plantas de anturio y se dio inicio con la primera propagación de hijuelos. Se utilizó sustrato de Peat Moss[®]. Se colocaron en macetas de color blanco, y se colocaron en un invernadero por las bajas temperaturas y para su aclimatación. Las plantas fueron seleccionadas para iniciar el experimento por su buena condición sanitaria y de homogeneidad de desarrollo, cada maceta con una planta fue una unidad experimental.

3.5. Tratamientos y diseño experimental

Se utilizaron cuatro tratamientos y un testigo en los cuales se obtuvieron de forma comercial ya que son productos bioestimulantes con hongos micorrízicos ayudan a la planta a obtener los nutrimentos esenciales y de esa forma generar reservas para producir flores de buen tamaño sin afectar su rentabilidad. Se evaluaron cinco tratamientos, de los cuales se tiene un testigo (T₁), y cuatro bioestimulantes comerciales: Nautilus[®] (T₂), Supra Start[®] (T₃), Agribat[®] (T₄), Glumix[®] (T₅) (Figura 4). De estos últimos sus principales características son:

Nautilus[®]. Bioestimulante de las funciones fisiológicas de las plantas, influye en activar la fisiología de las plantas con el evidente beneficio en todas las fases del cultivo en forma completamente natural; mejora el enraizamiento, el desarrollo vegetativo, la floración, el cuajado, el llenado de frutos y la maduración; en consecuencia, incrementa los rendimientos y también la calidad de la cosecha al homogenizar el tamaño del fruto, mejorar la concentración de azúcares y prolongar la vida de anaquel. Se le aplicó una dosis foliar de 12 ml / 200 ml de agua, cada 30 días.

Supra Start®. Activador biológico-mineral para las plantaciones que contiene microorganismos que le permiten desempeñar funciones específicas, las cuales benefician la productividad de las plantas, incluyendo la absorción de agua y nutrientes, la fijación de nitrógeno, la solubilización de minerales y la producción de estimuladores de crecimiento vegetal. Se le aplicó una dosis foliar de 12 ml / 200 ml de agua, cada 30 días.

Agribat®. Es un producto orgánico, formulado con diversas sustancias naturales, materia orgánica y nutrientes órgano-minerales. Mejora la estructura del suelo e incrementa la conductividad hidráulica favoreciendo el desarrollo de la raíz. Además aporta nutrimentos esenciales y estimula el desarrollo vegetativo, la síntesis y concentración de azúcares, dando como resultado un incremento en los rendimientos y la calidad de las cosechas. Se le aplicó una dosis foliar de 12 ml / 200 ml de agua, cada 30 días.

Glumix®. Es un inoculante y mejorador de suelos, formulado con esporas de cepas seleccionadas de hongos micorrízicos vesículo arbusculares, que fueron cuidadosamente seleccionadas. Altamente eficientes en la asimilación de fósforo y otros nutrimentos, además de proporcionar resistencia a las plantas bajo condiciones de estrés por sequía, salinidad, heladas, exceso de lluvias y mayor tolerancia a enfermedades. Se le aplicó una dosis foliar de 12 ml / 200 ml de agua, cada 30 días.

El diseño experimental fue completamente al azar balanceado y completo, con cinco tratamientos y 10 repeticiones, el modelo estadístico fue el siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t; \quad j = 1, \dots, n_i$$

Dónde:

Y_{ij} = Es la observación de la j – ésima UE del i – ésimo tratamiento.

μ = Media general común a todas las UE.

T_i = Es el efecto del tratamiento i – ésimo.

ϵ_{ij} = Es el error experimental en la observación j – ésima del tratamiento i – ésimo.

