



**Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera  
Agronomía**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**EMPLEO DE BIOESTIMULANTES FOLIARES EN EL CULTIVO DEL TABACO (*Nicotiana tabacum* L.) BAJO ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO EN EL MUNICIPIO DE CABAIGUÁN.**

**Use of foliar bioestimulants in the cultivation of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) under stress due to wáter deficit in the municipalityof Cabaigan.**

**Autor: Daniel Alejandro González Gómez.  
Tutor: Dr. Marcos Tulio García González**

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez” subordinada a la Dirección de General de Desarrollo 3 de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su publicación bajo la licencia siguiente:

Licencia CreativeCommons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”.

Comandante Manuel Fajardo s/n, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba. CP. 60100

Teléfono: 41-334968

## **Resumen**

En Cuba el tabaco es uno de los cultivos fundamentales para el desarrollo de la economía. En la región central del país el tabaco es afectado por el estrés hídrico a diferentes niveles y es uno de los factores fundamentales que afectan los rendimientos del cultivo. Se realizó experimento bifactorial sobre un suelo Pardo Sialítico Carbonatado donde se investigó el efecto de la aplicación de cuatro bioestimulantes foliares sobre el cultivo del tabaco sometido a cuatro intensidades de déficit hídrico. La respuesta del cultivo ante las diferentes interacciones entre bioestimulantes y déficit hídrico fue evaluada a través de la medición de parámetros morfológicos y fisiológicos. Los resultados indican que el incremento de déficit hídrico provocó disminución en la altura de plantas, variación en la acumulación de biomasa, reducción del área foliar, cambios en las tasa de crecimiento y disminución en la estabilidad de la membrana, sin embargo el uso de bioestimulantes siempre mostró índices de tolerancia a la sequía con respecto al testigo. Con el uso de los bioestimulantes se alcanzaron aumentos del contenido de clorofila B, incrementos en el contenido hídrico de las hojas y mayores índices fisiológicos de crecimiento en todas las situaciones de estrés hídrico.

## 1. INTRODUCCIÓN

El centro de origen del tabaco, según las últimas investigaciones, se encuentra en la cordillera de los Andes, específicamente en la región donde hoy se encuentran Bolivia, Perú y Ecuador. Esta planta fue ampliamente usada con fines religiosos por las civilizaciones andinas, luego su uso se extendió por las tribus amazónicas, las cuales lo llevaron a través del Orinoco hasta llegar a las Antillas y América del Norte. Cuando los exploradores europeos llegaron a América encontraron numerosas poblaciones nativas que hacían un amplio uso de esta aromática hierba nunca antes vista.

Fueron los colonizadores europeos quienes introdujeron el consumo del tabaco en Europa y de ahí se difundió al resto del mundo. Hoy es muy popular su consumo en casi todo el planeta y su cultivo ha ocupado un lugar importante en la economía de varios países.

En Cuba, las condiciones de suelo, clima y tradición han hecho nuestro tabaco único desde 1492. A pesar de que la producción es pequeña, si se compara con otros países, su calidad insustituible hace que ocupe un lugar cimero en la economía cubana, al ser una de las principales fuentes de ingreso (Cedrés *et al.*, 2011).

Los tabacos de los tipos negro son los más importantes en la producción comercial de Cuba. La producción cubana ha oscilado alrededor de las 42 000 toneladas métricas de hoja y se cultiva aproximadamente en unas 60 000 ha, en lugares que poseen un conjunto determinado de condiciones climáticas y de suelo (Torrecilla, 2013).

El tabaco reacciona como pocas plantas cultivadas con gran sensibilidad a todos los factores de crecimiento. El suelo, la nutrición y la disponibilidad de agua tienen dentro de este complejo una influencia fundamental, no solo sobre el desarrollo total en el campo, sino que determinan en forma decisiva la calidad del producto comercial (Gil y Núñez, 2012).

La fecha óptima de plantación del cultivo del tabaco es en la época que va desde el 1ro de noviembre hasta mediados de diciembre. Esta fecha coincide con el inicio del

periodo seco o poco lluvioso del país. Actualmente no se cuenta en Cuba con variedades resistentes a la sequía, por lo que el cultivo del tabaco en Cuba es totalmente dependiente del riego.

Según Delgado (2018), el déficit hídrico en el cultivo del tabaco es hoy una de las principales limitantes para alcanzar altos rendimientos en el cultivo del tabaco. Esto se debe fundamentalmente a la antigüedad de los sistemas de riego que poseen la mayoría de los productores, los altos costos para adquirir los nuevos sistemas de riego, la alta demanda de combustible y el agotamiento de las reservas de agua al final del ciclo del cultivo.

La provincia espirituana se ha visto afectada por la sequía en las últimas campañas tabacaleras, con una consecuente disminución de los rendimientos del cultivo. Todos estos factores hacen que muchos productores tengan sus plantaciones en condiciones de seco, semi-seco o con déficit hídrico en las etapas finales del ciclo del cultivo. Con todo esto se hace evidente la necesidad de buscar alternativas a corto plazo y con una buena relación costo-beneficio para enfrentar los largos períodos de sequía a los que se enfrenta cada año el cultivo del tabaco.

Desde hace años, el uso de bioestimulantes y biorreguladores del crecimiento vegetal, ha jugado un papel crucial en agricultura moderna, ya que ejercen efectos positivos sobre el crecimiento, los rendimientos, la actividad fisiológica de las plantas y la inducción de tolerancia a diferentes tipos de estrés provocados por el cambio climático.

### **Problema científico**

¿Qué influencia podría tener el uso de los bioestimulantes foliares FitoMas - E, Quitomax y Microorganismos Eficientes en la mitigación a estrés por sequía en el cultivo del tabaco en el municipio de Cabaiguán?

### **Hipótesis**

A partir del uso de los bioestimulantes foliares FitoMas - E, Quitomax y Microorganismos Eficientes en el tabaco, se podrá mitigar el estrés por sequía en el municipio de Cabaiguán.

## **Objetivo**

Determinar los parámetros morfológicos y fisiológicos del cultivo del tabaco bajo el efecto de FitoMas - E, Quitomax y Microorganismos Eficientes plantado ante diferentes intensidades de déficit hídrico.

## **Objetivos Específicos**

- Determinar la respuesta fisiológica del cultivo ante diferentes intensidades de déficit hídrico.
- Determinar el efecto de los bioestimulantes Fitomas-E, Quitomax y Microorganismos Eficientes en la inducción a tolerancia de estrés por déficit hídrico en el cultivo del tabaco.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1- Generalidades**

El tabaco de cultivo proviene de un cruzamiento natural de dos especies silvestres, o sea, *Nicotiana sylvestris* Spegazzini y *Nicotiana tomentosa* Ruiz y Pavón o de *Nicotiana tomentosiformis* Goodspeed. En su crecimiento normal como planta anual, el tabaco es potencialmente un vegetal perenne, leñoso y parecido a un arbusto. Bajo las condiciones de cultivo en Cuba, la planta puede alcanzar de uno a dos metros de altura y tiene entre 15 y 25 hojas cosechables; las cuales se clasifican de abajo hacia arriba en primordiales, libre pie, centro, corona y florales (Cedrés *et al.*, 2011).

#### **2.1.1- Botánica del cultivo del tabaco**

##### **-Taxonomía (ITIS, 2019)**

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Nicotiana*

Especie: *Nicotiana tabacum* L.

##### **-Raíz**

Es un sistema radicular pivotante, muy fibroso, con una cabellera formada por raíces secundarias y terciarias. La mayor parte de las raíces se concentra entre los 30 y 50 cm, ofreciendo un anclaje muy precario (Gil y Núñez, 2012).

##### **-Tallo**

Posee un único tallo, cilíndrico cónico y semileñoso, con nudos y entrenudos. Las variedades comerciales cultivadas en Cuba alcanzan entre 160 cm y 185 cm, aunque en el banco de germoplasma, se encuentran variedades que llegan hasta más de 300 cm, como la variedad Habana Gigante (Torrecilla *et al.*, 2001).

### **-Hoja**

Puede presentar entre 15 y 25 hojas cosechables. Son alternas, grandes y en general dos veces más largas que anchas. Por su forma pueden ser ovaladas, lanceoladas, acorazonadas, ancho ovaladas y elipsoidales (Gil y Núñez, 2012).

### **-Inflorescencia**

El tabaco posee una inflorescencia en forma de racimo terminal que puede llegar a tener más de 150 flores. La corola es pentámera, gamopétala e infundibuliforme. Generalmente los pétalos son de color rosado, aunque en algunos casos pueden ir del blanco al rojo.

La flor presenta un androceo formado por cinco estambres libres, adheridos al tubo de la corola con anteras ovaladas en el extremo de estos, pero por lo menos algunos de ellos se encuentran a la altura del estigma. El gineceo está constituido por un estigma bilobulado, un largo estilo y un ovario súpero, bicarpelar, con numerosos rudimentos seminales (Espino y Espino, 2012).

### **-Fruto**

El fruto del tabaco es una cápsula bilobulada con cáliz persistente, la cual es portadora de 2 000 a 4 000 semillas, por lo que una planta de tabaco puede producir 1 000 000-5 000 000 de semillas (Gil y Núñez, 2012).

### **-Semilla**

Son reniformes, de color carmelita, superficie rugosa, higroscópicas y de larga vida si se almacenan en adecuadas condiciones (lugar frío y seco). El diámetro de estas pequeñas semillas es entre 350 y 630 micras aproximadamente (Gil y Núñez, 2012).

### **2.1.2- Exigencias ecológicas (Marí y Hondal, 1984)**

El tabaco es una de las especies más susceptibles a la influencia de los diversos factores que integran el medio en que se desarrolla, no solo en lo que concierne a su producción unitaria, sino también en cuanto a su calidad.

### **-Temperatura**

La temperatura óptima para esta planta varía entre los 18 y 28°C. Una temperatura relativamente elevada dentro de estos límites, a la vez que favorece la germinación y el desarrollo de la planta hasta alcanzar su floración, estimula, asimismo, la absorción de los elementos nutritivos del suelo y las demás funciones fisiológicas del vegetal.

