

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Nanotecnología como Estrategia para la Bioestimulación en Cultivo de Crisantemo
(Chrysanthemum Morifolium) en el Oriente Antioqueño

Valentina Hernández López

Asesor

Diego Mauricio Hernández Fernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

2024

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Resumen

En el presente proyecto se buscó analizar en el cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) una alternativa de bioestimulación, que fuera favorable con la conservación de los suelos agrícolas, ya que, al ser un cultivo de ciclo corto (12-14 semanas) se obliga a pensar en soluciones integrales para la recuperación y conservación de los mismos, con productos que requieran menores dosis y mayor efectividad, y por ende sea más amigable con el mismo. Por tanto, se comparó la calidad y productividad al incluir la nanotecnología como alternativa en la bioestimulación con lo que convencionalmente se realiza, a partir de mediciones continuas de diferentes variables que permitieron establecer la efectividad de cada uno de los tratamientos. Este se implementó en el cultivo Flores de Oriente en la sede Oriente Canadá, ubicada en el corregimiento Aguas Claras del Municipio El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia, en donde se hicieron mediciones según el cronograma de actividades en la variedad Whatsapp® sembrada para ambos tratamientos, en los cuales se pudo determinar al final del ciclo el comportamiento de la variedad frente a los mismos.

Palabras clave: Nanotecnología, Crisantemo, bioestimulación, fertilización, suelos.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Abstract

In the present project, we sought to analyze an alternative for biostimulation in the cultivation of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*), which would be favorable to the conservation of agricultural soils, since, being a short cycle crop (12-14 weeks), it is required to think about comprehensive solutions for their recovery and conservation, with products that require lower doses and greater effectiveness, and therefore are more user-friendly. Therefore, the quality and productivity of including nanotechnology as an alternative in biostimulation was compared with what is conventionally performed based on continuous measurements of different variables that allowed establishing the effectiveness of each of the treatments. This was implemented in the Flores de Oriente crop at the Oriente Canada headquarters, located in the Aguas Claras district of the El Carmen de Viboral Municipality, Antioquia, Colombia, where measurements were made according to the schedule of activities in the WhatsApp® variety planted for both, in which the behavior of the variety against them could be determined at the end of the cycle.

Keywords: Nanotechnology, Chrysanthemum, biostimulation, fertilization, soils.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Tabla de Contenido

Introducción	10
Justificación	12
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos.....	14
Marco Teórico.....	15
Importancia del Crisantemo en Colombia	15
Descripción del Crisantemo	15
Descripción de la Variedad Whatsapp®.....	16
Ciclo Fenológico del Crisantemo.....	16
Establecimiento y Manejo del Cultivo.....	18
Bioestimulantes.....	19
Principales Categorías de Bioestimulantes	20
Sustancias Húmicas	20
Hidrolizados de Proteínas	20
Extracto de Algas Marinas y Plantas Superiores	21
Quitosano y Otros Polímeros	22
Compuestos Inorgánicos.....	22
Hongos y Bacterias Benéficas	22

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Nanotecnología	23
Metodología	24
Ubicación	24
Establecimiento del Proyecto.....	25
Siembra	25
Diseño Experimental.....	26
Dosificación y Descripción del Método de Aplicación para el Tratamiento.....	27
Toma de Datos	28
Variables de Desarrollo	28
Razones de Pérdida.....	29
Vida en Florero	30
Peso de los Ramos	31
Aprovechamiento.....	32
Costos.....	33
Análisis Estadístico.....	36
Prueba “t” de Student.....	36
Ratio.....	36
Cronograma de Actividades.....	37
Resultados	38
Curva de Crecimiento	38
Curva de Desarrollo	41
Análisis de Productividad	41

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Pesos	41
Aprovechamiento	44
Razones de Pérdida	45
Vida en Florero	46
Análisis de Costos	49
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Referencias	52
Apéndices	55

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Descripción de las aplicaciones del tratamiento</i>	27
Tabla 2 Descripción e ilustraciones de las razones de pérdida	29
Tabla 3 <i>Descripción de las novedades encontradas en vida en florero</i>	31
Tabla 4 <i>Costos de fertilización del testigo</i>	33
Tabla 5 <i>Costos de fertilización del tratamiento</i>	34
Tabla 6 <i>Promedio de altura</i>	39
Tabla 7 <i>Altura. Ratio (cm/día).</i>	39
Tabla 8 <i>Prueba t variables de crecimiento</i>	40
Tabla 9 <i>Promedio de peso por día</i>	42
Tabla 10 <i>Promedio de peso por cama</i>	43
Tabla 11 <i>Análisis de Varianza de los pesos de los ramos</i>	43
Tabla 12 <i>Tabla con el análisis del aprovechamiento de los tallos de los tratamientos por cama</i>	44
Tabla 13 <i>Suma de los tallos según la razón de pérdida</i>	46
Tabla 14 <i>Suma de la pérdida de los tallos en vida florero</i>	47
Tabla 15 <i>Descripción de la duración de vida en florero</i>	48

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Descripción de los estados fenológicos del crisantemo representados en la variedad Whatsapp®</i>	17
Figura 2 <i>Plano sede Oriente Canadá</i>	24
Figura 3. <i>Establecimiento del proyecto aplicado en el bloque 5.</i>	25
Figura 4 <i>Siembra en campo de la variedad Whatsapp®.</i>	26
Figura 5 <i>Medición en campo de las variables de desarrollo.</i>	28
Figura 6 <i>Peso de los ramos en el tratamiento y testigo</i>	31
Figura 7 <i>Medición de variables de aprovechamiento en la cosecha</i>	32
Figura 8 <i>Cronograma de actividades desarrolladas en el proyecto aplicado</i>	37
Figura 9 <i>Curva de crecimiento</i>	38
Figura 10 <i>Gráfica promedio de peso por día</i>	41
Figura 11 <i>Gráfica promedio de peso por cama</i>	42
Figura 12 <i>Grafica promedio de aprovechamiento de los tallos por día para cada tratamiento.</i> 45	
Figura 13 <i>Grafica de los tallos de pérdida en los ensayos de vida en florero</i>	46
Figura 14 <i>Grafica vida en florero.</i>	48

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Lista de Apéndices

Apéndice A *Tabulación cálculo de aprovechamiento* 55

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Introducción

Asegurar la calidad de los productos para los mercados internacionales es uno de los procesos más importantes en la producción y exportación de flores de corte, en donde cada una de las etapas de producción determinan el cumplimiento final de los parámetros exigidos por el cliente, siendo la fertilización edáfica y foliar una de las prácticas agrícolas más determinantes para proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo según sus etapas fenológicas, que acompañado con bioestimulantes se promueve el crecimiento, desarrollo y mejora el metabolismo de las plantas, para poder obtener al final del ciclo el mayor aprovechamiento y aumentar la productividad del crisantemo.

Siendo la bioestimulación una práctica poco convencional o que actualmente no se encuentra información sobre su uso en la producción de crisantemo, convirtiéndose en objeto de estudio versus lo convencional, para poder determinar la viabilidad del uso de bioestimulación como potencializador en fertilización, aplicado a través de la nanotecnología, con productos como Nanoviv® y Proviv® producidos en tamaños nanométricos, que permiten tener baja frecuencia de aplicación, menores dosis y aumentar la efectividad. Por lo anterior el presente trabajo está orientado a la elaboración de una propuesta de mejoramiento de la producción de la variedad Whatsapp® en el cultivo flores de Oriente Canadá, en donde se va incluir la nanotecnología en la bioestimulación con los productos Nanoviv® y Proviv® dentro de las prácticas agronómicas que convencionalmente se realizan, con 2 aplicaciones durante el ciclo, en 3 repeticiones como tratamiento y 3 repeticiones como testigo que tendrán un manejo

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

agronómico tradicional, teniendo en cuenta al final del ciclo el análisis de variables de desarrollo, razones de pérdida, vida en florero, peso de los ramos y productividad. Todo lo anterior con el fin de encontrar una posible alternativa para potencializar y aumentar la calidad de la variedad para los mercados a los que exporta la empresa.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Justificación

El cultivo de crisantemo es una actividad económica muy representativa para Colombia que en los últimos años ha crecido exponencialmente, con importantes contribuciones de generación de divisas al país, en 2022 se generaron ventas por US\$2.029,7 millones, 19,1% más que en 2021 y 45,6% más que en 2020 (Salazar Sierra, 2023). Siendo así una de las principales fuentes de empleo en las regiones cultivadas, en donde, se estima que en Colombia hay sembradas 8.900 hectáreas de flores de exportación (Portafolio, 2022), y que por cada hectárea de flor cultivada se generan 14 empleos directos e indirectos, convirtiéndose en una de las principales fuentes de ingresos económicos para las familias de Cundinamarca y Antioquia quienes son líderes en producción y comercialización de crisantemo en el país. En estas regiones las condiciones climáticas y la ejecución de diversas labores como la fertilización favorecen el buen desarrollo del crisantemo, permitiendo obtener productos que cumplan con los estándares de calidad propios del mercado internacional.

