

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PARA EL PROCESO DE
ENRAIZAMIENTO EN DIFERENTES VARIEDADES DE *Chrysanthemum* sp. EN
EL ÁREA DE BANCOS DE ENRAIZAMIENTO**

AUTOR:

ANA MARÍA CAJAMARCA CHAVARRO

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
FACATATIVÁ**

2019

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PARA EL PROCESO DE
ENRAIZAMIENTO EN DIFERENTES VARIEDADES DE *Chrysanthemum* sp. EN
EL ÁREA DE BANCOS DE ENRAIZAMIENTO**

AUTOR:

ANA MARÍA CAJAMARCA CHAVARRO

ASESOR:

PEDRO RENALDO PADILLA GONZÁLEZ

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
FACATATIVÁ**

2019

Nota de aceptación

Firma Iván Ricardo Gallardo Echeverri

Firma Pedro Padilla González

Firma Jorge William Montenegro

Firma Daniel Cubillos

Facatativá, mayo 2019

Tabla de contenido	
1. Resumen	5
2. Abstract.....	6
3. Introducción	7
4. Objetivo	8
4.1. Objetivos específicos	8
5. Marco teórico	9
5.1. Cultivo de crisantemo y su importancia económica:	9
5.2. Morfología y taxonomía del Crisantemo:.....	9
5.3. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal:.....	10
5.4. Ácido indol butírico:.....	12
5.5. Enraizamiento de esquejes:	12
6. Diseño metodológico y materiales:.....	15
6.1. Primer ensayo	15
6.1.1. Dosificación	15
6.1.2. Descarte:	16
6.1.3. Seguimiento fenológico:	16
6.2. Segundo ensayo	16
7. Análisis de resultados.....	18
7.1. Resultados ensayo 1.....	18
7.1.1. Seguimiento MIPE:.....	18
7.1.2. Evaluación materia seca y enraizamiento:	19
7.1.3. Seguimiento fenología:	21
5.1. Resultados ensayo 2.....	23
5.1.1. Seguimiento MIPE:.....	23
5.1.2. Evaluación materia seca:.....	24
5.1.3. Seguimiento fenológico:	24
6. Conclusiones	25
7. Recomendaciones	26
8. Bibliografía.....	27

1. Resumen

El crisantemo es la tercera flor más cultivadas en la sabana de Bogotá, es un producto que cuenta con una amplia gama de colores en sus variedades haciéndola apetecible en todas las épocas del año (Ángel, 2009), es originaria de China donde se cree es una flor sagrada, es de fácil manejo en poscosecha debido a es que un producto no climatérico (Teixeira da silva, 2003). Es propagado mediante esquejes obtenidos de plantas madre (Carvalho, 2001). En la compañía se tiene una pérdida del 5% del esqueje llevado a campo debido que la raíz presenta malformaciones o es escasa. En este trabajo se proponen diferentes tratamientos de enraizamiento (inmersión en IBA, aspersion de IBA, adición de IBA al sustrato, adición de producto con bacterias promotoras del crecimiento vegetal, adición de producto alterno con bacterias promotoras del crecimiento vegetal y hormona en talco), con el fin de evaluar la viabilidad de los productos con ácido indol butírico y bacterias promotoras del crecimiento vegetal que son utilizados en bancos de enraizamiento para incrementar el aprovechamiento del material vegetal. Se espera que los tratamientos que mejor resultado presenten sean los que incluyen ácido indol butírico.

Palabras claves: Crisantemo, enrizamiento, ácido indol butírico (IBA), no climatérico, Bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

2. Abstract

The chrysanthemum is the third most cultivated flower in the savannah of Bogotá, it is a product that has a wide range of colors in its varieties making it appealing in all seasons (Ángel, 2009), it is originally from China where it is believed a sacred flower, it is easy to handle in postharvest because it is a non-climacteric product (Teixeira da Silva, 2003). It is propagated by means of cuttings obtained from mother plants (Carvalho, 2001). In the company there is a loss of 5% of the cuttings taken to the field because the root has malformations or is scarce. In this work we propose different rooting treatments (immersion in IBA, sprinkling of IBA, addition of IBA to the substrate, addition of product with plant growth promoter bacteria, addition of alternative product with plant growth promoting bacteria and talc hormone), in order to evaluate the viability of the products with indole butyric acid and plant growth promoting bacteria that are used in rooting benches to increase the use of plant material. It is expected that the treatments with the best results will be those that include indole butyric acid.

Keywords: Chrysanthemum, curling, indole butyric acid (IBA), non-climacteric, plant growth promoting bacteria.

3. Introducción

El crisantemo hace parte de la familia Asteraceae, naturalmente es una planta perenne, pero agroindustrialmente es un cultivo cíclico. (Vázquez, 2013) Es el tercer cultivo ornamental cultivado en la sabana de Bogotá, antecedido por la rosa y el clavel, haciéndolo de gran importancia para el sector floricultor, su variedad de colores lo vuelven importante para todas las fechas especiales a la hora de exportarlos. (Ángel, 2009) El 98% de su producción en Colombia está destinada para mercados internacionales (Londoño, 2017). Es cultivada en varios lugares del mundo, siendo originaria de China, donde se cultiva desde hace más de 3500 años. Es una planta que puede durar alrededor de 20 a 30 días en poscosecha, debido a su baja producción de etileno, se considera un producto climatérico (Teixeira da Silva, 2003). Por lo tanto una buena hidratación es la clave para una vida en florero duradera (Reid, 2004).

Las plantas de *Chrysanthemum* sp. se pueden propagar mediante reproducción sexual o asexual, la primera se utiliza solo con el fin de mejoras fitogenéticas, mientras que la segunda se utiliza a nivel comercial, por medio de esquejes provenientes de plantas madre (Carvalho, 2001). En el trabajo con esquejes, en primer lugar se busca desarrollar el tejido radicular a partir de la base de este, promovido principalmente por la ruta metabólica de la producción de auxinas por parte de las plantas. Con este fin, comercialmente existen productos a base de ácido indol butírico (IBA), suplementando el proceso de siembra de los esquejes con el fin de mejorar su capacidad radicular antes de ser llevados a campo, por otro lado, existen bacterias conocidas como PGPR (Bacterias promotoras de crecimiento vegetal) comercializadas en productos para la agricultura, dada su relación natural generando metabolitos, produciendo hormonas idénticas a las moléculas vegetales que promueven diferentes procesos fisiológicos, incluyendo la producción de auxinas como ácido indol acético (AIA) y ácido indol butírico (IBA) (Woodward y Bartel, 2005).

4. Objetivo

Determinar el mejor tratamiento para promover el desarrollo radicular en esquejes de *Chrysanthemum* sp. de variedades de colores blanca a, blanca m, amarilla, verde, rosada y purpura en el área de bancos de enraizamiento de la compañía.