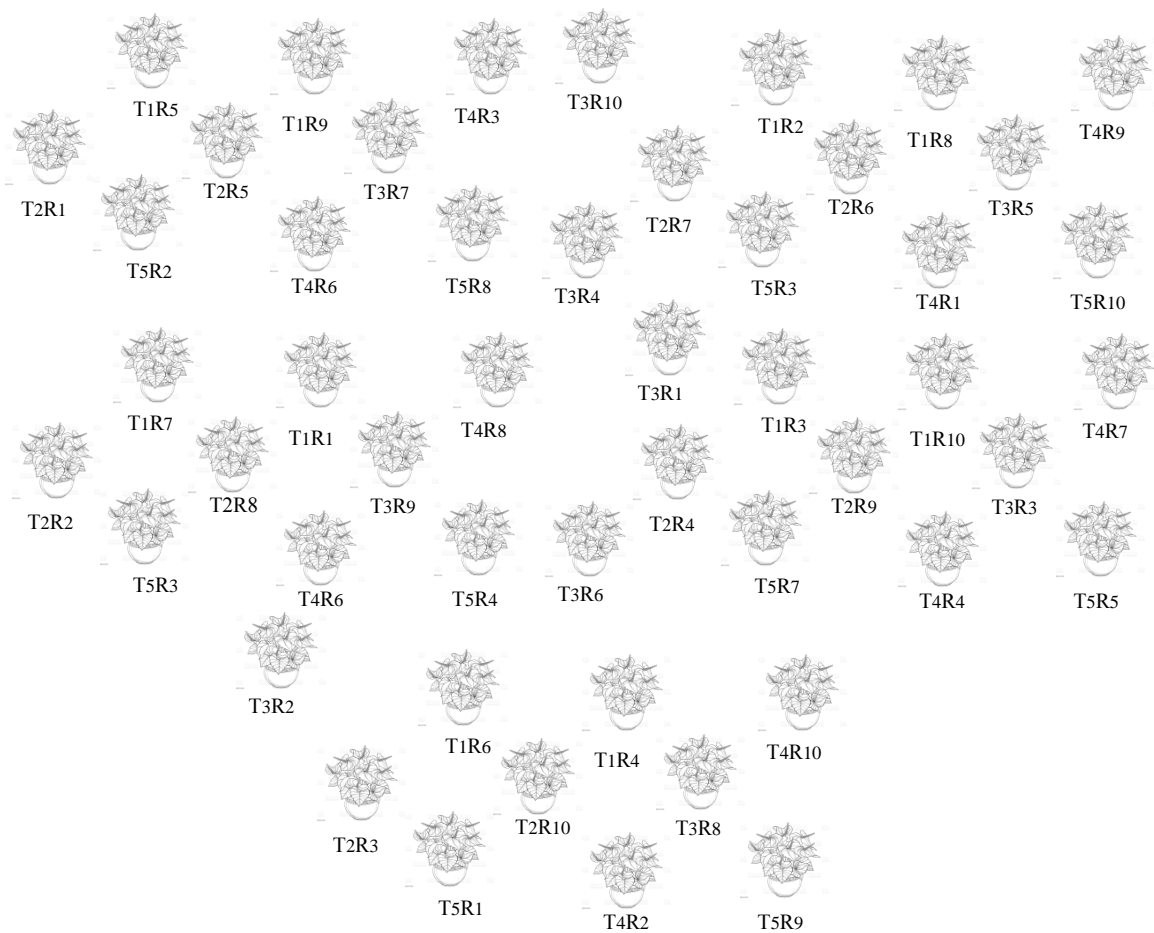


Figura 4. Arreglo de tratamientos del experimento con anturio para un diseño completamente al azar (Tn = tratamientos y Rn = repeticiones).

3.6. Variables de respuesta

- ❖ Supervivencia (S, %): Esta variable se midió al final del experimento y mediante una comparación con el total de plantas vivas en macetas, se procedió a realizar el registro de porcentaje de supervivencia para cada unidad experimental.

- ❖ Altura de planta (AP, cm): Se registró por cada tratamiento, la longitud desde el cuello de la planta hasta el ápice, con la ayuda de una cinta métrica, se realizó en cada planta y al final del experimento.
- ❖ Área foliar (ÁF, cm): El conteo se realizó de forma manual para cada planta, se contó el número de hojas fotosintéticamente activas por cada maceta, cada 15 días y de forma acumulada.
- ❖ Tasa relativa de crecimiento (TRC, cm.día⁻¹): Se estimó con la ecuación: $TRC = [(\omega_2 - \omega_1) / (t_2 - t_1)] / S$ donde ω_2 y ω_1 : biomasa final e inicial de la planta completa en un intervalo de tiempo, t_2 y t_1 : momento final e inicial de tal periodo: área de maceta ocupada por la planta.
- ❖ Número de flores por planta (NFP): Se realizó el conteo para cada unidad experimental de manera individual, durante el transcurso del experimento y fue acumulativa, se realizó en flores abiertas y completamente desarrolladas.

3.7. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), según el diseño experimental completamente al azar, en todas las variables para detectar diferencias entre tratamientos; las pruebas de comparación medias se realizaron por el método de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) usando el software Minitab 18[®] (Minitab, 2019).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La supervivencia fue una variable importante en este experimento, ya que permitió determinar la viabilidad de los tratamientos aplicados al anturio, además del comportamiento de las plantas y la aceptación o rechazo de la hipótesis.

Las plantas de anturio a las cuales se les aplicó como tratamiento Agribat[®], Glumix[®] y Testigo (sin aplicación de bioestimulantes) obtuvieron los valores más altos con un 98 % de supervivencia de las plantas, a diferencia de los tratamientos con Nautilus[®] y Supra Start[®] los cuales mostraron una supervivencia del 85 %, existiendo una diferencia del 13.26 % entre el valor más alto y el más bajo, por lo tanto, los tratamientos son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$) (Figura 5). Por lo cual, los bioestimulantes, no tienen un efecto positivo en la supervivencia de plantas de anturio, siendo poco recomendable la utilización de bioestimulantes para mejorar la supervivencia.