La fertilización es una de las bases fundamentales para el óptimo desarrollo del crisantemo, que debe ser complementada por hormonas o bioestimulantes, que son sustancias o microorganismos que, al aplicarse a las plantas, son capaces de mejorar su eficacia, en absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico, abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas (Valverde Lucio, Moreno Quinto, Quijije Quiroz, Castro Landin, Merchán García, & Gabriel Ortega, 2020), para poder alcanzar el máximo potencial de las plantas, aumentando así la productividad y poder cumplir con los estándares de calidad del mercado internacional, que cada vez se vuelve

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

más exigente, obligando a los productores y comercializadores en pensar en este tipo de alternativas para mejorar la conservación del producto y aumentar los estándares de calidad como lo son peso, longitud, puntos florales, diámetro y vida en florero, que varían según el destino final del producto, y así, poder suplir las exigencias de los diferentes mercados y clientes en los 100 países a los que exporta Colombia entre los que se encuentran, después de los Estados Unidos, Japón, Inglaterra, Holanda, España, Rusia, Polonia y Chile, entre otros, que disfrutan de la calidad fitosanitaria y belleza de la floricultura nacional (ICA, s.a., 2021).

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Objetivos

Objetivo General

Elaborar una propuesta para el mejoramiento de la producción de la variedad Whatsapp en la empresa Flores de Oriente Canadá del municipio de El Carmen de Viboral, Antioquia después de comparar la aplicación de la nanotecnología como bioestimulante y el manejo convencional.

Objetivos Específicos

Determinar las diferencias en las variables de desarrollo asociadas al uso de la nanotecnología en el cultivo de crisantemo en la variedad Whatsapp®.

Identificar las variaciones en la productividad asociadas al uso de Nanotecnología en bioestimulación en la variedad Whatsapp®.

Comparar la calidad del producto final usando productos convencionales con o sin el uso de bioestimulantes en el cultivo de Crisantemo.

Cuantificar en términos de costos los resultados asociados al uso de tecnologías disruptivas como la nanotecnología.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Marco Teórico

Importancia del Crisantemo en Colombia

La floricultura se ha convertido en un pilar económico y social para Colombia, debido a los ingresos que recibe de las exportaciones, así como por la generación de empleo, tanto directo como indirecto, puesto que representa el 25% del empleo rural para las mujeres y genera un promedio de 15 trabajadores por hectárea. Durante los últimos 40 años, la floricultura colombiana ha logrado un importante posicionamiento en los mercados internacionales, gracias a la calidad de sus flores, Colombia se ubica como el segundo exportador mundial de flores de corte y el más diversificado, con un valor de exportación anual cercano a los US1.100.000. (Osorio, 2012)

Descripción del Crisantemo

El género *Chrysanthemum* pertenece a la familia *Asteraceae* y engloba flores de las más antiguas cultivadas. Las hojas pueden ser lobuladas o dentadas, ligulosas o rugosas, de color variable entre el verde claro y oscuro, recubiertas de un polvillo blanquecino que le da un aspecto grisáceo y casi siempre aromáticas.

Lo que se conoce como flor es realmente una inflorescencia en capítulo. Existen diversos tipos de capítulo cultivados comercialmente, aunque, en general, esta inflorescencia está formada por dos tipos de flores: femeninas (radiales; se corresponden con la hilera exterior en las margaritas) y hermafroditas (concéntricas; se corresponden con las centrales). El receptáculo es plano o convexo y está rodeado de una envoltura de brácteas. La forma de las inflorescencias los puede clasificar como sencillas, anémonas, recurvadas, reflejadas, hirsuta, pompones o decorativas. (Hernández, 2007). Es un cultivo

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

que se desarrolla bajo invernadero en unas condiciones agroclimáticas que favorecen su normal desarrollo como lo son una temperatura que debe oscilar entre 18-25°C, variando en función de cada variedad; una humedad relativa en torno al 60-70%, que puede afectar en el desarrollo de enfermedades si encuentra por encima de los valores o el acortamiento y falta de uniformidad en la floración si la humedad es muy baja; se recomienda un suelo poroso con alto contenido en materia orgánica y con un pH entre 5,5-6,5. En general, los crisantemos son plantas de día corto, siendo el punto crítico para su inducción floral de 13-14 horas, según la variedad. (Infoagro, s.a., s.f.)

Descripción de la Variedad Whatsapp®

Es una variedad de crisantemos tipo spray, es un precioso botón verde de pétalos fuertes y con más de 8 flores por tallos siempre. (Dekker Chrysanten Colombia). Tiene un promedio de rendimiento por encima del 90% y su ciclo es de 11 semanas.

Ciclo Fenológico del Crisantemo

El crisantemo durante su ciclo de vida presenta una fase vegetativa y una reproductiva. Dentro del periodo vegetativo se destacan dos estados fenológicos que se originan de la demanda de fotoperiodo de esta especie. En la fase reproductiva se visualizan cinco estados en los cuales se forma su inflorescencia.

Los días largos son la fase vegetativa en la que se distinguen dos estados fenológicos que están relacionados con los requerimientos de luz artificial, el estado vegetativo I comprende el periodo entre el trasplante y el corte de luz artificial, la etapa vegetativa II comienza desde el día en que se elimina la luz artificial hasta el apareamiento del botón (días cortos), La iniciación floral se evidencia con el

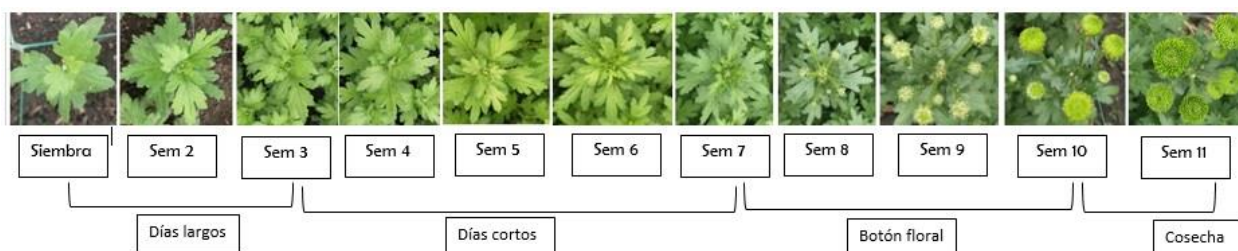
NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

aparecimiento del botón arroz lo que explica que ha iniciado la etapa reproductiva del crisantemo, esta fase se caracteriza porque en la zona apical de la planta se observa un pequeño botón floral que asemeja al tamaño de un grano de arroz, pasando por diferentes estadios como botón arveja, en donde se muestra más ensanchado y adquiere una forma más redondeada, su tamaño se parece a una arveja con coloración verdosa y se observa la presencia de algunos botones florales por planta, hasta llegar al botón garbanzo, es un botón bastante ensanchado, con una coloración verde oscura en la periferia y amarilla verdosa mientras más se acerca al centro. A medida que avanza este estadio el botón aumenta de diámetro y la coloración amarilla tiende a crecer hacia los extremos y se observa los primeros pétalos que indican el color característico de la variedad. Conforme avance esta etapa, aumenta la longitud de las lígulas florales y crece el diámetro de la inflorescencia. Y por último se da etapa de cosecha que es la fase donde la inflorescencia llega a su máximo desarrollo, con llevando a la cosecha comercial. (Villares Guayasamín, 2018).

Figura 1

Descripción de los estados fenológicos del crisantemo representados en la variedad

Whatsapp®



Fuente. Propia

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Establecimiento y Manejo del Cultivo

El cultivo inicia con la labor de propagación, que para el crisantemo el método que se utiliza comercialmente es el vegetativo por esquejes terminales, los cuales deben ser tomados de plantas madre (PM) cultivadas en condiciones de día largo (DL) (más de 14,5 horas de luz), a fin de que, unos y otras, preserven su estado vegetativo por ser una planta de fotoperiodo corto.

Luego de que se tiene el esqueje enraizado se da el establecimiento del cultivo en campo iniciando con la preparación del terreno con las enmiendas requeridas según las necesidades del suelo y garantizando una profundidad mínima de 20 centímetros, para poder realizar la siembra de los esquejes en eras construidas sobre el suelo llamadas camas. Entre la sexta y séptima semana se realiza la labor de desbotone dependiendo el tipo de flor, se retira el botón central o por el contrario los laterales.

