

EVALUACION DEL BIOESTIMULANTE FOLIAR (BIOAGRO TRIPLE A) EN LA
PRODUCCION DE TOMATE TIPO CHONTO (*Lycopersicum sculentum Mill*) EN
DOS AMBIENTES DE CULTIVO.

DIEGO ALEJANDRO AGUDELO TAPASCO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
CENTRO COMUNITARIO DE ATENCION VIRTUAL EJE CAFETERO
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
2016

EVALUACION DEL BIOESTIMULANTE FOLIAR (BIOAGRO TRIPLE A) EN LA
PRODUCCION DE TOMATE TIPO CHONTO (*Lycopersicum sculentum Mill*) EN
DOS AMBIENTES DE CULTIVO

DIEGO ALEJANDRO AGUDELO TAPASCO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial, para optar al título de
Agrónomo

DIRECTOR

MANUEL FRANCISCO POLANCO PUERTA I.A. M.Sc. Ph.D.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
CENTRO COMUNITARIO DE ATENCION VIRTUAL EJE CAFETERO
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
2016

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del Jurado

Pereira, Agosto de 2016.

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios por sus bendiciones y por darme nuevamente la oportunidad de formarme en una nueva carrera.

A mis padres y hermanas por darme su constante apoyo, ya que fueron los baluartes en este nuevo logro.

A mi novia por su constante apoyo y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos al Dr. Manuel Francisco Polanco Puerta quien fue la persona que direccionó esta investigación, poniendo siempre a la orden sus conocimientos, dando sus recomendaciones que fueron siempre muy valiosas y de igual manera por sus enseñanzas durante la realización de mi carrera.

A la Ingeniera Susana Gómez Posada, quien con sus conocimientos como docente fue una persona quien ofreció un apoyo constante durante la realización de mi carrera.

A todo el personal de apoyo por la colaboración en esta investigación.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por la formación profesional recibida a lo largo de toda mi carrera.

A todo mil gracias.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	12
1. DEFINICION DEL PROBLEMA	13
1.1 HIPOTESIS DE INVESTIGACION	13
2. JUSTIFICACION	14
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	15
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
3.1.1 Objetivos Específicos	15
4. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO	16
4.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO	16
4.1.1 Origen y distribución.....	16
4.1.2 Clasificación taxonómica	19
4.1.3 Descripción Botánica	19
4.1.4 Morfología.....	21
4.1.5 Biología Floral y Sistema Reproductivo.....	23
4.1.6 Ecología y fisiología.....	25
4.1.7 Cosecha y postcosecha	27
4.1.8 Tipos de tomates	29
4.1.9 Producción de tomate en invernaderos.....	33
4.2 Los Bioestimulantes en el Cultivo del Tomate.....	35
4.2.1 Fertilización foliar en el cultivo de tomate.....	36
4.2.2 Las hormonas vegetales y la producción en tomate	42
4.2.3 Los Bioestimulantes sintéticos	60
5. METODOLOGIA	65
5.1 LOCALIZACIÓN	65
5.1.1 Ambientes de cultivo	65
5.2 MONTAJE DEL EXPERIMENTO	66
5.2.1 Material de Siembra	66

5.2.2	Plantulación	66
5.2.3	Adecuación de Camas y Parcelas.....	67
5.2.4	Establecimiento del Ensayo	68
5.2.5	Productos bioestimulantes aplicados	70
	La aplicación foliar de los bio estimulantes se hizo de la siguiente manera: ..	70
5.2.6	Manejo de Cultivo	71
5.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	71
5.4	ANALISIS DE RESULTADOS.....	73
6.1	EVALUACION DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS CARACTERES MORFOAGRONOMICOS DEL TOMATE.....	74
6.1.1	Evaluación del comportamiento morfoagronómico del tomate en campo abierto en dos épocas de cultivo.	74
6.2	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MORFOAGRONÓMICO DEL CULTIVO DE TOMATE SEGÚN TRATAMIENTO DENTRO DEL INVERNADERO	79
6.3	EVALUACION DEL EFECTO DE LOS AMBIENTES, TRATAMIENTOS Y LA EPOCA SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL TOMATE.	84
6.4	ANALISIS DE VARIANZA VARIABLES PRODUCTIVAS	86
6.5	ANALISIS DE CORRELACIONES	88
7.	CONCLUSIONES.....	93
8.	RECOMENDACIONES	95
	BIBLIOGRAFÍA	96
	ANEXOS	103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de correlación por cada variable evaluada	89
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Producción Mundial de Tomate	17
Figura 2 Tomate Tipo Milano	30
Figura 3 Tomate Tipo Chonto	31
Figura 4 Tomate Tipo Cherry	32
Figura 5 Tomate Tipo Industrial	33
Figura 6 Invernadero Tipo Capilla.....	35
Figura 7 Invernadero Tipo Túnel.....	35
Figura 8 Bandejas para la siembra de Tomate	66
Figura 9 Construcción de camas o eras para la siembra de tomate dentro del invernadero	67
Figura 10 Colocación de plástico sobre las camas para control de arvenses	68
Figura 11 Plántulas de tomate en bandejas.....	69
Figura 12 Plántulas de tomate en bandejas.....	69
Figura 13 Tomate sembrado en invernadero	69
Figura 14 Tomate sembrado a campo abierto	69
Figura 15 Toma de datos de las plantas de tomate.....	71
Figura 16 Distribución del experimento en campo.....	72
Figura 17 Altura de la planta de tomate a campo abierto	75
Figura 18 Diámetro del tallo del tomate a campo abierto	76
Figura 19 Inflorescencias a campo abierto	77
Figura 20 Floración de las plantas de tomate en campo abierto	78
Figura 21 Inflorescencias en las plantas de tomate dentro del invernadero.....	81
Figura 22 Floración de las plantas de tomate en invernadero	82
Figura 23 Altura de las plantas de tomate logrado dentro del invernadero	83
Figura 24 Diámetro del tallo de las plantas de tomate alcanzado dentro del invernadero	83
Figura 25 Floración de tomate y formación de frutos.....	87
Figura 26 Tamaño de tomates por tratamiento.....	88

RESUMEN

El tomate, es el cultivo hortícola de consumo en fresco más importante en el mundo y en Colombia. En el departamento de Risaralda se cultivan alrededor de 3.000 hectáreas bajo cubiertas plásticas, sin un paquete tecnológico adecuado que permita lograr la mayor rentabilidad del cultivo. En los últimos años, se ha implementado la aplicación de productos foliares que complementan la fertilización edáfica, como es el caso de los bioestimulantes o fertilizantes foliares con acción bioestimulante, convirtiéndose en una práctica común entre los cultivadores de tomate. La presente investigación tuvo como objeto evaluar el efecto del producto bioestimulante BIOAGRO TRIPLE A, sin registro ante el ICA, producto que pretende ser una alternativa de fertilización foliar complementaria de bajo costo para una producción sostenible del cultivo de tomate tipo chonto. La evaluación se realizó, en las instalaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, ubicada en el Municipio de Dosquebradas Risaralda a 1.450 msnm y con precipitación promedio de 2.700 mm anuales, en dos ambientes: Bajo invernadero y a campo abierto. Se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar, con tres tratamientos y 10 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, índice de área foliar, número de racimos florales, número de flores, número de frutos, peso de frutos y producción total por tratamiento. Los resultados mostraron que el producto BIOAGRO TRIPLE A puede ser una excelente alternativa económica y sostenible para los productores de este cultivo.

Palabras Clave: Bioestimulante, fitohormonas, fertilización foliar, tomate chonto

ABSTRACT

Tomato, vegetable crop is the largest consumer in the world fresh and Colombia. In the department of Risaralda about 3,000 hectares are grown under plastic covers, without adequate technology package that will ensure greater profitability of the crop. In recent years, we have implemented the application of foliar products that complement the soil fertilization, as in the case of foliar fertilizers bioestimulantes or bioestimulante action, becoming a common practice among tomato growers. The present study was to evaluate the effect of product bioestimulante BIOAGRO TRIPLE A, without registration with the ICA, product intended to be an alternative complementary low-cost foliar fertilization for sustainable production of tomato crop chonto type. The evaluation was conducted at the premises of the National Open University and Distance UNAD, located in the municipality of Dosquebradas Risaralda at 1,450 meters above sea level and average annual rainfall of 2,700 mm in two environments: Under greenhouse and open field. An experimental design was established in completely randomized, with three treatments and 10 repetitions blocks. The variables evaluated were: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area index, number of flower clusters, number of flowers, number of fruits, fruit weight and total production per treatment. The results showed that the product BIOAGRO TRIPLE A can be an excellent economic and sustainable alternative for producers of this crop.

Key Wors: Biostimulant, fitohormonas, foliar fertilization, chonto tomato

INTRODUCCION

Las fitohormonas son moléculas orgánicas que en pequeñas cantidades pueden influir en la fisiología de las plantas y estas juegan un papel importante en el crecimiento, la floración y la maduración de los cultivos.

La aplicación de bioestimulantes a los cultivos va teniendo cada vez más importancia desde el punto de vista agronómico, porque actúan como estimuladores o reguladores del crecimiento de las plantas y desde el punto de vista económico debido a que se pueden generar altas producciones. Los reguladores de crecimiento son aplicados en pequeñas cantidades y pueden aumentar, inhibir o modificar diferentes procesos fisiológicos de las plantas como el crecimiento, la acumulación de materia seca, la maduración del fruto, la inducción de la germinación de semillas, la inducción floral y el cuajamiento de frutos, entre otras, lo que permite mejorar y estandarizar las producciones.

En este ensayo se evaluó el efecto del producto bioestimulante, denominado “Bioagro Triple A” sobre las variables morfoagronómicas; Altura de la Planta; Diámetro del Tallo; Número Hojas; Índice de Área Foliar; Número Inflorescencias; Número Flores; Número Frutos; Peso Fruto y Producción Total por Planta en tomate tipo chonto para el consumo en fresco (*Lycopersicon sculentum Mill*), con el fin de cuantificar la respuesta fisiológica de las plantas de tomate frente a la aplicación del producto Bioagro Triple A, en dos ambientes de cultivo.

Los resultados de la investigación permitieron evidenciar que la aplicación foliar de bioestimulantes puede ser una herramienta que permite manejar el cultivo de tomate de una forma eficiente, siendo una alternativa técnica y económicamente viable al alcance de los productores que permite lograr altas producciones por cosecha, lo que redundará en un mayor ingreso y por lo tanto en la mejora de la calidad de vida de los agricultores que se dedican a esta línea productiva.

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

Actualmente los costos de los insumos agrícolas en el país son altos y por tal motivo los productores han visto afectados sus cultivos porque en muchas ocasiones no le pueden suministrar lo que requieren las plantas para que se presenten excelentes producciones.

El tomate es un cultivo de trascendental importancia para el consumo del país y es uno de los que no puede faltar en la canasta familiar de las familias colombianas; sin embargo como los demás cultivos, no es ajeno a la crisis que actualmente está pasando el sector agropecuario por cuenta de los costos de los insumos y es por esta razón que se deben generar alternativas de solución de impacto con el fin de suministrar a las plantas lo que en realidad requieren a un bajo costo y que sea eficiente para su desarrollo.

1.1 HIPOTESIS DE INVESTIGACION

El uso de un producto bioestimulante de aplicación foliar, puede ayudar a aumentar la producción del cultivo del tomate.

2. JUSTIFICACION

En la actualidad el sector agropecuario colombiano se ha visto envuelto en diferentes crisis debido a que las políticas que se implementan, carecen de claridad y objetividad, perjudicando directamente con esto a los campesinos porque no les permite ser competitivos tanto a nivel de producción y de comercialización. Uno de los puntos que afecta severamente la producción es el valor de los insumos agropecuarios ya que al ser estos muy altos, afecta sobremanera los costos de producción de los cultivos y por tal motivo, las rentabilidades no son apreciables para el sustento de las familias; el cultivo del tomate no es ajeno a esta situación. Por tal motivo se hace necesario implementar alternativas de solución económicas y de alto impacto en la producción, con las cuales los productores se les puedan dar la tranquilidad de entregar un producto final de calidad, competitivo y con el cual, él y su familia pueda gozar de una buena calidad de vida.

Este proyecto de investigación, será de gran ayuda a nivel institucional (Universidades, Gremios, Entidades Públicas y Privadas) porque fortalecerá de alguna manera la información e investigación existente en el cultivo del tomate, generando alternativas de solución para su manejo, con el objetivo de mejorar y ser eficientes en las prácticas de producción para aumentar las producciones, de las cuales dependen en gran medida el ingreso económico de los campesinos; los resultados sin lugar a dudas deben ser del conocimiento de las diferentes instituciones con el fin de que a los productores se les brinde una asistencia técnica de calidad.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del Bioestimulante Bioagro Triple A sobre la producción de tomate tipo chonto (*Lycopersicum sculentum*) en dos ambientes de cultivo.

3.1.1 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del producto bioestimulante Bioagro Triple A sobre la producción y calidad de tomate chonto.
- Evaluar la interacción de la aplicación de los bioestimulantes y el ambiente de cultivo sobre la producción y calidad de tomate chonto.

4. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO

4.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

4.1.1 Origen y distribución

El tomate es originario de América del sur, entre las regiones de Chile, Ecuador y Colombia, pero su domesticación se inició en el sur de México y norte de Guatemala. Las formas silvestres de “tomate cereza”, *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, originarias de Perú, migraron a través del Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde fue domesticado por el hombre; en la lengua nahua de México era llamado tomatl, que sin lugar a dudas dio origen a su nombre actual. (Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, Zapata, y Rengifo, 2007).

El tomate alcanzó un estado avanzado de domesticación en México antes de ser llevado a Europa y Asia. Los herbarios europeos muestran descripciones y grabados de tomate solamente a partir de la segunda mitad del siglo XVI. Esas informaciones revelan que los primeros tipos cultivados en Europa tenían frutos blandos, con amplia variedad de formas y colores, cambios que fueron realizados por los agricultores primitivos de México. (Jaramillo et al., 2007).