### **-Precipitaciones**

El tabaco tolera bien la época de seca, si esta no es muy prolongada, ya que su desarrollo se afecta a medida que escasea la humedad; la cual tampoco debe ser excesiva, pues puede provocar la muerte de la planta por asfixia en los casos extremos.

### **-Humedad relativa**

El tabaco tiene un buen desarrollo y buena calidad en la hoja cuando la humedad relativa es aproximadamente del 70%. A medida que la humedad relativa disminuye, se incrementan tanto la evaporación del agua del suelo como la transpiración foliácea de la planta, disminuyen las reservas contenidas en este, aumenta el movimiento de la savia, y por consiguiente, el desarrollo vascular y la lignificación.

### **-Luz.**

El tabaco cultivado bajo la acción de una luz intensa, y por consiguiente rico en clorofila, es de hoja reducida y contiene gran cantidad de materia nitrogenada y muchas gomas y resinas. Después de su curación toma un color oscuro y resulta muy fuerte, por lo cual no es apetecible.

Los cultivos realizados bajo tela, al librar a las plantaciones de la acción directa de los rayos solares, se obtienen hojas de mayor tamaño, de tejido más fino y con escasez de venas.

También el Sol influye, al producir una reacción fisiológica en el tabaco, por lo que la planta elabora más nicotina.

### **-Suelo**

Como todas las plantas, el rendimiento del tabaco depende directamente de la fertilidad del suelo. Pero aún más importante que el rendimiento es su calidad y, sobre todo, la textura de la hoja. Una manipulación deficiente puede afectar sus características, pero la potencialidad de producción de un tabaco de buena textura queda determinada en el terreno (Akehurst, 1973).

Los tipos de suelo están considerados en todas partes en relación con los tipos de tabaco para los que resultan más apropiados (Akehurst, 1973). Los tabacos negros requieren suelos de buena textura, profundos y de buen drenaje, el tabaco Virginia requiere suelos que sean arenosos, donde se producen hojas con bajos contenidos de nitrógeno, además que presenten buen drenaje y fertilidad de media a alta; y el tabaco Burley requiere suelos de fertilidad media a alta y con buen drenaje (Gil y Núñez, 2012)

### **2.1.3- Fitotecnia del tabaco negro al sol**

En la región central del país los suelos típicos para el cultivo del tabaco son los arcillosos que comprenden los suelos Pardo Sialítico Carbonatado, Pardo Sialítico no Carbonatado y los Pardos Grisáceos (Hernández *et al.*, 2015).

#### **Plantación** (Espino *et al.*, 2012)

Se realizará desde la segunda quincena de octubre y hasta el 31 de diciembre, de forma manual en un marco de plantación de 90 x 35 cm.

#### ***Retrasplante***

Si la plantación es “a la mano”, el replante se realiza a los seis o siete días posterior a la misma. En caso de plantar “al dedo” a los tres o cuatro días del trasplante se hará un replante con posturas directas del semillero o de cepellón y de ser necesario se realizará un segundo retrasplante a los ocho o diez días del trasplante.

#### **Fertilización**

Producto de la degradación de los suelos tabacaleros y de su baja fertilidad, es necesario realizar aplicaciones de fertilizantes que satisfagan estas necesidades.

Por lo general para el tabaco cultivado al sol en palo en las provincias centrales del país se usa la norma de fórmula completa NPKMg 750 Kg·ha<sup>-1</sup> de la relación 14-6-16-3 para

el principal y 40 Kg·ha<sup>-1</sup> de nitrato relación 16-0-0 para la capadura (Trémols y Monzón, 2016).

### **Tape de palito**

Se realizará a los 12 o 15 días después del trasplante. Esta actividad se debe ejecutar con guataca. Puede eliminarse la vegetación de la calle utilizando cultivadora de tracción animal o mecanizada (Espino *et al.*, 2012).

### **Aporque**

Realizarlo entre 25 y 30 días de la plantación, puede ser de forma mecanizada o emplearse la tracción animal (Espino *et al.*, 2012).

### **Riego**

De forma general, después del riego de arraigue, suelen aplicarse de 4 a 6 riegos. Desde el riego de arraigue hasta el siguiente, deben dejarse pasar unos 15 a 20 días. El riego por aspersion mejora el aprovechamiento del agua y forma unas hojas de tejido más fino y con menos proporción de venas que las regadas por surcos (InfoAgro, 2018).

### **Quitar paticas**

Entre los 25 y 30 días después de plantado, eliminar brotes de yemas en las axilas de las hojas inferiores, pues no deben pasar de los cinco centímetros de longitud (Espino *et al.*, 2012).

### **Desbotone**

Se realizará a la caja entre los 35-42 días del trasplante, en dos o tres pases. Esta técnica consiste en eliminar la yema terminal cuando esta permanece aún dentro del pequeño capullo (Espino *et al.*, 2012).

### **Deshije**

Consiste en eliminar los brotes axilares que se desarrollen posteriores al desbotonado. Debe realizarse cuando estos alcancen un tamaño máximo de cinco centímetros (Espino *et al.*, 2011).

### **Recolección** (Espino *et al.*, 2012).

El momento en que se debe realizar el corte o recolección de las hojas depende principalmente de las condiciones climatológicas que hayan prevalecido durante el desarrollo de la planta, de la altura del desbotonado y del tabaco que se desee cosechar (Tabla 1).

La cosecha del tabaco al sol en palo se inicia con la recolección y ensarte de las dos o tres hojas del tercio inferior de la planta, de 45 a 50 días posterior al trasplante, lo cual contribuye a evitar pérdidas en el rendimiento y la calidad, así como la presencia de enfermedades.

**Tabla 1. Momento de recolección por variedad** (Espino *et al.*, 2012).

Variedad	Libre de pie	Corte de principal	Capadura	
			1er Corte	2do Corte
H-2000	42-45	65-70	38-40	60-63
H-92	42-45	58-62	38-43	60-63
SS-96	42-45	65-70	35-38	60-63
Criollo 98	42-45	65-70	36-38	60-63
Criollo 99	42-45	65-70	38-40	60-63
SS-2006	42-45	65-70	38-40	63-65

#### **2.1.4- Plagas que afectan el cultivo del tabaco** (Universidad Agrícola, 2017)

Para las plantas de tabaco, se han informado alrededor de cuarenta especies de insectos que las atacan con diferentes niveles de intensidad en las zonas agroproductivas. Las plagas más significativas en este cultivo son:

- Cogollero del tabaco (*Heliothis virescens*)
- Pasador del tabaco (*Heteroderes laurentii*)
- Primavera del tabaco (*Manduca sexta*)
- Áfidos (*Myzus persicae* y *Myzus nicotianae*)
- Damping off (*Pythium aphanidermatum*)
- Moho azul (*Peronospora tabacina* Adam)
- Pata prieta (*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* Breda de Haan Tucker)
- *Fusarium oxysporum* (Schlecht)
- Falso Orobanche
- Virus del mosaico del tabaco (VMT)
- *Orobanche ramosa* L.

#### **2.1.5- Variedades**

La variedad de tabaco negro que se cultiva en mayor cuantía al Sol en palo actualmente en nuestro país es la variedad Sancti Spíritus 2006.

#### **Sancti Spíritus 2006**

Fue obtenida como resultado de un programa de mejoramiento genético realizado en la Unidad Científica Tecnológica de Base Estación Experimental Cabaiguán. Se registró como variedad comercial en el año 2015 en la Lista Oficial de Variedades, aprobada por el Ministerio de la Agricultura. Esta variedad presenta pocos brotes axilares. Produce altos rendimientos en principal, capaduras y en clases. Presenta resistencia al hongo *Phytophthora nicotianae* (Espino y Espino, 2012).

#### **2.2- Bioestimulantes**

Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia (García, 2017).

## **Fitomás-E**

Cuando existe una disminución en la actividad radicular durante el estado reproductivo (floración y fructificación), la absorción de nutrientes disminuye, por lo tanto las aplicaciones foliares compensan ampliamente esta disminución de nutrientes en la planta. Las plantas fabrican las proteínas que ellas necesitan, sintetizándolas a partir de aminoácidos, los cuales, a su vez, son producidos a partir de un muy complejo proceso bioquímico partiendo de cuatro elementos básicos: nitrógeno, carbono, oxígeno e hidrógeno. Este proceso consume energía bioquímica y biológicamente. FitoMas-E da a la planta los aminoácidos y péptidos ya formados que necesita, ahorrando energía de procesos biológicos (Yumar y Capote, 2014).

Además FitoMás-E es un producto antiestrés con sustancias naturales propias del metabolismo vegetal, que estimula y vigoriza prácticamente cualquier cultivo, desde la germinación hasta la fructificación. También disminuye los daños por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades, plagas, ciclones, granizadas, podas y trasplantes. Frecuentemente reduce el ciclo del cultivo, potencia la acción de los fertilizantes, agroquímicos y bioproductos propios de la agricultura ecológica lo que a menudo permite reducir entre el 30 % y el 50 % de las dosis recomendadas (Calero *et al.*, 2019).

## **Quitosana**

La Quitosana es un polímero ecológico y ecológico con aplicaciones multipropósito en diversos campos como agricultura, cosmetología, alimentación, papel, farmacia y textil industrias y un potente agente para la eliminación de contaminantes tóxicos. Puede ser utilizado en sistemas de producción de plantas como un solo compuesto o combinado con otros polímeros y elementos. Se considera uno de los biopolímeros naturales más abundantes. Se deriva de la quitina y su estructura consta de dos subunidades, a saber, D-glucosamina y N-acetil-D-glucosamina, conectados entre sí con enlaces 1,4-glicosídicos. Su capacidad para unirse a otros compuestos permite la entrega de nutrientes, pesticidas y biomoléculas en sistemas vegetales. Las actividades beneficiosas de la quitosana se asocian principalmente con un aumento de la actividad fotosintética, tolerancia a estresores abióticos como la sequía, la salinidad y las

temperaturas extremas, así como con el aumento de la actividad de las enzimas antioxidantes y la expresión de genes defensivos (Shahrajabian *et al.*, 2021).