4.1. Objetivos específicos

- Realizar la evaluación de porcentaje de pérdidas de esquejes en bancos de enraizamiento por problemas fitosanitarios.
- Determinar peso fresco y peso seco de diferentes muestras de la parte radicular de esquejes enraizados de crisantemo comercial sometidos a los tratamientos propuestos.
- Realizar seguimiento de longitud de las plantas en estudio.

5. Marco teórico

5.1. Cultivo de crisantemo y su importancia económica:

El cultivo de *Chrysanthemum* sp. es el tercer cultivo de gran importancia para la floricultura colombiana, este cultivo ha tenido una gran expansión debido a la baja demanda de maquinaria y al crecimiento de la demanda internacional, este cultivo se ve enfocado un 98% a exportación, siendo el mayor departamento en producción Antioquia y seguido por Cundinamarca y Valle del Cauca (Ángel, 2009).

El principal productor de este tipo de flor es China seguido por Holanda, Japón e India, y otros países como Colombia, Ecuador, España, Estados Unidos, Italia y Bélgica son productores importantes a nivel mundial, teniendo a Holanda como el mayor productor de tallos para exportación, seguido por Colombia y luego por los demás países como se evidencia en la gráfica 1. Colombia exporta la mayor cantidad de tallos a Estados Unidos por el costo del arancel cercano a los 4 dólares por ramillete, a diferencia del mercado europeo, donde se incrementa el costo de exportación por el costo del transporte, a lo que se suma la competencia con la producción de países locales como Holanda e Italia por un precio similar pagado al precio de ramillete estadounidense (Ángel, 2009)

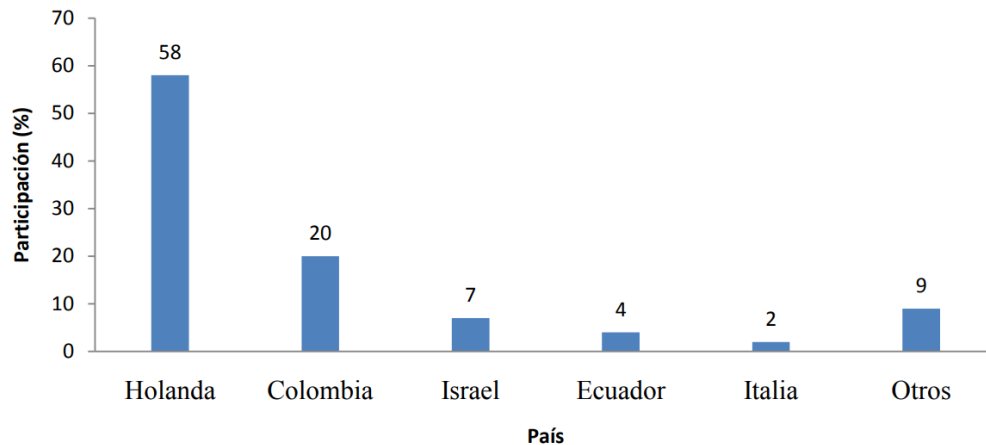


Figura 1: porcentaje de exportación de *Chrysanthemum* sp. a nivel mundial (Ángel,2009)

5.2. Morfología y taxonomía del Crisantemo:

Pertenece a la familia *Asteracea*, género *Crysanthemum*. Es una planta por lo general perenne, sus hojas son de bordes ondulados con colores que van de verde oscuro a verde claro, casi siempre cubierta de un polvillo blanquecino que da un aspecto opaco a las hojas (Vazquez, 2013)

La flor en verdad es una inflorescencia en capitulo, los que se siembran comercialmente son denominados como sencillas, anémonas, recurvadas, reflejadas, hirsuta, pompones o decorativas. En esta inflorescencia hay 2 tipos de

flor, femenina y hermafrodita, el receptáculo se encuentra envuelto por una cobertura de brácteas. Comercialmente el diámetro del tallo no sobrepasa los 1.5 cm, este posee pubescencias, siendo de superficie suave. La raíz no alcanza más de 50 cm de profundidad. (Vázquez, 2013).

Condiciones agroclimáticas:

Suelo: Requiere suelos con buena estructura, con suficiente aireación y porosidad.(García, 2014)

Humedad: en las primeras etapas de la planta, durante el enraizamiento principalmente, necesita una alta humedad, para no verse afectada por las altas temperaturas a las que es sometida. A medida de que la planta crece solo se necesita darle humedad mínima para evitar el marchitamiento de las plantas o que los tallos tengan una consistencia semileñosa. La humedad relativa dentro del invernadero debe estar entre 65% y 70%.(García, 2014)

Luz y temperatura: el crisantemo es considerada como una planta de días cortos, por lo cual en condiciones naturales cuando inician las noches largas para lugares con estaciones inicia la floración. El punto crítico se sitúa entre 13 y 14,5 horas de luz diaria, con el fin de incentivar la elongación de la planta, evitando la floración prematura. La temperatura ideal para el desarrollo del crisantemo es de 16°C. (García, 2014)

En producción comercial se utilizan bombillas de 100Watts para simular días largos. Estas son colocadas cada 3 metros a una altura de 2 metros del suelo, cubriendo en su totalidad 2 camas. Los días largos inician desde el primer día de enraizamiento y 14 días en campo. (Fundación para la innovación agraria, SF).

5.3. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal:

Se denomina como PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) a las bacterias que habitan en la rizosfera de las plantas, generando una relación benéfica con ellas de diferentes maneras; ayudan a acelerar su crecimiento por la producción de reguladores de crecimiento, mejoran la disponibilidad o absorción de nutrientes minerales por solubilización o fijación de los elementos, o protegen las plantas de algunos tipos de ataques de agentes patógenos por la producción de metabolitos secundarios o competencia, además liberan el suelo de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Estos organismos pueden habitar dentro o fuera de la planta, cuando habitan en el exterior de esta son denominados asociativos y al interior se denominan endófitas (Benjumea, 2017).

Algunos géneros de estas bacterias que generalmente son formuladas en productos para la utilización agrícola son: *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp., y varias cepas de *Bacillus* sp. como *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* entre otras.