La mayor extensión dedicada a este cultivo se encuentra en China, país en el que un total de un millón de hectáreas se dedican a producir tomate, con un volumen de 50,12 millones de toneladas. El segundo lugar por número de hectáreas lo ocupa India, donde a este cultivo se dedican 870.000 hectáreas de las que obtienen 17,5 millones de toneladas. La tercera posición por la extensión dedicada a cultivar tomate es para Turquía, con 300.000 hectáreas y una producción de 11,35 millones de toneladas. (ver figura 1). La cuarta posición es para Nigeria con 270.000 hectáreas, seguida por Egipto (216.395), Irán (160.000), Estados Unidos

(150.140), Camerún (150.000), Rusia (117.700), apareciendo México en el décimo lugar por extensión dedicada al cultivo del tomate, con un total de 96.651 hectáreas. (Agriculturers, 2014)

Figura 1 Producción Mundial de Tomate



Fuente: Agriculturers 2014

De acuerdo con la información de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015), al menos 164 países alrededor del mundo producen alguna variedad de tomate. China es el principal productor mundial con 50 millones de ton (23,75% del total mundial), seguido por India con 17.500.000 ton, Estados Unidos con 13.206.950 ton (obtenidas en condiciones de producción bajo invernadero) y Turquía y Egipto con 11.350.000 y 8.625.219 ton, respectivamente. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

India presenta un rendimiento de 20,11 ton /ha, siendo inferior al de Estados Unidos y China en 67,85 y de 29,89 ton /ha, respectivamente. Los 5 principales productores de tomate a nivel mundial han mantenido un constante crecimiento.

Por su parte, Colombia se encuentra en el puesto 32, con una producción de 412.351,2 ton y un rendimiento 37,02 ton/ha no muy alejada del rendimiento promedio de los principales productores, en área de cultivo de 15.000 has, siendo favorecido por contar con climas y suelos aptos para la producción en invernadero o al aire libre, siendo Norte de Santander el principal departamento productor con 119.787 toneladas, seguido por Antioquia con 47.110 toneladas, Boyacá con 46.638 toneladas, Santander con 42.924 toneladas y Cundinamarca con 26.851 toneladas. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

En Colombia, la producción de tomate es común en casi todas las zonas. Sin embargo, el departamento del Norte de Santander lidera la producción con una producción 119.787 toneladas, con un área sembrada de 2.586 ha, un rendimiento de 46,3 ton/ha y una participación del 29% del total de la producción nacional; es seguido de Antioquia con una producción de 47.110 toneladas, un área sembrada de 975 ha, un rendimiento de 48,3 ton/ha y una participación del 11,4% de la producción nacional; en tercer lugar se encuentra Boyacá con una producción de 46.638 toneladas, un área sembrada de 1.113 ha, un rendimiento de 42 ton/ha y una participación del 11,3% de la producción nacional; en cuarto lugar se encuentra el departamento de Santander con una producción de 61.483 toneladas, un área sembrada de 1.108 ha, un rendimiento de 26,4 ton/ha y una participación del 10,4% de la producción nacional; finalmente Cundinamarca cuenta con una producción de 26.851 toneladas, un área sembrada de 1.213 ha, un rendimiento de 22,1 ton/ha y una participación del 6,5% del total de la producción nacional. (Agronet 2015) (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

En el año 2013 hubo exportaciones de tomate desde Colombia por valor de 298.565 dólares siendo los principales países destino de las importaciones Antillas Holandesas (228.174 dólares), Aruba (49.200 dólares), Ecuador (18.910 dólares) y España (2.281 dólares). Por su parte, los principales departamentos exportadores fueron Cundinamarca con una participación del 52,8% del total exportado,

Atlántico con 37,9%, Bogotá con 6,3%, Santander con 2,3% y Risaralda con 0,8% (DANE, 2014. Cifras de Comercio Exterior) (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

4.1.2 Clasificación taxonómica

El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia solanaceae y al género *Lycopersicon*. *L. esculentum*; es la especie más cultivada y posee un gran número de especies silvestres relacionadas. (Jaramillo et al., 2007).

La clasificación taxonómica del Tomate es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *Esculentum*

Nombre binomial: *Lycopersicon esculentum*

Descriptor: Miller (1788)

4.1.3 Descripción Botánica

Según Hernández, (2011), las plantas de tomate son herbáceas perennes, aunque en su hábitat natural muy probablemente se comportan como anuales y pueden morir después de la primera estación de crecimiento debido a las heladas o la sequía. Las hojas son pinnadas con 2-6 pares de folíolos opuestos o sub-

opuestos, sésiles, subsésiles o pecioladas. La inflorescencia básica es una cima con diferentes patrones de ramificación (mono, di y policotómico), y con o sin brácteas axiales, contando con tres nudos entre cada inflorescencia. Las flores son típicamente amarillas, las anteras están unidas lateralmente para formar un cono en forma de botella con una punta alargada estéril en el ápice (excepto en *S. pennellii*). Los sistemas de polinización han jugado un papel importante en la evolución de la naturaleza especies de tomate, que van desde alógama auto-incompatible, a alógamas facultativas, y de auto-compatible, a autógamas y auto-compatible. El tamaño del fruto, el color y pubescencia son variables, al igual que el tamaño de las semillas, el color y el desarrollo de las paredes radiales de las células de la testa. Las frutas son bayas generalmente bilocular en las especies silvestres, y bilocular o multiloculares en el las variedades cultivadas.

Según el hábito de crecimiento, se pueden distinguir dos tipos distintos: los determinados y los indeterminados. La planta de crecimiento determinado es de tipo arbustivo, de porte bajo, pequeño y de producción precoz. Se caracteriza por la formación de las inflorescencias en el extremo del ápice. El tomate de tipo indeterminado crece hasta alturas de dos metros o más, por lo que requieren de tutores que orienten su desarrollo. El crecimiento vegetativo es continuo. Unas seis semanas después de la siembra inicia su comportamiento generativo, produciendo flores en forma continua y de acuerdo a la velocidad de su desarrollo. La inflorescencia no es apical sino lateral. Este tipo de tomate tiene tallos axilares de gran desarrollo. Según las técnicas culturales, se eliminan todos o se dejan algunos de éstos. Para la producción mecanizada se prefieren las variedades de tipo determinado, que son bajos o arbustivos. (Hernández, 2011)

Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo de la planta de tomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad (Von Haeff, 1983) (Sañudo, 2013).

4.1.4 Morfología

La planta de tomate es anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad. El crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las indeterminadas. (Jaramillo *et al.*,2007).

- **Tallo.** El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Éste tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta. (Garzón, 2013).
- **Flor.** Es perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo. Esta conformación favorece la autopolinización. El pistilo está compuesto de un ovario y de un estilo largo, simple y levemente engrosado; el ovario tiene entre dos y 20 óvulos formados según la variedad, y éstos reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. Las flores se agrupan en racimos simples ramificados que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas. Un racimo puede reunir de 4 a 20 flores dependiendo de la variedad cultivada y las condiciones de desarrollo de la planta. Las flores son amarillas y normalmente pequeñas (uno a dos cm de diámetro). La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas. (Jaramillo *et al.*,2007).
- **Hojas.** Son compuestas imparipinadas con siete a nueve foliolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos

de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. (Garzón, 2013)

- **Frutos.** Es una baya que presenta diferente tamaño, forma, color, consistencia y composición, según el cultivo que se trate. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. Frutos uniloculares son escasos y los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos. En los lóculos se forman las semillas. La maduración del fruto puede ser uniforme, pero existen algunas variedades que presentan hombros verdes debido a un factor genético. La exposición directa de los rayos del sol sobre los frutos con hombros verdes acrecienta su color a un verde más intenso, y en algunos casos toman una coloración amarilla; el cubrimiento de los frutos con el follaje reduce este fenómeno. Es importante al momento de elegir una variedad determinar si el mercado acepta esta característica. (Jaramillo *et al.*,2007).

El fruto del tomate está unido al pedúnculo por medio de una articulación en la que se encuentra un punto de abscisión. Algunas variedades no tienen este punto de abscisión por lo que son definidas como variedades tipo “jointless”, y se usan principalmente para procesamiento ya que se requiere que el fruto se separe fácilmente del cáliz. (Jaramillo *et al.*,2007).

- **Semilla.** La semilla del tomate es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alargada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa. (Jaramillo *et al.*,2007).

4.1.5 Biología Floral y Sistema Reproductivo

La floración de la primera inflorescencia del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un proceso que ocurre en un periodo que abarca desde los 20 hasta los 50 días después de la siembra. Se puede dividir en dos etapas principales: microscópica, desde que inicia el proceso, hasta que emerge del ápice y se libra de la protección de las hojas, y visible, desde el momento que se aprecian botones a simple vista hasta la antesis. (Contreras, Arroyo, Ayala, Sánchez, y Moreno, 2013).

La diferenciación floral de *Solanum lycopersicum* L. ocurre en el meristemo apical y el cambio de condición vegetativa a reproductiva se da cuando la planta tiene de cuatro a cinco hojas bien formadas y dos o tres primordios de hoja. La inflorescencia se completa entre el sexto y noveno fitómero. Al perder la dominancia apical, cuando el meristemo principal se diferencia, una yema vegetativa axilar continúa el crecimiento y retomando dicha condición. Una vez que se crean tres fitómeros en ella, ese meristemo sustituto vuelve a diferenciarse en lo que será la segunda inflorescencia. (Contreras *et al.*,2013).

La formación de las inflorescencias presenta un desarrollo basípeta, inicialmente y cuando se ve a simple vista en la planta culmina en forma acrópeta. La secuencia de aparición de órganos florales se da de manera centrípeta: primero los sépalos,

luego los pétalos, posteriormente los estambres y finalmente el gineceo (ovario, óvulos, estilo y estigma). (Contreras *et al.*,2013).

La floración está muy relacionada con el hábito de crecimiento de la planta; las de hábito de crecimiento determinado, una vez que diferencian el primer racimo floral (entre la 5^o y 7^o hoja o nudo) van reduciendo el número de hojas o nudos para formar el siguiente racimo floral hasta que termina finalmente en un racimo floral. En cambio la planta de hábito de crecimiento indeterminado o normal para *Lycopersicon esculentum*, también diferencia el primer racimo floral entre la 5^o y 7^o hoja pero mantiene tres hojas entre racimo y racimo indefinidamente y por lo tanto, cubre un área mucho mayor. (Argerich y otro, 1988).

La flor del Tomate es perfecta, de ovario súpero y regular. Sépalos, pétalos y estambres son insertados en forma helicoidal a 135^o en el simpodio; el número de órganos es 6. La inflorescencia floral es formada en el brote apical. Su diferenciación comienza con un agrandamiento y achatamiento del brote vegetativo. La primera flor formada tiene en su ápice la yema para formar la segunda flor y así sucesivamente hasta completar la inflorescencia de 7 a 12 flores; las regiones donde se van formando las flores están alineadas formando el raquis principal de la inflorescencia del cual, penden los pedicelos florales. La inflorescencia cuando finaliza su desarrollo es de forma de racimo con las flores más jóvenes en el extremo distal pero en realidad es una cima. Pueden convivir en un mismo racimo frutos pequeños, flores abiertas y cojines florales. (Argerich y otro, 1988).

El tomate es una planta autógama, es decir que su polinización se produce internamente (dentro de la misma flor) con polen de la propia flor. A pesar de ser una planta autógama, la polinización cruzada puede existir y a veces puede superar el 5%, lo cual puede ser un aspecto importante para mantener la pureza varietal. El desarrollo de yemas, flores, y frutos ocurre progresivamente dentro del

racimo. Una flor puede abrir antes que otra de manera tal que es muy raro en el tomate cultivado encontrar dos flores de un racimo en el mismo estado de desarrollo. La polinización autógama o normal se produce generalmente entre un 95 y 100%. La polinización en el campo es producida por el viento que mueve las flores y ocasionalmente por insectos que con el vibrar de sus alas mueven la flor promoviendo la dehiscencia de las anteras; en invernaderos la función del viento e insectos es reemplazada por ventiladores o manualmente moviendo los soportes donde se apoyan las plantas. (Argerich y otro, 1988).

4.1.6 Ecología y fisiología

El tomate necesita de varios factores de crecimiento para su desarrollo. La planta obtiene el agua y los nutrientes del suelo, del aire, del dióxido de carbono (para realizar la fotosíntesis) y el oxígeno para respirar. La fotosíntesis suministra a la planta los carbohidratos que necesita y consecuentemente, cuanto mayor sea el suministro de los factores necesarios para la fotosíntesis, mejor será su nivel nutricional. En la respiración utiliza los carbohidratos para generar la energía que la planta necesita para realizar la mayor parte de los procesos de crecimiento y desarrollo y como consecuencia un buen suministro de oxígeno mejora su nivel energético. Las raíces también necesitan respirar; los suelos con exceso de agua no ofrecen el nivel de oxígeno adecuado para la respiración. Es necesario suministrar los factores de crecimiento para mantener la planta sana y vigorosa, de tal modo que pueda enfrentar condiciones tales como la competencia de otras plantas y los ataques de insectos y patógenos. (CATIE, 1990).

El tomate es un cultivo con capacidad de crecer en condiciones climáticas muy variadas. Es cultivado en zonas de altura y en zonas bajas o cálidas. El factor limitante de la producción en zonas altas es el riesgo de heladas o temperaturas bajas que prevengan o retrasen el desarrollo del cultivo. Las variedades de tomate que se siembran en zonas bajas o cálidas pueden resultar ser seriamente

afectadas por insectos plaga los cuales son limitantes también en la producción; en cuanto a enfermedades serán más o menos serias dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad relativa de cada lugar. (CATIE, 1990).

Para que ocurra una buena fecundación de frutos, se requiere que la temperatura nocturna sea menor que la diurna, en aproximadamente 6° C. La temperatura nocturna debe oscilar entre el rango de los 13 – 26 °C, para la mayoría de las variedades, pues si la temperatura interna del fruto es mayor a 30 °C, se inhibe la síntesis de licopeno (compuesto responsable del color rojo del fruto) produciéndose frutos con maduración y coloración desuniformes. El inicio de la fructificación ocurre entre los 60 a 65 días después de la siembra, y la primera cosecha puede realizarse entre los 75 a 80 días, si la variedad es de crecimiento determinado. Si es indeterminada, la fructificación da inicio entre los 70 a 80 días, y la primera cosecha se realiza entre los 85 a 90 días después de siembra. (Pérez, Hurtado, Aparicio, Argueta, y Larín, 2002).