La actividad antioxidante de la Quitosana se produce a través de varios mecanismos, de modo que actúa como un eliminador de especies reactivas de oxígeno, provoca resistencia de la planta al estrés oxidativo y estimula el crecimiento, mejora los rasgos fisiológicos de las plantas y aumenta sus propiedades útiles aumentando los pigmentos fotosintéticos (Poorghadir *et al.*, 2020).

### **Microorganismos Eficientes**

El interés en el uso de EM en prácticas agrícolas ha aumentado significativamente en los últimos años, tanto en la promoción del crecimiento vegetal como en el control biológico de plagas y enfermedades de las plantas, entre otras aplicaciones, constituyen potenciales sustitutos de productos químicos, por lo que pueden favorecer la preservación del medio ambiente (Domenico, 2019).

Los microorganismos eficientes son seres muy pequeños (hongos y bacterias) que viven de forma natural en suelos y plantas fértiles. Los cultivos de microorganismos eficientes están formados por diferentes grupos de microorganismos que se encuentran en el suelo, a saber, bacterias, levaduras, bacterias fotoautótrofas, hongos fermentadores y actinomicetos. Estos grupos de microorganismos ayudan a fijar nitrógeno atmosférico en la rizósfera, solubilizan el fósforo del suelo, descomponen la materia orgánica haciéndola asimilable por las plantas, combaten patógenos, y además producen metabolitos que favorecen el crecimiento de las plantas, estas sustancias son aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, así como una gran variedad de vitaminas y hormonas (Fierer, 2017; de Araujo Ávila *et al.*, 2021).

Tienen efectos sobre la tolerancia a factores estresantes. Existen varias especies de *Pseudomonas* que al colonizar las raíces de las plantas o el interior del tejido pueden aliviar los efectos del estrés ambiental en la planta al ayudar a la adquisición de nutrientes por la planta, a modular los niveles de hormonas de la planta, inducir la acumulación de osmolitos y antioxidantes, también permiten regular o disminuir la expresión de los genes relacionados con el crecimiento de las plantas (Tanya y Leiva-Mora, 2019).

Es conocido el efecto positivo que tiene la aplicación de ME sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la mejora en la nutrición debido a una mejora en la adquisición de nutrientes. Es sabido que existen varios microorganismos que son responsables de la solubilización de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el  $N_2$  atmosférico convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas. Asimismo, el incremento en profundidad y superficie del sistema radical permite una mejor adquisición del agua (Aung *et al.*, 2018).

Los microorganismos efectivos contribuyen al enriquecimiento del suelo al armonizar y diversificar los microorganismos nativos. Esto hace que el suelo sea saludable y da como resultado un buen crecimiento de las plantas, se reduce la presión de las plagas y se obtienen cultivos de alta calidad. Este grupo de bacterias es completamente seguro para los seres humanos, las plantas, los animales y el suelo, ya que se deriva de materias naturales y orgánicas. El uso en la agricultura se extiende enorme y ampliamente en diversas actividades que incluyen la siembra, la fertilización, el compostaje y el saneamiento. Las diferentes especies de organismos en los microorganismos efectivos se complementan entre sí y están en una relación mutuamente beneficiosa con las raíces de las plantas en el ecosistema del suelo (Joshi *et al.*, 2019)

Con la aplicación de microorganismos benéficos el suelo retiene más agua, lo que implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos; dicha mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua (Tanya y Leiva-Mora, 2019).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1- Lugar donde se realizó el experimento.**

La investigación se realizó en la CCS Ramón Balboa en el poblado de Tres Palmas, municipio de Cabaiguán, provincia de Sancti Spiritus. La situación geográfica del ecosistema en estudio, corresponde con el cinturón climático tropical, al igual que todo el archipiélago y pertenece a la subregión climática Caribe-Occidental, con vientos estacionales en calma e influencia de la continentalidad.

El diseño metodológico de la investigación se estructuró en fases que dieron salida cronológicamente y de manera sistémica al objetivo del estudio, empleándose los tres métodos fundamentales de investigación en la biología aplicada:

- La observación.
- La medición.
- El experimento.

#### **3.2- Descripción del experimento**

El experimento se llevó a cabo en la época poco lluviosa, en el período del 16 de diciembre del 2019 al 27 de febrero de 2020; se plantó la variedad Sancti Spíritus 2006 ya que según Pérez (2019) ha sido la variedad que mejores resultados ha alcanzado en diferentes estudios en condiciones de secano en la zona tabacalera del centro del país. La plantación se realizó en un suelo Pardo Sialítico Carbonatado (Hernández *et al.*, 2015). La fertilización fue con formula completa NPKMg (14-6-16-3) a una dosis de 750 kg·ha<sup>-1</sup> y el fraccionamiento del fertilizante fue 40% aplicado durante el trasplante y 60% a los 20 días antes del aporque según las recomendaciones de Monzón *et al.*, (2011).

Las demás labores se realizaron según las normas del Instructivo Técnico del Tabaco (Espino *et al.*, 2012).

Se desarrolló un experimento con un diseño experimental de dos factores en parcelas divididas (Figura 1). Las parcelas principales fueron las diferentes normas totales de riego (Tabla 3) y las subparcelas fueron los tratamientos con los bioestimulantes Fitomás-E (F-E), Quitomax (Q) y Microorganismos Eficientes (ME), más el testigo (T).

En cada parcela principal se realizaron cuatro réplicas. La superficie de los bloques fue de 40 m<sup>2</sup>. La distancia entre bloques fue de un metro y de 10 m entre parcelas.

**Tabla 2. Norma total neta de riego**

Tratamientos	Norma Total Neta de Riego (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Volumen de riego con respecto a la Norma total establecida para el cultivo (%)
1	1800*	100%
2	1350	75%
3	900	50%
4	450	25%

\* Norma Total Neta de Riego establecida para el cultivo del tabaco al sol en la provincia de Sancti Spiritus (INRH, 2016).

**Tabla 3. Bioestimulantes, dosis y momento de aplicación.**

Tratamientos	Dosis	Momento de aplicación
Fitomás-E	1 l·ha <sup>-1</sup>	A partir de la primera quincena, cada 15 días
Quitomax	0.5 l·ha <sup>-1</sup>	A partir del trasplante, cada 15 días
ME	25 l·ha <sup>-1</sup>	A partir del trasplante, con una frecuencia semanal

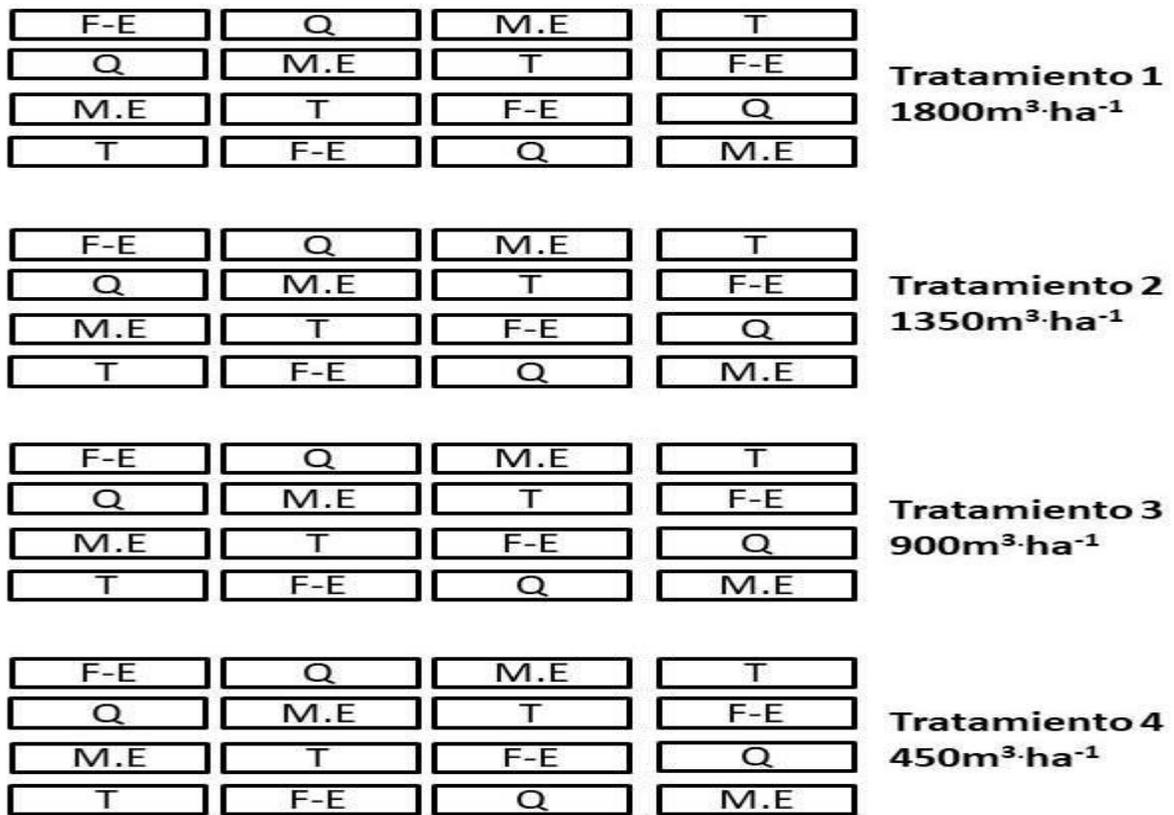


Figura 1. Diseño experimental

### 3.3- Determinación de las variables morfológicas del cultivo del tabaco en las diferentes variantes en estudio

Los muestreos se realizaron al final de cada etapa fenológica del cultivo para todos los tratamientos en estudio; en las variables que se les suministró riego, la toma de muestras se realizó antes de efectuarse el riego.

#### Altura de las plantas

Se midió desde la base del tallo hasta la yema apical con una regla milimetrada.