Las bacterias del género *Bacillus* sp. se caracterizan por ser bacterias gram positivas, son móviles rodeadas de flagelos y esporuladas; están presentes en diferentes ambientes entre los que se encuentran el suelo y las plantas. Algunas especies son consideradas PGPR por que promueven el desarrollo de tejidos radiculares por producción de fitohormonas, por la solubilización de nutrientes y en algunos casos como controladores biológicos por la producción de enzimas líticas que afecta el desarrollo de agentes patógenos (Cuervo, 2010)

Bacillus amyloliquefaciens es una Rizobacteria presente en el suelo que actúa contra agentes patógenos de las plantas, debido a la inducción de Resistencia (ISR) y secreción de metabolitos secundarios. Usualmente son utilizadas en las fases de germinación y de enraizamiento, donde las plantas son más susceptibles a los ataques. (Cuervo, 2010)

Nitrobacter sp. son bacterias que actúan dentro del ciclo del nitrógeno oxidándolo de su estado NO^{2-} (Nitrito) a NO^{3-} (Nitrato), las cuales son inhibidas en la presencia de altos niveles de amoníaco libre. Las bacterias *Nitrosomona* empiezan a actuar en el momento en que se inhiben las anteriores, debido a que su metabolismo les permite transformar el amonio a nitrito, haciéndolo disponible para las plantas. (Pérez, SF)

El género *Rhodopseudomonas* es caracterizado por bacterias fotosintéticas autótrofas, que crecen en ambientes con buenas concentraciones de materia orgánica, utilizan la luz y compuestos inorgánicos y orgánicos para la obtención de energía, obtiene carbono de compuestos derivados de residuos vegetales y de la fijación de dióxido de carbono y de nitrógeno, donde sintetiza azúcares de cadenas simples y sirve de alimento a otros microorganismos. Ayuda a sintetizar aminoácidos, hormonas como el ácido indol acético, (hormona natural que promueve la generación de raíces en yemas latentes), antioxidantes y a metabolizar elementos tóxicos como fenoles e hidrocarburos. (Estación experimental agropecuaria para la introducción de tecnologías apropiadas de Japón, 2013).

Las auxinas son reguladores esenciales del crecimiento y desarrollo vegetal. El ácido indol acético (AIA) es la auxina más estudiada debido a su clara acción en la formación de dominios apicales, diferenciación vascular y en el desarrollo de órganos (Blakeslee et al., 2005; Tsavkelova et al., 2006). Varios géneros bacterianos han sido reportados como productores de AIA, entre los cuales se pueden citar *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp. (Ahmad et al., 2006), *Azospirillum* sp. (Lugtenberg et al., 2002). La síntesis de AIA en rizobacterias, está ligada principalmente a tres rutas metabólicas ampliamente conocidas por tener como precursor al triptófano. La primera ruta es la del ácido indol-3-piruvico (IPyA), presente en plantas y en varios microorganismos como en el caso de *Azospirillum* sp. y *Pseudomonas* sp. (Baca y Elmerich, 2007; El Sorra et al., 2007). En la segunda ruta la formación de la triptamina a partir del triptófano se presenta

como una vía alternativa para la producción de AIA. La producción de AIA en algunas cepas fitopatógenas, como *Pseudomonas syringae*, *Agrobacterium tumefaciens* y *Erwinia herbicola*, presenta en común la síntesis de AIA vía indol-3-acetamida (IAM), una cuarta ruta metabólica dependiente de triptófano, esta ruta es la del indol-3-acetonitrilo (IAN), que ha sido caracterizada en plantas y bacterias, en la cual participan activamente enzimas como las nitrilasas encargadas de generar el AIA a partir del indol-3-acetonitrilo.

Giberelinas Esta hormona es producida por plantas y en caso muy puntuales, por bacterias como *A. brasilense* y *Azoprrillum lipoferum*. Esta fitohormona es capaz de incrementar el crecimiento de los tallos, interrumpir el periodo de latencia de las semillas para germinar. Además es capaz de inducir la brotación de yemas, así como, promover el desarrollo de los frutos (floración). Las giberelinas son moléculas complejas de di-terpenos tetracarboxílicos (Baca y Elmerich, 2007). Este tipo de hormonas producidas por microorganismos, se describieron inicialmente en hongos, sin embargo, varios géneros bacterianos, entre los que se pueden incluir *A. lipoferum* y *A. brasilense*, se han caracterizado por producir giberelinas en un rango de 20 a 400 pg mL⁻¹, producidos por concentraciones celulares de 10⁸ ufc/mL. Otros géneros bacterianos que han sido reportados como productores de giberelinas son *Acetobacter diazotrophicus*, *Herbaspirillum seropedicae* y *Bacillus* sp. (Bottini et al., 2004). Las bacterias anteriormente nombradas producen una gran variedad de giberelinas. La biosíntesis de giberelinas está catalizada por tres clases de enzimas entre las que se puede encontrar terpeno ciclasas, la citocromo P450 monooxigenasa y las dioxigenasas, que están involucradas en la síntesis de AG1 y AG12, las cuales son las principales responsables en la elongación de los tejidos. (Camelo et al, 2011)

5.4. Ácido indol butírico:

El ácido indol-3-butírico (IBA) es una auxina que se encuentra en la naturaleza cantidades menores en las plantas (Schneider, 1985). Es una hormona sintética que promueve y acelera el crecimiento de raíces.

Es utilizado para la propagación de esquejes, estacas y acodos, estimula las yemas latentes de las plantas para formar raíces. (Intercontinental Import Export, 2010). No solo tiene beneficios para la reproducción asexual, también en la reproducción sexual (mediante semillas) ha tenido un efecto de aceleración del proceso de germinación, promueve el crecimiento, promueve la absorción de nutrientes, ayuda en la mejor formación de las raíces y optimizar las funciones metabólicas en general de la planta. (Báez et al, 2014).

5.5. Enraizamiento de esquejes:

La multiplicación se suele hacer por esquejes, que debe contar con 5 a 7 centímetros de altura y con tres o cuatro hojas. El enraizamiento necesita entre 16

y 20 días, dependiendo de la variedad y el empleo de hormonas favorece la aparición de brotes y raíces. Cuando hay que producir grandes cantidades de planta, los esquejes se hacen más cortos, de unos 4 cm de longitud. (Fitosofia, 2015)

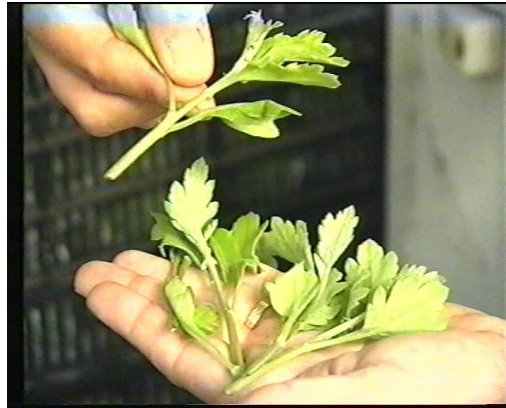


Imagen 1. Esquejes de crisantemo. Autoria: Fitosofia, 2015

El conservar los esquejes cortados en cuartos fríos durante unas horas, días o incluso semanas, favorece la programación de las plantaciones, además no es recomendable sembrar el esqueje apenas es cosechado. En estos cuartos los esquejes son dispuestos en bolsas plásticas, con el fin de no deshidratarse. Allí se baja el nivel de humedad, razón por la cual se envuelven los esquejes en plástico, ya que si no se hiciese así, se deshidratarían. (Fitosofia, 2015)