Las condiciones agroecológicas ideales para el cultivo del tomate tenga un normal desarrollo son las siguientes:

- **Temperatura:** Considerada como la más importante condición para el buen desarrollo vegetativo de la planta de tomate. Los rangos de temperatura que maximizan la producción se sitúan entre 16 y 20 °C para el periodo nocturno, y 22 y 30 °C para el diurno. (Corpoica, 2013) (DANE, 2014). Temperaturas superiores a los 30°C ocasionan que el polen no madure, por lo tanto no hay fecundación, observándose aborto floral o caída de flor. Por lo que se recomienda seleccionar variedades que se adapten a este tipo de condiciones ambientales. Las variedades de tomate de crecimiento determinado inician su floración entre los 55 a 60 días después de sembrados; mientras que las de crecimiento indeterminado, entre los 65 a 75 días después de la siembra. (Morales y Castillo, 2009).

- La humedad relativa ideal para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre un 65 y un 75% para su óptimo crecimiento y fertilidad. (Jaramillo *et al.*,2007). Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades, se presentan una serie de desordenes que afectan la calidad de los frutos, como son: manchado, grietas, cara de gato o malformación del fruto y frutos huecos, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y además las flores pueden caerse. Cuando la humedad relativa es baja, aumenta la transpiración de la planta, se reduce la fotosíntesis y se seca el polen, produciéndose igualmente anomalías en la fecundación. (Corpoica, 2006).
- El tomate demanda de ocho a dieciséis horas diarias de luz solar, para lograr un buen desarrollo de la planta y una coloración uniforme de los frutos. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, y reduce la capacidad de adsorber el agua y los nutrientes del suelo. (Corpoica, 2006).
- El tomate prospera en diferentes tipos de suelo, aunque los más indicados son los suelos sueltos, fértiles, bien aireados y con buen drenaje interno y capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas, con contenidos de materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes. El pH del suelo debe oscilar entre 5,8 a 6,8 para garantizar la máxima disponibilidad de nutrientes, debe estar libre de piedras y malas hierbas y, sobre todo, ser uniforme. (Jaramillo *et al.*,2007).

4.1.7 Cosecha y postcosecha

El tomate sigue madurando por ser un fruto climatérico después de cosechado. Aunque puede cosecharse con mínima madurez, sólo los cosechados con mayor

madurez presentan mejor calidad organoléptica. El estado de madurez es uno de los factores de mayor incidencia en la vida postcosecha y calidad del producto. Los frutos cosechados verdes son sensibles a la deshidratación y son de menor sabor y valor nutritivo; los maduros son menos sensibles a los daños por frío durante el almacenamiento, presentan mejores características organolépticas pero menor firmeza. (Argerich, *et al.*,1988). Según (Jaramillo *et al.*,2007), el momento ideal de cosecha en nuestro país tiende a acercarse lo más posible al estado verde maduro, debido a que la tecnología de postcosecha es todavía precaria y por lo tanto cosechar en estados incipientes de madurez permite un margen adecuado para la manipulación de cosecha, embalaje, transporte y llegada al consumidor sin problemas graves de sobre madurez.

El primer paso en la vida postcosecha de un fruto de tomate es el momento de la cosecha. Para los frutos de tomate destinados a consumo en fresco la cosecha se realiza manualmente, por lo que la decisión de si el producto ha alcanzado la madurez correcta para la cosecha depende del criterio del cosechador. La madurez del tomate al momento de la cosecha determina su vida de almacenamiento y calidad, y afecta la forma en que deben ser manipulados, transportados y comercializados. Por lo tanto, en tecnología postcosecha es esencial comprender el significado y forma de medir la madurez del fruto. Los frutos deben ser cosechados con una madurez adecuada, con un mínimo daño y pérdidas, y tan rápidamente como sea posible y a un mínimo costo. (Escalona, Alvarado, Monardes, Urbina, y Martín , 2009).

La apariencia de los tomates está muy influenciada por la presencia y la magnitud de los defectos. Defectos de menor envergadura que no comprometan la calidad comestible son aceptables, pero defectos serios pueden influenciar su apariencia, firmeza, marchitamiento y susceptibilidad a las enfermedades. Los defectos originados antes de la cosecha son: frutos huecos, podredumbre apical, rajaduras radiales y concéntricas, daños por insectos, quemaduras de sol, ablandamiento

excesivo y maduración irregular (Jaramillo *et al.*,2007).

El daño físico puede ocurrir durante la cosecha y en los pasos de manipulación postcosecha. Esto no es sólo desagradable, sino que además hay pérdidas de humedad, y los decaimientos o podredumbres pueden resultar en una pérdida de sabor. La presencia de podredumbre es un defecto serio que hace invendible el tomate (Jaramillo *et al.*,2007).

El periodo transcurrido desde la recolección de los productos en el campo hasta que son consumidos en estado fresco o son utilizados en un proceso de preproducción o transformación, se le conoce con el nombre de postcosecha. La postcosecha comprende las etapas de selección, clasificación, empaque, embalaje, transporte, y almacenamiento. Sin embargo, su realización total y parcial o la secuencia de ellas depende de cada cultivo (Jaramillo *et al.*,2007).

4.1.8 Tipos de tomates

Los tomates se agrupan en diferentes categorías según su uso y de acuerdo con la forma externa de los frutos, generalmente se tienen cuatro tipos:

4.1.8.1 Milano: Los tomates tipo milano son de tamaño grande con peso promedio que va de 200 a 400 gramos, de forma achatada o semiachatada, con cuatro o más lóculos. Se usan en ensaladas y se consumen maduros o verdes. Los milanos cuentan con los tomates arriñonados o acostillados, que fueron remplazados por los tomates mejorados tipo larga vida de mayor rendimiento en la producción, tolerancia a algunas enfermedades y larga vida útil en poscosecha. Dentro de los tomates tipo milano los principales híbridos cultivados en Colombia son: i) de crecimiento indeterminado: granito, B-52, esmeralda, rubí, Sofía, marimba, Rebeca, Sheila, Jennifer, Michelle, rocío, Monalisa, titán, Pietro, Syta, Viviana, campeón, Lorely, Adrale, Cibella, Tíbet, Ichiban, Casandra, Cuerido,

Alboran, Beverly, Yacalo, Valouro, Astona, Aurora, Alambra, Reyna e Indaba, de los cuales estos cuatro últimos son recomendados tanto para siembra a campo abierto como en invernadero; ii) de crecimiento determinado: magnate, supermagnate e Ingrid. (DANE, 2014).

Figura 2 Tomate Tipo Milano



Fuente: El Autor 2015

4.1.8.2 Chonto: Los tomates tipo chonto son de forma redonda u ovalada, levemente elongados u oblongos, con dos a cuatro lóculos. Se consumen en fresco y son utilizados en la preparación de guisos, pastas, ensaladas y encurtidos. Los frutos tienen un peso promedio de 70 a 220 gramos. Los híbridos del tomate tipo chonto más usados son: i) de crecimiento indeterminado: torrano, calima, tequila, chévere, Cumanday, bonus, andino, Santa Clara, Kyndio Colombia, gen 604, Carina, Atala, Boshara, pacal, colibrí, San Isidro y Bachué, siendo los seis últimos recomendados igualmente para siembra a campo abierto como en invernadero; ii) de crecimiento determinado: tinto o Ríogrande, comunero, Chicamocha, Matador, Sandokan y Surya. (DANE, 2014). Para efectos

de este trabajo, se utilizó el tomate matador que tiene las siguientes características: es una variedad de última generación, tiene un buen comportamiento al utilizarse ya sea en invernadero o campo abierto; es una planta compacta, frutos extra firmes con peso entre 120 y 170 grs, racimos con mas de 6 frutos y resistencia a los siguientes virus: Ty, Tw, TMV, F2, N, V. (EUROSEMILLAS, 2015).

Figura 3 Tomate Tipo Chonto



Fuente: El Autor 2015

4.1.8.3 Cherry: El tipo cherry originalmente procede de la domesticación de la especie *Lycopersicon pinpinelifolium*. Los hay en forma de pera, bombillo o redonda, así como de colores amarillo, rojo, naranja o morado. Posee frutos de tamaño muy pequeño, entre 18 y 30 milímetros de diámetro y peso promedio de

10 gramos. Se agrupan en ramilletes de 15 o más frutos y su consumo preferiblemente es en fresco, como pasa bocas, en cocteles y para decorar platos. Los principales híbridos cultivados son: regy, red Candy, moscatel y baby Tom. Este último se adapta muy bien a condiciones de campo abierto como a invernadero. (Jaramillo *et al.*, 2007).

Figura 4 Tomate Tipo Cherry



Fuente: www.biobio.com.co

4.1.8.4 Industrial: Los tomates tipo industrial se caracterizan por tener gran cantidad de sólidos solubles que los hacen atractivos para su procesamiento, principalmente en la producción de salsas, pastas, zumos, purés, trocitos o cubitos, deshidratados, en polvo o pelados. Se encuentran diferentes formas, desde redondos hasta piriformes, y son de un color rojo intenso. Como se indicó anteriormente, los tomates tipo industrial corresponden a las variedades de crecimiento determinado. (Jaramillo *et al.*, 2007).

Figura 5 Tomate Tipo Industrial



Fuente: www.seminis.com

4.1.9 Producción de tomate en invernaderos

Los Invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera adecuada a lo largo de todo el año. El concepto de bajo Invernadero, representa el paso de producción extensiva de tomate a producción Intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas de la raíz a las hojas. (Corpoica, 2006).

El invernadero es una estructura, en la que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertos con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo y otras más sofisticadas con instalaciones y equipos para un mejor control del

ambiente. Los invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otras. (Corpoica, 2006).

Dentro de las principales ventajas y desventajas que proporcionan los invernaderos en la producción de tomate se tienen:

- **Ventajas:** protección del cultivo frente a condiciones climáticas extremas, producción continua, mejor calidad del producto e inocuidad, protección y conservación del suelo, uso de variedades de alto rendimiento, alta producción, reducción en los costos de producción, menor uso de plaguicidas, mayor eficiencia en el uso del suelo, el agua y los fertilizantes. (Corpoica, 2006).
- **Desventajas:** alta inversión inicial, disponibilidad de personal capacitado, supervisión permanente y requiere de monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del cultivo para un mejor control de plagas y enfermedades. (Corpoica, 2006).

Tipos de Invernaderos: El invernadero a instalar depende principalmente de las condiciones económicas del productor y de las condiciones ambientales que históricamente se han presentado en la zona, como: radiación solar o luminosidad, temperaturas mínimas y máximas, cantidad y distribución de las precipitaciones o de las lluvias, variación de la humedad relativa o del ambiente, dirección e intensidad de los vientos, ocurrencia de heladas y altura sobre el nivel del mar. Por esto se hace necesario contar con la asistencia del técnico agrícola. Tomando en cuenta lo anterior, los invernaderos de tipo Túnel y de Capilla o arco son los más recomendados para los agricultores que inician la producción bajo condiciones protegidas, por ser de menor costo y de fácil adopción. (DANE, 2014). (Ver figuras 6 y 7).

Figura 7 Invernadero Tipo Túnel



Fuente: <http://www.serida.org>

Figura 6 Invernadero Tipo Capilla



Fuente: <http://www.ecofisiohort.com.ar>

4.2 Los Bioestimulantes en el Cultivo del Tomate

Los bioestimulantes son una variedad de productos, que contienen principios activos, directamente utilizables tales como reguladores de crecimiento, sustancias húmicas, aminoácidos, etc, que actúan sobre la fisiología de las plantas, activando su desarrollo y crecimiento, y mejorando su productividad en la calidad del fruto (Ruiz *et al*, 2009) (Leiva, 2010). Lo cual contribuye a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades y al incremento de los rendimientos (Jiménez *et al*. 2008) (Leiva, 2010).

El conocimiento generado sobre las hormonas en las plantas es lo que ha orientado a la industria agroquímica a desarrollar formulaciones a base de compuestos hormonales naturales o sintéticos, para aplicarlos a las plantas y manipular sus eventos fisiológicos. De ahí surge el concepto de los biorreguladores hormonales también conocidos como reguladores de crecimiento o fitohormonas. Un biorregulador es un compuesto orgánico que promueve, inhibe o modifica procesos morfológicos y fisiológicos de las plantas cuando son aplica

dos en pequeñas concentraciones (Camargo *et al.*, 2009). Las formulaciones de los productos biorreguladores contienen uno o dos compuestos hormonales, cuya acción fisiológica está muy definida para cada evento o proceso fisiológico (Cuesta y Mondaca, 2014).

El uso de los bioestimulantes se incrementa gradualmente en la agricultura, al punto que en la actualidad su aplicación se ha hecho frecuente y casi imprescindible tanto en huertos frutales como en el cultivo de hortalizas (Jiménez *et al.* 2008). (Leiva, 2010).

De los resultados obtenidos en su uso se han inferido los mecanismos de efectividad de estos productos sobre la calidad funcional de los mismos en los tejidos de las plantas, lo cual contribuye a una mejor comprensión de sus potencialidades y a estimular a los productores e investigadores para el empleo frecuente de los mismos (Fernández *et al.*, 2003). (Leiva, 2010).

El manejo de la fertilización foliar y utilización de bioestimulantes en la agricultura es cada vez más frecuente por la demanda nutricional de los cultivos de alto rendimiento, donde el objetivo generalmente es suplir los requerimientos nutricionales en épocas críticas (caso micronutrientes esenciales); acortar o retardar ciclos en la planta e inducir etapas específicas fenológicas, además, de contrarrestar condiciones de stress en la planta; aporte energético en etapas productivas o nutrición foliar con fines de sanidad vegetal. (Gómez y Castro, 2010).

4.2.1 Fertilización foliar en el cultivo de tomate

Un suelo puede contener todos los elementos necesarios para la nutrición, pero éstos pueden estar en una forma no disponible para la absorción radicular; tal es el caso del hierro y el fósforo cuando el suelo es alcalino, en esos casos se realiza

una fertilización de esos elementos a nivel foliar, constituyendo una nutrición o fertilización complementaria (Rodríguez 1982, Beltran 2000).