#### Área foliar

El Área Foliar (AF) se determinó por el método del factor, este método se basa en la medición de la longitud y ancho del limbo de la hoja y la relación matemática entre el área real y el producto del largo por ancho de dicha hoja. Se requiere conocer o determinar el coeficiente de área foliar para poder usarlo.

$$At = \Sigma (l a) f$$

$$f = \frac{Ah}{l.a}$$

**Ah:** Área de la hoja

**l:** Largo del limbo de la hoja

**a:** Ancho del limbo de la hoja en la zona más ancha ( centro)

**f:** Coeficiente de área foliar (factor)

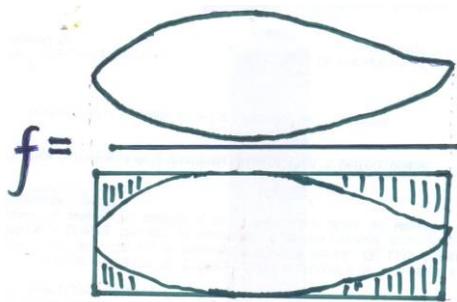


Figura 1. Coeficiente de Área Foliar.

### Masa seca y masa seca de la hoja

La masa seca se determinó empleándose para ello una estufa a 65 °C, durante 72 horas, procediéndose después al pesaje de las muestras hasta que estas presentaron una masa estable.

### 3.4- Determinación de los índices de crecimiento del cultivo del tabaco en las diferentes variantes en estudio

Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos del Índice de Área Foliar, Área foliar específica, Tasa de Expansión foliar, la Relación de Área Foliar, la Tasa de Asimilación Neta, la Tasa de Crecimiento Relativo, la Tasa Absoluta de Crecimiento, Contenido relativo de Agua, Capacidad de retención de agua .

**Índice Área Foliar (IAF).** Expresa la relación entre el área foliar y el área de terreno que ocupa la planta.

$$IAF = \frac{AreaFoliar}{AreaSuelo}$$

**Tasa de expansión foliar (TEF).** La tasa de expansión foliar ( $\text{mm}^2/\text{°Cd}$ ) es la cantidad de área foliar generada ( $\text{mm}^2$ ) que genera la planta en función de cada unidad de tiempo térmico ( $\text{°Cd}$ ).

$$Tasa\ de\ expansión\left(\frac{\text{mm}^2}{\text{°Cd}}\right) = \frac{(\text{Área foliar final} - \text{Área foliar inicial})}{\text{°Cd transcurridos entre mediciones}}$$

**Relación o razón de Área Foliar (RAF).** Expresa la proporción de superficie de hojas de la planta por unidad de masa presente en un momento dado.

$$RAF = \frac{1}{2} \left( \frac{A1}{P1} + \frac{A2}{P2} \right)$$

**A1:** Área foliar de la planta ( $\text{cm}^2$ ) a los 40 días posteriores al trasplante

**A2:** Área foliar de la planta ( $\text{cm}^2$ ) a los 60 días posteriores al trasplante

**P1:** Masa seca de la planta (g) a los 40 días posteriores al trasplante

**P2:** Masa seca de la planta (g) a los 60 días posteriores al trasplante

**Tasa de Asimilación Neta (TAN).** Es la producción de materia seca elaborada por la planta, determinada fundamentalmente por el balance entre la fotosíntesis y la respiración. Se calculó mediante la fórmula:

$$TAN = \frac{P2 - P1}{A2 - A1} \bullet \frac{\ln A2 - \ln A1}{t2 - t1} = \text{g dm}^{-2} \text{d}^{-1}$$

**P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 40 días posteriores al trasplante

**P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 60 días posteriores al trasplante

**A1:** Área Foliar ( $\text{cm}^2$ ) a los 40 días posteriores al trasplante

**A2:** Área Foliar (cm<sup>2</sup>) a los 60 días posteriores al trasplante

**t1:** 40 días de sembrado

**t2:** 60 días de sembrado

**Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).** Expresa cantidad de masa seca producida por unidad de masa seca presente por unidad de tiempo. Se calculó mediante la fórmula:

$$TCR = \frac{2(P2 - P1)}{(P2 + P1)(t2 - t1)}$$

**P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 40 días posteriores al trasplante

**P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 60 días posteriores al trasplante

**t1:** 40 días de sembrado

**t2:** 60 días de sembrado

**Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC).** Expresa cantidad de masa seca producida por unidad de tiempo. Es la pendiente de la curva sigmoideal del crecimiento en el tiempo. Se calculó mediante la fórmula:

$$TAC = \frac{P2 - P1}{t2 - t1}$$

**P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 40 días posteriores al trasplante

**P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 60 días posteriores al trasplante

**t1:** 40 días de sembrado

**t2:** 60 días de sembrado

**Contenido Relativo de Agua (CRA).** El contenido relativo de agua es un indicador del estado hídrico de una hoja.

$$\text{Contenido Relativo de Agua (\%)} = \frac{(\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}) * 100}{(\text{Peso a saturación} - \text{Peso seco})}$$

**Índice de estabilidad de la membrana (IEM):** La estabilidad de la membrana fue estimada tomando 200mg de hojas frescas en dos sets de tubos de ensayo que contenían 10cm<sup>2</sup> de agua desionizada, el primer set fue calentado a 40 °C por 30 minutos en baño caliente y la conductividad eléctrica fue medida y registrada (C1) al finalizar el tiempo indicado. El segundo set fue calentado en autoclave a 100 °C durante 10 minutos y al cabo de este tiempo la conductividad eléctrica fue medida (C2). La estabilidad de la membrana fue calculada mediante la fórmula:

$$IEM = \left[ 1 - \left( \frac{C1}{C2} \right) \right] 100$$

**Clorofilas A y B:** Se cortaron discos de las hojas con un peso fresco de 0.10g, luego se trituraron en un mortero junto con polvo de vidrio, se le agregó 5 ml o en un primer momento de Alcohol metílico al 90%, esta mezcla se agregó en un tubo falcon de 10 ml, se realizó el enjuague en el mortero con los otros 5 ml de alcohol y se agregó a el tubo falcon, luego se cubrieron con papel aluminio y se colocaron a la sombra durante dos minutos. Después fueron puestos en una centrifuga durante 15 minutos a una velocidad de 3000 rpm.

Luego se analizó en el espectrofotómetro en las longitudes de ondas correspondientes con cada elemento (663 y 646). Luego se tomaron los valores de Ab y se sustituyeron en las ecuaciones:

$$\text{Chla (mg/ml)} = 12.25 * Ab_{663} - 2.79 * Ab_{646}$$

$$\text{Chlb (mg/ml)} = 21.50 * Ab_{646} - 5.10 * Ab_{663}$$

## **2.5. Análisis estadístico**

Se realizará un análisis de ANOVA de clasificación simple a las variables determinadas y las medias se compararon por la prueba de rango múltiple de Tukey para  $p \leq 0,05$ , previa comprobación de normalidad (Kolmogórov Smirnov) y homogeneidad (Levene).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Altura de la planta

Se puede observar que a los 30 ddt las plantas tratadas la primera dosis de riego y sus interacciones con los diferentes bioestimulantes presentaron una altura superior a los demás tratamientos con una media de 18,03cm. Fitomás-E fue el bioestimulante que mayor influencia tuvo superando en 36,8% y 29,5% de altura al testigo de las normas de riego 2 y 3 respectivamente (Tabla 4).

**Tabla 4. Altura de las plantas a los 30 ddt**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego	Altura de la planta (cm)					
	Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico
1	18,4ABC	14,5BCDE	20,4A	18,8AB	18,03a	
2	18,2ABC	16,8ABCD	12,6DE	13,3DE	15,23b	
3	18,4ABC	15,1BCDE	12,5DE	14,2CDE	15,05b	
4	12,8DE	11,7E	11,2E	11,7E	11,85c	
Media de bioestimulantes	16,95a	14,53b	14,5b	14,18b		0,64
Error Típico			0,36		0,64	
CV (%)						23,8

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las normas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Por su parte las interacciones entre Microorganismos Eficientes y las dosis de riego 2, 3 y 4 presentaron las menores alturas de su rango mostrándose entre 4 y 13,6% más bajas que el testigo.

A los 65 ddt, la mayor altura la alcanzaron las interacciones entre los tratamientos M.E y Quitomax bajo la mayor dosis de riego, superando a los demás tratamientos en más de 7 cm de altura (Tabla 5).

**Tabla 5. Atura de las plantas a los 65 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego	Altura de la planta (cm)					
Medias de las interacciones					Media de Riego	Error Típico
1	49,62CDEF	65,10AB	75,7A	58BC	62,11a	
2	47,81CDEF	51,00CDEF	55,70BCDE	46,70CDEF	50,30b	
3	53,60BCDEF	56,30BCD	58,20BC	49,50CDEF	54,40b	
4	43,70DEF	42,20F	42,70EF	21,36G	37,49c	
Media de bioestimulantes	48,68bc	53,65ab	58,07a	43,89c		2,8
Error Típico			1,49		2,8	
CV (%)						28,56

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Estos bioestimulantes presentaron los mayores valores en todas las interacciones con las diferentes dosis de riego, lo que significa que lograron inducir un incremento en la distancia entre nudos de las plantas ya que estas se desbotonaron a 14 hojas de manera uniforme. Calero *et al.* (2019), en una investigación donde evaluó el comportamiento agrícola de la misma variedad de tabaco bajo la influencia de Microorganismos Eficientes y Biobrás-16 obtuvo también incrementos de la altura de las plantas y las distancias entre nudos. Este incremento es positivo para las variedades que se cosechan con la tecnología de corte a cuchilla ya que existe un índice inversamente proporcional en la relación distancia entre nudos y daño mecánico.

### Área Foliar

A los 30ddt los tratamientos que mayor incidencia tuvieron sobre el área foliar fueron la primera y segunda dosis de riego. El bioestimulante FitoMás –E alcanzó las mejores medias entre todas las interacciones con las dosis de riego sin diferencias estadísticas con el testigo. Sin embargo la interacción entre los tratamientos de M.E con la primera dosis de riego alcanzó la mayor área foliar (Tabla 6).