Cuando es el momento, se sacan los esquejes del cuarto frío y son tratados con hormonas de enraizamiento en talco unos segundos, para que enraíce más rápido y más uniforme. Al mismo tiempo, este polvo lleva algunos productos fitosanitarios para su mejor conservación. Si no se tratase con hormona, el enraizamiento se produciría en menos cantidad, y la planta tardaría más en generar raíces. Además que prolongar el tiempo en enraizamiento vuelve más susceptibles las plantas a ataques de patógenos, artrópodos o presentar deshidratación. (Fitosofia, 2015)

La hormona en talco es la más utilizada para el enraizamiento de esquejes en crisantemo, por su fácil adhesión a la base del esqueje. (Fitosofia, 2015)

En la sábana de Bogotá es común la utilización de hormonas de enraizamiento para la propagación de material vegetal para la floricultura, generalmente se utilizan productos a base de ácido indol acético, ácido indol butírico y ácido naftalen acético. En estudios realizados en la zona de Madrid, Cundinamarca son utilizados este tipo de hormonas con el fin de propagar asexualmente especies destinadas para la floricultura. En este proceso las temperaturas también

desempeñan un papel importante, dado que los factores climáticos aceleran o atrasan los procesos fisiológicos en la planta, entre ellos la generación de raíces, por lo cual es importante contar con un banco de germinación para garantizar las mejores condiciones al esqueje. Es aconsejable también, según Barcel et al (1985) usar las hormonas IBA y ANA en conjunto, ya que no se inhiben porque no compiten con los mismos receptores a nivel membrana. Para el caso específico de el clavel (*Dianthus sp.*) la combinación de estas dos hormonas a bajas concentraciones generan un buen resultado, siendo válida esta información para crisantemo, dado el tiempo de enraizamiento que esta toma y su modo de reproducción, siendo extraídos de los laterales de la planta madre. (Orozco, 1992).

El crisantemo es una planta que adapta fácilmente a cualquier clima, pero para su propagación es necesario cumplir con una temperatura específica, que va desde 18 a 21 °C. a temperaturas menos o mayores este proceso puede retardarse o puede convertirse inviable el esqueje. En cuanto a humedad es necesario que sea alta, estando entre el 60 y el 70%. Además, en el sustrato donde se pretende realizar el enraizamiento debe ser suelto y con un pH ligeramente ácido (6,5). (Vázquez, 2013).

5.6. Fisiología:

Los crisantemos se dividen en dos grupos de acuerdo con su respuesta ante la temperatura de crecimiento y la longitud del día (fotoperiodo):

- Crisantemos de floración temprana: son los que florecen en respuesta a temperaturas cálidas, con temperaturas superiores 15°C pero que no excedan los 25°C y como mínima nocturna 10°C.
- Crisantemo de todo el año: aquellos que responden al fotoperiodo de los días cortos y a temperaturas menores, con la manipulación de la luz y su intensidad se puede obtener producción todo el año. Se subdividen en grupos de respuesta, de acuerdo con el tiempo que necesiten para formar temas florales y flores. Por lo general las variedades destinadas con el fin comercial tardan entre 10 y 12 semanas en formar las yemas florales. (Cadavid, 2009).

6. Diseño metodológico y materiales:

6.1. Primer ensayo

Se obtuvieron 23000 esquejes de la variedad blanca a, a las cuales se les sometió a 6 tratamientos distintos, con el fin de evaluar con cuál de ellos la raíz de las plantas presenta mayor cantidad de materia seca y mejor formación radicular. Se realizó seguimiento en bancos de enraizamiento, 2 veces por semana a los esquejes. Se tomó una muestra de 1800 plantas en total, 300 por tratamiento. A la edad de 18 días, momento en donde es llevada a campo esta variedad, se realizó la evaluación de materia seca a las 1800 plantas muestra, posteriormente se analizó mediante el programa SPSS de IBM la diferencia de medias por análisis de varianza ANOVA y Tukey, para determinar el mejor tratamiento. Posteriormente se llevaron a campo, donde se sembró cada tratamiento en una cama, para realizar seguimiento fenológico. Los tratamientos a los que fue sometida la variedad son:

T0: Testigo absoluto (sin adición de ningún producto)

T1: Inmersión de esqueje en producto a base de IBA

T2: Aspersión de esqueje en producto a base de IBA

T3: Adición de producto a base de IBA al sustrato

T4: Adición producto con bacterias promotoras del crecimiento vegetal al sustrato

T5: Aplicación de hormona en talco.

6.1.1. Dosificación

T0: Se tomó este tratamiento como testigo absoluto para los 5 tratamientos.

T1: Se realizó la inmersión de la base del esqueje en la solución preparada de producto a base de IBA [1,5g/L], esta aplicación se realizó únicamente en el momento de la siembra, este procedimiento estuvo a cargo de un operario.

T2: Se realizó la aspersión de la base del esqueje con la ayuda de un atomizador que contenía la solución preparada con producto a base de IBA [1,5g/L], esta aplicación se realizó únicamente en el momento de la siembra, este procedimiento estuvo a cargo de un operario.

T3: Se realizó la adición de 2,8L de la solución de producto a base de IBA [1,5g/L], en el agua de mezcla de sustrato, previo al proceso de homogenización y llenado de bandejas. Este proceso se realizó únicamente en el momento de la siembra.

T4: Se realizó la adición del producto con bacterias promotoras del crecimiento a una dosis de 2cc³ por bandeja, es decir 60cc³ para los 20L de agua de la mezcla del sustrato previo al proceso de homogenización y llenado de bandejas. Este proceso se realizó únicamente en el momento de la siembra.

T5: Se realizó la aplicación de talco industrial suplementado con 1500ppm de IBA en mezcla. Dicha aplicación se realizó a la base del esqueje una vez cosechado y antes de entrar en proceso de enfriamiento en cuarto frío. El esqueje tratado se almacenó por semana. Posteriormente fue llevado a bancos de enraizamiento de la compañía donde se procedió a realizar la siembra en bandejas de germinación. La aplicación no se repitió.

6.1.2. Descarte:

Seguimiento MIPE: Se realizó durante los días de estadía del esqueje en bancos de germinación, debido a que es posible perder esquejes por problemas fitosanitarios.

Malformación en la raíz: durante el muestreo de los esquejes enraizados fueron descartados los esquejes que tenían alguna malformación en la raíz que les permitiera un correcto desarrollo en campo.

Se tomó una bandeja de cada tratamiento, y se realizó la clasificación del total de esquejes presentes bajo tres criterios:

- I. Ausencia de raíz
- II. Raíz escasa
- III. Desarrollo Raíz óptimo

Una vez clasificadas, se determinó el porcentaje de desarrollo óptimo de raíz en base al número de esquejes en cada criterio sobre el total de los esquejes presentes en la bandeja.