La necesidad de fertilizantes por parte del cultivo de tomate, va a depender de la disponibilidad de nutrientes del suelo, el contenido de materia orgánica, humedad, variedad, la producción y la calidad esperada del cultivo. Por esto, las aplicaciones de fertilizantes estarán sujetas al resultado del análisis químico del suelo, análisis foliares y observaciones de campo. Una fertilización eficiente es aquella que, con base a los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y épocas precisas para el cultivo. Una buena fertilización no implica aplicar solamente el elemento faltante, sino también mantener un balance adecuado entre los elementos, tanto en el suelo como en las diferentes estructuras de la planta. Se debe tener en cuenta que el tomate es una planta exigente en nutrientes, requiere de una alta disponibilidad de N, P, K, Ca, Mg, Cu, B, Zn. Aunque la exigencia de N es alta, un exceso de este elemento puede llegar a un exagerado desarrollo vegetativo con bajo porcentaje de formación de frutos. Desde el momento del trasplante hasta la floración, la relación de fertilización de Nitrógeno y Potasio debe ser de 1:1, cuando comienza el llenado de fruto, se requiere de una cantidad mayor de Potasio ya que este elemento contribuye con la maduración y llenado de frutos; relación de estos nutrientes debe ser 1:2 o 1:3. (Jaramillo, 2007).

La carencia o ausencia de algún nutrimento en el cultivo de tomate, presenta la siguiente sintomatología:

Deficiencia de Nitrógeno: Se presenta como un alargamiento en las plantas, los tallos se vuelven delgados, las hojas también son delgadas y erguidas, las hojas inferiores presentan un color verde amarillento. Cuando la deficiencia es severa, toda la planta se torna de un color pálido, la nervadura principal de las hojas se vuelve de color púrpura antes de caerse, las flores se pueden caer

prematuramente y el fruto que se forma se queda pequeño. El exceso de nitrógeno, induce un excesivo crecimiento vegetativo y hojas de color verde oscuro, se retrasa la floración y hay menos flores por racimo, se produce un escaso cuajado de frutos, estos adquieren un color verde pálido y la maduración se retrasa, los tallos se vuelven gruesos y los entre nudos largos. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Fósforo: La carencia de este elemento causa un raquitismo en la planta, los tallos son delgados y fibrosos con una coloración púrpura opaca, las hojas adquieren una coloración verde oscuro o azulado, acompañado de tintes bronceados ó púrpuras, síntoma que es muy común en etapa de semillero. Se presenta poca floración y cuajado de frutos. Cuando la deficiencia es muy severa se presenta un retardo en la floración, se produce caída de hojas, flores y frutos y la maduración es tardía. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Calcio: En muchas ocasiones aunque el calcio este disponible en el suelo, se presenta deficiencia en la planta por baja y alta humedad relativa, alta temperatura en el suelo y en el aire o estrés por agua, poco desarrollo del sistema radicular, lo que hace que la planta no sea capaz de traslocarlo a las hojas y a los frutos. Se presenta en las plantas de tomate inicialmente un amarillamiento de los bordes en hojas superiores, observándose una coloración pardo oscuro en el envés, las hojas en formación presentan deformación y curvamiento de los bordes hacia arriba y el punto de crecimiento presenta necrosis . En los frutos se presenta una pudrición en el extremo apical, lo que comúnmente se conoce como “culillo”. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Magnesio: Se presenta en las hojas más viejas de la planta las cuales presentan clorosis marginales, que van progresando hacia el centro como una clorosis intervenal, las venas permanecen verdes, aparece un moteado necrótico en las hojas cloróticas (amarillas). Esta deficiencia, también puede

observarse en la parte media de la planta cuando el cultivo esta en máxima producción. En casos severos se da la muerte de las hojas viejas, toda la planta se vuelve amarilla y se reduce la producción. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Hierro: Se presenta en las hojas terminales, con una clorosis en los márgenes, que se extiende por toda la hoja, las venas permanecen verdes, se disminuye el crecimiento de la planta, con hojas pequeñas de lo normal y las flores se caen (aborto de la planta). Con el tiempo la clorosis puede pasar a las hojas más viejas. La deficiencia de hierro, puede ocurrir por un exceso de manganeso en los tejidos de las plantas. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Manganeso: Las hojas apicales, medias y viejas desarrollan clorosis intervenosa, seguido de necrosis, dando apariencia de un moteado; la vena central de la hoja se mantiene verde y algunos bordes alrededor de la vena, mientras que el resto de la hoja es de color amarillo. Si la deficiencia es severa se desarrollan pocas flores y frutos. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Zinc: La planta presenta entre nudos delgados y cortos, dando a la planta una apariencia de roseta, las hojas son pequeñas y gruesas, con manchas cloróticas irregulares de color verde amarillo. Los pecíolos de las hojas se rizan hacia abajo y las hojas se enrollan completamente, las hojas basales muestran clorosis café anaranjado, se produce aborto de flores, y los frutos que se desarrollan, permanecen pequeños, madurando prematuramente. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Boro: Esta deficiencia se manifiesta generalmente en las hojas jóvenes, las cuales, permanecen pequeñas y se deforman enroscándose hacia adentro, con manchas cloróticas de color amarillo naranja y venas amarillas, se afecta el punto de crecimiento, el cual se necrosa y muere deteniendo completamente el crecimiento de la misma. También produce caída de flores y

frutos con áreas corchosas alrededor del punto de abscisión. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Cobre: Las márgenes de las hojas jóvenes de la planta, son pequeñas pálidas y distorsionadas, se enroscan hacia arriba y los brotes son atrofiados. Se producen lesiones necróticas oscuras sobre la vena principal, no hay producción de flores o está es mínima, en casos severos, la planta puede presentar enanismo y clorosis. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Molibdeno: Las hojas muy viejas, presentan clorosis entre las nervaduras, los márgenes de las hojas se enroscan hacia arriba, las venas de las hojas también son cloróticas, en casos severos se presenta necrosis de las hojas. (Jaramillo, 2007).

Deficiencia de Azufre: Esta deficiencia de las plantas es escasa bajo condiciones de invernadero. Las plantas son pequeñas con hojas rígidas y curvadas hacia abajo, se desarrolla una clorosis intervenal verde amarilla a amarilla; los tallos, las venas y los pecíolos adquieren una coloración púrpura, las manchas necróticas pueden aparecer en las márgenes y puntas de hojas más viejas y sobre el tallo. Esta deficiencia es similar a la deficiencia de nitrógeno, pero para el azufre los síntomas se manifiestan en las hojas más jóvenes, por la poca movilidad de este elemento. (Jaramillo, 2007).

La fertilización foliar es otra forma en que se puede abastecer a las plantas con nutrimentos y es una práctica agronómica de simple aplicación, la cual no ha sido plenamente aprovechada para los cultivos. La fertilización foliar es eficiente para corregir desórdenes nutrimentales y para lograr un adecuado nivel nutricional en las plantas. La cantidad de nutrimentos requeridos vía follaje es menor que cuando se aplica vía edáfica; así al utilizar menor cantidad de fertilizantes, se reduce el riesgo de contaminación ambiental por nitratos y otros agroquímicos (Gray, 1997) (Hidalgo, Alcántar, Baca, Sánchez, y Escalante, 1998).

Con la fertilización foliar se evita, además, el riesgo de pérdidas económicas ya que, a la vez que se reduce la cantidad necesaria de fertilizantes, la aplicación se ubica en etapas fenológicas cercanas a la floración, que es cuando muchos cultivos muestran un marcado incremento en la actividad metabólica, incluyendo la absorción de nutrimentos (McVickarr *et al.*, 1963; Marschner, 1995; Hidalgo *et al.*, 2007).

La fertilización foliar es una técnica de relevante utilidad en aquellos casos donde la disponibilidad nutrimental es un problema, además de que constituye el medio más rápido para que las plantas utilicen los nutrimentos (Tisdale y Nelson, 1985; Marschner, 1995) (Hidalgo *et al.*, 2007) y aunada a la fertilización edáfica puede incrementar la producción y calidad de los cultivos a pesar de la desventaja que pudiera representar su costo de aplicación. (Hidalgo *et al.*, 2007).

Según Hidalgo *et al.*, (2007), la aplicación de soluciones foliares en tomate desarrollado en una solución nutritiva de Steiner al 100 % tuvo un efecto positivo sobre el número de frutos grandes con un incremento promedio de 23.0 % (0.9 frutos) y 56.4 % (2.2 frutos) en comparación con los testigos evaluados. La aspersión de fertilizantes foliares en tomate desarrollado en las soluciones nutritivas al 100 % y 50 % incrementó significativamente el contenido de sólidos solubles 7.35 % en promedio, en comparación con los testigos.

Con la fertilización foliar se ha evitado deficiencias de Ca y Mg en hortalizas y que el N,P,K, puede darse pero no parecen ser ventajosos con respecto a la aplicación al suelo; sin embargo, la aspersión foliar es útil si se da al empezar la floración o fructificación (Rojas 1982; Beltran, 2000).

En un estudio que se realizó en el cultivo del tomate Marglobe en la India durante 1979 a 1980, del almácigo (33 días después) fue trasplantado en un terreno que

fue tratado con 30 kg de N, 50 kg de P, 50 kg de K. Los micronutrientes fueron aplicados en aspersiones foliares al 0.075% de Mo (molibdeno y amoniaco), 0.10% Zinc (sulfato de zinc), 0.25% B (ácido bórico), 0.04% Cu (sulfato de cobre) y 2% de urea únicamente en combinaciones. Los efectos producidos en el desarrollo incidieron en la calidad del fruto. El mejor crecimiento de las plantas y producción superior (29.8 % fue obtenida por urea, seguido por Mo y B. El Cu reduce la infección de marchitez a 23.63% comparado con 35.46% en el control) (Das y singh 1989; Beltran 2000).

4.2.2 Las hormonas vegetales y la producción en tomate

Los grupos de compuestos hormonales descubiertos y reportados hasta el momento y que tienen un impacto significativo sobre el desarrollo y manejo en los cultivos son los siguientes: Auxinas, Giberelinas, Citocininas, Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Salicilatos, Jasmonatos. (Gómez y Castro , 2010).

Las fitohormonas se caracterizan por participar en variadas respuestas morfogénicas y de crecimiento de manera pleotrópica, esto quiere decir, que una misma hormona participa en diferentes procesos y además, que dependiendo de su concentración, la misma hormona puede ser estimuladora o inhibitoria de una misma respuesta. Por otra parte, varias hormonas pueden afectar una misma respuesta, lo cual indica que hay una aparente redundancia en el control de un mismo efecto. Cada respuesta ocurre en un tiempo determinado en el desarrollo de la planta y se presenta solamente en un tejido específico u órgano. (Srivastava, 2002; Cruz, Melgarejo, y Romero, 2010).

Durante varias décadas se han desarrollado numerosos estudios para revelar el papel de cada fitohormona, cuyas funciones incluyen una variedad muy amplia de procesos fisiológicos. Se ha dilucidado el rol de las auxinas en procesos de crecimiento, floración, dominancia apical, crecimiento celular de los meristemas y

formación de raíces en estaca leñosas; las giberelinas participan en la germinación de semillas e inducen la formación de flores y frutos; por su parte, las citocininas retardan la caída de la hoja y el envejecimiento e inducen la diferenciación celular y la formación de nuevos tejidos; mientras que el ácido abscísico es responsable del cierre de estomas cuando hay déficit hídrico o inhibe el crecimiento vegetal en momentos de crisis, produciendo una especie de letargo; y por último, el etileno, facilita la maduración de los frutos, la degradación de la clorofila y la posterior caída de las hojas (McSteen y Zhao 2008; Cruz *et al.*,2010).

Las plantas han desarrollado estrategias complejas para lograr su supervivencia en un medio ambiente en constante cambio. Las interacciones entre el modelo de desarrollo de cada especie y las condiciones ambientales en donde crecen, son censadas y transmitidas por una compleja red de diferentes receptores (Lenton, 1998). A excepción de la luz, los mecanismos de percepción de la planta ante los cambios medio ambientales, no se han esclarecido por completo en todos los casos. Por ello, son objeto de estudio permanente las vías de señalización que involucran una o varias hormonas (Achard, Cheng, De Grauwe, Decat, Schoutteten, Moritz y otros, 2006; Cruz *et al.*,2010).

4.2.2.1 Las Giberelinas y la Fructificación en Tomate

Diversos estudios han demostrado la importancia de las Giberelinas GAs en la fructificación del tomate, lo cual se basa en las siguientes evidencias:

La aplicación de GAs a ovarios emasculados no polinizados induce el desarrollo partenocárpico del fruto (Gustafson, 1936, 1960; Nitsch, 1952; Sjut y Bangerth, 1981; Bünger-Kibler y Bangerth, 1982/83; Alabadí *et al.*, 1996; Alabadí y Carbonell, 1998; Fos *et al.*, 2000, 2001; Serrani, 2008). En segundo lugar, la aplicación de un inhibidor de la síntesis de GAs (Paclobutrazol) a frutos polinizados inhibe su desarrollo, efecto revertido por la aplicación de GAs (Fos *et*

al., 2000, 2001). En tercer lugar, se han identificado GAs de las rutas de 13-hidroxilación y de no hidroxilación temprana tanto en ovarios (Fos *et al.*, 2000), como en frutos polinizados en desarrollo e inducidos con auxinas (Bohner *et al.*, 1988; Koshioka *et al.*, 1994; Serrani, 2008). Cuarto, se ha encontrado que genes que codifican enzimas de la ruta de biosíntesis de GAs, se expresan durante el desarrollo de la flor y del fruto (Rebers *et al.*, 1999). Finalmente, plantas transgénicas de tomate que tenían silenciado el gen *SIDELLA* (que codifica proteínas cuya degradación es inducida por GAs) produjeron partenocarpia facultativa (Martí *et al.*, 2007; Serrani, 2008).