**Tabla 6. Área Foliar a los 30 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego		Área Foliar (cm <sup>2</sup> )				
		Medias de las interacciones			Media de Riego	Error Típico
1	1193,066DE	882,502FG	1642,066A	1169,868E	1221,87a	
2	1262,534CDE	1429,476ABC	913,376FG	1408,516BCD	1253,47a	
3	1488,982AB	1050,672EF	780,800GH	1074,688EF	1098,78b	
4	643,2780H	645,3880H	596,944H	604,034H	622,41c	
Media de bioestimulantes	1146,96a	1002b	983,30b	1064,28ab		51,4
Error Típico			37,81			51,4
CV (%)						35,3

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

A los 65 ddt los tratamientos con Microorganismos Eficientes alcanzaron los mayores valores de área foliar sin diferencias estadísticas significativas con FitoMás-E (Tabla 7), por su parte la primera dosis de riego alcanzó los mejores resultados superando a las demás en más de un 39% del área foliar media.

**Tabla 7. Área Foliar a los 65 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego		Área Foliar (cm <sup>2</sup> )				
		Medias de las interacciones			Media de Riego	Error Típico
1	4352,848ab	4120,78bc	5200,654a	4052,7bcd	4364,31a	
2	3636,248bcde	4139,796bc	4311,324abc	3435,82bcde	3105,79b	
3	3435,82cde	3104,42def	4438,88ab	2329,02fg	3237,87b	
4	1833,132g	2865,45ef	1847,1g	1453,02g	1888,79c	
Media de bioestimulantes	3407,90ab	3113,11b	3746,00a	2329,74c		235
Error Típico			37,8			235
CV (%)						35,31

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

En cuanto a las interacciones entre dosis de riego y bioestimulantes los mayores valores de Área foliar se alcanzaron entre las combinaciones de FitoMás-E con la primera dosis de riego y Microorganismos Eficientes con la primera, segunda y tercera dosis de riego, sin diferencias estadísticas significativas.

García y García (2019), realizaron estudios donde evaluaron la respuesta fisiológica del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo la influencia de diferentes bioestimulantes con niveles normales de riego. Estos autores mostraron que las plantas tratadas con Microorganismos Eficientes alcanzaron un mayor crecimiento del área foliar que los las tratadas con otros tipos de bioestimulantes como FitoMás-E, Biobrás-16 y Humus de lombriz líquido.

Keswani *et al.* (2020), publicaron una investigación donde demuestran que los microorganismos eficientes son capaces de producir ácido indol-3-acético lo que trae como consecuencia un mayor crecimiento foliar en las plantas.

En esta investigación se puede observar que el crecimiento foliar en las plantas tratadas con este bioestimulante está ligado al incremento del riego. La acción conjunta de las auxinas y la disponibilidad de agua en el suelo provocan el alargamiento celular, por lo tanto al disminuir los niveles de agua en el suelo disminuye la inducción de crecimiento foliar de este bioestimulante.

### **Masa Seca**

A los 30ddt los mayores incrementos de masa seca se alcanzaron con el bioestimulante FitoMás-E sin diferencias estadísticas con el testigo, mientras que las dosis uno y dos de riego no mostraron diferencias estadísticas significativas (Tabla 8).

**Tabla 8. Masa seca de la planta a los 30 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego	Masa Seca (g)					
	Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico
1	10,74A	6,86BCDE	10,55A	9,16AB	9,3275a	
2	8,8ABC	8,49ABC	5,53CDE	9,98AB	8,1995ab	
3	10,27AB	7,53ABCD	5,47CDE	6,94BCDE	7,552b	
4	3,41E	3,96E	4,02DE	3,66E	3,7625c	
Media de bioestimulantes	8,306a	6,711b	6,392b	7,433ab		0,5
Error Típico	0.31				0,5	
CV (%)						31,7

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

A los 65 ddt el mayor contenido de masa seca lo alcanzó M.E y las dosis de riego 1 y 2 sin diferencias estadísticas entre sí. Las mejores interacciones también fueron las realizadas entre este bioestimulante y las dos primeras dosis de riego (Tabla 9).

**Tabla 9. Masa seca de la planta a los 65 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo			
Riego		Masa Seca (g)					
		Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico
1	58,1720BC	52,8720BCD	76,5560A	41,8540DE	57,36a		
2	43,9780CDE	54,8540BCD	64,8280AB	44,6300CDE	52,07a		
3	43,2020DE	33,0360EF	60,0120B	34,4160EF	42,67b		
4	23,2640F	42,1480DE	25,3260F	19,9940F	27,68c		
Media de bioestimulantes	42,15bc	45,73b	56,68a	35,22c		3,3	
Error Típico			1,89			3,3	
CV (%)						31,28	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

El aumento del contenido de masa seca en los tratamientos con Microorganismos eficientes puede estar vinculado directamente con la mayor área foliar presentada por este tratamiento, esto concuerda con investigaciones realizadas por Boaretto *et al.* (2020) y Ren *et al.* (2021) sobre el incremento del contenido de masa seca con el uso de biocarbón y bioestimulantes en diferentes variedades de tabaco Virginia encontraron un incremento proporcional de la acumulación de masa seca mientras mayor era el área foliar de la planta.

### **Masa seca de la Hoja**

El contenido de masa seca de la hoja fue superior en las plantas tratadas con Microorganismos Eficientes y las dos primeras dosis de riego, las interacciones entre

estos tratamientos mostraron los mayores valores de masa seca acumulada. Mientras que el testigo fue el tratamiento que alcanzó menores valores de masa seca en la hoja dentro de cada dosis de riego (Tabla 10).

**Tabla 10. Masa seca de la hoja a los 65 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego		Masa Seca de la Hoja (g)				
		Medias de las interacciones			Media de Riego	Error Típico
1	27,93ABC	25,04BCD	38,73A	19,11CDEF	27,701778a	
2	20,87CDE	25,33BCD	32,05AB	20,08CDEF	24,585262a	
3	20,00CDEF	15,12DEFG	27,32BC	14,65DEFG	19,271767b	
4	9,55FG	18,34CDEFG	10,23EFG	7,86G	11,494662c	
Media de bioestimulantes	19,587802b	20,956171b	27,085402a	15,424094c		1,5
Error Típico			2,1			1,5
CV (%)						10,15

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

El incremento del contenido de masa seca de la hoja, es proporcional al aumento de elementos nitrogenados y azúcares, una hoja rica en estos elementos después de curada da un tabaco de muy buen cuerpo y rica en aceite, muy buscada en el tipo de tabaco destinado a tripa y capote (Marí y Hondal, 1984).

### **Tasa de Expansión Foliar**

La tasa de expansión foliar fue mayor en las plantas tratadas con la primera dosis de riego y los bioestimulantes M.E y FitoMás-E, la interacción riego-bioestimulante que alcanzó la mayor cantidad de centímetros cuadrados por grado centígrado diario fue la de M.E con la mayor dosis de riego, superando a los demás tratamientos en más de un 25% (Tabla 11).

**Tabla 11. Tasa de Expansión Foliar**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego		TEF (cm <sup>2</sup> C <sup>0</sup> d <sup>-1</sup> )				
Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico	
1	2,86B	2,28BCD	3,56A	2,54BC	2,81a	
2	2,51BC	1,69DEF	2,12CDE	1,47EF	1,95b	
3	1,69DEF	2,80BC	2,55BC	1,22F	2,06b	
4	1,70DEF	1,13FG	1,34F	0,54G	1,18c	
Media de bioestimulantes	2,19ab	1,97b	2,39a	1,44c		0,16
Error Típico			0,19		0,16	
CV (%)						9,8

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las normas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Estos resultados concuerdan con una investigación realizada por Widuri *et al.* (2017), donde evaluaron parámetros fisiológicos de plantas de pimiento sometidas a diferentes niveles de estrés hídrico, en la investigación plantean que cuando las plantas experimentan estrés hídrico, los contenidos de agua en la hoja declinan, haciendo que la presión hidráulica interna decrezcan, con esto, la velocidad de alargamiento celular disminuye y al final la expansión foliar puede llegar a detenerse. Según estos autores la tasa de expansión foliar puede ser utilizada como un síntoma para la detección temprana de estrés hídrico y evaluar la capacidad de las plantas a tolerar diferentes niveles de estrés ya que es uno de los primeros síntomas de estrés por déficit de agua que muestran los cultivos.

### **Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)**

La TCR en el período de los 10 hasta los 30 días después del trasplante, las plantas tratadas con M.E presentaron una menor acumulación de masa seca que los demás tratamientos en estudio. Por su parte las primeras tres dosis de riego alcanzaron los mejores niveles de crecimiento mostrando que en esta primera etapa de crecimiento las plantas de tabaco no son muy exigentes a altas dosis de riego para lograr un crecimiento adecuado (Tabla 12).

**Tabla 12. TCR período entre los 10 y los 30 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego		TCR (g · g <sup>-1</sup> · día <sup>-1</sup> )				
Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico	
1	0,102AB	0,101AB	0,090ABC	0,103AB	0,099a	
2	0,103AB	0,094ABC	0,079ABC	0,102AB	0,095a	
3	0,107A	0,098AB	0,091ABC	0,087ABC	0,096a	
4	0,091ABC	0,066C	0,075BC	0,074BC	0,076b	
Media de bioestimulantes	0,1009a	0,0897ab	0,084b	0,0914ab		0,004
Error Típico	0,002				0,004	
CV (%)						20

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

En el periodo de los 30 a los 65 ddt la mayor tasa de crecimiento relativo estuvo a las dos primeras dosis de riego y a la dosis más baja, mientras que los bioestimulantes M.E y Quitosana alcanzaron los mayores valores de almacenamiento de gramos de masa seca por gramos de masa seca presente por unidad de tiempo. La dosis mínima de riego en combinación con los bioestimulantes FitoMás-E y Quitosana mostró en esta etapa una alta tasa de crecimiento relativo (Tabla 13).