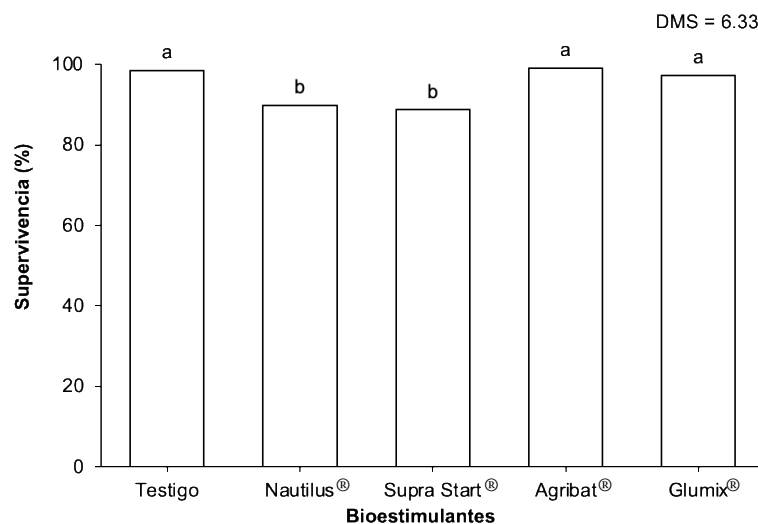


Figura 5. Supervivencia en anturio, alcanzada a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

En otras investigaciones, resultados en plantas de triticale (x *Triticosecale* Wittmack.) sugieren que los tratamientos con bioestimulantes orgánicos y fertilización nitrogenada obtuvieron una mejor supervivencia de los macollos que el tratamiento testigo, el cual no contenía ninguna fertilización nitrogenada o biestimulante (Aquino y Gómez, 2019). Mientras

que en estudios realizados en frijol (*Phaseolus vulgaris*), también se observó una mayor supervivencia tras la germinación en tratamientos con bioestimulantes comerciales y bioestimulantes orgánicos con un 100 y 94 % en dos de los respectivos tratamientos, mientras el tratamiento testigo solo obtuvo un 69 % (Lara, 2012). Por otra parte, los resultados que se obtuvieron al utilizar bioestimulantes en plantas *in vitro* de caña de azúcar en condiciones de umbráculo, demostraron un efecto positivo donde el mejor tratamiento fue con la disolución 0.5 mL L⁻¹ de VIUSID Agro® con respecto al tratamiento control (Zuaznábar, 2012). Por lo cual, la utilización de bioestimulantes favorece una supervivencia alta en plantas de uso agrícola. Al contrastar los resultados antes mencionados con lo obtenido en las plantas de anturio, se puede notar una diferencia negativa con los tratamientos con bioestimulantes que se utilizaron en este experimento, esto quizá se deba a las dosis utilizadas o la especie, ya que al contrario de los trabajos con frijol, triticale o la caña de azúcar, en las plantas de anturio se obtuvo un bajo porcentaje de supervivencia (85 %) al utilizar bioestimulantes.

Por lo que si en anturio, lo que se pretende es obtener un mayor porcentaje de supervivencia al tener plantas en macetas, entonces lo que se recomienda es no utilizar ningún bioestimulante comercial en plantas de un año de edad, debido a que la supervivencia es hasta del 98 % cuando no se aplica bioestimulante que cuando se aplica Agribat® o Glumix® (sin diferencia estadística entre ellos); sin embargo se asume un mayor costo económico por concepto de la compra y la aplicación de esos bioestimulantes.

Para la variable de altura de plantas, fue muy importante para el experimento realizado, ya que esto conlleva una relación con el área foliar así como el crecimiento de las plantas y la viabilidad de los tratamientos ya mencionados anteriormente en el experimento, generando así aceptación o rechazo de la hipótesis.

La altura de las plantas, fue mayor en el T₂ (Nautilus®) con 34 cm en promedio, siendo hasta el 33.34 % superior al T₅ (Glumix®), ya que en este tratamiento las plantas de anturio solo alcanzaron una altura un promedio 20 cm. El T₃ muestra una altura interesante, que es superior a T₄ y tiene un resultado positivo para el T₃, solo inferior a los tratamientos T₂ y T₁. Por lo tanto, hubo diferencia estadística ($\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos (Figura 6).

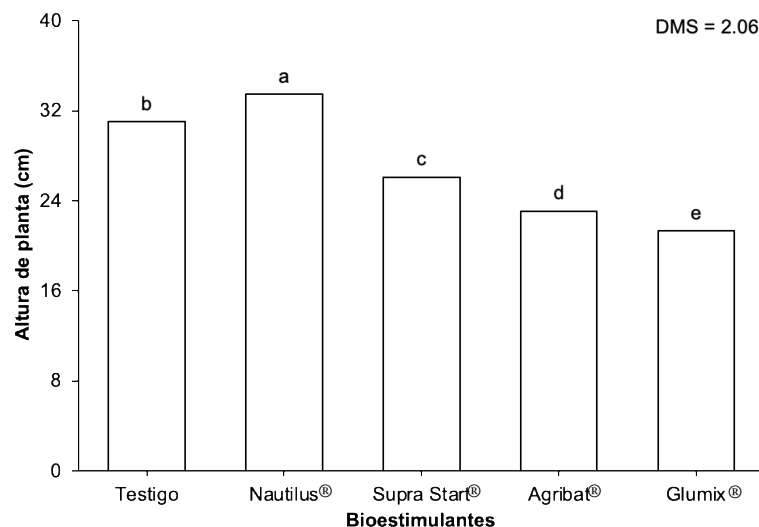


Figura 6. Altura de planta en anturio, alcanzada a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