Después del establecimiento del cultivo se realizan diversas labores que permiten el buen desarrollo de las plantas como el manejo de luces suplementarias, por ser una planta de días cortos, es decir, que florece cuando la duración del día es más corta de un tiempo crítico que ella tiene; el riego a partir de las necesidades de agua en la cantidad y el momento apropiado y la una de las labores más importantes la fertilización por ser el crisantemo muy exigente en nutrientes en las primeras seis semanas, especialmente, en nitrógeno y potasio, requiere de una fertilización completa que incluye los macro y micro nutrientes esenciales para la planta. Durante todo el ciclo del cultivo se desarrollan actividades a partir del monitoreo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) para

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

aumentar la duración después del corte (vida de florero) y reducir al máximo las pérdidas en el proceso del cultivo.

Y finalmente, en la semana 11 o 12 según el ciclo de la variedad se da la cosecha, en donde se debe cortar siempre a lado y lado del camino empezando al principio de la cama para evitar el maltrato. El cortador escoge los tallos que cumplen con las condiciones de calidad y corta 3, 4 o máximo 6 de una vez a una altura de 10 centímetros del suelo para evitar tallos leñosos. (Navarro, 2021)

Bioestimulantes

Los bioestimulantes son sustancias orgánicas que se utilizan para potenciar el crecimiento y desarrollo de las plantas y entregar mayor resistencia a las condiciones de estrés bióticos y abióticos, tales como temperaturas extremas, estrés hídrico por déficit o exceso de humedad, salinidad, toxicidad, incidencia de plagas y/o enfermedades. Se deben usar, al establecer el cultivo, en pequeñas cantidades como complemento en la fertilización y control de plagas o enfermedades, con el fin de aumentar el rendimiento, calidad de la fruta y protección ante las condiciones climáticas adversas.

Los productos no dejan residuos y son seguros para las personas que los aplican. Su composición es diversa, en las mezclas comerciales se pueden identificar nutrientes minerales, compuestos orgánicos o algunos de los ingredientes activos. (Morales, 2017). A continuación, se presentan las principales categorías de bioestimulantes:

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Principales Categorías de Bioestimulantes

Sustancias Húmicas

Las sustancias húmicas son constituyentes naturales de la materia orgánica de los suelos, resultantes de la descomposición de las plantas, animales y microorganismos, pero también de la actividad metabólica de los microorganismos del suelo que utilizan estos compuestos como sustrato. Las sustancias húmicas son una colección de compuestos heterogéneos, originalmente categorizadas de acuerdo con su peso molecular y solubilidad en ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas. Tienen como función principal mejorar la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y, como consecuencia, mejorar la eficacia en la absorción de nutrientes, sean de naturaleza orgánica o sales sintéticas, y hacer complejos o quelatos con los macronutrientes y microelementos. (ORGANIC FERTILIZERS, s.a., 2021).

Hidrolizados de Proteínas

Las mezclas de aminoácidos y péptidos se obtienen por hidrólisis química y enzimática de proteínas a partir de subproductos agroindustriales, de fuentes vegetales y desechos. La síntesis química también se puede utilizar para la obtención de compuestos simples o mezclas de ellos. Los hidrolizados de proteínas (PH) son un grupo de bioestimulantes vegetales que se producen por hidrólisis enzimática y/o química y contienen una mezcla de péptidos y aminoácidos. También pueden contener otros compuestos que pueden contribuir a su acción bioestimulante, como carbohidratos, fenoles, elementos minerales, fitohormonas y otros compuestos orgánicos. (Colla, s.f.)

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Nanoviv®, es un producto diseñado para operar a una escala atómica desde el interior del suelo y de las plantas, donde diminutas partículas tienen grandes implicaciones en el enriquecimiento y mejora de las propiedades físicas del suelo, y de una óptima nutrición en las plantas. Es un alimento óptimo para las plantas en perfecto equilibrio, que consiste en muchos componentes naturales, tales como nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, azufre, y micronutrientes carbono, hierro, zinc, que combina una serie de componentes de crecimiento como auxinas, giberelinas, citoquininas y polisacáridos como celulosa, quitinas, glucógeno y almidón. Además de estos componentes, Nanoviv incluye Carbono Orgánico de 14 fuentes diferentes, tales como polisacáridos derivados de la maltosa, fructosa, dextroglucosa, dextrosa, dextrina, y sacarosa, con un electrolito mineral. (Agroviv, s.a., s.f)

Extracto de Algas Marinas y Plantas Superiores

Los extractos de algas marinas poseen sustancias bioestimulantes como polisacáridos, fitohormonas y micronutrientes capaces de estimular el crecimiento vegetal y ofrecer una mayor protección frente a diferentes tipos de estrés abiótico y biótico. Los extractos de algas tienen efectos sobre la microbiota del suelo ya que modifican ciertas propiedades de este como la actividad enzimática, aireación y retención de agua, favoreciendo la proliferación de microorganismos como hongos micorrícicos o bacterias fijadoras de nitrógeno. (González Fariña, 2020)

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Quitosano y Otros Polímeros

El quitosano puede estimular la acumulación de peróxido de hidrógeno y el flujo de calcio, lo que a su vez son elementos clave en la señalización de las respuestas al estrés y en la regulación del desarrollo.

El quitosano se destaca ya que influye también a la conservación y mejora de las propiedades de frutos y vegetales durante sus periodos de cosecha y postcosecha, este puede representar una opción viable ya que aumenta los rendimientos, se puede reducir el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas reduciendo la contaminación ambiental. (Abello Jiménez, 2022)

Compuestos Inorgánicos

Los compuestos inorgánicos incluyen diferentes sales de fosfito, así como elementos benéficos, que se han propuesto por lo menos 10: aluminio (Al), cerio (Ce), cobalto (Co), yodo (I), lantano (La), sodio (Na), selenio (Se) y silicio (Si), titanio (Ti) y vanadio (V), los cuales pueden estimular la biología de diferentes especies. (Gómez Merido, Trejo Téllez, Castañeda Castro, Ramírez Antonio, & Lavin Castañeda, 2021)

Hongos y Bacterias Benéficas

Dentro de las relaciones benéficas de microorganismos con plantas, los hongos interactúan con las raíces a través de procesos de simbiosis mutualistas. Las bacterias pueden promover mejoras en los ciclos biogeoquímicos, suministro de nutrientes, aumento en el uso eficiente de nutrientes, inducción de resistencia o tolerancia a diversos factores de estrés abiótico, y regulación de la morfogénesis vegetal a través de la

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

estimulación de la síntesis de sustancia promotoras del crecimiento vegetal. (Gómez Merido, Trejo Téllez, Castañeda Castro, Ramírez Antonio, & Lavin Castañeda, 2021).

PROVIV®, contiene una cepa fijadora de nitrógeno, 5 cepas de bacterias benéficas y 4 cepas de hongos benéficos que producen enzimas de múltiples propósitos. Las especies contenidas en la formulación del PROVIV® mejoran la fertilidad del suelo a través de los siguientes mecanismos: Fijación de nitrógeno e incrementar eficacia de programas de fertilización nitrogenada, degradación de materia orgánica mejorando la fertilidad física del suelo, incrementando la eficacia de absorción de nutrientes.

(Agroviv, s.a., s.f)

Nanotecnología

La NT, considerada como una tecnología emergente, se orienta a la caracterización, elaboración y aplicación de materiales de dimensiones muy pequeñas, en el rango de 1 a 100 nanómetros (nm), es decir de 1 a 100 billonésimas de metro, por lo que se ubica dentro de la escala atómica y molecular.

Para el caso de la horticultura moderna, se están utilizando nano materiales para el tratamiento de algunas enfermedades de plantas, para la detección precoz de los patógenos que las producen, para la mejora en la asimilación de nutrientes esenciales, e incluso para construir nanobiosensores importantes en determinados procesos biológicos. (Lira Saldivar, Méndez Arguello, Vera Reyes, & De los Santos Villareal, 2018).

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Metodología

Ubicación

El desarrollo del presente trabajo se realizó en la empresa Flores de Oriente S.A.S C.I, en la sede Oriente Canadá, ubicada en el corregimiento Aguas Claras del municipio de El Carmen de Viboral Antioquia, en donde se separó un área exclusiva para llevar a cabo el desarrollo del proyecto aplicado en el bloque 5.

Figura 2

Plano sede Oriente Canadá



Fuente. Flores de Oriente S.A.S C.I

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Establecimiento del Proyecto.

El proyecto se implementó en el cultivo Flores de Oriente en la sede Oriente Canadá, en donde se seleccionó el bloque 5 que tiene en total 189 camas físicas, de las cuales se utilizaron 25 para el tratamiento y 25 como testigo de 28m², tomando 3 camas de Whatsapp® en cada uno de los ensayos para realizar las respectivas mediciones.