6.1.3. Seguimiento fenológico:

Se realizó semanalmente el seguimiento de la longitud de las plantas, teniendo en cuenta la aplicación de giberelinas, días largos y desbotone, procedimientos que influyen de manera significativa en el desarrollo de las plantas, utilizando un flexometro y llevando registro en los formatos establecidos por el departamento de investigación y desarrollo de la compañía. Este proceso se realiza hasta el momento en que empiezan a ser cortadas las flores.

6.2. Segundo ensayo

Se obtendrán 6 variedades de crisantemo de diferentes colores de interés económico para todo el año, se llevarán al banco de enraizamiento de la compañía, donde serán sembrados 5120 esquejes de cada una de las variedades con 5 tratamientos diferentes:

T0: Testigo absoluto (sin adición de ningún producto)

T1: Inmersión de esqueje en producto a base IBA

T2: Adición de producto a base de IBA al sustrato

T3: Adición producto con bacterias promotoras del crecimiento vegetal al sustrato.

T4: Adición producto con bacterias promotoras del crecimiento vegetal al sustrato (alternativo).

Diariamente se realizará un monitoreo MIPE en bancos de enraizamiento para llevar registro de las plantas descartadas por motivos diferentes al desarrollo de la raíz.

Durante el tiempo en bancos se realizará mediciones de elongación día de por medio, con el fin de llevar un seguimiento de la fenología desde los primeros estadios de la planta.

Se tomará una muestra del 10% (2600 plántulas aproximadamente) del esqueje de cada tratamiento de cada variedad para realizar la evaluación de materia seca, para posteriormente analizar los datos mediante un análisis de varianza ANOVA y luego un análisis de Tukey con el programa SPSS de IBM para determinar el tratamiento que mejor comportamiento presente.

El 90% de las plántulas restantes serán llevadas a campo donde se realizarán mediciones semanales (según lo establecido por el área de investigación y desarrollo) para evaluar su fenología.

7. Análisis de resultados

7.1. Resultados ensayo 1.

7.1.1. Seguimiento MIPE:

Descarte MIPE						
Tratamientos	T0	T1	T2	T3	T4	T5
# de plantas descartadas	36	76	47	59	67	73
Porcentaje	1,1%	1,9%	1,2%	1,5%	1,7%	2,1%

Tabla 4. Número de plantas descarte por MIPE por cada tratamiento.

Por problemas fitosanitarios no se descartó una cifra significativa de esquejes, el porcentaje máximo de descarte por tratamiento fue del 2,1%. Los principales problemas fitosanitarios que se presentaron fue hongo, ataque de artrópodos y bacteriosis como se evidencia en la figura 2.

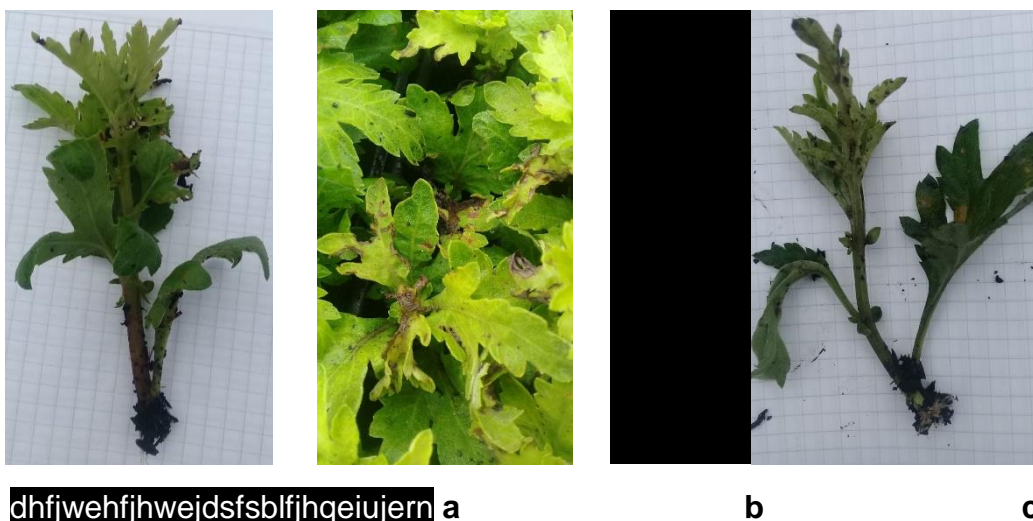


Figura 2. a. Esqueje con ataque de artrópodo. b. esqueje con bacteriosis. c. esqueje con afectación de hongo. (autoria propia)

Esto debido a los esquejes de crisantemo son susceptibles a los cambio de temperatura y humedad del ambiente, durante los 15 o 20 días de enraizamiento que este necesita. La humedad debe estar entre 60% y 70% y la temperatura debe estar en 18°C en el día, en el medio día se pueden alcanzar temperaturas superiores a esta, por lo que es necesario suplementar el riego, favoreciendo el desarrollo de enfermedades. (Neidhart, 2011).

7.1.2. Evaluación materia seca y enraizamiento:

Tabla 1. Análisis de Varianza ANOVA para determinar si existe o no diferencia significativa entre los tratamientos.

ANOVA					
Porcentaje Materia Seca					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15877.047	5	3175.409	15.248	.000
Dentro de grupos	342983.397	1647	208.247		
Total	358860.444	1652			

Según el análisis de Varianza existe diferencia significativa entre los tratamientos, ya que se observa un valor de significancia menor a 0,05.

Al observar la diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a clasificar los diferentes tratamientos en subconjuntos homogéneos, para determinar el o los tratamientos con el mayor porcentaje de peso seco (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de subconjuntos homogéneos TUKEY para determinar el o los tratamientos con el mayor valor de porcentaje de materia seca.

Subconjuntos homogéneos

Porcentaje Materia Seca					
HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T1	285	22.7789			
T0	238	23.1176	23.1176		
T3	287	23.7282	23.7282		
T2	276		26.6087	26.6087	
T4	291			28.3883	28.3883
T5	276				31.2826
Sig.		.972	.053	.700	.175

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 274.253.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

En la tabla 2, se pueden observar 4 subconjuntos agrupados por la comparación de los resultados obtenidos de los valores de la media de los porcentajes de

materia seca, a partir del análisis del peso fresco y peso seco de las raíces desarrolladas por las plantas muestreadas de cada tratamiento. Según el análisis TUKEY los tratamientos T5 (hormona en talco), T4 (Producto con bacterias promotoras del crecimiento vegetal), se agrupan en un mismo subconjunto con los valores más altos desarrollados de porcentaje de materia seca, seguidos por los tratamientos T2 (aspersión), T3 (hormona en sustrato) y finalmente los tratamientos T0 (sin hormona) y T1 (Inmersión).