A este respecto, en un estudio realizado por Quintero *et al.* (2018) en plantas de frijol, encontraron que la altura de las plantas fue superior en todos los bioestimulantes utilizados al ser comparados con el control, con aumentos de 30.11 cm en cada planta, lo que significó un incremento de 46.05 % en la altura de las plantas. Siendo los bioestimulantes de Fitomas E los de mayor incremento. Por otra parte, en plantas de pimiento ornamental (*Capsicum annum*), el uso de bioestimulantes tuvo una mejor respuesta en la altura de planta, con un promedio de 19.9 cm, a diferencia de aquellas plantas sin dosis de bioestimulante las cuales obtuvieron solo un promedio de 13.2 cm (Pérez, 2014). De la misma forma, se obtuvieron resultados positivo con la utilización de bioestimulantes en plantas de girasol donde la aplicación de las dosis de 2.0 l/ha de Basfoliar Algae registró mayor altura de plantas con 141.2 cm, similar al tratamiento de Basfoliar Aktiv con 138.7 cm (Garófalo, 2017). Es por ello que la utilización del bioestimulante Nautilus® para el crecimiento en la altura, genera resultados en plantas de anturio, lo cual puede deberse a la composición nutrimental del bioestimulante.

Si al trabajar con plantas de anturio en maceta (para las condiciones de Tetela de Ocampo, Puebla) se desea obtener individuos con un mayor crecimiento en altura, entonces se recomienda la utilización del bioestimulante comercial Nautilus® a una dosis de 5 ml/L.

El área foliar fue una variable que permitió estimar la capacidad fotosintética en plantas de anturio, evaluar el desarrollo y crecimiento, además de observar su relación con otras variables: altura, floración y tasa de crecimiento; siendo ésta de las variables más importantes en el experimento realizado.

Para el área foliar, se presentó un aumento en el T₃ (Supra Start[®]), con una media superior a los 800 cm², demostrando que produce 37.5 % más área foliar que el T₂ (Nautilus[®]) el cual obtuvo un menor área foliar con solo una media de 500 cm²; por otro lado los tratamientos T₄ y T₅ mostraron resultados positivos en comparación al T₁ siendo el único tratamiento sin uso de algún bioestimulante, habiendo diferencia estadística ($\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos, esto posiblemente por efecto del tipo y dosis del bioestimulante (Figura 7).

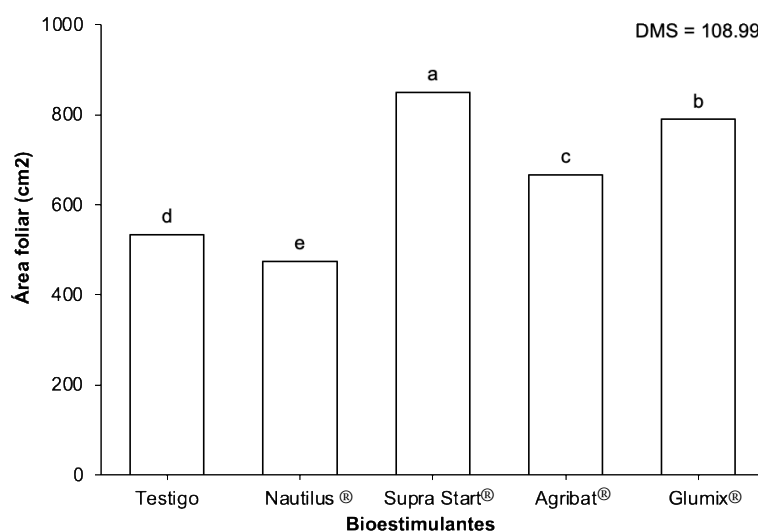


Figura 7. Área foliar en anturio, alcanzada a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

En otros trabajos similares, se encontraron resultados que demuestran que en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicom* L.) provenientes de semillas tratadas con productos bioestimulantes (oligogalacturónidos, quitosana o con micorrizas) en las condiciones del lugar, se incrementa la superficie foliar con respecto al tratamiento control sin bioestimulantes (Morales-Guevara *et al.*, 2018).

También se encontraron resultados en plantas de rosa (*Rosa spp.*) que permitió concluir que la aplicación de Vitazyme[®] influyó en el desarrollo de nuevas hojas, al encontrar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde la dosis conformada por 2.0 cc/l de Vitazyme[®], aplicado cada 15 días generó un mejor área foliar en la planta (Sanipatín, 2016). En otra investigación con plantas de jitomate, los mejores resultados se obtuvieron con de bioestimulantes, sin embargo Agudelo y Polanco (2019), mencionan que esta situación también pudo presentarse no solo por el efecto en la aplicación de los bioestimulantes, sino también a la menor luz solar directa, que ocasionaron un alargamiento de la planta. Es por ello que los resultados obtenidos en plantas de anturio indican que la aplicación de bioestimulantes favorece el crecimiento del área foliar en plantas ornamentales como agrícolas.

Por tanto, si en las plantas de anturio uno de los factores deseados fuera tener hojas con una mayor área foliar, entonces se recomienda el uso del bioestimulante comercial Supra Start[®], mismo que se deberá ver reflejado posteriormente en la tasa de crecimiento, floración y altura de las plantas.