Figura 3.

Establecimiento del proyecto aplicado en el bloque 5.



Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el

tratamiento. *Fuente:* Propia

Siembra

En esta fase se realiza la siembra en campo de la variedad Whatsapp®, después de 14 días de enraizamiento, en las camas 93-119 como tratamiento y 67-91 como testigo, en el bloque 5. En donde se toman las camas 95, 97, 99 de tratamiento y las camas 85, 87, 89 de testigo para las respectivas mediciones.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Figura 4

Siembra en campo de la variedad Whatsapp®.



Fuente. Elaboración propia

Diseño Experimental

Se realizaron durante el proyecto, una serie de análisis de estadística descriptiva que van a ser explicados más adelante, sin embargo, se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

Nº repeticiones: 3 repeticiones por cada uno de los tratamientos (Testigo y Nanotecnología), con la cama como unidad experimental.

Se realizó la eliminación de efecto borde por aplicación foliar con distancia entre testigo y tratamiento de 2 camas, adicionalmente se procedió con la eliminación de efecto borde por variables ambientales de las camas 101, 93,91, 83

Se tomaron en consideración las siguientes suposiciones:

La pendiente es homogénea y por tanto no hay diferencia significativa en la conformación de las camas.

La estructura del suelo es simétrica y por tanto no existe una diferencia en los diferentes puntos de la unidad experimental.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

No hay diferencias entre los esquejes sembrados, esto es, todos los esquejes son 100% homogéneos y el efecto entregado por las sembradoras y las cosechadoras no será incluido dentro del análisis.

No hay diferencias entre las aplicaciones de insecticidas y plaguicidas, así como de fertilización durante el ciclo.

Dosificación y Descripción del Método de Aplicación para el Tratamiento

Tabla 1

Descripción de las aplicaciones del tratamiento

Producto	Dosis	Litros de agua por mezcla	N° camas aplicadas	Dosis total por aplicación	Frecuencia de aplicación	Dosis total durante todo el tratamiento	Total de camas aplicadas
Nanoviv®	0,9 g	200 l	15	1,5 g	2 veces durante el ciclo	3 g	25 camas
	0,6 g	130 l	10				
Proviv®	90% de la pastilla	200 l	15	1,5 pastillas	2 veces durante el ciclo	3 pastillas	25 camas
	60% de la pastilla	130 l	10				

Fuente. Propia

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

La aplicación del tratamiento se realizó en la tercera y quinta semana de desarrollo de la planta y 48 horas previo a cada aplicación, el producto Nanoviv® se hidrato en 1 litro de agua sin cloro para que el mismo se activara, pasado este periodo de tiempo se ejecutó la aplicación mezclando en una caneca de 200 litros el producto Nanoviv® y Proviv®, según la dosificación indicada en la tabla 1 y se realiza la aplicación con Venturi manual el cual tiene una relación entre la solución madre y la descarga en la cama de 4.75%, siendo la solución madre de 200 litros y el total de litros aplicado a cada una de las camas de 280 litros.

Toma de Datos

Durante el desarrollo del proyecto se tuvieron en cuenta 6 variables, quincenalmente se hicieron mediciones de variables de crecimiento y desarrollo, en la semana de floración se tomaron productividades, se pesaron 10 ramos por día de corte, se cuantificaron las razones de pérdida antes del destronque y se hicieron pruebas de vida en florero. A continuación, se describen con mayor detalle estas variables.

Variables de Desarrollo

Se dio inicio a la medición de diámetro y altura en la tercera semana de desarrollo descartando los bordes y los extremos de la cama para garantizar la homogeneidad de los mismos y quincenalmente se tomaron los datos. Se midieron en 30 plantas por cama, el diámetro con pie de rey a 5 cm del meristemo de formación y la altura de la planta del suelo al ápice con ayuda de un flexómetro.

Figura 5

Medición en campo de las variables de desarrollo.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO




Fuente. Propia

Razones de Pérdida




Durante la ejecución de la labor de corte se fueron dejando en la cama los tallos que no cumplían con los parámetros de calidad específicos del mercado y al finalizar el mismo se cuantificaron y clasificaron según su razón de pérdida (pocos puntos florales, daño mecánico, tallos delgados y cortos), que se realizó previo a la labor del destronque, que consiste en la remoción del material vegetal que queda en las camas después de terminada la cosecha.

Tabla 2

Descripción e ilustraciones de las razones de pérdida

Razones de pérdida	Descripción	Ilustración
Pocos puntos florales	Los parámetros de calidad exigen tallos con un mínimo de 4 puntos florales.	

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Tallos delgados	Se requieren tallos con un diámetro mínimo de 0,4 cm. Este parámetro puede variar según las exigencias del cliente.	
Daño mecánico	Se descartan los tallos que presentan los puntos florales quebrados.	
Tallos cortos	Se necesitan tallos con una longitud mínima de 60cm. Pero se tienen variaciones en la longitud según los parámetros de calidad del mercado.	

Fuente. Propia




Vida en Florero

Durante la labor de corte se tomaron 10 tallos de cada una de las camas del proyecto, en el mismo punto de corte e igual longitud, que se armaron en ramos por 10 tallos con capuchón y caucho, y se llevaron del campo a la poscosecha, en donde se les realizó viaje simulado que consistió en el empaque de los mismos y el almacenamiento en cuarto frío durante 8 días, posterior a este periodo de tiempo se colocaron en la poscosecha en floreros con agua y solución de hidratación inicial Chrysal®. Cada 2 o 3 días se evaluó la calidad para determinar los días de duración y las novedades encontradas (*Ascochyta chrysanthemi*, pudrición en la base del tallo, deshidratación), adicionalmente se hizo el cambio de agua con la solución inicial cuando era necesario.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Tabla 3

Descripción de las novedades encontradas en vida en florero

Novedades	Descripción	Ilustración
<i>Ascochyta chrysanthemi</i>	Se manifiestan síntomas como la descomposición de botones florales antes de que abran o en floración y cuya infección se extiende al pedúnculo. (Infoagro, s.a., s.f.)	
Pudrición en la base del tallo	Se presentan síntomas en el tallo con lesiones de color marrón oscuro	
Deshidratación	Se observa el follaje de los tallos con deshidratación	

Fuente. Propia

Peso de los Ramos

Durante todos los días de cosecha se seleccionaron de cada una de las camas empleadas para las mediciones de variables en el proyecto aplicado, 10 ramos al azar por 10 tallos en el mismo punto de corte e igual longitud, los cuales se pesaron con la ayuda de una balanza digital.

Figura 6

Peso de los ramos en el tratamiento y testigo

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO



Fuente. Propia

Aprovechamiento

En el momento que inicia y finaliza la labor de corte en las camas empleadas para las mediciones en el tratamiento y testigo, se cuantificaron los ramos cosechados y que cumplían con los parámetros de calidad exigidos por el mercado final, para poder determinar el aprovechamiento según el número de esquejes sembrados.

Figura 7

Medición de variables de aprovechamiento en la cosecha

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO



Fuente. Propia

Costos

A continuación, se relacionan los costos generados en la fertilización edáfica y foliar para el tratamiento y el testigo en función a la semana según el ciclo de desarrollo.

Tabla 4

Costos de fertilización del testigo

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Testigo- T0												
Semana	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Carbono orgánico	0	700g	700g	700g	700g	350g	350g	350g	700g	0	0	0
Formula 1 22-20-10	0	33500cc	33500cc	33500cc	33500cc	33500cc	0	0	0	0	0	0
Formula 2 15-10-20	0	0	0	0	0	0	33500cc	33500cc	33500cc	16750cc	0	0
Nitrato de Potasio	0	0	0	0	0	2500g	2500g	0	0	0	0	0
Nitrato de Calcio	0	2000g	2000g	2000g	2000g	2000g	2000g	2000g	4000g	2000g	0	0
Calcio (foliar)	0	0	0	0	0	0	600cc	0	0	0	600cc	0
Ca-Bo-Zn (fuente de Bo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150cc	300cc
Enraizante comercial	0	0	300g	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo total por ciclo	<u>Un millón novecientos treinta y seis mil quinientos pesos</u>											

Nota. Se describe el costo de la fertilización edáfica y foliar representada en gramos para el testigo T0. Fecha de actualización mayo 2023. *Fuente.* Propia