Bünger-Kibler y Bangerth (1982/83; Serrani, 2008) observaron que el tratamiento con GAs hace que la tasa de divisiones celulares decrezca, por lo cual esa aparente inhibición de la división celular por parte de GAs podría explicarse como un efecto inhibitorio de la mitosis para estimular la endoreduplicación y la expansión celular. Algunos trabajos sugieren un rol de las GAs en la división celular, aunque publicaciones más recientes confieren un papel más claro de las GAs en la expansión celular (Srivastava y Handa, 2005; Serrani, 2008). Como se dijo anteriormente, Bünger-Kibler y Bangerth (1982/83) han descrito que en frutos tratados con GAs la división celular decrece en el tiempo, mientras lo contrario ocurre al aplicar auxinas en un periodo corto de tiempo. El tamaño celular es mayor en los frutos inducidos con GAs, por lo que se podría sugerir un mecanismo de compensación en el cual hay menos células pero de mayor tamaño. Estos mismos autores y Asahira *et al.* (1968) observaron que los frutos inducidos con GAs son más pequeños que los frutos polinizados y que los frutos tratados con auxinas (Serrani, 2008).

4.2.2.2 Las Auxinas y la Fructificación en Tomate

Diversos estudios han demostrado la importancia de las auxinas en la fructificación y desarrollo del fruto de tomate. En primer lugar, la aplicación

exógena de auxinas al ovario induce la formación de frutos partenocárpicos (Gustafson, 1936; Asahira *et al.*, 1967; Nitsch, 1970; Sjut y Bangerth, 1981; Bünger-Kibler y Bangerth, 1982/83; Chareonboonsit *et al.*, 1985; revisión de Abad y Monteiro, 1989; Koshioka *et al.*, 1994; Alabadí *et al.*, 1996; Serrani, 2008). Segundo, existe un incremento de sustancias auxínicas e IAA después de la anthesis (Mapelli *et al.*, 1978; Sjut y Bangerth, 1981; Serrani, 2008). En tercer lugar, líneas transgénicas que mostraban regulación negativa de *S/IAA9* (un gen *Aux/IAA*), tienen la capacidad de desarrollarse partenocárpicamente (Wang *et al.*, 2005; Serrani, 2008). Cuarto, un análisis del transcriptoma de tejidos en crecimiento de tomate, mostró expresión de genes de auxinas relacionados con su síntesis (amidohidrolasas del IAA), transporte (*PIN7*) y respuesta (*Aux/IAA*) (Lemaire-Chamley *et al.*, 2005; Serrani, 2008). Por último, en *Arabidopsis thaliana* se ha demostrado que el factor transcripcional ARF8 (AUXIN RESPONSE FACTOR 8), el cual interactúa con proteínas Aux/IAA, inhibe el desarrollo del fruto hasta que la fecundación tiene lugar (Goetz *et al.*, 2006; Serrani, 2008). Igualmente se ha demostrado que la mutación del gen *ARF8* (*Atarf8-4*) produce partenocarpia en *Arabidopsis* y tomate (Goetz *et al.*, 2007; Serrani, 2008).

Se ha sugerido que el crecimiento del fruto no es causado directamente por la producción de auxinas en las semillas (Varga y Bruinsma, 1976; Serrani, 2008), sino que la auxina estimula el desarrollo del embrión, lo que generaría una actividad de sumidero por parte de las semillas, de lo cual podrían aprovecharse los tejidos circundantes (Varga y Bruinsma, 1986; Serrani, 2008). La señalización por auxinas sin embargo, parece ser un prerrequisito para el desarrollo del tejido locular y para la expansión celular del mismo de acuerdo a los resultados obtenidos por Lemaire-Chamley *et al.* (2005). Esto parece estar de acuerdo con la teoría que plantea que las auxinas producidas por las semillas o por los tejidos circundantes a ellas, sirven para acelerar el crecimiento del fruto por expansión celular (Gillaspy *et al.*, 1993; Serrani, 2008).

Según Choudhury *et al.* (2013; Cuesta y Otro, 2014) probaron que algunos reguladores de crecimiento muestran diferente respuesta en parámetros biométricos y productivos de tomate. En muchas especies la formación de raíces adventicias en estaquillas es promovida por auxinas como el ácido indol-3-acético (AIA) y ácido indol-3-butírico (AIB) (Woodward y Bartel, 2005; Davies, 2004) por lo que se espera que el uso de un biorregulador que contenga estas hormonas acelerará el crecimiento de la raíz también en plantines de tomate.

4.2.2.3 Interacción de Giberelinas y Auxinas

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las auxinas y GAs están implicadas en la fructificación y desarrollo del fruto de tomate; de esta manera, se hace necesario estudiar las posibles interacciones entre ellas. En otras especies, las auxinas y GAs parecen interactuar en diversos procesos dependientes de GAs, ya que se ha observado que las primeras pueden alterar el metabolismo o modo de acción de las GAs. Por ejemplo, en guisante y tabaco, el IAA transportado de la yema apical induce la síntesis de GA¹ y el alargamiento del entrenudo, ya que regula positivamente la expresión de genes de biosíntesis de GAs y negativamente la expresión del gen *GA2ox* en el caso de guisante (O'Neill y Ross, 2002; Ross *et al.*, 2002; Serrani, 2008). De la misma forma, las auxinas controlan la expresión de enzimas relacionados con el metabolismo de GAs en plántulas de *Arabidopsis* (Frigerio *et al.*, 2006; Serrani, 2008). Se ha descrito que el 4-Cl-IAA, al parecer sintetizado en óvulos fertilizados de guisante, aumenta los niveles de transcritos que codifican los enzimas de biosíntesis de GAs en el pericarpo (Ngo *et al.*, 2002; Ozga *et al.*, 2003; Serrani, 2008). La interacción o 'cross-talk' entre auxinas y GAs se ha demostrado en *Arabidopsis* ya que la degradación de RGA (regulador transcripcional putativo que reprime la señalización de GAs) es dependiente de IAA (Fu y Harberd, 2003; Serrani, 2008). Este mecanismo de control de la elongación de la raíz depende de GAs a través de la degradación de las proteínas DELLA, que son represores del modo de acción de las GAs (Dill *et*

al., 2001; Serrani, 2008). Igualmente en *Arabidopsis*, al analizar por medio de un microarray la expresión de genes en respuesta a la aplicación exógena de GA₄, se observó la regulación positiva de diversos genes que codificaban proteínas de transporte de auxinas (Ogawa *et al.*, 2003; Serrani, 2008).

En tomate, varios trabajos han descrito que la aplicación de GAs altera el contenido de auxinas: primero, cuando se aplican GAs a flores no polinizadas se observa un incremento del nivel de auxinas en el ovario (Sastry y Muir, 1963; Serrani, 2008), y segundo, se han observado niveles incrementados de IAA de frutos tratados con GA₃ respecto a frutos no tratados (Bünger-Kibler y Bangerth, 1982/83; Serrani, 2008). También se ha observado el efecto contrario, es decir, un incremento significativo en el nivel endógeno de GAs cuando se estimula el crecimiento partenocárpico del fruto con auxinas (Sjut y Bangerth, 1978; Serrani, 2008). El incremento de GAs en la fase de expansión celular ocurre cuando se da el máximo crecimiento, que coincide con el decrecimiento del nivel de auxinas. Esto es consistente con el modelo en el cual las auxinas estimulan la biosíntesis y posterior acumulación de GAs, lo cual es requerido para expansiones posteriores (Gillaspy *et al.*, 1993; Serrani, 2008).

4.2.2.4 Las Citocininas en la producción de tomate

Las citocininas son hormonas esenciales en el accionar de varios procesos vinculados al crecimiento y desarrollo de las plantas y relacionados a la acción de varios genes. Se trata de derivados de la base adenina que en su posición N6 muestra varias substituciones, no teniendo la adenina sola, efecto hormonal alguno. El reconocimiento que citocininas pudiesen corresponder a hormonas vegetales se inició con el descubrimiento de la kinetina en la época de los 50, siendo este un artefacto producto de la degradación del ADN en espermátidas de arenque sometidas al autoclavado (temperatura y presión). Su efecto hormonal fue visualizado rápidamente al inducirse, en compañía de auxina, diferentes tipos de

morfogénesis en tejidos de tabaco y de otras especies bajo condiciones *in vitro*. Un alto nivel de citocinina vs. auxina provocaba la formación de brotes en tejidos derivados de explantes de médula, mientras que con niveles bajos de citocininas y/o conjuntamente niveles altos de auxina, se observaba la formación de masas celulares no organizadas (callos) y la formación de raíces con gradientes mayores de auxina (Skoog & Miller 1965; Jordán & Casaretto, 2006). Posteriormente se descubrió la existencia natural de citocininas en diferentes especies (como también en procariontes) siendo la zeatina, inicialmente hallada en semillas de maíz (*Zea mays*) la más frecuente y abundante, junto a su ribósido (Letham 1973; Jordán y otro, 2006). Junto a la zeatina se detectaron otros compuestos de acción semejante en el endosperma líquido de coco o “agua de coco” (Caplin & Steward 1948; Jordán y otro, 2006).

4.2.2.5 El Etileno

El Etileno es la única hormona vegetal gaseosa, simple y pequeña, presente en angiospermas y gimnospermas aunque también en bacterias y hongos además de musgos, hepáticas, helechos y otros organismos. Siendo un gas puede moverse rápidamente por los tejidos, no tanto por transporte sino por difusión. Su efecto además se inicia con cantidades mínimas, las cuales ya provocan respuestas. En general, el etileno se encuentra como subproducto de la combustión de petroquímicos. Esto condujo a reconocer experimentalmente, aún a comienzos de siglo que, varios gases como el etileno, podían inducir varias respuestas en plantas, al poder afectar los patrones de crecimiento, y germinación, aunque este último, no como una hormona vegetal. Sin embargo a partir de los 1980s se descifra totalmente su ciclo de síntesis, enzimas y diferentes factores bióticos y abióticos que afectan dicho proceso y etileno es reconocido como otra hormona vegetal. Se asume que estaría relacionado con la acción de auxina dado que en presencia de ésta, etileno incrementa sus efectos más allá que el generado por la propia auxina, aunque se admite que por su forma gaseosa, puede llegar a zonas

adyacentes más rápidamente donde la auxina no puede acceder. Participa en los siguientes efectos fisiológicos de las plantas: expansión celular, epinastia, quiebre de la dormancia de las semillas y yemas, induce floración, maduración de frutos y acelera la senescencia y caída de flores y hojas. (Jordan y Casaretto, 2006).

Según (Giovannoni 2001; Jordan y Casaretto, 2006), los efectos más conocidos del etileno son a nivel de la maduración de frutos. Con el avance de la madurez ocurre la transformación del almidón en azúcares, ablandamiento y degradación de paredes celulares junto a desarrollo de aromas, sabores y colores. El aumento explosivo del nivel de producción de etileno en algunas frutas se denomina climaterio. El fenómeno ocurre solamente en algunas especies; entre los frutos climatéricos se puede citar a banana, manzana, tomate, paltas, kiwi, melón, pera, higo, durazno, mango y otros.

4.2.2.6 Acido Abscisico

La fitohormona ácido abscísico (ABA) fue identificada en los 1960s tras estudios realizados sobre la abscisión de frutos y la dormancia de yemas. El grupo liderado por F. Addicott aisló compuestos que provocaban la abscisión de frutos de algodón y en 1963 identificó una de ellas, abscisina II, como ABA. Poco después otro grupo de investigación liderado por P. Wareing aisló una sustancia de hojas de *Acer pseudoplatanus* que promovía latencia de yemas. Esta, llamada dormina, también fue identificada como ABA. Desde entonces, ABA ha sido implicada en múltiples procesos fisiológicos como regulación de crecimiento, dormancia de semillas, germinación, senescencia, división celular, control de la apertura de estomas y respuestas a estreses ambientales como sequía, salinidad, baja temperatura, ataque por patógenos y radiación ultravioleta (Addicott & Carns 1983, Leung & Giraudat 1998, Assmann & Shimazaki 1999; Jordan y Otros, 2006).

ABA controla muchos aspectos importantes del desarrollo de la planta, incluyendo

la síntesis de proteínas y lípidos de almacén en semillas, la adquisición de la tolerancia de semillas a la desecación y la inhibición de la transición a germinación y crecimiento reproductivo. ABA también estimula respuestas a estreses ambientales como el cierre estomático inducido por sequía o estrés osmótico, la inducción de tolerancia a sequía, salinidad, hipoxia, bajas temperaturas y respuestas a heridas y patógenos (Leung & Giraudat 1998, Yamaguchi Shinozaki & Shinozaki 2005; Jordan y Otros, 2006).

4.2.2.7 Brasinoesteroides

En los años 70 se descubrió que extractos de polen de nabo (*Brassica napus*) promovían la elongación de internudos en plántulas de poroto (frijol). De aproximadamente 40 Kg de polen de *B. napus* se pudieron aislar 4 mg de un compuesto cristalino activo inductor de crecimiento, lo cual llevó al aislamiento e identificación del primer compuesto esteroidal de carácter hormonal, la brasinolida (BL) en 1979, castasterona (CS) en 1982 y posteriormente muchos otros compuestos afines. Para el año 2003 se habían determinado alrededor de 60 brasinoesteroides (BRs) en diversas especies vegetales terrestres y marinas. Diferentes BRs fueron encontrados en brotes apicales y tejidos vegetativos activos de plantas jóvenes como también en semillas de un gran número de especies herbáceas y arbustivas (Bajguz & Tretyn 2003). Una serie de trabajos paralelos evidenciaron un conjunto de efectos estimulados por estos compuestos; entre ellos, activación de bombas de protones, reorientación de microfibrillas de celulosa, xilogénesis, la generación de tejido embriogénico y la producción de etileno. De allí que a partir de Mandava (1988), se empezó a considerar a los BRs como otro grupo de hormonas vegetales endógenas, únicos de tipo esteroidal y esenciales para el crecimiento normal de las plantas (Jordan y Otros, 2006).

Los BRs promueven la acumulación de citocininas endógenas estimulando la regeneración de brotes adventicios en hipocotilos de coliflor, en cotiledones de

pimentón y en callos de *Spartina* bajo condiciones *in vitro*. Igualmente, en cladodios de *Opuntia ficus-indica*, dos análogos de BRs provocan un aumento en el número de yemas vegetativas conducentes a una mayor cantidad de cladodios cosechables, de mayor peso fresco y mayor precocidad (Cortés et al. 2003). En relación a efectos asociados a etileno, BRs pueden acelerar la madurez y senescencia aumentando la productividad de algunos cultivos. Así, aplicaciones de BRs sobre el pericarpio de tomate, aceleran la madurez del fruto con producción de etileno, licopeno y reducción de clorofila (Vardhini & Rao 2002; Jordan y Otros, 2006).