**Tabla 13. TCR en el período entre los 30 y los 65 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego		TCR (g · g <sup>-1</sup> · día <sup>-1</sup> )				
Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico	
1	0,0444CDEF	0,0471BCDE	0,0488ABC	0,0405EF	0,0452ab	
2	0,0425CDEF	0,0472BCDE	0,0540A	0,0405EF	0,0460ab	
3	0,0393F	0,0404EF	0,0534AB	0,0411DEF	0,0436b	
4	0,0478ABCD	0,0533AB	0,0468BCDE	0,0439CDEF	0,0479a	
Media de bioestimulantes	0,0435bc	0,0470ab	0,0507a	0,0415c		0,001
Error Típico	0,0007				0,001	
CV (%)						14,7

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Espino *et al.* (2012), hacen referencia a la capacidad de la variedad de tabaco negro Habana 92 de tolerar la sequía; se ha observado que las plantas que han sido sometidas a estrés hídrico son capaces de aprovechar mínimas dosis de riego creciendo de forma acelerada después de la etapa de desbotone, a una velocidad mayor en esa etapa que las plantas bajo un régimen hídrico normal.

### Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA)

A lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo, los mayores rangos de crecimiento lo alcanzaron las plantas bajo las dos mayores dosis de riego y las tratadas con M.E, así como sus interacciones. Por su parte el testigo fue el tratamiento que registró una menor tasa de crecimiento absoluto presentando valores inferiores en todos los rangos de estrés hídrico evaluados (Tabla 14).

**Tabla 14. Tasa Absoluta de Crecimiento**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego		TAC (g · día <sup>-1</sup> )				
		Medias de las interacciones			Media de Riego	Error Típico
1	1,2635BC	1,1538BCD	1,6584A	0,9046DE	1,245a	
2	0,9527CDE	1,1877BCD	1,4099AB	0,9634CDE	1,128a	
3	0,9356CDE	0,7086EF	1,3120B	0,7328EF	0,922b	
4	0,5026F	0,9064DE	0,5385F	0,4213F	0,592c	
Media de bioestimulantes	0,914bc	0,989b	1,230a	0,755c		0,07
Error Típico	0,04				0,07	
CV (%)						32,13

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

La tasa de crecimiento refleja el sostenimiento de las actividades vitales de la planta y se considera un índice óptimo para determinar el grado de estrés y respuesta de plantas a estas condiciones (Yang *et al.*, 2004). Los parámetros que se muestran en la tabla concuerdan con la literatura citada; Guo *et al.* (2018) estudiaron la respuesta de diferentes genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L. en condiciones de sequía, en esa

investigación los genotipos de trigo evaluados disminuyeron la tasa de crecimiento absoluto a medida que fue mayor el estrés causado por la sequía. Mientras que investigaciones realizadas por Ngoroyemoto *et al.* (2019) en el Centro Investigativo para el Crecimiento y Desarrollo de plantas de Sudáfrica, donde evaluaron el efecto de diferentes bioestimulantes en cultivos de amaranto (*Amaranthus hybridus* L.), determinaron que las mayores tasas absolutas de crecimiento fueron logradas en las plantas sometidas al efecto combinado de los bioestimulantes y dosis óptimas de riego, mientras que las plantas que mantuvieron o aumentaron la tasa absoluta de crecimiento en condiciones de estrés hídrico estuvieron vinculadas a la activación de los mecanismos de defensa y tolerancia a sequía provocadas por la acción de los bioestimulantes.

### Tasa de Asimilación Neta (TAN)

En el primer periodo evaluado las menores tasas de asimilación neta la presentan las plantas sometidas a los mayores niveles de estrés hídrico, las plantas tratadas con Quitosana y M.E presentaron tasas de asimilación neta promedio más bajas, mientras que las plantas tratadas con FitoMás-E y el testigo alcanzaron los mayores valores en los tratamientos en estudio sin diferencias estadísticas entre sí (Tabla 15).

**Tabla 15. TAN en el periodo entre los 10 y los 30 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego	TAN (g · cm <sup>-2</sup> · día <sup>-1</sup> )					
	Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico
1	0,0012058A	0,0010103ABC	0,0008465ABC	0,0011162AB	0,0010447a	
2	0,0010130ABC	0,0007613ABC	0,0006140BC	0,0009945ABC	0,0008457a	
3	0,0010820ABC	0,0009102ABC	0,0009247ABC	0,0007318ABC	0,0009122a	
4	0,0006982ABC	0,0005193C	0,0006735ABC	0,0005640BC	0,0006138b	
Media de bioestimulantes	0,0009998a	0,0008003b	0,0007647b	0,0008516ab		0,00008
Error Típico	0,00003				0,00008	
CV (%)						38,7

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

En el periodo de crecimiento entre los 30 y 65 días existió una recuperación donde las interacciones riego-bioestimulante que menores tasas de asimilación mostraron en la primera etapa de estudio fueron las que mayores tasas alcanzaron en la segunda etapa. Las plantas con menores tasas de asimilación neta la presentaron las plantas tratadas con FitoMás-E y se mostró indiferente a las diferentes dosis de riego (Tabla 16).

**Tabla 16. TAN en el periodo entre los 30 y los 65 ddt.**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego	TAN (g · cm <sup>-2</sup> · día <sup>-1</sup> )					
	Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico
100%	0,0004789CD	0,0006149BCD	0,0005985BCD	0,0004137CD	0,000527a	
75%	0,0004410CD	0,0007186BCD	0,0009254AB	0,0005923BCD	0,000669a	
50%	0,0005187BCD	0,0003468D	0,0007585BCD	0,0007089BCD	0,000583a	
25%	0,0003948CD	0,0011536A	0,0005029BCD	0,0008254ABC	0,000719a	
Media de bioestimulantes	0,000458b	0,000709a	0,000696ab	0,000635ab		0,06
Error Típico	0,00003				0,06	
CV (%)						37,23

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Estos resultados concuerdan con estudios realizados en Estonia por Kask (2020), donde experimentó con plantas de tabaco sometidas a estrés severo por sequía y altas temperaturas, este autor determinó que uno de los principales efectos de las plantas sometidas a sequía es la disminución de la tasa de asimilación neta al verse afectados los fotosistemas. Las plantas sometidas a estas condiciones que lograron recuperarse del shock térmico en las primeras etapas de vida mostraron en estadíos fenológicos posteriores, un mayor crecimiento y un incremento en la tasa de asimilación neta bajo condiciones estresantes en comparación con plantas que no fueron sometidas al tratamiento de choque.

Sin embargo los resultados obtenidos en esta investigación no coinciden con los estudios realizados por Hajiboland, Cheraghvareh y Poschenrieder (2017) enfocados en

inducir tolerancia a sequía en plantas de tabaco silvestre (*Nicotiana rustica* L.), determinaron que las plantas tratadas con silicato de sodio sostuvieron una tasa de asimilación neta más alta que el testigo, esta no cambió significativamente bajo una sequía leve y solo disminuyó un 14% en condiciones severas de sequía. Estos autores plantean que la principal razón de la reducción de la tasa de asimilación en condiciones de sequía es debido a la disminución de la concentración de CO<sub>2</sub> intercelular después del cierre del estoma y, por lo que se provoca un aumento de la fotorespiración y daño a los fotosistemas.

Por su parte Agliassa *et al.* (2021) en estudios realizados con plantas de pimientos sometidas a déficit de riego y tratadas con bioestimulantes a base de proteínas, la tasa de asimilación neta mostró una tendencia similar en respuesta a estrés, ya que los valores no variaron significativamente en los grupos de pimientos estresados, tanto tratados como no tratados con bioestimulantes y además revelaron valores similares de asimilación en condiciones de buen riego y condiciones de estrés. Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación en el segundo periodo evaluado ya que las diferentes dosis de riego no tuvieron influencia en las variaciones de las tasas de asimilación neta.

### **Índice de Área Foliar**

El índice de área foliar es un factor fisiológico que determina el aprovechamiento del espacio vital de la planta siendo 1 el aprovechamiento óptimo del marco de plantación, los valores menores que uno representan una sub utilización del marco de siembra y valores mayores que uno representan la necesidad de las plantas de un mayor espacio vital para alcanzar una máxima expresión de crecimiento.

El estrés hídrico sobre ejerció gran influencia sobre el Índice de Área Foliar, ya que los menores índices coinciden con las menores dosis de riego. Los bioestimulantes que alcanzaron los mayores índices de área foliar fueron M.E y FitoMás –E, mientras que la mejor interacción riego-bioestimulante fue M.E con la dosis máxima de riego, las plantas de este tratamiento alcanzaron índices de área foliar superiores a 2, lo que significa que las plantas tratadas con M.E bajo condiciones de riego necesitan un mayor marco de plantación (Tabla 17).

**Tabla 17. Índice de Área Foliar**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo	
Riego		IAF (m <sup>2</sup> .m <sup>-2</sup> )			
Medias de las interacciones				Media de Riego	Error Típico
1	1,8086B	1,4377BC	2,2736A	1,6055B	1,781352a
2	1,5907B	1,1252CDE	1,3775BCD	,9773DE	1,267669b
3	1,0958CDE	1,7662B	1,5931B	,8312E	1,321582b
4	1,0688CDE	,7535F	,8718E	,3896F	0,770936c
Media de bioestimulantes	1,390982ab	1,270659b	1,528982a	0,950915c	0,09
Error Típico	0,057			0,09	
CV (%)					33,49

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Estos resultados coinciden con los de Yang *et al.* (2019), en estudios realizados sobre la influencia de microorganismos que retienen agua en el suelo y diferentes niveles de sequía en el cultivo del tabaco, donde estos autores demostraron que la aplicación de estos microorganismos disminuyen el efecto de la sequía sobre el índice de área foliar, mientras que la aplicación de los microorganismos combinado con una dosis de riego apropiada aumentan el índice por encima de los parámetros tradicionales establecidos para el cultivo.

### Contenido Relativo de Agua

El contenido hídrico foliar muestra la capacidad que tienen las plantas de retener agua en las hojas ante situaciones estresantes y continuar realizando los procesos fotosintéticos. Los resultados muestran que los mayores porcentos de contenido hídrico lo alcanzaron las plantas tratadas con la dosis máxima de riego y las tratadas con FitoMás-E. Las plantas tratadas con este bioestimulante alcanzaron altos niveles de contenido hídrico en las hojas aún en las tres condiciones estresantes, superando los demás tratamientos en estudio (Tabla 18).