Tabla 5

Costos de fertilización del tratamiento

Tratamiento- T1

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Semana	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Carbono orgánico	0	700g	700g	700g	350g	350g	350g	350g	700g	0	0	
Formula 1 22-20-10	0	33500cc	33500cc	33500cc	33500cc	33500cc	0	0	0	0	0	
Formula 2 15-10-20	0	0	0	0	0	0	33500cc	33500cc	33500cc	16750cc	0	
Nitrato de Potasio	0	0	0	0	0	2500g	2500g	0	0	0	0	
Nitrato de Calcio	0	2000g	0	2000g	4000g	2000g	2000g	2000g	4000g	2000g	0	
Nanoviv®	0	0	1,5g	0	1,5g	0	0	0	0	0	0	
Proviv®	0	0	1,5 pastillas	0	1,5 pastillas	0	0	0	0	0	0	
Calcio (foliar)	0	0	0	0	0	0	600cc	0	0	0	600cc	0
Ca-Bo-Zn (fuente de Bo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150cc	300cc
Enraizante comercial	0	0	300g	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costo total por ciclo	<u>Un millón novecientos ochenta mil quinientos sesenta y ocho pesos</u>											

Nota. Se describe el costo de la fertilización edáfica y foliar representada en gramos para el tratamiento T1. Fecha de actualización mayo 2023. *Fuente.* Propia

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Análisis Estadístico

Prueba "t" de Student

La prueba "t" de Student es un tipo de estadística deductiva. Se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Con toda la estadística deductiva, asumimos que las variables dependientes tienen una distribución normal. Especificamos el nivel de la probabilidad (nivel de la alfa, nivel de la significación, p) que estamos dispuestos a aceptar antes de que cerco datos ($p < .05$ es un valor común se utiliza que).

Cuando la diferencia entre dos promedios de la población se está investigando, se utiliza una prueba t. Es decir que se utiliza cuando deseamos comparar dos medias (las cuentas se deben medir en una escala de intervalo o de cociente). (scientific european federation osteopaths, s.a., s.f).

Ratio

El odd ratio es una medida de asociación entre dos variables (como la correlación bivariada) que indica la fortaleza de la relación entre dos variables. El odd ratio se utiliza cuando estamos relacionando al menos dos variables. (Cerda, Vera, & Rada, 2012).

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

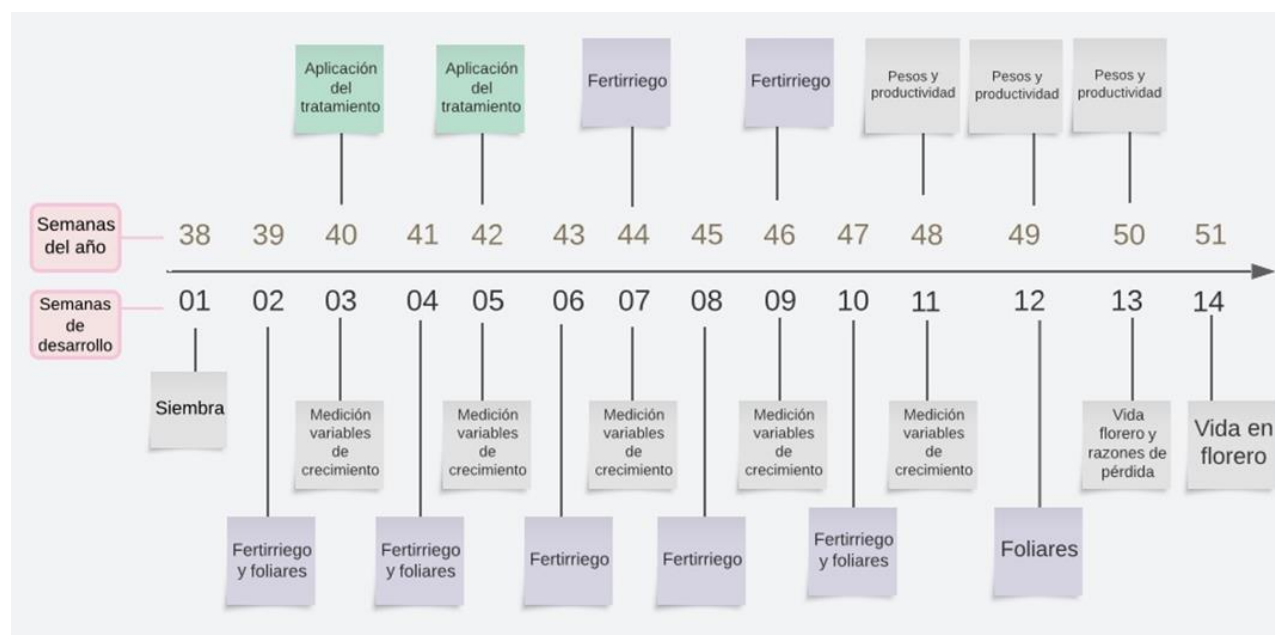
Cronograma de Actividades

A continuación, se describen con detalle las actividades realizadas durante el trabajo, teniendo en consideración el monitoreo y seguimiento a las respectivas aplicaciones y su posterior cuantificación de esquejes. El proyecto aplicado en campo se ejecutó durante 13 semanas, a partir de la siembra realizada en la semana 38 y finalizando en la semana 51 con las pruebas de vida en florero y mediciones de calidad posteriores a la cosecha.

Las camas empleadas de la variedad Whatsapp® en el proyecto aplicado, tuvieron un ciclo de 12 semanas desde la siembra hasta la cosecha, es decir entre 75- 77 días, y una campana de corte de 10 días.

Figura 8

Cronograma de actividades desarrolladas en el proyecto aplicado



Fuente. Propia

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Resultados

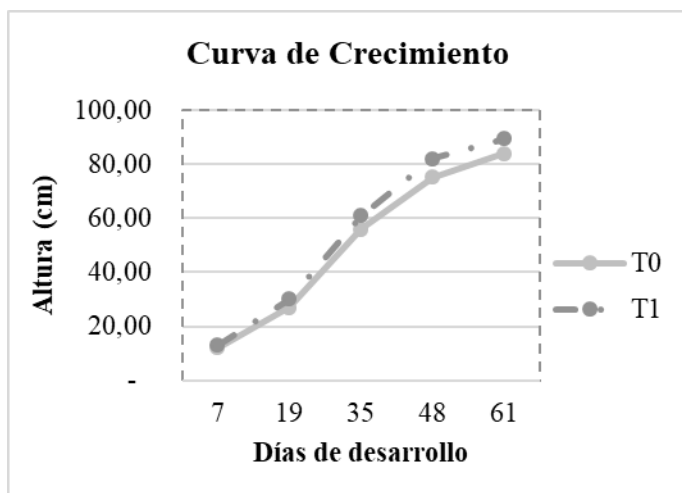
Curva de Crecimiento

Es posible evidenciar una curva de crecimiento con disminución del ratio (cm/días) al finalizar el ciclo en la variedad Whatsapp®, al momento de realizar los análisis después de 5 mediciones, existe una diferencia entre los centímetros que crece la planta en función a su estado fisiológico. (Revisar ciclo fenológico en el marco teórico).

En la tabla a continuación podemos notar que las semanas con mayor ratio crecimiento son entre la 4 y la sexta semana, esto está relacionado directamente con el punto de formación del botón floral, por tanto, podemos evidenciar que cuando la planta envía los nutrientes para el desarrollo del botón después de la sexta semana, existe una disminución en el crecimiento vegetativo.

Figura 9

Curva de crecimiento



Nota. Se muestra en la gráfica la curva de crecimiento representada como T0 testigo y T1 tratamiento *Fuente.* Propia

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Tabla 6

Promedio de altura

Días	T0	T1	Promedio día
7	12,14	13,04	12,59
19	27,09	30,19	28,64
35	55,97	61,10	58,53
48	75,26	82,10	78,68
61	84,13	89,43	86,78
Total general	50,92	55,17	53,05

Nota. Se representa el promedio de altura por día y se describe el testigo como T0 y tratamiento como T1. *Fuente.* Propia

Tabla 7

Altura. Ratio (cm/día).

Semana	Días	T0	Ratio (cm/día)	T1	Ratio (cm/día)	Diferencia
0	0	8,00	-	8,00	-	0%
1	7	12,14	0,59	13,04	0,72	22%
2	19	27,09	1,25	30,18888889	1,43	15%
5	35	55,967	1,80	61,1	1,93	7%
6	48	75,256	1,48	82,10	1,62	9%
8	61	84,133	0,68	89,43	0,56	-17%
Total general		50,92	0,97	55,17333333	1,04	8%

Nota. Se describe el análisis estadístico del ratio (cm/día) para el tratamiento representado T0 y testigo representado T1. *Fuente.* Propia

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Después de un análisis de prueba T suponiendo varianzas iguales para ambos tratamientos, es posible evidenciar un promedio ponderado del tratamiento de 55,17 cm vs un promedio de 50,91cm, encontrando por análisis de prueba T que existe diferencia significativa entre el tratamiento y el testigo con respecto a la variable de altura en un 8%.