A pesar de que los tratamientos T5 y T2 presentan valores altos, durante la evaluación se observó en las plantas de cada tratamiento de forma general, el desarrollo de raíces adventicias a lo largo del tallo (figura 2) lugar diferente al deseado, lo que lleva a su descarte en el momento de la siembra, y razón por la cual pueden haberse presentado estos valores.

La hormona en talco (T5) pudo generar raíces adventicias debido a que estos productos contienen hormonas que inducen la reproducción celular en las plantas, generando raíces en cualquier meristema donde sea expuesto. Para el tratamiento T2 (aspersión de IBA) es posible que se hayan generado raíces adventicias por la naturaleza del IBA, donde es posible que la hormona haya llegado a meristemas que no se deseaban enraizar. (Mendoza, 2013).

En el caso de las bacterias promotoras del crecimiento utilizadas en (T4) especializadas en el desarrollo de raíces utilizadas en el artículo ESTUDIO DE SISTEMAS ALTERNATIVOS A LA UTILIZACIÓN DE HORMONAS EN EL ESTAQUILLADO DE OLIVO ECOLÓGICO como sustituto de IBA se menciona que este también es capaz de promover el desarrollo de raíces en los meristemas alterando su sistema hormonal, por esto pudo haber generado buen porcentaje de materia seca. (Montero et al, 2006).



a.



b.

Figura 3. Desarrollo de raíces adventicias no deseado. **a.** Planta de tratamiento T2, **b.** Planta de tratamiento T5. (Autoría propia)

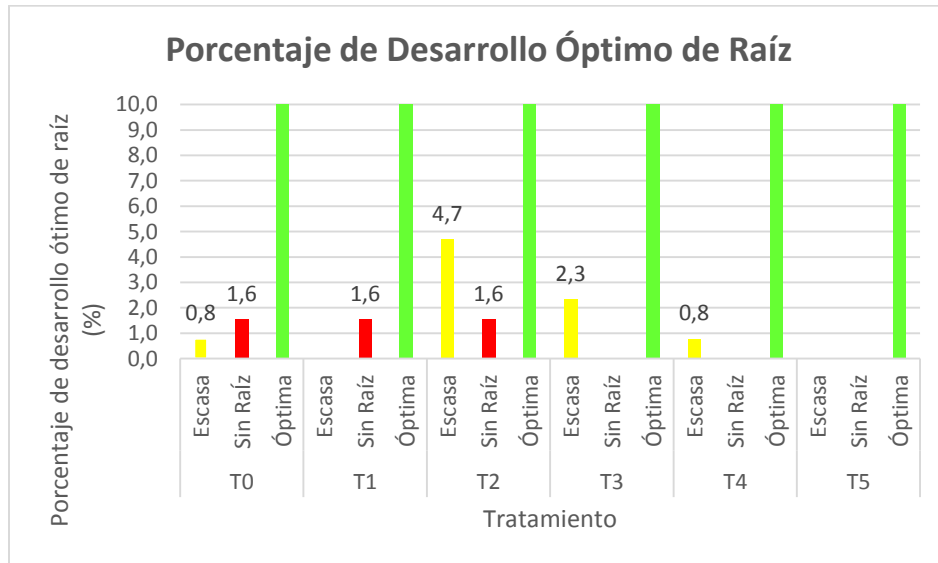


Figura 4. Promedio del porcentaje de desarrollo de raíces. Se clasificó el total de esquejes de una bandeja de siembra por tratamiento en 3 grupos: raíz óptima, raíz escasa y sin raíz. (autoría propia)

En la figura 3 se observa el comportamiento de todos los tratamientos donde T0, T1 y T2 son los únicos que presentan un porcentaje de 1,6%, de plantas sin raíz y para raíz escasa el tratamiento T2 presentó el porcentaje más alto con un 4,7%, seguido del tratamiento T3 con 2,3% y finalmente los tratamientos T0 y T4 con 0,8%. El tratamiento con el mejor comportamiento fue el T5 (hormona en talco) ya que todas las plantas evaluadas presentaron un desarrollo óptimo de raíz.

7.1.3. Seguimiento fenología:

Longitud de tallos y grosor: Como parámetros adicionales, se realizó el seguimiento de la longitud de 18 plantas tomadas al azar por tratamiento, realizando 4 mediciones a lo largo de los 18 días del proceso de enraizamiento, determinando longitud (Fig. 4) y grosor (Fig. 5) de los tallos.

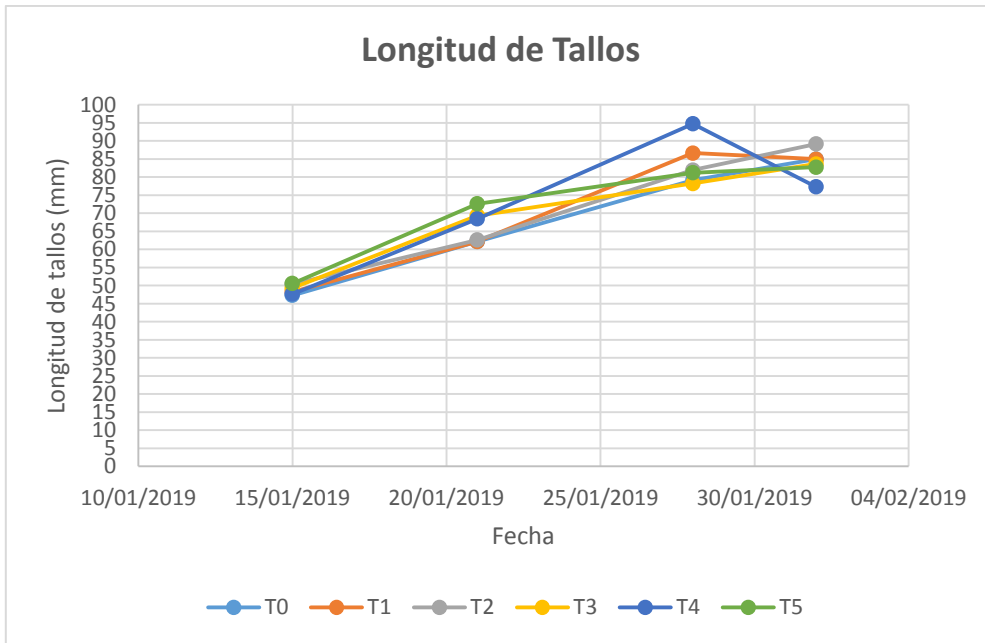


Figura 5. Promedio de la longitud de tallos. Se observa un desarrollo similar para los 6 tratamientos. (autoria propia)