**Tabla 18. Contenido Relativo de Agua**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo			
Riego		Contenido Hídrico Foliar (%)					
		Medias de las interacciones			Media de Riego	Error Típico	
1	92,35A	71,95C	72,71C	68,69CD	76,42a		
2	91,86A	69,92CD	66,83CD	56,50E	71,28b		
3	90,90AB	69,79CD	64,01D	55,43E	70,03b		
4	85,74B	65,46D	58,61E	53,27E	65,77c		
Media de bioestimulantes	90,22a	69,28b	65,54c	58,47d		1,2	
Error Típico			1,87		1,2		
CV (%)						3,04	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Elansary *et al.* (2020), realizaron aplicaciones de diferentes bioestimulantes y Micorrizas en el cultivo de la menta (*Mentha spicata* L.) bajo dosis de riego decrecientes de 100%, 75% y 50% de riego. El contenido hídrico foliar de estas plantas disminuyó en todos los tratamientos según fue aumentando el estrés hídrico, aunque los tratamientos con bioestimulantes siempre presentaron mayores niveles de contenido hídrico que el testigo.

Por su parte Abdelaal *et al.* (2020), aplicaron tratamientos a base de prolinas y ácido salicílico con el objetivo de incrementar la tolerancia a la sequía del cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.). Estos autores lograron altos incrementos en el contenido hídrico de las plantas con relación al testigo, logrando una mayor tolerancia del cultivo a períodos largos en condiciones estresantes.

### Índice de Estabilidad de la Membrana

La estabilidad de la membrana se hizo menor según aumenta el déficit de agua con diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. Los bioestimulantes mostraron ser todos más efectivos que el testigo en las diferentes condiciones estresantes, siendo Quitomax el bioestimulante que mayor estabilidad de la membrana proporcionó a las plantas, superando al testigo en 8,48%; 12,39%; 17,3% y 13,96% para las dosis de riego 1, 2, 3 y 4 respectivamente (Tabla 19).

**Tabla 19. Índice de Estabilidad de la Membrana**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo		
Riego		Índice de Estabilidad de la Membrana (%)				
		Medias de las interacciones			Media de Riego	Error Típico
1	72,42AB	75,81A	76,12A	67,33CD	72,92a	
2	73,59AB	74,40AB	66,52D	62,01E	69,13b	
3	65,78D	70,74BC	59,56E	53,40F	62,37c	
4	50,42F	58,65E	52,51F	41,01G	50,65d	
Media de bioestimulantes	65,56b	69,90a	63,68c	55,94d		0,86
Error Típico			2,6		0,86	
CV (%)						4,08

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las normas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Esta investigación coincide con lo planteado por Samea-Andabjadid *et al.* (2018) donde evaluaron los efectos de la aplicación de citoquininas y ácido salicílico en cultivos de habas (*Vicia faba* L.) en condiciones de sequía inducida por salinidad. Estos autores destacan que el testigo mantuvo un decrecimiento continuo de la estabilidad de la membrana según se incrementaron las concentraciones de salinidad, mientras que las plantas tratadas con los bioestimulantes mostraron altos índices de estabilidad de membranas en todas las concentraciones de salinidad.

Rady *et al.* (2021), en investigaciones realizadas en cultivos de habas sometidos a condiciones estresantes por sequía, aplicaron ácido giberélico y miel de abejas con el objetivo de incrementar la tolerancia de las plantas a la sequía. En esa investigación los autores demostraron que con la aplicación de estas sustancias, las plantas incrementaron la estabilidad de la membrana con valores superiores en ambos tratamientos a 33,8% de estabilidad por encima del testigo en el sistema estresante, mientras que mostraron una superioridad de 5,1% con respecto al testigo en el sistema bajo riego.

### Contenido de Clorofilas

El mayor contenido de clorofilas estuvo relacionado con la norma de riego número tres que representa el 50% de la dosis de riego máxima. Este aumento en el contenido de

pigmentos puede estar dado a la reducción del área foliar que presentan las plantas en esta dosis de riego y no a la destrucción de fotosistemas, ya que si las condiciones estresantes de la tercera dosis de riego no son suficientes para reducir la cantidad de pigmentos, pero el área foliar disminuye entonces la concentración de pigmentos fotosintéticos por unidad de área foliar se incrementan (Tablas 20 y 21).

Los bioestimulantes no presentaron incrementos significativos en pigmentos de clorofila a (Tabla 20) pero si presentaron aumentos significativos en la concentración de pigmentos de clorofila b (Tabla 21). Los bioestimulantes FitoMás-E y M.E incrementaron la concentración de pigmentos *b* en más de un 31,7% con respecto al testigo, dándole a la planta, según lo planteado por Souza *et al.* (2019), una respuesta fisiológica adaptativa a las condiciones de estrés hídrico, proporcionando al cloroplasto una capacidad de captación de luz óptima sin cambiar la capacidad de transporte de electrones.

**Tabla 20. Contenido de Clorofila A**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo	
Riego		Clorofila A (mg·ml <sup>-1</sup> )			
		Medias de las interacciones		Media de Riego	Error Típico
1	11,20CDE	10,44DE	11,37CDE	8,62DE	10,40b
2	12,89BCD	6,59E	11,34CDE	8,91DE	9,93b
3	11,73CDE	16,69AB	15,72ABC	17,75A	15,47a
4	11,23CDE	11,93BCD	10,67CDE	12,50BCD	11,58b
Media de bioestimulantes	11,76a	11,41a	12,27a	11,94a	0,72
Error Típico	0,72		0,72		
CV (%)					6,12

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

**Tabla 21. Contenido de Clorofila B**

Bioestimulantes	FitoMás-E	Quitomax	M.E	Testigo			
Riego		Clorofila B (mg·ml <sup>-1</sup> )					
		Medias de las interacciones			Media de Riego	Error Típico	
1	6,49BCD	4,52BCD	4,41BCD	2,92CD	4,58b		
2	4,08BCD	2,37D	7,81ABC	3,20CD	4,36b		
3	9,21AB	5,07BCD	11,93A	7,91ABC	8,53a		
4	4,28BCD	2,16D	7,04ABCD	4,27BCD	4,44b		
Media de bioestimulantes	6,02ab	3,53c	7,80a	4,57bc		1,12	
Error Típico	0,67				1,12		
CV (%)						12,3	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de los bioestimulantes difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las nomas de riegos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Estos resultados concuerdan con los mostrados por Pourghasemian *et al.* (2020) en investigaciones realizadas en sembrados de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) donde encontraron incrementos significativos de concentraciones de pigmentos fotosintéticos en condiciones de estrés hídrico moderado, tanto en los tratamientos con bioestimulantes como en el testigo.

Por su parte, el aumento de clorofila b concuerda con lo planteado por Szőke *et al.* (2021), en estudios realizados en la universidad de Debrecen en Hungría, donde aplicaron bioestimulantes a base de fitohormonas en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) con el objetivo de minimizar los daños causados por estrés biótico. En esta investigación los autores determinaron que la aplicación foliar de citoquininas incrementaron los contenidos de clorofila b en los tres híbridos evaluados. Sin embargo Francesca *et al.* (2020), solo alcanzaron incrementos en pigmentos de clorofila b en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el uso de bioestimulantes naturales y en condiciones de regadío.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Abdelaal, K. A., Attia, K. A., Alamery, S. F., El-Afry, M. M., Ghazy, A. I., Tantawy, D. S., & Hafez, Y. M. (2020). Exogenous application of proline and salicylic acid can mitigate the injurious impacts of drought stress on barley plants associated with physiological and histological characters. *Sustainability*, 12(5), 1736.
- Agliassa, C., Mannino, G., Molino, D., Cavalletto, S., Contartese, V., Berteà, C. M., & Secchi, F. (2021). A new protein hydrolysate-based biostimulant applied by fertigation promotes relief from drought stress in *Capsicum annum* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 1076-1086.
- Akehurst, B. C. (1973). *El Tabaco*. (C. y. Técnica, Ed.) La Habana: Instituto Cubano del Libro.
- Aung, K., Jiang, Y., & He, S. Y. (2018). The role of water in plant–microbe interactions. *The Plant Journal*, 93(4), 771-780.
- Boaretto, L. F., Coelho, F. S., Baptistella, J. L. C., & Mazzafera, P. (2020). Biomass growth and development in air-cured burley and flue-cured virginia tobacco varieties. *Australian Journal of Crop Science*, 14(8), 1310-1318.
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Olivera-Viciedo, D., Peña-Calzada, K., & Pérez-Díaz, Y. (2019). Influencia de dos bioestimulantes en el comportamiento agrícola del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 8(1), 31-44.
- Calero-hurtado, A., Quintero-rodríguez, E., Pérez-Díaz, Y., Olivera-Viciedo., Peña-Calzada, K., & Jiménez-Hernández, J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 25-33.
- Cedrés Pérez, Y., Reyes Garriga, M., Torrecilla Guerra, G., & Casanova Cosío, E. (2011). *Caracterización morfoagronómica de 19 variedades de tabaco negro (Nicotiana tabacum L.) del banco de germoplasma frente a un aislado del Virus del Mosaico del Tabaco (TMV)*. Sancti Spíritus: CETAS. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez Rodríguez.
- de Araujo Avila, G. M., Gabardo, G., Clock, D. C., & de Lima Junior, O. S. (2021). Use of efficient microorganisms in agriculture. *Research, Society and Development*, 10(8), e40610817515-e40610817515.
- Delgado, A. (2018). *Determinación de los requerimientos hídricos de variedades de tabaco negro cultivadas al sol en la región central*. Sancti Spiritus: CUBA TABACO.