Tabla 8

Prueba t variables de crecimiento

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Tratamiento	
	<i>T0</i>	<i>T1</i>
Media	50,9177778	55,1733333
Varianza	784,316164	889,645835
Observaciones	450	450
Varianza agrupada	836,981	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	898	
Estadístico t	-	
	2,20642782	
P(T<=t) una cola	0,01380326	
Valor crítico de t (una cola)	1,64655224	
P(T<=t) dos colas	0,02760652	
Valor crítico de t (dos colas)	1,96260922	

Nota. Análisis estadístico prueba t en las variables de crecimiento, T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Curva de Desarrollo

No es posible realizar la curva de desarrollo y análisis con los datos de diámetro, puesto que se presentan inconvenientes en la toma de los mismos debido a la calibración del equipo y la variación del personal en la medición en campo de los mismos.

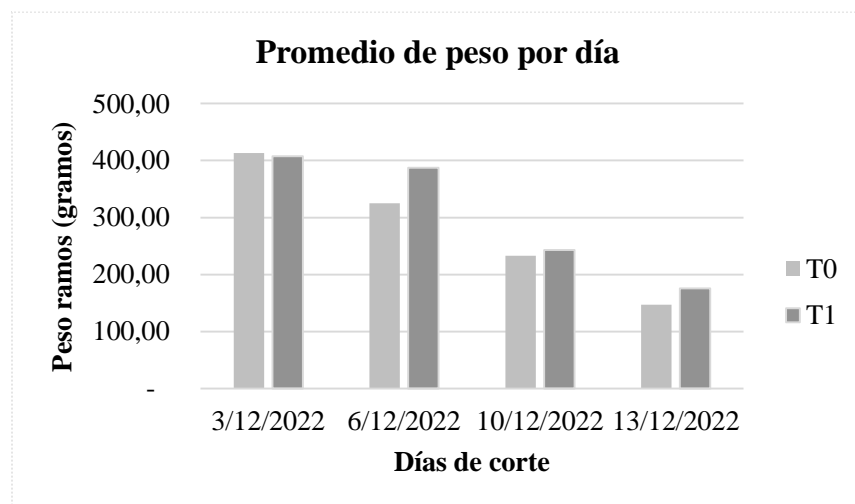
Análisis de Productividad

Pesos

La programación de cortes se realizó durante 4 días exactamente para el testigo y el tratamiento, fue posible evidenciar un desarrollo del botón floral levemente superior en apertura en el testigo antes del primer día de corte, en términos de pesos, después de cada día de corte se supone una disminución por selección del operario en el promedio de pesos de los ramos y esto se puede contrastar con el reflejo de los pesos en la gráfica a continuación.

Figura 10

Gráfica promedio de peso por día



NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

Tabla 9

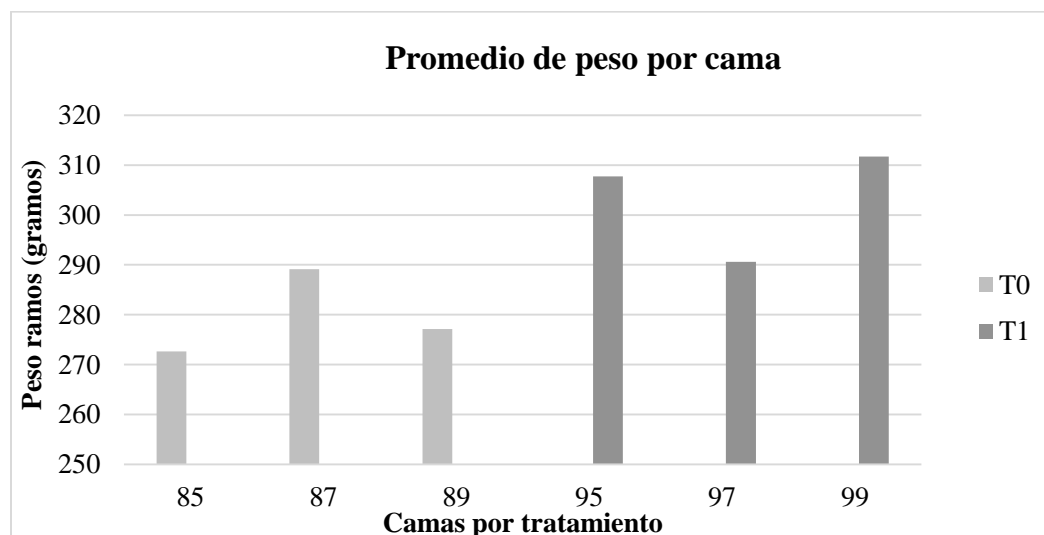
Promedio de peso por día

Días	T0	T1	Total general
3/12/2022	413,17	407,50	410,33
6/12/2022	325,17	387,13	356,15
10/12/2022	233,00	242,93	237,97
13/12/2022	147,20	175,80	161,50
Total general	279,63	303,34	291,49

Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

Figura 11

Gráfica promedio de peso por cama



NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

Tabla 10

Promedio de peso por cama

Número de cama	T0	T1	Total general
85	272,625		272,625
87	289,15		289,15
89	277,125		277,125
95		307,725	307,725
97		290,575	290,575
99		311,725	311,725
Total general	279,6333333	303,3416667	291,4875

Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

En términos de pesos, los productos de nanotecnología mostraron una menor disminución en cuanto a los pesos promedios en cada día de corte, adicionalmente en comparación con el promedio de peso de cada cama, existe una diferencia de 279, 3 gramos por ramo en el testigo vs 303,34 gramos por ramo en el tratamiento.

Tabla 11

Análisis de Varianza de los pesos de los ramos

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO

Análisis de Varianza						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	33725,1042	1	33725,1042	2,74424179	0,09892307	3,88082723
Dentro de los grupos	2924878,86	238	12289,407			
Total	2958603,96	239				

Fuente. Propia

Aprovechamiento

Fueron 4 días de cosecha en los que se cuantificaron en todas las camas, por corte los tallos que cumplían con los parámetros de calidad exigidos por la compañía, en donde se pudo evidenciar mayor aprovechamiento de los tallos cosechados frente a los sembrados en el testigo con un 91,9% versus el tratamiento con un aprovechamiento del 86,9% del promedio en general para ambos tratamientos.

Tabla 12

Tabla con el análisis del aprovechamiento de los tallos de los tratamientos por cama

Cama	Tratamiento	Esquejes sembrados	Tallos cortados	% Aprovechamiento	Aprovechamiento total
85	T0	3332	3110	93,3	
87	T0	2907	2720	93,6	91,9
89	T0	2975	2640	88,7	
95	T1	2890	2690	93,1	
97	T1	3315	2650	79,9	86,9

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

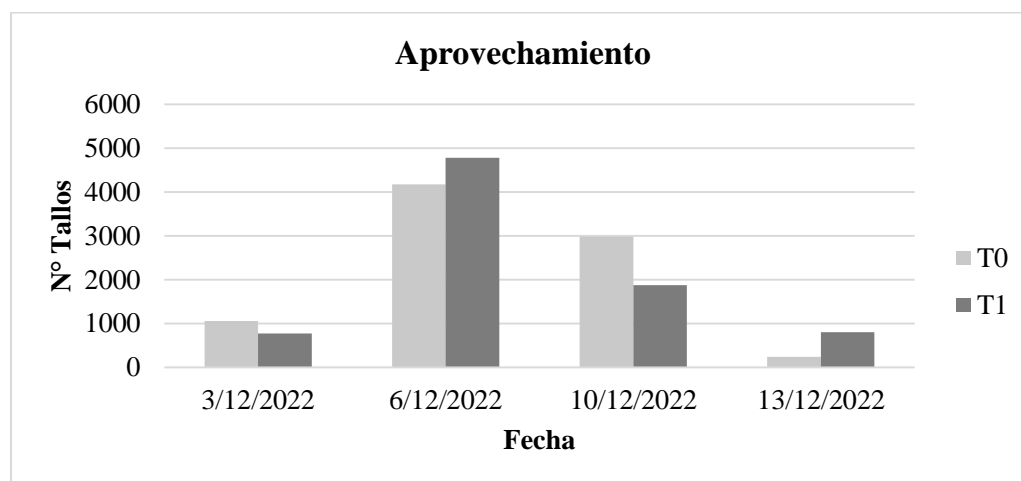
99	T1	3298	2890	87,6
-----------	----	------	------	------

Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

El mayor incremento en el número de tallos cosechados se da en el segundo día de corte, en el tratamiento de 4780 tallos y en el testigo de 4180 tallos y el día de menor cosecha el cuarto día con valores de 800 tallos en el tratamiento y 240 en el testigo. Lo que permite evidenciar un normal comportamiento de la variedad según su campana de corte.