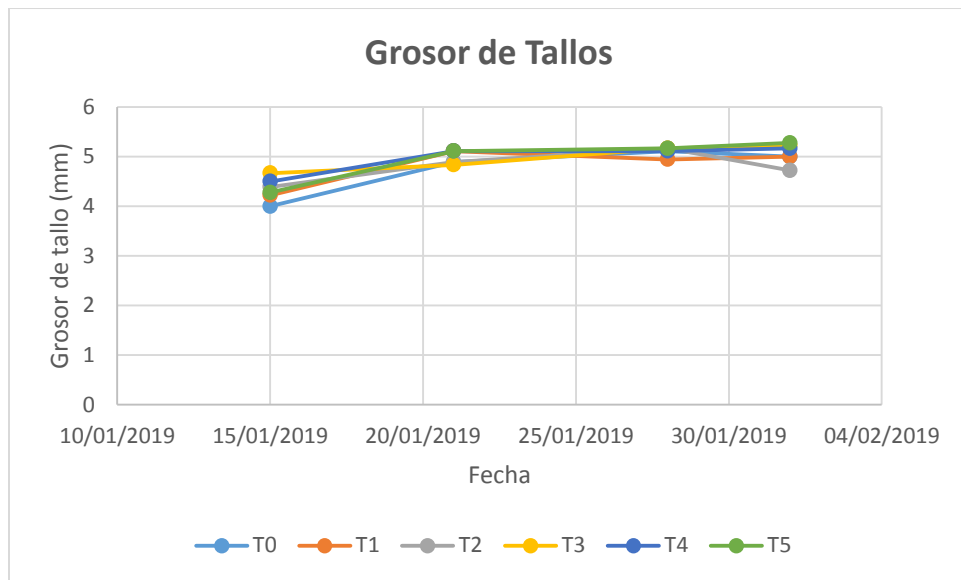


Figura 6. Promedio del grosor de tallos. Se observa un desarrollo similar para los 6 tratamientos. (autoria propia)

Seguimiento fenológico en campo:

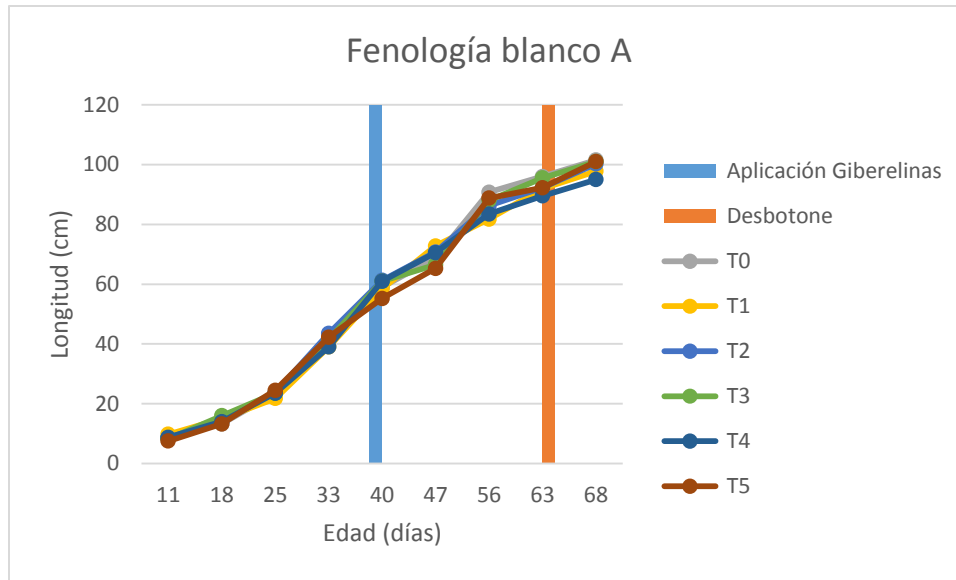


Figura 7. Fenología 6 tratamientos (autoría propia)

Se obtuvo un crecimiento similar en los 6 tratamientos propuestos como se observa en la figura 7, no influyendo el tratamiento de enraizamiento en su crecimiento y desarrollo. La aplicación de Giberelinas no aceleró significativamente el crecimiento de las plantas, por el contrario al realizar el desbotone disminuyó su crecimiento.

Se recomienda hacer 2 aplicaciones de giberelinas con 10 días de diferencia una entre otra, son fitoreguladores de crecimiento caracterizado por sus efectos fisiológicos y morfológicos. Promueven el crecimiento vegetal de brotes, forzan la dominancia apical y estimulan la floración. (Ando y CIA) Al no realizarse las dos aplicaciones recomendadas como en este caso no se cumplió la dosis recomendada no presentó un desarrollo significativo después de su aplicación.

5.1. Resultados ensayo 2.

Por programación y disposición de la compañía el segundo ensayo que se proponía para este trabajo no fue posible realizarlo por falta de disposición material vegetal y recursos para realizarlo, por eso se proponen los resultados que se esperaban encontrar.

5.1.1. Seguimiento MIPE:

Se espera no descartar más del 2% de los esquejes por fitosanidad. Principalmente los problemas fueron ataque de hongos, bacteriosis, ataque de artrópodos y moluscos.

5.1.2. Evaluación materia seca:

Los productos biológicos deben tener un comportamiento mejor que los que incluyen IBA, por los diferentes microorganismos que contienen trabajando en función de la planta y su desarrollo.

Se espera obtener comportamientos distintos en las diferentes variedades propuestas para el ensayo, con el fin de saber cuál tratamiento funciona mejor para las variedades manejadas en la compañía. Teniendo en términos generales se espera que todas las variedades respondan positivamente a los tratamiento con bacterias promotoras del crecimiento.

5.1.3. Seguimiento fenológico:

Se espera sea llevado a campo de mas de 8 cm de longitud, una vez en campo, tener un crecimiento homogéneo para las variedades que se van a probar, con una altura promedio de 100 cm y una etapa vegetativa de 70 días aproximadamente.

Actualmente los esquejes se encuentran en el banco de enraizamiento en tratamiento previo a su siembra en bandejas de plantulación.

6. Conclusiones

- La pérdida de esquejes en bancos de enraizamiento no fue mayor al 2,1% en ninguno de los tratamientos, siendo menor en el tratamiento testigo (1,1%) y mayor en el tratamiento 5 (aplicación de hormona en talco), siendo indiferente en este caso el tratamiento de enraizamiento con las enfermedades presentes en las plantas.
- Los tratamientos con mayor porcentaje de materia seca en % de la raíz fueron los tratamientos T4 (Bacterias promotoras del crecimiento) y T5 (Hormona en talco), pero T5 presentó raíces adventicias, no deseadas en el cultivo de crisantemo, considerándose como el mejor tratamiento T4, dado también su alto desarrollo de raíces (con pérdida de 0,8% por raíz escasa).
- El desarrollo fenológico de los 6 tratamientos estudio de este trabajo fue similar, siendo indiferentes los productos utilizados para cada tratamiento de enraizamiento.

7. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un nuevo ensayo con más variedades, debido a que el tiempo en enraizamiento va relacionado a condiciones varietales, al igual que puede suceder con los productos utilizados para este fin.
- Los resultados de este estudio puede ser aplicado para las condiciones dadas en la sábana de Bogotá.
- El uso de hormona en talco tiene buenos resultados en cuanto a generación de raíces, pero se presentan raíces adventicias, por este motivo no es recomendable para el uso en crisantemo.

8. Bibliografía

- Ahmad F, Ahmad I, Khan MS. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol Res* 36:1-9.
- Ando y Cia GIBERELINA KA® Recuperado de: http://www.andoycia.com.ar/images/008fichastecnicas/giberelina_ka_tab.pdf Consultado el: 3 mayo 2019.
- Ángel, Luciano; 2009. Diagnóstico de la producción y comercialización del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) en Colombia. Tomado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/50/1/AGN-2009-T027.pdf> Consultado: 28 de febrero de 2019
- Báez-Pérez, Aurelio, González-Molina, Lucila, Solís Moya, Ernesto, Bautista-Cruz, Angélica, & Bernal-Alarcón, Ma. de los Ángeles. (2015). Efecto de la aplicación del ácido indol-3-butírico en la producción y calidad de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(3), 523-537. Recuperado en 09 de marzo de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000300007&lng=es&tlng=es
- Barceló, J., G. Nicolas, B. Sabater y R. Sánchez. Fisiología vegetal. Editorial Piramide SA Madrid. 780pp. 1983.
- Benjumea, Daniel. 2017. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: Mecanismos y aplicaciones. Universidad de Sevilla.
- Blakeslee JJ, Ann Peer W, Murphy AS. 2005. MDR/PGP Auxin transport proteins and endocytic cycling. *Plant Cell Monogr* 1:159-176.
- Cadavid, 2009. Evaluación del cultivo de crisantemos en Tahami y Cultiflores con la aplicación de la técnica del compost tea. Tomado de: https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/1914/1/CadavidAlma_2009_EvaluacionCultivoCrisantemos.pdf Consultado: 19 de mayo de 2019.
- Camelo et al, 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2011) 12(2), 159-166.
- Carvalho Becerra, F., M. Freitas Rosa, A. K. Lisboa Brígido y E. R. 2001,. De Vasconcelos Norões. Utilização de pó de coco como substrato de enraizamiento para estacas de crisantemo. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, vol. 7, no 2, p. 129-134. Recuperado el: 9 de marzo 2019. De: https://www.researchgate.net/publication/270568589_Utilizacao_de_e_po_de_coco_como_substrato_de_enraizamento_para_estacas_de_crisantemo

- Cuervo, 2010. Aislamiento y caracterización de *Bacillus spp* como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos biofertilizantes comerciales. Recuperado: 9 de marzo 2019. <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis404.pdf>
- Estación experimental agropecuaria para la introducción de tecnologías apropiadas de Japón, 2013. Microorganismos eficaces (EM). Consultado: 9 de marzo de 2019: http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.pdf
- Fitosofía, 2015. Crisantemo. Tomada de: <https://fitosofia.blogspot.com/2015/03/crisantemo-primera-parte.html> recuperado el: 18 de mayo de 2019.
- Fundación para la innovación agraria, SF. Proyecto de incorporación de nuevas especias florícolas como alternativas productivas al secano de la octava región. Consultora profesional Agraria sur.
- García, 2014. Manual del crisantemo. Instituto de investigación y capacitación agropecuaria, acuícola y forestal del estado de México-ICAMEX.
- Intercontinental Import Export. 2010. Ficha técnica de Radix[®] 35+% TB. Ácido indol butírico 35% tabletas solubles en agua regulador de crecimiento vegetal. 3 pp. Tomado de: http://www.interie.net/f_tecnicas/radix35tb.pdf. Consultado el: 7 de marzo de 2019
- Mendoza, 2013. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE CUATRO ENRAIZADORES Y DOS TAMAÑOS DE ESTACAS EN LA PROPAGACIÓN DE NARANJILLA (*Solanum quitoense*) HÍBRIDO PUYO, EN VIVERO EN EL CANTÓN SAN MIGUEL DE LOS BANCOS, PROVINCIA DE PICHINCHA. Recuperado de: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2799/1/13T0766%20.pdf> consultado el: 1 mayo 2019.
- Montero Calasanz, D. Gamane, M. Albareda, C. Santamaría Linaza, A. Daza, M. Camacho Martínez-Vara de Rey. 2006. ESTUDIO DE SISTEMAS ALTERNATIVOS A LA UTILIZACIÓN DE HORMONAS EN EL ESTAQUILLADO DE OLIVO ECOLÓGICO. Recuperado de: <https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2006/CD%20Congreso%20Zaragoza/Ponencias/116%20Montero%20Com-%20Estudio.pdf> . Consultado el: 2 de mayo de 2019.
- Neidhart Andrés, 2011 Principales enfermedades del Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* L.H. Bailey) en Villa Guerrero, Estado de México. Tomado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2527/Principales%20enfermedades%20del%20crisantemo%20%28Chrysanthemum%20morifolium%20L.%20H..pdf?sequence=1> consultado: 30 de abril de 2019.

- Orozco, M. 1992. IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS FISIOLÓGICOS EN LOS CULTIVOS DE FLORES DE EXPORTACION. *Agronomía Colombiana*, 1992, Volumen 9, Número 2: 221-229.
- Pérez, J Sin Fecha. Aplicación de nitrosomas. Consultado: 9 de marzo de 2019 <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis404.pdf>
- Reid, M.S. 2004. *Chrysanthemum*, florist mum. Recommendations for maintaining postharvest quality. University of California, Davis. Postharvest technology Research and Information Center. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Orn/chrysanthemum.shtml>. Consultado: 1 de marzo de 2019
- Schneider, E. A.; Kazakoff, C. W. and Wightman. 1985. Gas chromatography-mass spectrometry evidence for several endogenous auxins in pea seedling organs. *Planta* 165:232-241. Tomado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00395046> consultado el: 7 de marzo de 2019
- Teixeira da Silva, J. 2003. *Chrysanthemum* sp.: advances in tissue culture, cryopreservation, postharvest technology, genetics and transgenic biotechnology. *Biotechnology Advances*, 21:715-716.
- Vazquez, 2013 Aplicación de Lombricomposta Líquida y Dosis de Fertilización en la Producción de Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* L.) Tomado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5848/T19763%20VAZQUEZ%20LOPEZ%20C%20GUADALUPE%20%20TESIS.pdf?sequence=1> Consultado de: 16 de abril de 2019.