- Domenico, P. (2019). Effective microorganisms for germination and root growth in *Kalanchoe daigremontiana*. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 3(3), 047-053.
- Espino Domínguez, M., & Espino Marrero, E. M. (2012). *Catálogo de variedades comerciales de tabaco cubano*. Artemisa: Instituto de Investigaciones del Tabaco.
- Espino, E., Uriarte, B. E., Cordero, P. L., Rodríguez, N., Izquierdo, A., Blanco, L. E., & Díaz, M. (2012). Instructivo técnico para el cultivo del tabaco en Cuba. *Ministerio de la Agricultura. Instituto de Investigaciones del Tabaco*, 148.
- Espino, E., González, A., Encarnación, O. (2011). *Guía para el cultivo del tabaco*. Artemisa: Instituto de Investigaciones del tabaco.
- Fierer, N. (2017). Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, 15(10), 579-590.
- Francesca, S., Raimondi, G., Cirillo, V., Maggio, A., Barone, A., & Rigano, M. M. (2020). A Novel Plant-Based Biostimulant Improves Plant Performances under Drought Stress in Tomato. In *Biology and Life Sciences Forum* (Vol. 4, No. 1, p. 52). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- García, E., & García M. (2019). Efecto de cuatro bioestimulantes foliares en la fisiología y los rendimientos del pimiento (*capsicum annum*). *InfoCiencia*, 23(1), 59-70.
- García, S. D. 2017. Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Gil Plasencia, L., & Núñez MAnsito, A. (2012). *Comportamiento de la fertilización nitrogenada en la producción agrícola del tabaco negro al sol*. Filial Universitaria Municipal Cabaiguán. Sancti Spíritus: UNISS José Martí.
- Guardarrama, M., Hernández, F., Cuervo, M., & Guardiola, J. (2004). Instructivo Técnico para el acopio y beneficio del tabaco negro al sol en palo. Zonas tabacaleras central (Remedios) y oriental (Vuelta Arriba). La Habana: Agrinfor.
- Guo, R., Shi, L., Jiao, Y., Li, M., Zhong, X., Gu, F., ... & Li, H. (2018). Metabolic responses to drought stress in the tissues of drought-tolerant and drought-sensitive wheat genotype seedlings. *AoB Plants*, 10(2), ply016.
- Hajiboland, R., Cheraghvareh, L., & Poschenrieder, C. (2017). Improvement of drought tolerance in Tobacco (*Nicotiana rustica* L.) plants by Silicon. *Journal of Plant Nutrition*, 40(12), 1661-1676.

- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch Infante, D., & Castro Speck, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015.
- InfoAgro. (2018). *Agricultura*. Recuperado el 5 de 2 de 2019, de El cultivo del tabaco: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)
- ITIS. (13 de Noviembre de 2019). *Catalogue of Life: 2019 Annual Checklist*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de Catalogue of Life: 2019 Annual Checklist: <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019>
- Joshi, H., Somduttand, C. P., & Mundra, S. L. (2019). Role of effective microorganisms (EM) in sustainable agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(3), 172-181.
- Kask, K. (2020). The effects of heat stress severity on photosynthesis and volatile organic compound emissions in black mustard and tobacco.
- Keswani, C., Singh, S. P., Cueto, L., García-Estrada, C., Mezaache-Aichour, S., Glare, T. R., ... & Sansinenea, E. (2020). Auxins of microbial origin and their use in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 1-17.
- Khyasudeen, M. F., Nowakowski, P. J., Nguyen, H. L., Sim, J. H., Do, T. N., & Tan, H. S. (2019). Studying the spectral diffusion dynamics of chlorophyll a and chlorophyll b using two-dimensional electronic spectroscopy. *Chemical Physics*, 527, 110480.
- Marí Machado, J. A., & Hondal González, L. N. (1984). *El Cultivo del Tabaco en Cuba*. Playa, Ciudad de La Habana: Pueblo y Educación.
- Monzón Herrera, L., Trémols González, A., García Alemañy, M., Cuan Rodríguez, M., & Álvarez Barrabí, L. (2011). El fraccionamiento de la fertilización nitrogenada y su interacción con la expresión del potencial de rendimiento del tabaco negro tapado en la zona de Partido. *CubaTabaco*, 12(2).
- Ngoroyemoto, N., Gupta, S., Kulkarni, M. G., Finnie, J. F., & Van Staden, J. (2019). Effect of organic biostimulants on the growth and biochemical composition of *Amaranthus hybridus* L. *South African Journal of Botany*, 124, 87-93.
- Nijabat, A., Bolton, A., Mahmood-ur-Rehman, M., Shah, A. I., Hussain, R., Naveed, N. H., & Simon, P. (2020). Cell membrane stability and relative cell injury in response to heat stress during early and late seedling stages of diverse carrot (*Daucus carota* L.) germplasm. *Hortscience*, 55(9), 1446-1452.
- Noman, A., Ali, Q., Naseem, J., Javed, M. T., Kanwal, H., Islam, W., & Shahid, S. (2018). Sugar beet extract acts as a natural bio-stimulant for physio-biochemical

attributes in water stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(6), 1-17.

- Elansary, H., Mahmoud, E. A., El-Ansary, D. O., & Mattar, M. A. (2020). Effects of water stress and modern biostimulants on growth and quality characteristics of mint. *Agronomy*, 10(1), 6.
- Pérez, P. M. (2019). Evaluación del rendimiento de tres cultivares de tabaco negro al sol en condiciones de secano y riego con y sin cobertor de paja . *IX Conferencia Científica Internacional Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad AGROCENTRO 2019* . Villa Clara: Universidad "Marta Abreu" de Las Villas.
- Poorghadir, M., Torkashvand, A. M., Mirjalili, S. A., & Moradi, P. (2020). Interactions of amino acids (proline and phenylalanine) and biostimulants (salicylic acid and chitosan) on the growth and essential oil components of savory (*Satureja hortensis* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 30, 101815.
- Pourghasemian, N., Moradi, R., Naghizadeh, M., & Landberg, T. (2020). Mitigating drought stress in sesame by foliar application of salicylic acid, beeswax waste and licorice extract. *Agricultural Water Management*, 231, 105997.
- Rady, M. M., Boriek, S. H., El-Mageed, A., Taia, A., Seif El-Yazal, M. A., Ali, E. F., ... & Abdelkhalik, A. (2021). Exogenous gibberellic acid or dilute bee honey boosts drought stress tolerance in *Vicia faba* by rebalancing osmoprotectants, antioxidants, nutrients, and phytohormones. *Plants*, 10(4), 748.
- Ramírez Pérez, L. M. (2018). *Evaluación del efecto del Bioestimulante BB-16 y el Bionutriente Fitomás E, en el desarrollo y en la cosecha del tomate (Solanum Lycopersicon)* (Bachelor's thesis, Universidad de Holguín" Oscar Lucero Moya". Facultad de Ciencias Agrícolas.).
- Ren, T., Wang, H., Yuan, Y., Feng, H., Wang, B., Kuang, G., & Liu, G. (2021). Biochar increases tobacco yield by promoting root growth based on a three-year field application. *Scientific reports*, 11(1), 1-9.
- Samea-Andabjadid, S., Ghassemi-Golezani, K., Nasrollahzadeh, S., & Najafi, N. (2018). Exogenous salicylic acid and cytokinin alter sugar accumulation, antioxidants and membrane stability of faba bean. *Acta biologica Hungarica*, 69(1), 86-96.
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Sustainable Agriculture Systems in Vegetable Production Using Chitin and Chitosan as Plant Biostimulants. *Biomolecules*, 11(6), 819.
- Sorin, C., Mariette, F., Musse, M., Leport, L., Cruz, F., & Yvin, J. C. (2018). Leaf development monitoring and early detection of water deficiency by low field nuclear magnetic resonance relaxation in *Nicotiana tabacum* plants. *Applied Sciences*, 8(6), 943.

- Souza, L. R. R., Bernardes, L. E., Barbeta, M. F. S., & da Veiga, M. A. M. S. (2019). Iron oxide nanoparticle phytotoxicity to the aquatic plant *Lemna minor*: effect on reactive oxygen species (ROS) production and chlorophyll a/chlorophyll b ratio. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(23), 24121-24131.
- Szőke, L., Moloi, M. J., Kovács, G. E., Biró, G., Radócz, L., Hájos, M. T., ... & Tóth, B. (2021). The application of phytohormones as biostimulants in corn smut infected Hungarian sweet and fodder corn hybrids. *Plants*, 10(9), 1822.
- Tanya Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
- Torrecilla, G. (2001). Screening en variedades del banco de germoplasma de tabaco para la búsqueda de fuente de resistencia a enfermedades. *Tabaco*, 1(2), 15-22.
- Torrecilla, G. (2013). *Generalidades, origen, historia, características botánicas y recursos genéticos de tabaco*.
- Trémols, A. J., & Monzón Herrera, L. (2016). Estrategia de fertilización 2015-2016. *Curso Nacional de Fertilización*. Instituto de Investigaciones del Tabaco.
- Universidad Agrícola. (15 de junio de 2017). *Universidad Agrícola*. Recuperado el 13 de noviembre de 2019, de Universidad Agrícola: <http://universidadagricola.com>
- Vázquez, E., & Torres, S. (2007). *Fisiología Vegetal*. La Habana: Editorial Félix Varela.
- Widuri, L. I., Lakitan, B., Hasmeda, M., Sodikin, E., Wijaya, A., Meihana, M., & Siaga, E. (2017). Relative leaf expansion rate and other leaf-related indicators for detection of drought stress in chili pepper ('*Capsicum annum*'L.). *Australian journal of crop science*, 11(12), 1617-1625.
- Yang, X., Shao, X., Mao, X., Li, M., Zhao, T., Wang, F., ... & Guang, J. (2019). Influences of Drought and Microbial Water-Retention Fertilizer on Leaf Area Index and Photosynthetic Characteristics of Flue-Cured Tobacco. *Irrigation and Drainage*, 68(4), 729-739.
- Yang XQ, Zhang SQ, Liang ZS, Shan Y. 2004. Effects of water stress on chlorophyll fluorescence parameters of different drought resistance winter wheat cultivars seedlings. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica* 24:812-816.
- Yumar González, J., & Capote Briel, S. (2 de 12 de 2014). El uso y manejo de los bioestimulantes FitoMas - E y Biobras - 16 en la CCSF Niceto Pérez. Güira de Melena, Artemisa, Cuba.