Figura 12

Grafica promedio de aprovechamiento de los tallos por día para cada tratamiento



Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

Razones de Pérdida

En el momento que se realiza el análisis de la cuantificación de las razones de pérdida, se puede observar que la principal razón de pérdida para ambos tratamientos se

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

da por los tallos con pocos puntos florales, siendo para el testigo de 339 y para el tratamiento 322 tallos. En total en ambos tratamientos se tienen un valor de 1060 tallos que no fueron cosechados por no cumplir con los parámetros de calidad, siendo para el tratamiento el valor más alto por razones de pérdida de 631 tallos no cosechados.

Tabla 13

Suma de los tallos según la razón de pérdida

Razones de pérdida	Suma de tallos								
	T0			Total T0	T1			Total T1	Total general
Corto	20	11	9	40	14	29	18	61	101
Daño mecánico	7	8	18	33	15	31	25	71	104
Delgado	2	7	8	17	34	35	108	177	194
Puntos florales	159	76	104	339	102	102	118	322	661
Total general	188	102	139	429	165	197	269	631	1060

Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

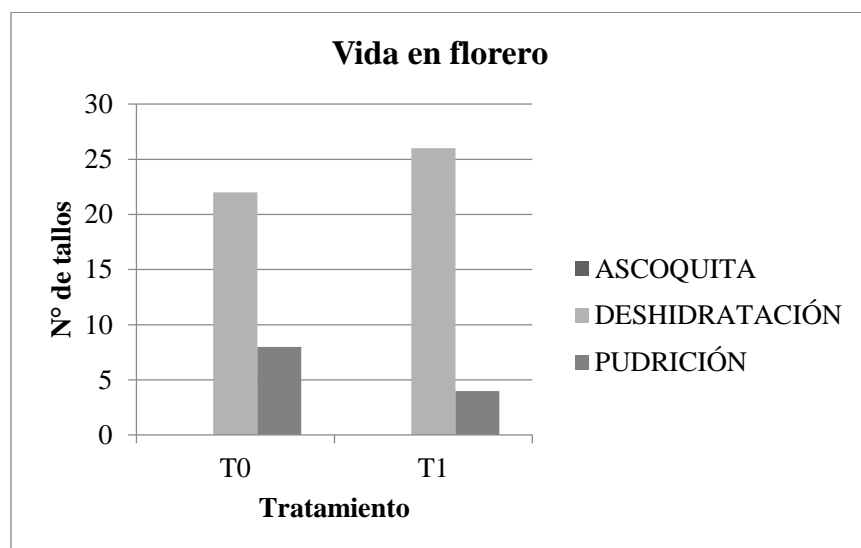
Vida en Florero

Después de realizado el viaje simulado y con los ensayos en vida en florero se puedo evidenciar que la principal perdida de la variedad WhatsApp en el proyecto aplicado se presentó por deshidratación con un 80% y el 20% restante se da por pudrición. No se presentaron perdidas por ascoquita (*Ascochyta chrysanthemi*)

Figura 13

Grafica de los tallos de pérdida en los ensayos de vida en florero

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN
CULTIVO DE CRISANTEMO



Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

Tabla 14

Suma de la pérdida de los tallos en vida florero

Suma de tallos				
Tratamiento	Ascoquita (<i>Ascochyta chrysanthemi</i>)	Deshidratación	Pudrición	Total general
T0	0	22	8	30
T1	0	26	4	30
Total general	0	48	12	60

Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

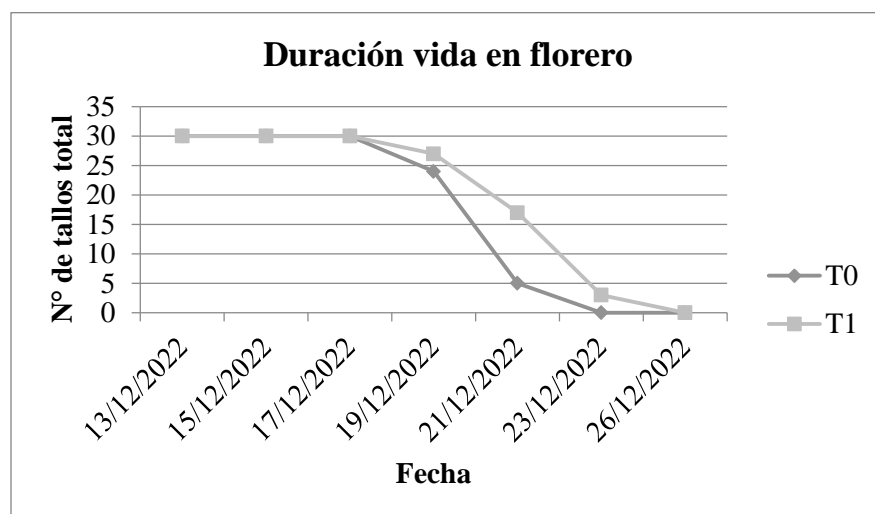
Se evidencio un tiempo de vida en florero para el tratamiento de 14 días y para el testigo de 10 días, es decir que con el tratamiento se incrementó aproximadamente un

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

30% en los días de conservación de la flor frente al testigo lo que favorece la comercialización y conservación del producto para el cliente final.

Figura 14

Grafica vida en florero.



Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

Tabla 15

Descripción de la duración de vida en florero

Suma de N° total de tallos				
Fecha	Día	T0	T1	
13/12/2022	1	30	30	
15/12/2022	3	30	30	
17/12/2022	5	30	30	
19/12/2022	7	24	27	
21/12/2022	9	5	17	

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

23/12/2022	11	0	3
26/12/2022	14	0	0

Nota. T0 es la abreviatura para describir el testigo. T1 es la abreviatura para describir el tratamiento *Fuente.* Propia

Análisis de Costos

Al final del ciclo se tiene un costo de \$1.936.500 en la fertilización del testigo para 25 camas y de \$1.980.568 en la fertilización del tratamiento para 25 camas, teniendo una diferencia entre los tratamientos de \$44.068, es decir, un incremento del 2,2% en la fertilización del tratamiento frente al testigo. Las semanas de aplicación de los bioestimulantes con nanotecnología fueron la semana 3 y 5, con un valor por semana de \$47.409, en el cual también se realizaron aplicaciones de fertilizantes a través de fertirriego con Venturi manual, los costos mecánicos y el manejo fitosanitario para ambos tratamientos son iguales. Los costos en nutrición para producir una cama en el T0 fueron de aproximadamente \$77.460, frente al T1 que fueron de \$79.222, con una diferencia de \$1.762.

Se estima que en Flores de Oriente Canadá los costos de producción por un tallo de crisantemo equivalen a 10 centavos de dólar para el 2022. El valor comercial del crisantemo en los mercados internacionales oscila entre 0,15 hasta 0,20 dólares.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Conclusiones

La variedad whatsapp crece entre 0,9 y 1 cm por día durante su desarrollo hasta la producción.

Existe diferencia significativa en el desarrollo medido en alturas en la variedad whatsapp con el uso de productos de nanotecnología, dicha diferencia en términos de ratio de crecimiento es en promedio un 8%.

Es posible evidenciar un efecto de la nanotecnología en el aumento de masa vegetal del tratamiento en comparación con el testigo, con una diferencia significativa del 8%, adicionalmente podemos concluir que el tratamiento posee una ventana de corte relativamente más corta que el testigo, se propone evaluar con más certeza los días exactos de corte para cuantificar el tiempo exacto de dicha diferencia.

Es posible evidenciar un incremento en los costos de fertilización con el tratamiento del 2,2% frente al testigo.

No es posible realizar un análisis estadístico para el aprovechamiento debido a que se tienen muy pocos datos. Además, se recomienda que los análisis de productividad se hagan con una menor desviación entre los momentos de corte o realizar una evaluación más amplia.

Aumentando la vida útil de la flor se puede llegar a un mercado internacional más distante.

Se puede evidenciar que con la aplicación de los bioestimulantes se aumenta la duración de la flor en mesa frente al manejo realizado en el testigo.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Recomendaciones

Se propone evaluar con mayor precisión en cuanto a la calibración de los equipos y la constancia en el personal que realiza las mediciones del diámetro para tener un análisis más completo del efecto de los bioestimulantes sobre el desarrollo de la variedad Whatsapp.

Se recomienda ampliar la investigación en cuanto a variedades y momento de aplicación, puesto que se puede evidenciar que es un producto que se asimila de forma inmediata posterior a la aplicación lo cual puede variar en el comportamiento de la planta.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Referencias

Abello Jiménez, C. (Noviembre de 2022). *Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas*.