La tasa de crecimiento es una variable importante, que demuestra los efectos por la aplicación de bioestimulantes en plantas de anturio, además de estar relacionada con el área foliar y la altura de la planta.

La mayor tasa de crecimiento se presentó en el T₁ (Testigo), donde las plantas crecieron hasta 0.04 cm.día⁻¹, mientras que en los tratamientos con bioestimulantes las plantas solo crecieron hasta 0.02 cm.día⁻¹, es por ello que la utilización de bioestimulantes comerciales no propicia una mayor tasa de crecimiento con una diferencia del 50 %, esto quizá debido a la dosis utilizada en la especie o a las condiciones de la misma (Figura 8).

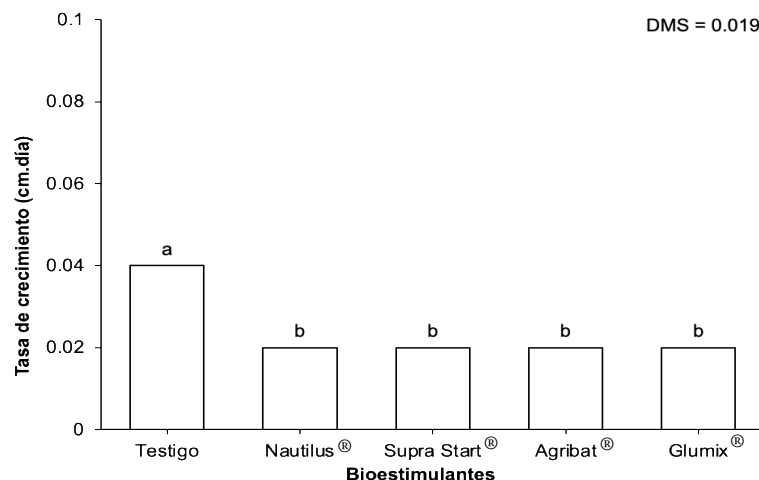


Figura 8. Tasa de crecimiento en anturio, alcanzada a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

En este sentido, estudios con plantas de frijol y aplicación de bioestimulantes, demuestran que potencializan el crecimiento inicial de las plántulas, lo cual se ve reflejado en las tasas de crecimiento de las plantas en comparación a aquellas que no son tratadas (Cargua *et al.*, 2019). En otros estudios con plantas de sorgo, la tasa de crecimiento en los tratamientos que recibieron bioestimulantes presentó valores superiores, con un incremento del 64 % la variable, esto se debería a que los bioestimulantes pueden potenciar los mecanismos naturales que posee la planta (Achón *et al.*, 2014). En plantas de tomate (variedad Amalia) se mostró un incremento en su tasa de crecimiento con la utilización del bioestimulante Liplant® (Villegas *et al.*, 2018). Todos los resultados anteriores difieren con lo obtenido en plantas de anturio, esto podría ser debido a que el anturio necesita otros requerimientos nutrimentales y en ciertas épocas del desarrollo como la inducción floral.

La variable relacionada al número de flores, fue la variable más importante en este experimento, puesto que lo que se deseó obtener con la aplicación de bioestimulantes comerciales en plantas de anturio, es aumentar la producción floral en maceta, con la intención de generar productos ornamentales de mayor valor económico.

El mayor número de flores se presentó en el T₂ (Nautilus®), con un promedio de tres flores por planta a los 201 días siendo 33.37 % mayor con respecto al T₄ (Agribat®) el cual obtuvo la

menor cantidad de flores por planta, el cual produjo solo una flor por planta. Quizá esto sea producto de la composición nutrimental de los bioestimulantes, en contraste a los requerimientos de la especie, ya que a excepción del T₂, ningún otro tratamiento logro superar al T₁ con diferencia estadística ($\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos (Figura 9).

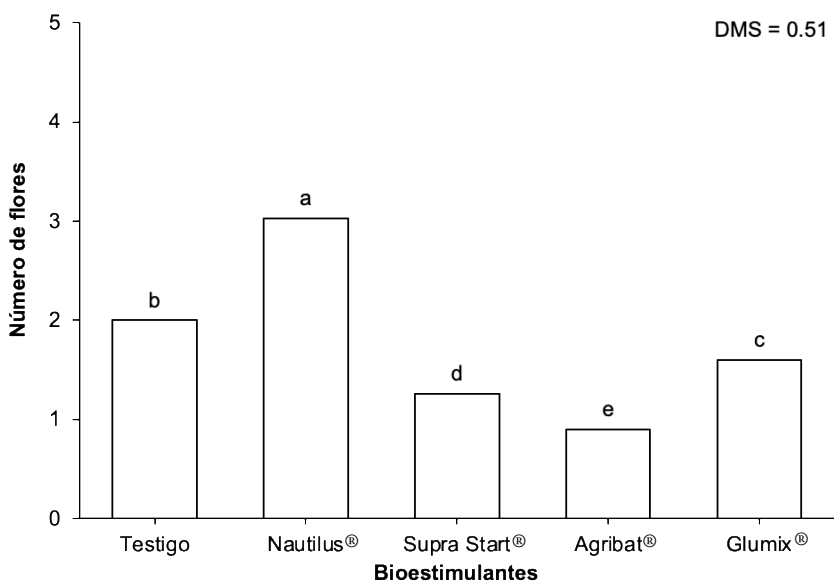


Figura 9. Número de flores por planta de anturio, desarrolladas a los 201 días, con la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales. Medias con distinta literal en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