Varios efectos promotores en cultivos han sido descritos sobre la aplicación de BRs y varias patentes sobre su empleo han sido registradas. Se ha citado un aumento del peso fresco en rábano, cebolla, trigo y racimos de uva, incremento del tamaño en plantas de soya y maíz y mayor producción en poroto (frijol). Al aumentar también la cuaja en tomates, peras, duraznos, limones, kaki y manzanas, los BRs indirectamente logran reducir la caída de frutos. En lo que respecta a la propagación vegetativa de algunos cultivos comerciales, se ha indicado también que BRs pueden aumentar el porcentaje de estacas enraizadas e incrementar la viabilidad de éstas, en particular en estacas de *Picea abies* y en patrones de injerto de manzana (Pullman et al. 2003; Jordan y Otros, 2006).

4.2.2.8 Poliaminas

Las poliaminas son compuestos alifáticos nitrogenados de bajo peso molecular que tienen varios efectos sobre el crecimiento, la división y la diferenciación celular a bajas concentraciones y están presentes en bacterias, animales y plantas. En plantas normalmente se encuentran en niveles algo más altos que las hormonas clásicas. Sin embargo, se les considera también reguladores del crecimiento de las plantas o a veces como mediadores de la acción de otras hormonas. Debido a su carácter policatiónico, las poliaminas tienen la facilidad de unirse a moléculas

con carga negativa como grupos fosfato de ácidos nucleicos, con algunas proteínas, con fosfolípidos o componentes de pared como polisacáridos de tipo pectina (Jordan y Otros, 2006).

Regulan procesos de división y proliferación celular, desarrollo floral, rizogénesis, embriogénesis, senescencia y maduración de algunos frutos (Pandey et al. 2000, Imai et al. 2004). En cuanto a respuestas morfogénicas, altos niveles de espermidina (endógenos o adicionados) están asociados a la formación de embriones somáticos en *Dactylis glomerata in vitro* (Li & Burritt 2003) y en la ginogénesis con desarrollo de embriones haploides en cebolla (Geoffriau et al. 2006), la restitución del potencial morfogénico con regeneración de plantas de arroz (Bajaj & Rajam 1995), la diferenciación de yemas florales en tabaco (Kaur Sawhney et al. 1988) y, junto a putrescina, a la inducción de brotes adventicios en *Torenia* (Tanimoto et al. 1994; Jordan y Otros, 2006).

4.2.2.9 Ácido Jasmónico

El ácido jasmónico (JA), moléculas relacionadas y sus derivados, todos llamados jasmonatos (JAs), son compuestos de origen lipídico de estructura molecular similar a la de las prostaglandinas en animales. Actúan como moléculas señal de las respuestas de las plantas a diversas situaciones de estrés (heridas, ataque por patógenos y plagas, exposición a sequía y ozono) y participan en diversos procesos del crecimiento y desarrollo (Creelman & Mullet 1997, Farmer et al. 2003). Durante los 1980s, JA y algunos de sus derivados fueron inicialmente descubiertos como inhibidores del crecimiento y promotores de senescencia en varias especies vegetales, tanto en monocotiledóneas como en dicotiledóneas. En cereales por ejemplo, el JA inhibe el crecimiento tanto de raíces como coleoptilos. A partir de entonces, análisis químicos en plantas han determinado la existencia de varios estereoisómeros de JA (Creelman & Mullet 1997; Jordan y Otros, 2006).

Según (Creelman & Mullet 1997, Schilmiller & Howe 2005; Jordan y Otros, 2006), en algunos casos la aplicación exógena de JA produce efectos semejantes a los producidos por ABA, al aumentar la resistencia de las plantas al ataque por insectos. En hojas de papa y tomate activan la expresión de genes que codifican para la biosíntesis de inhibidores de proteinasas, en cebada, soja y fríjol las lipooxigenasas y la fenilalanina-amonioliasa (PAL) y chalcona sintetasa. Todas estas enzimas intervienen en la síntesis de compuestos de defensa de vegetales contra patógenos y herbívoros.

4.2.2.10 Ácido Salicílico

El ácido salicílico (SA) es un compuesto fenólico simple que deriva del aminoácido fenilalanina. El SA y algunos de sus derivados como el ácido acetil salicílico (o aspirina), son mejor conocidos en medicina por sus propiedades analgésicas. La importancia del SA como regulador del crecimiento en plantas está reducida a pocos procesos. En algunos casos su presencia afecta la síntesis de otros reguladores de crecimiento los cuales afectan directamente algún proceso fisiológico. Por ejemplo SA reduce la síntesis de etileno y en algunas especies esto origina un retardo de la senescencia de flores o inducción de la floración (Martínez et al. 2004; Jordan y Otros, 2006).

4.2.2.11 Algas Marinas

Las algas marinas contienen microelementos y que la representación de estas plantas es considerablemente mayor que en las plantas terrestres. Entre las sustancias orgánicas, las algas marinas contienen, además de hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas, y sustancias de naturaleza estimulante y antibiótico para un mejor desarrollo de las plantas (Canales, 2001; Cuellar, 2013).

Conforme a lo reportado por Blaine et al. (1990); Crouch y Van Staden (1992; Cuellar, 2013), mencionan que el efecto de la aplicación de productos derivados de las algas marinas en el incremento del rendimiento de tomate se debe a los elementos mayores, menores y que además contienen 27 sustancias reportadas hasta ahora cuyos efectos son similares a los de los reguladores de crecimiento de las plantas.

Cuando el proceso para la elaboración de los derivados de algas marinas es el adecuado, los microorganismos (fotoautótrofos) (enzimas) que viven asociados con ellas permanecen en estado viable y se propagan donde se aplican, incrementando las cantidades de los elementos y de las sustancias que contiene, potenciando su acción. Las proteínas (enzimas) que tanto las algas marinas como los microorganismos que lo acompañan sintetizan y emiten (exoenzimas), cuyas acciones, tanto en el suelo como en la planta, son interesantes para un óptimo desarrollo (Canales, 2001; Cuellar, 2013).

4.2.2.12 Ácidos Húmicos y Fulvicos

Los Ácidos Fúlvicos son originarios de la materia orgánica y al igual que los Ácidos Húmicos, tienen una alta capacidad de intercambio catiónico, en el rango de 200 – 300 meq/100 g, dada por la presencia de grupos carboxílicos y fenólico (Schnitzer y Skinner, 1965.) Estos grupos (carboxílicos y fenólico) como están en forma libre, pueden adsorber cationes, siendo los cationes bivalentes los que más fuertemente se adhieren a estas cargas negativas, seguidos por los cationes monovalentes. El H⁺ varía en este respecto, ya que este al adherirse con estos grupos, tiende a formar un enlace químico (Gómez J., 2012).

Entre las principales propiedades que se les atribuye se encuentra la de mejorar la estructura del suelo reduciendo la compactación, aumentar la capacidad de retención de agua, facilitar la absorción de nutrientes y disminuir las pérdidas por

lixiviación, que producen efectos benéficos en las plantas en condiciones adecuadas de nutrición vegetal. Además las sustancias fúlvicas al aplicarse al suelo y plantas, estimulan el crecimiento vegetal y permiten reducir las dosis de varios agroquímicos al incrementar la eficiencia de su asimilación, transporte y metabolismo (Narro, 1997; Pimienta , 2004).

Schnitzer y Skinner 1965; Gómez J. , 2012, menciona que AF contienen un porcentaje menor de carbono (44 – 49 %) que los AH. En los AF el calcio (Ca) es significativamente más bajo y el de hidrogeno supera el de los AH. Debido a la poca pronunciada estructura aromática, la relación carbono, hidrógeno en los AF en la mayoría de los casos, es más bajo que en los AH. Se puede decir que los AF poseen en esencia unidades estructurales similares a los húmicos. Los AF contienen sustancias reductoras y posiblemente en cantidades mayores que los AH. El AF, es el material sobrante en la solución una vez que se ha extraído el ácido húmico por acidificación. Tiene carga negativa y es soluble en álcalis y ácidos.

Según Deveaux (1916; Gómez J. , 2012), menciona que el humus influye en la capacidad de un suelo para retener y poner a disposición de la planta tanto aniones como cationes. La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) está dada por el AF y AH, afectando de manera positiva la disponibilidad de nitrógeno (en su forma amoniacal), potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc.

Las Sustancias Húmicas influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, al mejorar el crecimiento radicular ya que la elongación y la formación de los primeros pelos radicales son afectados por los materiales húmicos, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sánchez – Andréu, *et al.* 1994; Moreno, 2009).

En un experimento con fulvato de hierro y ácidos húmicos en tomate, realizado bajo condiciones de invernadero, Cuevas (2001), concluyó que el fulvato de hierro,

al aplicarse solo, presentó un comportamiento similar a los quelatos comerciales (Sequestrene 138 y Sequestrene 330) en el control de la clorosis férrica. Sin embargo, las combinaciones de 0.15 g de ácido húmico + 3.5 cm³ L⁻¹ de fulvato de hierro aplicado vía suelo o la aplicación vía foliar de 5 cm³ L⁻¹ de fulvato de hierro, incrementaron significativamente la producción de fruta con calidad de exportación en suelo calcáreo y arena sílica, superando a los quelatos comerciales (Moreno, 2009).

4.2.2.13 Rizobacterias

La interacción entre Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) y Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), puede ser selectiva y dependiente de la bacteria y el hongo implicado (Azcón 2000; Terry y Leyva, 2006).

Algunas especies de bacterias como Azotobacter, Beijerinckia, Clostridium, Burkolderias, y Azospirillum, han sido estudiadas en su interacción con micorrizas arbusculares (HMA). Azospirillum sp en combinación con hongos HMA, produce un incremento significativo en el crecimiento de algunos cultivos, específicamente en cereales, pero el mecanismo responsable es controversial. Algunas veces los incrementos ocurren sin la evidencia de incrementos en la fijación de N o aumentos del contenido de N en las plantas y más bien puede estar relacionado con la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal (Blanco y Salas 1997; Terry y Otros, 2006).

Otro aspecto importante a tomar en consideración en la evaluación del crecimiento de las plántulas de tomate, y que se encuentra en estrecha relación con el nivel nutricional de las mismas, es el contenido de proteínas foliares presentes en las plantas, esto debido a que una de las funciones fundamentales de los microorganismos inoculados, es estimular el desarrollo radical de las plantas, lo que posibilita una mayor exploración del sistema radical para una mejor absorción de nutrimentos (Terry y Otros, 2006).

Según (Terry y Otros, 2006), las rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (RPCV) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estimulan positivamente el crecimiento de las plantas, también contribuyen al estado nutricional de las mismas, generando incrementos en el rendimiento y en la eficiencia de la fertilización nitrogenada.

4.2.2.14 Aminoácidos

Compuestos orgánicos como los aminoácidos, dentro de los modos de producción del tomate, son de uso común en los últimos 15 años por los productores. Los aminoácidos, son sustancias orgánicas de bajo peso molecular con una función ácida (COOH) y uno amino (NH₂), su principal función es penetrar a través de la cutícula y membranas celulares de las hojas y activar el metabolismo celular (Chen y Aviad, 1990), cumplen funciones clave en la estrategia que realizan las plantas para tolerar el estrés (Ma *et al.*, 2001) y adecuación de las plantas en suelos contaminados con metales pesados (López *et al.*, 2000; Reyes , Albarrán, Benavides, López, Alonso, y Rodríguez).

Se ha observado que las plantas resisten estrés hídrico, cuando se les aplican aminoácidos (Chen y Aviad, 1990 y Taiz y Zeiger, 1998) e involucra respuestas fisiológicas, estructurales y modificaciones morfológicas a corto y largo plazo. Estos cambios ayudan a minimizar el estrés en la planta y a maximizar los recursos internos y externos (Alarcón, 2000; Reyes *et al.*).

Diversas investigaciones han determinado que los aminoácidos pueden servir como agente quelatante para diferentes elementos como el fósforo (Massonneau *et al.*, 2001) y el hierro (Bienfait, 1998), al favorecer su transporte y penetración en el interior de los tejidos vegetales. Así mismo, se ha observado que los aminoácidos aplicados en mezcla con algunos nutrientes, aumenta la eficiencia de

estos y reducen el tiempo de observación de los mismos (Kamara, 2000; Reyes *et al.*).

(Victoria 2003; Hernández, 2006), señala que las células de las plantas deben disponer permanentemente de una cantidad constante de aminoácidos, principalmente prolina, glicina, cisteína y ácido glutámico, ya que la carencia de éstos provoca la reducción de la fotosíntesis, aumento de la respiración, disminución de la síntesis de proteínas, retraso en el crecimiento, retraso de la maduración, disminución del contenido de azúcar, aumento de la clorosis, malos prendimientos de la planta tras el trasplante, caída de frutos y disminución del calibre de los frutos.

El estrés tanto en altas como en bajas temperaturas, baja humedad, ataques por plagas, granizo, neblina e inundaciones tienen un efecto negativo en el metabolismo de la planta con una reducción en cantidad y calidad del cultivo. Las aplicaciones de aminoácidos, antes, durante y después de las condiciones de estrés dan a la planta una mayor concentración de los mismos y consecuentemente una mejor recuperación del efecto negativo en la planta (Priyachem, 2003; Hernández, 2006).

Los aminoácidos de absorción radicular son: aspártico, arginina, metionina, triptófano y valina; los de absorción foliar: la prolina que es la que regula la presión osmótica y la glicina, que es precursor de sustancias constituyentes de la clorofila, por lo que desempeña un papel muy importante en la fotosíntesis (Hernández, 2006).

(Alarcón, 2000; Hernández, 2006), indica que las acciones de los aminoácidos son: acortan el ciclo normal de las síntesis de proteínas y lo independizan de los factores ambientales cuando son desfavorables, adelantan la maduración, mejoran la absorción de microelementos por la planta debido a su acción

complejante, fortalecen los cultivos en condiciones adversas, proporcionan una maduración uniforme y dan como resultado una mejor traslocación de fertilizantes y productos fitosanitarios cuando se mezclan con ellos, ya que aceleran su absorción por las hojas.