Obtenido de Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas:

<https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4990/Tesis%20de%20grado%20to%20mate%20Cristian%20Abello.pdf?sequence=1>

Cerda, J., Vera, C., & Rada, G. (2012). Odds ratio: aspectos teóricos y prácticos. *Scielo*, 1-7.

Agroviv, s.a. (s.f). *agroviv*®. Obtenido de *agroviv*®: <https://agroviv.tecnoviv.com/nanoviv/#>

Colla, G. (s.f.). *Biostimulant*. Obtenido de Biostimulant:

<https://www.biostimulant.com/es/protein-hydrolysates-as-plant-biostimulants/>

Dekker Chrysanten Colombia. (s.f.). *Dekker Chrysanten* . Obtenido de Dekker Chrysanten :

<https://dekkerchrysanten.com/co/surtido/chrysant/567/whatsapp>

FUTURECO BIOSCIENCE. (4 de Julio de 2022). *FUTURECO BIOSCIENCE*. Obtenido de

<https://www.futurecobioscience.com/bioestimulantes-agricolas/>

Gómez Merido, F., Trejo Téllez, L., Castañeda Castro, O., Ramírez Antonio, J. V., & Lavin

Castañeda, J. (2021). Los bioestimulantes: una potente alternativa para mejorar la producción de caña de azúcar. *ATAM*.

González Fariña, J. (Julio de 2020). *Universidad de La Laguna*. Obtenido de Universidad de La

Laguna:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/29095/E1%20uso%20de%20algas%20marinas%20como%20bioestimulantes.pdf?sequence=1>

Hernández, M. S. (5 de Junio de 2007). *DOKUMEN*. Obtenido de DOKUMEN:

<https://dokumen.tips/documents/ficha-tecnica-crisantemos.html?page=2>

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

ICA, s.a. (12 de Febrero de 2021). *El ICA, soporte para la exportación de flores y ornamentales al mundo para San Valentín*. Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario- ICA:
<https://www.ica.gov.co/noticias/ica-san-valentin-flores-colombia-llegan-100-paises>

Infoagro, s.a. (s.f.). *Infoagro*. Obtenido de Infoagro:

https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_crisantemo.asp

Lira Saldivar, R. H., Méndez Arguello, B., Vera Reyes, L., & De los Santos Villareal, G. (2018).

Agronotecnología: una nueva herramienta para la agricultura moderna. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo.

Morales, C. G. (2017). Capítulo 6. Uso de Bioestimulantes. En A. González, J. Riquelme, A.

France, H. Uribe, P. Robledo, C. G. Morales, . . . C. Becerra, *Manuel agronómico del arándano* (págs. 43-47). Santiago de Chile: Boletín INIA N° 371.

Navarro, J. M. (2021). *Manual de producción de Crisantemo*. Bogotá: Ceniflores.

ORGANIC FERTILIZERS, s.a. (13 de Julio de 2021). *ORGANIC FERTILIZERS*. Obtenido de

ORGANIC FERTILIZERS: <https://www.orgafertperu.com/wp-content/uploads/2021/09/2021-Ficha-Tecnica-Agropower-Fe.pdf>

Osorio, J. (29 de Febrero de 2012). *Superintendencia de Industria y Comercio- SIC*. Obtenido de

Superintendencia de Industria y Comercio- SIC:

https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Denominacion%20de%20Origen/crisantemo_colombia.pdf

Portafolio. (2022). Exportaciones de flor crisantemo reportaron US\$163,5 millones en 2021.

Portafolio.

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Salazar Sierra, C. (13 de Febrero de 2023). Las exportaciones de flores crecieron 19,1% en 2022 y las rosas lideran el segmento. *La República*, pág. 1.

scientific european federation osteopaths, s.a. (s.f). *scientific european federation osteopaths*.

Obtenido de scientific european federation osteopaths: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Prueba-t-de-Student.pdf>

Valverde Lucio, Y., Moreno Quinto, J., Quijije Quiroz, K., Castro Landin, A., Merchán García, W., & Gabriel Ortega, J. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo de café (*Coffea arábica* L). *Selva Andina Research Society*, 18-28.

Villares Guayasamín, D. C. (9 de Marzo de 2018). *ESPE*. Obtenido de ESPE:

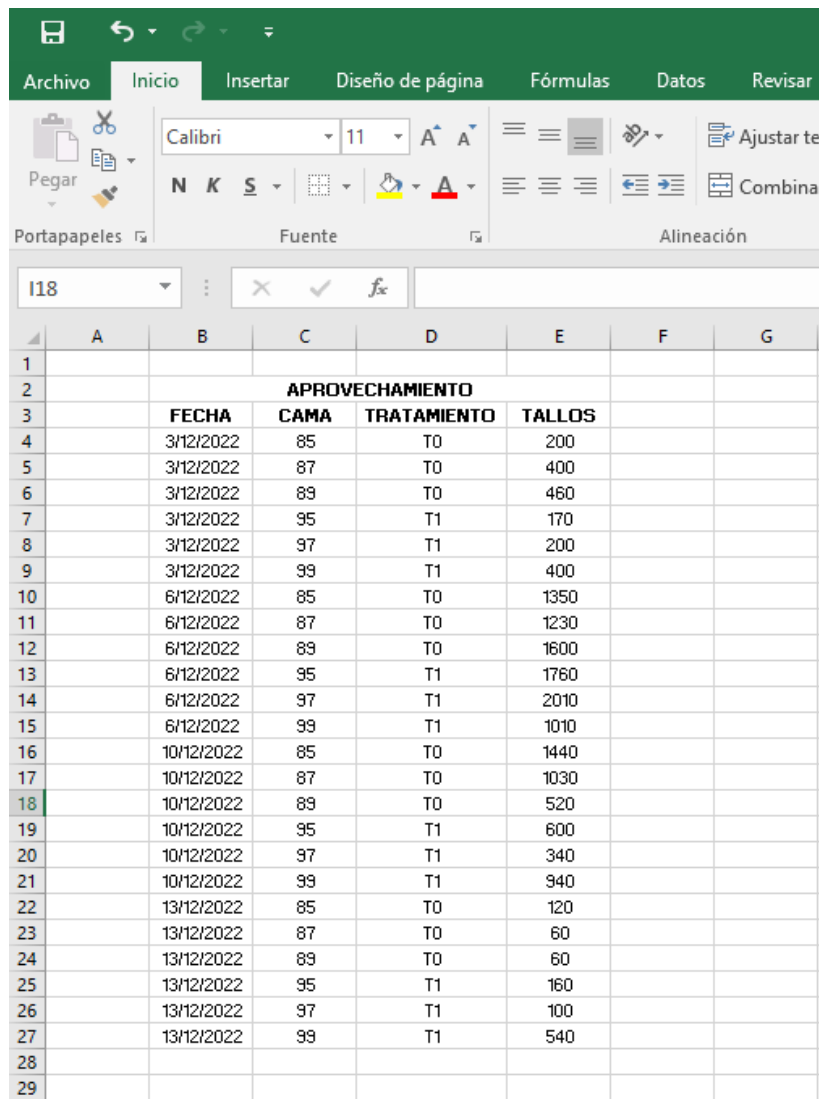
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14248/1/T-IASA%20I-005433.pdf>

NANOTECNOLOGÍA COMO ESTRATEGIA PARA LA BIOESTIMULACIÓN EN CULTIVO DE CRISANTEMO

Apéndices

Apéndice A

Tabulación cálculo de aprovechamiento



	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		APROVECHAMIENTO					
3		FECHA	CAMA	TRATAMIENTO	TALLOS		
4		3/12/2022	85	T0	200		
5		3/12/2022	87	T0	400		
6		3/12/2022	89	T0	460		
7		3/12/2022	95	T1	170		
8		3/12/2022	97	T1	200		
9		3/12/2022	99	T1	400		
10		6/12/2022	85	T0	1350		
11		6/12/2022	87	T0	1230		
12		6/12/2022	89	T0	1600		
13		6/12/2022	95	T1	1760		
14		6/12/2022	97	T1	2010		
15		6/12/2022	99	T1	1010		
16		10/12/2022	85	T0	1440		
17		10/12/2022	87	T0	1030		
18		10/12/2022	89	T0	520		
19		10/12/2022	95	T1	600		
20		10/12/2022	97	T1	340		
21		10/12/2022	99	T1	940		
22		13/12/2022	85	T0	120		
23		13/12/2022	87	T0	60		
24		13/12/2022	89	T0	60		
25		13/12/2022	95	T1	160		
26		13/12/2022	97	T1	100		
27		13/12/2022	99	T1	540		
28							
29							