De forma similar a ello, en un experimento con plantas de pimienta ornamental se demostró que el humus fue mejor con un promedio de 23.40 flores/planta y en el segundo (dosis con bioestimulante) con un promedio de 19.65 flores/planta y aunque existió una significancia debido a la utilización de los bioestimulantes, esto no generó los resultados deseados (Pérez, 2014). Pero en contraste, en otro experimento con plantas de tomate el número de flores con bioestimulantes obtuvieron una media mayor al testigo con 3.97 y 3.81 flores/planta comparadas a la media de 3.57 flores/planta; sin embargo, no demostraron una significancia (Agudelo y Polanco, 2019). En plantas de lima mexicana los resultados demostraron que el testigo, destacó con un promedio de 51.25 flores/planta, le siguieron los tratamientos con bioestimulantes con 35.27, 24.83, 18.96, 18.44 y 15.67 flores/planta habiendo poca eficiencia de los bioestimulantes para la generación de flores (Ariza *et al.*, 2015). Por lo se concluye la poca necesidad de la utilización de los bioestimulantes tanto en plantas ornamentales como agrícolas, para la generación de flores.

CONCLUSIONES

La utilización del bioestimulante comercial Nautilus® demostró resultados positivos en el incremento de la cantidad de flores y en la altura de las plantas de anturio cultivadas en maceta, siendo un tratamiento muy atractivo para continuar con la realización de estudios, con el fin de obtener plantas que sean atractivas en la industria ornamental.

Por otro lado, contrario al objetivo planteado en el inicio de este experimento, la tasa de crecimiento en plantas de anturio obtuvo resultados estadísticos negativos en tratamientos con uso de bioestimulantes comerciales, demostrando que los requerimientos nutrimentales de la planta son diferentes a las composiciones nutrimentales de dichos productos, siendo poco necesario la aplicación de estos en anturios cultivados en maceta.

Podemos finalizar este experimento, concluyendo que para promover la floración de plantas de anturio, se recomienda ampliamente la aplicación del bioestimulante comercial Nautilus®, sin embargo, no se recomienda la utilización de dichos productos en ninguna otra etapa fenológica de la planta, esto si lo que se desea es la venta de dicha especie como atractivo ornamental en el municipio de Tetela de Ocampo.

LITERATURA CITADA

Achón, F. I., Paniagua, A. P. L., Villalba, R. N., y Romero, G. M. 2014. Efectos de la aplicación de bioestimulantes sobre la tolerancia del *Sorghum bicolor* (L.) Moench al estrés salino. *Investigación Agraria* 16 (1): 11-20.

Agudelo, T. D. E., y Polanco, P. M. F. 2019. Evaluación del bioestimulante foliar (bioagro triple a) en la producción de tomate tipo chonto (*Lycopersicon Sculentum* mill) en dos ambientes de cultivo. *Revista Agricolae & Habitat* 2 (2): 1-18.

Aguilar, C., y Barea, J. M. 1999. Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. En: Allen MF (ed.) *Mycorrhizal Functioning. An Integrative Plant Fungal Process*. Chapman & Hall. Nueva York, EE.UU. pp: 163-198.

Alarcón, A., y Ferrara, R. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México* 26: 191-203.

Alaska, S. A. 2010. Beneficios de los bioestimulantes: Manual Técnico. Quito, Ecuador. pp: 12-14.

Anthura, L. 2007. El cultivo del *Anthurium*. *Cultivos Tropicales* 25 (4): 41-51.

Aquino, Z. V. C., y Gómez, V. N. I. 2019. Triticale (*x Triticosecale* Wittmack): bioestimulantes orgánicos y fertilización nitrogenada sobre los componentes de rendimiento forrajero en campaña chica-Valle del Mantaro. *Scientia Agropecuaria* 10 (4): 469-477.

Ariza, F. R., Barrios, A. A., Herrera, G. M., Barbosa, M. F., Michel, A. A., Otero S. M. A., y Alia. T. I. 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6 (7): 1653-1666.

Avendaño, Q. J. B. 2011. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimientos del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mili) variedad lia en el C.E.A. 111. Fundo los Pichones. Tacna, Peru. 94 pp.

Barroso, L., Abad, M., Rodríguez, P., y Jerez, E. 2015. Aplicación de fitomase y ecomic® para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de cafeto. Cultivos Tropicales 36 (4): 158-167.

Benton, S., He Dougall, G. J., y Fry, C. 2012. Structure creativity relationship of biologically active oligosaccharides. Plant Cell and Environment 14: 625-636.

Bik, R. A. 1996. Quality in *anthurium andreanum* and *Aechmea fasciata* in peat substrates as affected by nitrogen and potassium fertilization. Acta Horticulturae 64: 83-91.