4.2.2.15 Fosfitos de Potasio y Aluminio

Los fosfitos son sales de metales alcalinos derivadas del ácido fosforoso (H_3PO_3), diferentes a las sales de fosfato que se derivan del ácido fosfórico (H_3PO_4) (Doliopoulos et al., 2010; Yáñez, Godoy, Gastélum, y López, 2013).

El uso de los fosfitos en la agricultura se ha investigado principalmente por su efecto contra las enfermedades en plantas que como fuente de nutrición en ellas. Esto último puede ocurrir únicamente si los fosfitos se aplican al suelo y entran en contacto con géneros de bacterias que pueden oxidarlos a fosfatos (McDonald et al., 2001). Sin embargo este proceso es muy lento, ya que puede tomar hasta cuatro meses para completarse, lo que resulta impráctico (McDonald et al., 2001; Lovatt y Mikkelsen, 2006). La aplicación desales de fosfito pueden reducir la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades causadas por hongos y pseudo hongos (Doliopoulos et al., 2010; Landschoot y Cook 2005) reportan que los fosfitos son más eficientes cuando se aplican como preventivos que como curativos. (Yáñez et al., 2013).

El ión fosfito en altas concentraciones incentiva el aumento de los niveles de fitoalexinas y otras sustancias similares responsables de los mecanismos de defensa natural de las plantas, fortaleciéndolas frente a los ataques de los hongos patógenos que causan enfermedades; en otras palabras los fosfitos no actúan como inhibidores o destructores del patógeno, sino como estimulantes en la producción de defensas naturales contra el ataque; por eso, no es posible la aparición de especies de hongos resistentes (Martínez, 2008; Salamanca y

Alvarado, 2012).

A partir de ensayos realizados por Rodríguez, Gálvez *et al.* (2005) se ha comprobado que el fosfito de potasio y los derivados de los fosfatos dentro de los cuales se encuentran K_3PO_4 , K_2HPO_4 , Na_3PO_4 y Na_2HPO_4 , inducen resistencia en plantas contra enfermedades fungosas, como en el pepinillo, contra *Colletotrichum lagenarium* (Gottsein y Kuc, 1989), y, recientemente, en frutos de mango contra *C. gloeosporioides*. En ensayos realizados por Carmona *et al.* (2005), en los cuales se empleó el fosfito de potasio en el cultivo de soya, con el objetivo de evaluar la eficiencia de aplicaciones de fertilizantes foliares de fin de ciclo (EFC) de la soja, el valor de severidad registrado por el tratamiento con fosfito de potasio fue un 65% menor que el 73% obtenido por el testigo. (Salamanca y Otros, 2012).

4.2.3 Los Bioestimulantes sintéticos

El conocimiento generado sobre las hormonas en las plantas es lo que ha orientado a la industria agroquímica a desarrollar formulaciones a base de compuestos hormonales naturales o sintéticos, para aplicarlos a las plantas y manipular sus eventos fisiológicos. De ahí surge el concepto de los biorreguladores hormonales también conocidos como reguladores de crecimiento o fitohormonas. Un biorregulador es un compuesto orgánico que promueve, inhibe o modifica procesos morfológicos y fisiológicos de las plantas cuando son aplicados en pequeñas concentraciones (Camargo *et al.*, 2009) (Cuesta y Mondaca, 2014). Las formulaciones de los productos biorreguladores contienen uno o dos compuestos hormonales, cuya acción fisiológica está muy definida para cada evento o proceso fisiológico (Cuesta y otros, 2014).

El uso de bioestimulantes vía foliar, se refiere a la aplicación externa de sustancias en baja concentración, generalmente menor al 0,25% bien sea para activar o retardar procesos fisiológicas específicos principalmente en el crecimiento (raíz,

ápices foliares, yemas) o para contrarrestar demandas energéticas o activación puntual de procesos en el desarrollo y sostenimiento de estructuras, además pueden en ocasiones incentivar la absorción de nutrientes como es el caso de algunos aminoácidos o ácidos carboxílicos de cadena corta o media; por otro lado se ha buscado incentivar procesos de defensa natural contra patógenos como es el caso de sustancias con base en fosfonatos, ácido salicílico, boratos. (Microfertisa, 2012)

Derivado del conocimiento de las hormonas naturales o sustancias inductoras producidas por las plantas y sus efectos sobre el desarrollo y productividad de las mismas, han surgido en el mercado un sin número de bioestimulantes (productos sintéticos y/o complejos que emulan a dichas hormonas química y funcionalmente), así como algunos extractos de origen vegetal y marino que contienen algunas de esas hormonas naturales y los cuales son empleados en aplicaciones exógenas, con fines de lograr alguna ventaja comercial o competitiva como por ejemplo:

Tras el descubrimiento de la estructura del IAA, se han obtenido compuestos químicos estimulantes del crecimiento basados en auxinas naturales. En un principio se analizaron otros compuestos con anillo indólico, como el ácido indol butírico (IBA) y derivados del naftaleno como el ácido naftalenacético (NAA) y el ácido naftoxi-2-acético (NOA), que también resultaron activos. IBA fue clasificado inicialmente como una auxina sintética, pero es un compuesto endógeno de la planta, más eficiente que IAA en promover formación de raíces laterales y es usado comercialmente con este propósito. Posteriormente, el análisis de algunos ácidos fenoxiacéticos con actividad auxínica, llevó al descubrimiento del 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). A partir de éste se desarrollaron varios compuestos con actividad auxínica, como el ácido 2-metoxi, 3,6-dicloro benzoico (dicamba), el ácido 2,4 dicloro fenoxibutírico (2,4-DB), el ácido 2-metil, 4-cloro fenoxiacético (MCPA) y el ácido 2,4,5 triclorofenoxiacético (2,4,5-T), todos con propiedades

herbicidas cuando se emplean a concentraciones elevadas. Una combinación de 2,4-D y 2,4,5-T constituyó el nefasto “agente naranja” utilizado como arma química en la guerra de Vietnam con la finalidad de deshojar el bosque tropical. Esta mezcla resultó tóxica por la presencia de dioxina, un producto secundario originado de la producción de 2,4,5-T. Hoy en día 2,4-D es una herbicida de uso común. (Jordán y otro, 2006)

Las auxinas sintéticas, que se usan en forma de aerosol o de polvo, tienen varias aplicaciones en la agricultura. Entre sus usos están frenar el brote de yemas de tubérculos de papas, destruir hierbas de hoja ancha (2,4-D, 2,4-DB, 2,4,5-T) y prevenir la caída prematura de frutos (NAA) y pétalos de flores. Estos compuestos también se usan para obtener frutos sin semillas (partenocárpicos) como tomates, higos y sandías, y para estimular el crecimiento de raíces en esquejes (IBA, NAA). (Jordán y otro, 2006).

KLINGQUEL® AMINOÁCIDOS: Es un fertilizante orgánico natural con aminoácidos, que tiene efecto bioestimulante y profiláctico, diseñado para uso foliar o por fertirriego. Tiene un contenido aproximado de 480 gramos de aminoácidos totales por litro formulado, de los cuales cerca de 183 gramos corresponden a péptidos de cadena corta y 297 gramos son aminoácidos libres; el producto aporta 19 aminoácidos (Alanina, Arginina, Aspartato, Glutamato, Fenilalanina, Glicina, Hidroxilisina, Hidroxiprolina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Ornitina, Prolina, Serina, Tirosina, Treonina y Valina), de los cuales tres no son caracterizados en el país: Hidroxilisina, Hidroxiprolina y Ornitina. Tiene rápida absorción radicular y penetración foliar, con movilidad por xilema y floema. Aplicación en frutales y hortalizas.

KLINGQUEL® RAÍCES: Es una formulación líquida diseñada para promover el desarrollo radicular de toda clase de cultivos, su aplicación se traduce en buen desarrollo y crecimiento de plantas, que les permite expresar al máximo su

potencial genético. Trabaja en los vegetales a nivel fisiológico, generando procesos endógenos que llevan a maximizar la producción, con incremento en la resistencia natural de los cultivos a plagas y enfermedades. Nutre y fortalece los cultivos desde las raíces, expandiendo su efecto hasta los puntos de crecimiento gracias a la movilidad, la biodisponibilidad y la compatibilidad química que caracterizan a los constituyentes de su fórmula integral. Además de aportar nutrientes esenciales, como Nitrógeno y Fósforo, optimiza procesos internos en los vegetales asociados con la producción de hormonas tipo auxinas y citoquininas, activando crecimiento y diferenciación de tejidos. Los principales resultados nutricionales del uso de este producto son: incremento en masa radicular, ganancia de peso seco, e incremento en número y calidad de estructuras reproductivas.

PROGIBB® 10 SP: Es un regulador de crecimiento cuyo ingrediente activo es el ácido giberélico, que actúa como promotor de la planta contribuyendo en la activación del desarrollo vegetativo de los brotes puesto que produce agrandamiento y multiplicación de las células. Actúa induciendo la floración y el alargamiento del tallo. Produce ruptura de la latencia en semillas que necesitan periodo de reposo. Inhibe la caída de flores y por consiguiente aumenta el número de frutos. Retarda o acelera (dependiendo de las dosis usadas) la maduración de frutos sin cambiar la calidad de estos. En especial lo relacionado con contenido de carbohidratos y azúcares. Actúa incrementando los rendimientos. Se recomienda su aplicación a los siguientes cultivos: Algodón, Arroz, Caña de Azúcar, Cítricos, Clavel, Papa, Pasta Kikuyo, Pimentón, Soya y Tomate.

BIOFORTE® la aplicación de productos derivados de: Es un fitorregulador completo con alta concentración de citocininas de aplicación foliar, su formulación está diseñada para aumentar y mejorar el rendimiento de las cosechas. Contiene en forma balanceada auxinas, giberelinas y citocininas; todos los macroelementos, nitrógeno, fósforo y potasio; todos los mesoelementos, calcio, azufre y magnesio;

está complementado con vitaminas y todos los microelementos esenciales para intensificar los procesos metabólicos de las plantas, estimulando al máximo su potencial genético. Se recomienda su uso en los cultivos de Algodón, Alfalfa, Cebolla, Ajo, Brócoli, Lechuga, Espinaca, Acelga, flores, Frutales Templados, Arroz, Maíz, Sorgo, Tomate, Chile y berenjena.

BIOZYME® PP: Es un estimulante de germinación y principio de desarrollo en tratamiento de semillas obtenido de extractos de origen vegetal y fitohormonas (Giberelinas, Acido indolacético, Zeatina, Caldo de extracto, Diluyentes y acondicionadores), cuya aplicación a las semillas incrementa al máximo su potencial genético natural. Se recomienda su aplicación en los cultivos de Berenjena, cebolla, cucurbitáceas, chile, hortalizas en general, tomate, Algodon, café, cacahuate, frijol y soya.

5. METODOLOGIA

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en instalaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD en el Centro Comunitario de Atención Virtual del Municipio de Dosquebradas, departamento de Risaralda, entre los meses de abril y agosto del año 2014. El Municipio de Dosquebradas se encuentra a una altura promedio de 1.450 msnm, temperatura promedio de 20 °C, una precipitación promedio anual entre 2.700 – 3.000 mm, humedad relativa promedio de 75%, brillo solar promedio de 1800 horas al año y en suelos derivados de cenizas volcánicas (Francos). (Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER). La localización geográfica del cultivo corresponde a 4° 49' 47" de latitud Norte y 75° 40' 11" longitud Oeste.

5.1.1 Ambientes de cultivo

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizó un invernadero inteligente con ambiente controlado y con sistema de fertirrigación automático, controlado mediante sistema AUTOAGRONOM. Dentro del invernadero se mantuvieron los siguientes valores de variables climáticas:

Temperatura diurna promedio: 32 °C

Temperatura nocturna promedio: 19 °C

Diferencia de temperatura día - noche: 13 °C

Humedad relativa: 85 %

En condiciones de campo abierto, se tuvo el mismo sistema automatizado de fertirrigación que dentro del invernadero y se registraron las siguientes variables climáticas:

Temperatura diurna promedio: 28 °C

Temperatura nocturna promedio: 18 °C

Diferencia de temperatura día - noche: 10 °C

Humedad relativa: 80%

5.2 MONTAJE DEL EXPERIMENTO

5.2.1 Material de Siembra

Se utilizó semilla de tomate tipo Chonto Híbrido Matador® de la compañía de semillas EUROSEMILLAS.

5.2.2 Plantulación

Las semillas de tomate fueron sembradas en bandejas plásticas de 200 alveolos dentro del invernadero sobre una cama de germinación con temperatura constante de 30°C y riego por microaspersión cada 10 minutos. (ver figura 8).

Figura 8 Bandejas para la siembra de Tomate



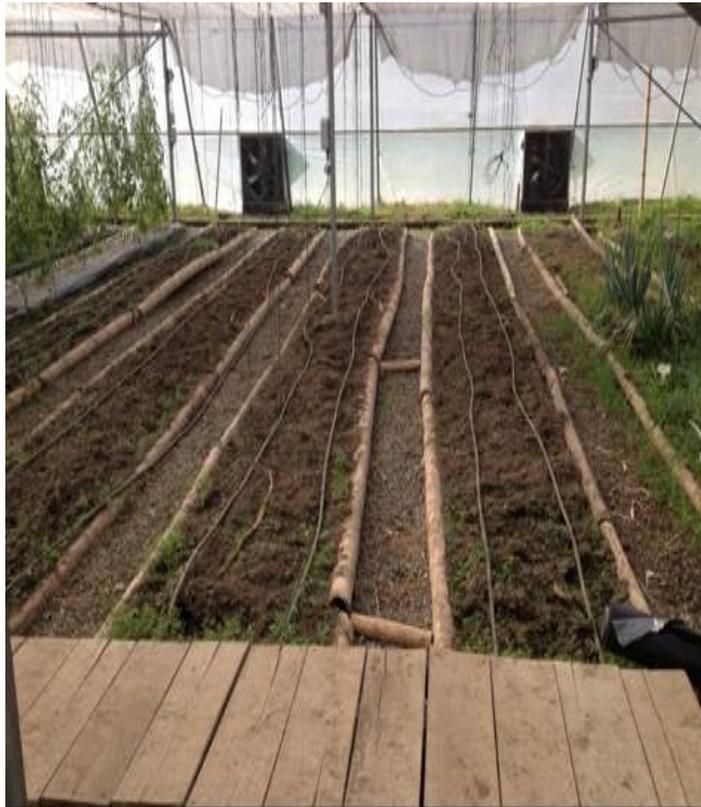
Fuente: El Autor, 2015

A los 20 días después de siembra se tuvieron plántulas con 2 hojas verdaderas las cuales fueron trasplantadas a las parcelas experimentales.