Boada, D. 2005. Respuesta del cultivo de Protea (*Leucadendron* híbrido) var. Safari subset a la aplicación de cinco fitoreguladores de crecimiento en dos épocas de aplicación. Puéllaro, Pichincha. Rumipamba 19 (1): 52-53.

Boertaje, G. A. 2012. Substrates and the nutrition of *Anthurium andreanum*. Acta Horticulturae 82: 19-164.

Buldewo, F., y Jaufeerally, F. G. 2002. Oligosaccharin structure and signal traduction. Plant Molecular Biology 26: 137-144.

Cabrera-Medina, M., Borrero-Reynaldo, Y., Rodríguez-Fajardo, A., Angarica-Baró, E. M., y Rojas-Martínez, O. 2011. Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annun*, L.) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba Santiago de Cuba, Cuba. pp: 32-42.

Cargua, C. J. E., Orellana, C. G. L., Cuenca, T. A. C., y Cedeño, G. G. A. 2019. Eficacia de bioestimulantes sobre el crecimiento inicial de plantas de fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista ESPAM-CIENCIA para el Agro 10 (1): 14-22.

Calvache, U. A. M. 2009. Evaluación de tres bioestimulantes foliares aplicados en el cultivo de rosa (*rosae* sp.) variedad limbo. Tabacundo – Pichincha. RUMIPAMBA. Ecuador. 15 pp.

Criley, R. A. 2012. Culture and cultivar selection for *Anthurium* in Hawaii. Department of Horticulturae. University Hawaii at Honolulu, Hawaii. Acta Horticulturae. 246 pp.

Croat, T. B. 2012. Flowering behavior of the neotropical genus *Anthurium*. Journal Botanic 67: 471-475.

Cronquist, A. 2012. Clasificación de las plantas florales. Columbia University Press, N. Y. EE.UU. 67: 888-904.

Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z., y Urdaneta, C. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. Interciencia 32 (1): 23-29.

Díaz, D. 2009. Biorreguladores vs bioestimulantes. Agro-técnica 23 (15): 12-22.

Du Jardin, P. 2015. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. Revista Scientia Horticulturae 196: 3-14.

Galinsky, H., y Laws, C. R. 2012. Nursery Management: Administration and Culture. 2nd. Ed. Prentice Hall Career & Technology, New Jersey, EE.UU. 486 pp.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kôppen. 5 ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. 93 pp.

García, S. D. 2017. Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de Intagri. México. 48 pp.

Garófalo, L. I. D. 2017. Respuesta del cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.) a la aplicación de dos bioestimulantes orgánicos en la zona de Pangua. 77 pp.

Guerrero, C. A. H. 2010. Efecto de tres bioestimulantes comerciales en el crecimiento de los Tallos de Proteas, *Leucadendron* sp cv. Safari Sunset. Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. pp: 65-69.

Heidari, M., y Golpayegani, A. 2012. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal Saudi Society Agriculture Science 11: 57-61.

Herk, V. 2012. Growing tips for *Anthurium andreaeanum*. Nic van dar Knaap, anturium selecties. 112 pp.

Higaki, T. H., Rasmussen, T. G., y Carpenter, W. J. 2012. Color breackdown in anturium (*Anthurium andreaean Lind*) spathes causad by calcium deficiency. Journal of the American Society for Horticultural Science 105: 441- 444.

Jardin, L. H. 2015. The Standard Cyclopedia of Horticulture. The Macmillan Co., New York, EE.UU. pp: 583-584.

Jiménez, M. R., y Caballero, M. 2012. El cultivo industrial de plantas en maceta. Ediciones de Horticultura. España. 664 pp.

Joner, E. J., y Johansen, A. 2000. Phosphatase activity of external hyphae of two arbuscular mycorrhizal fungi. Mycological Research 104: 81-86.

Kunisaki, J. 1980. *In vitro* propagation of *anthurium andreanum* Lind. HortScience 15: 508-509.

Lara, S. I. A. 2012 Efecto de bioestimulantes químicos y organicos en la calidad fisiológica de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad pinto saltillo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, Mexico. 85 pp.

León, G. Y., Martínez, V. R., Dibut, Á. B., Hernández, M. J. M., y Hernández, G. B. 2016. Factibilidad económica de la aplicación de inoculantes microbianos en el cultivo del tabaco negro. Cultivos Tropicales 37 (1): 28-33.

López, R., y Vera, G. 2017. Evaluación de diferentes dosis de FitoMas-E en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad SS-5. Trabajo de Diploma, Universidad de Guantánamo, Cuba. 55 pp.

Lozano, J. M., y Azcón, R. 1995. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. Physiologia Plantarum 95: 472-478.

Marrewik, V. 2012. Recomendaciones de un predictor holandés para cultivar anturios en México. Boletín Holandés de Flores y Plantas. Imprenta Paralelo Creativo, S. A. México. pp: 10-11.

Martínez, L., Maqueira, L., Nápoles, M. C., y Núñez, M. 2017. Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizados. Cultivos Tropicales 38 (2):113-118.

Medina R, R. 2012. Propagación in vitro de *Anthurium schlechtendalii* Kung (Araceae) especie silvestre del estado de Veracruz. Tesis de Maestría; Universidad Veracruzana. 134 pp.

Minitab, Inc. 2019. Software para estadísticas de Minitab, Version 18 en español para Windows. State College, Pennsylvania. Recuperado de <https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/>.

Morales-Guevara, D., Rodríguez, L. L., Dell'Amico, R. J., Jerez, M. E., y Estrada, P. W. 2018. Efecto de dos bioestimulantes y hongos micorrízicos en plantas de tomate sembradas a altas temperaturas. *Cultivos Tropicales* 39 (3): 41-48.

Murgia, G. J. 2012. El cultivo de anturios (*Anthurium andreanum* L.). Folleto técnico número 1. Universidad Veracruzana. Facultad de ciencias agrícolas. Cordoba, Veracruz. 28 pp.

Newsham, K. K., Fitter, A. H., y Watkinson, A. R. 1995. Arbuscular mycorrhiza protects an annual grass from root pathogenic fungi in the field. *Journal of Ecology and Environment* 83: 991-1000.

Oosten, M. J., Pepe, O., Pascale, S., Silletti, S., y Maggio, A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 4 (5): 1-12.

Paredes, G. M. 1998. Respuesta del cultivo de rosas (*Rosa* sp.) variedad preference a la aplicación de tres bioestimulantes orgánicos. *Tabacundo – Pichincha*, Quito 12 (1): 29-30.

Pérez, T. M. F. 2014. Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de bioestimulante para la producción de pimiento ornamental (*Capsicum annuum*) bajo invernadero. Quito, Pichincha. Tesis de Licenciatura: UCE. 122 pp.

Poole, R. T., Sakuoka, R., y Silva, J. A. 1998. Nutrition of *Anthurium andreanum*. College of Tropical Agriculture and Human Resource. *Horticulturae Science* 12: 284-287.

Quintero, R. E., Calero, H. A., Pérez, D. Y., y Enríquez G. L., 2018. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Revista Centro Agrícola* 45 (3): 73-80.

Ruzzi, M., y Aroca, R. 2015. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196:124-34.

Salgado, P. L. E. 2012. Respuesta a la aplicación de tres bioestimulantes foliares en el cultivo de alfalfa, en la zona de yahuarcocha, provincia de imbabura”. Universidad Tecnica de Babahoyo. Ecuador. 8 pp.

Sancllemente, A., y Peña, E. D. 2008. Crecimiento y eficiencia fotosintética del *Ludwigia decurrens* walter (Onagraceae) bajo diferentes concentraciones de nitrógeno. *Acta Biológica Colombiana* 13 (1): 175-186.

Schenk, A., y Brandert, Y. K. 2012. Perspective in use of growth regulators to increase the cut flower vase life. *Acta de Horticultura* 91: 135-141.

Sanipatín, G. 2016. Evaluacion del efecto de bioestimulante orgánico en la producción de plantines de rosas (*Rosa* sp.) var. topaz injertos en vivero en el cantón patate provincia de tungurahua. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 91 pp.

Smith, S. E. y Read, D. J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. 2nd Edition. Academic Press. San Diego. EE.UU. 694 pp.

Tayupanta, D. 2011. Validación del efecto de tres bioestimulantes radicales en viveros de rosa. *Journal of Chemical Information and Modeling, Patate*. Ecuador 53: 1-114.

Tello, G. E. 2012. Efecto de la aplicación de bioestimulantes, fertilizantes foliares y el caolín, sobre el comportamiento agronómico y en la producción de la variedad de arroz (*Oryza sativa*) CR-4477 en finca La Vega, San Carlos Alajuela. Costa Rica. 94 pp.

Valdez, L. A. 2012. Efecto del enriquecimiento con CO₂ en interacción con la fertilización NPK sobre la fisiología y producción de flores de anturio (*Anthurium x cultorum*). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. 149 pp.

Veobides, A. H., Guridi, I. F., y Vázquez, P. V. 2018. Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales* 39 (4): 102-109.

Villegas, E. J. A., Reye, P. J. J., Nieto, G. A., Ruiz, E. F. H., Cruz, F. A., y Murillo A. B. 2018. Bioestimulante Liplant®: su efecto en *Solanum lycopersicum* (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 20 (01): 4137-4147.

Villalobos, S. 2006. Efectos de cuatro bioestimulantes sobre el crecimiento y peso en plántulas de almácigos de tomate (*Lycopersicon esculentum*). Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. pp: 89-94.

Yong, C., Calves, S. A., Terán, V. E., Ramírez, M. Z., Leyva, G. A., y Pavón, R. M. 2014. Producción de flores en la agricultura urbana de San José de las Lajas, Cuba. *Cultivos Tropicales* 35 (3): 94-100.

Zuaznábar, Z. R., Milanés, R. N., Pantaleón, P. G., Gómez, J. I., Herrera, S. A., Castillo, M. A., y Mira, G. A. 2012. Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FitoMás-E en el Estado de Veracruz, México. En: *Memorias Asociación de Técnicos Azucareros de México*. ATAM. WTC, Boca del Río, Veracruz, México 14: 107-115.

ARCHIVO FOTOGRÁFICO