5.2.3 Adecuación de Camas y Parcelas

Dentro del invernadero se escogieron 9 camas de 17 m de largo, 1 m de ancho y 20 cm de profundidad. En campo abierto se utilizaron 9 camas de 17 m de largo, 1 m de ancho y 20 cm de profundidad; para ello se realizaron las siguientes actividades: desyerba de eras, picar el terreno para el buen desarrollo radicular de las plantas, aplicación de Trichoderma al suelo a razón de 3 gr/l de agua; como sustrato de siembra se utilizó en la plantulación turba y en las eras suelo normal. (Ver figura 9).

Figura 9 Construcción de camas o eras para la siembra de tomate dentro del invernadero



Fuente: El Autor, 2015

Finalmente se cubrió el suelo con plástico negro en cada era para el control de arvenses (ver figura 10).

Figura 10 Colocación de plástico sobre las camas para control de arvenses



Fuente: El Autor 2015

5.2.4 Establecimiento del Ensayo

En cada cama se independizaron parcelas de 17 m², en donde se establecieron al azar los tratamientos, en cada parcela se ubicaron 40 plantas. Las plántulas fueron trasplantadas a los 20 días después de la siembra, cuando las plántulas contaban con dos pares de hojas verdaderas.(ver figuras 11 y 12).

Figura 12 Plántulas de tomate en bandejas



Figura 11 Plántulas de tomate en bandejas



Fuente: El Autor 2015

La siembra de las plántulas se establecieron a una distancia de 30 cm entre plantas y 1,5 m entre surcos (ver figuras 13 y 14), para una densidad de siembra de 2,22 plantas por metro cuadrado o 22.222 por hectárea.

Figura 13 Tomate sembrado en invernadero



Figura 14 Tomate sembrado a campo abierto



Fuente: El Autor, 2015

5.2.5 Productos bioestimulantes aplicados

Se realizaron aplicaciones de los productos Bioagro Triple A (sin registro) y Tecnoverde®.

Bioagro Triple A: Composición a base de Citocininas, Giberelinas, Auxinas, Vitaminas, Boro y Coadyuvantes (es un producto en experimentación).

Tecno Verde®: Composición a base los siguientes aminoácidos libres: de ácido aspártico, ácido glutámico , serina, glicina, histidina, arginina, treonina, alanina, prolina, tisonina, valina, metionina, cisteína, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina.

La aplicación foliar de los bio estimulantes se hizo de la siguiente manera:

- **Primera Aplicación: de los productos se** realizó a las pluntulas en las bandejas, antes de ser trasplantadas a su sitio definitivo; se aplicó el producto a razón de 1,5 cc/lt de agua y de esta solución se aplicó 1,5 litros a la bandeja, con el propósito de que esta aplicación inicial de la formulación, penetrara en la zona radicular de las plantitas.
- **Segunda Aplicación:** Se hizo a los 20 días después del transplante de las plántulas de tomate a una dosis de 1.5 cc por litro de agua asperjándose la solución en toda la planta.
- **Tercera Aplicación:** Se hizo a los 20 días después de hacer la segunda aplicación
- **Cuarta Aplicación y Subsiguientes:** Estas se realizaron 20 días después de cada aplicación para un total de 7 aplicaciones.

5.2.6 Manejo de Cultivo

Aunque el invernadero y el lote a campo abierto cuentan con sistema de fertirrigación, no se utilizaron fertilizantes por este medio; solo se aplicó por el sistema agua a las plantas. Se realizaron 7 aplicaciones de 20 gramos del fertilizante Abotek® por planta a los a 20 días dds, 40 dds y 60 dds, coincidiendo con las épocas de aplicación de bioestimulantes por vía foliar a las plantas.

Figura 15 Toma de datos de las plantas de tomate



Fuente: El Autor, 2015

5.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos x 10 repeticiones, en 2 dos ambientes de cultivo diferentes. Las plantas fueron sembradas en eras a una distancia de 30 cms entre plantas, para lo cual se

sembraron se emplearon 40 plantas de tomate por tratamiento. La variedad de tomate utilizada en el experimento fue Chonto Híbrido Matador.

Tratamiento 1: Aplicación de Bioagro Triple A en dosis de 1.5 ml por litro de agua.

Tratamiento 2: Aplicación de Tecnoverde® en dosis de 1,5 ml por litro de agua.

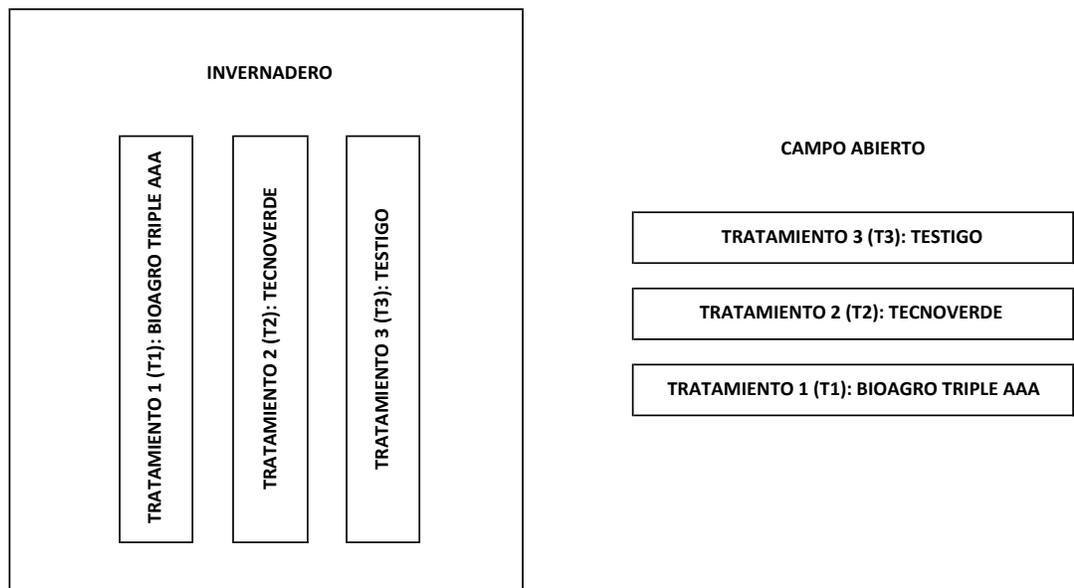
Tratamiento 3: Testigo absoluto sin aplicación de bioestimulantes.

La unidad experimental correspondió a las parcelas, con un área de 153 m² y población de 360 plantas. La unidad de muestreo fue una planta completa por tratamiento, por repetición y por muestreo.

5.3.1 Distribución de Tratamientos

Se distribuyeron de forma aleatoria dentro de las camas de siembra tal como se muestra en la figura 16

Figura 16 Distribución del experimento en campo



Fuente: El Autor, 2015

5.3.2 Variables de Respuesta

Se evaluaron los siguientes caracteres morfoagronómicos de las plantas, en cada uno de los tratamientos:

Altura Planta (AP); Diámetro Tallo (DT); Número Hojas (NH); Índice Área Foliar (IAF); Número Inflorescencias (NI); Número Flores (NF); Número Frutos (NFr); Peso Fruto (PFr); Producción Total/Planta (PTp)

5.4 ANALISIS DE RESULTADOS

Se realizó análisis descriptivo para cada uno de los caracteres cuantitativos; estos fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental utilizado. Al encontrar diferencias significativas en cada uno de los descriptores, se hizo una prueba de DUNCAN para determinar cual fue el comportamiento de las variables de evaluación utilizadas por cada tratamiento.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 EVALUACION DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS CARACTERES MORFOAGRONOMICOS DEL TOMATE.

6.1.1 Evaluación del comportamiento morfoagronómico del tomate en campo abierto en dos épocas de cultivo.

Durante la realización del experimento se apreciaron diferencias referentes a la altura de la planta AP y diámetro del tallo DT en ambos ambientes de cultivo, ya que las plantas presentaron una mayor altura en invernadero que en campo abierto; así mismo los diámetros de los tallos fueron mayores en las plantas cultivadas en campo abierto que en invernadero; en cuanto a la aparición y desarrollo de las hojas no se apreciaron diferencias en los dos ambientes estudiados. En cuanto a la floración, las primeras inflorescencias aparecieron en ambos ambientes de cultivo en la cuarta semana después de haber realizado el trasplante a sitio definitivo y las primeras flores emergieron en la quinta semana. Los primeros frutos se pudieron observar en la sexta semana tanto en invernadero como en campo abierto y estos empezaron a cosecharse finalizando la semana 8 después de haber hecho el trasplante campo.

El análisis de varianza entre todas las variables del ensayo (Tratamientos y Época), que se presentan en el anexo 1, se puede apreciar que los tratamientos presentaron un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) sobre todas las variables de evaluación. El efecto de las diferentes épocas, también presentó una influencia altamente significativa sobre todas las variables de evaluación. Sin embargo se presentaron resultados no significativos en las variables Altura de la planta AP y diámetro del tallo DT durante las épocas de evaluación; es importante tener en cuenta que la planta en aquellas variables que manejan pocos genes, resultan ser

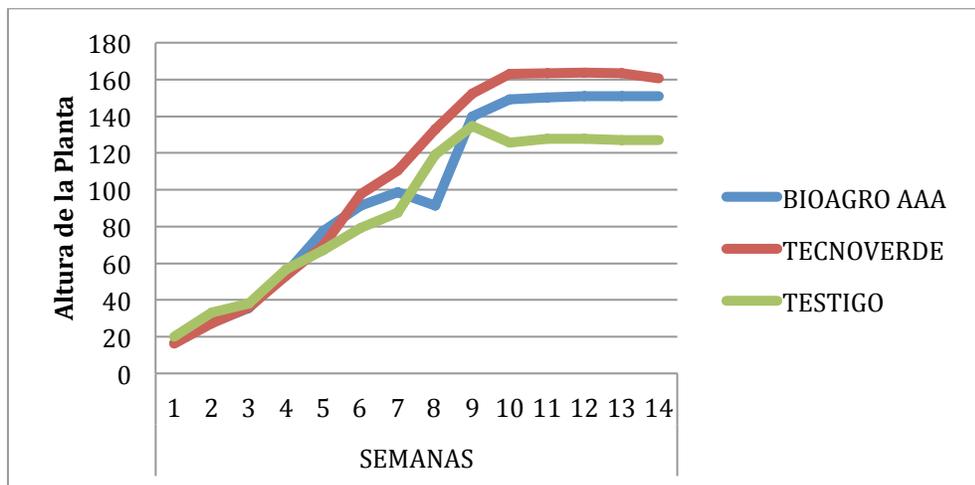
poco influenciados por el ambiente o las épocas en que se efectúen el manejo agronómico; la planta siempre va a crecer.

Los efectos de los tratamientos por época, no fueron significativos para ninguna de las variables evaluadas, excepto el diámetro del tallo cuyo resultado fue altamente significativo; de acuerdo con lo anterior se puede concluir que la aplicación de los productos hormonales, tienen una influencia positiva sobre el desarrollo fisiológico de las plantas.

Para determinar cuál de los tratamientos, presento una mejor respuesta sobre las variables de evaluación, se realizó la prueba DUNCAN, los resultados se presentan en el Anexo 2, en la que se puede observar lo siguiente:

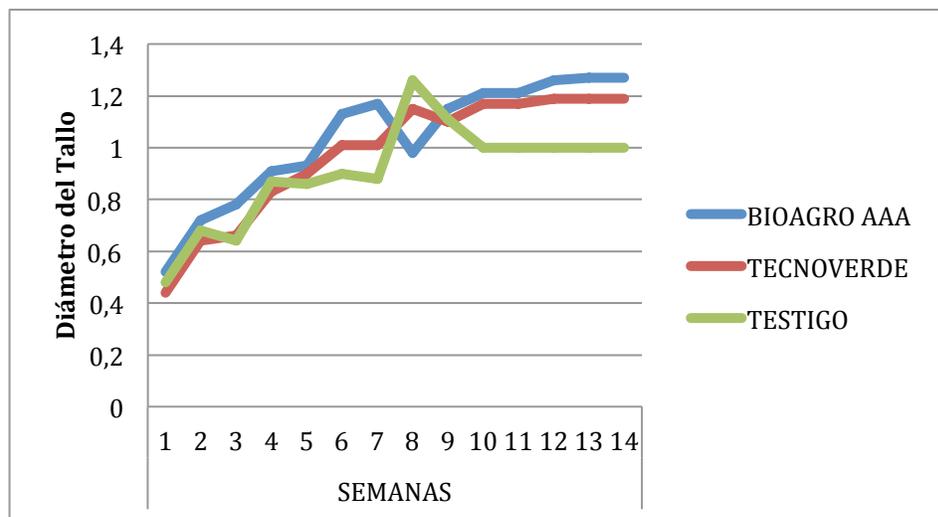
En la variable Altura de la Planta AP: Las plantas a campo abierto, tratadas con Tecnoverde® fueron las que mayor altura alcanzaron 156.40 cm, seguidas muy de cerca por las plantas tratadas con Bioagro Triple A 144.65 cm, las plantas testigo fueron significativamente de menor altura, lo que evidencia un efecto de los productos aplicadas sobre la altura de la planta, como puede apreciarse en la Figura 17.

Figura 17 Altura de la planta de tomate a campo abierto



El diámetro del tallo DT: Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos Bioagro Triple A y Tecoverde®, el mayor diámetro del tallo se presentó en las plantas a las cuales se les aplicó el producto Bioagro Triple A 1,21 cm frente a 1.13 cm del Tecoverde; así mismo estos valores fueron superiores al diámetro del tallo del testigo 1.04 cm, tal como se muestra en la Figura 18. Esto evidencia que los productos aplicados si ejercieron un efecto positivo sobre el diámetro del tallo.

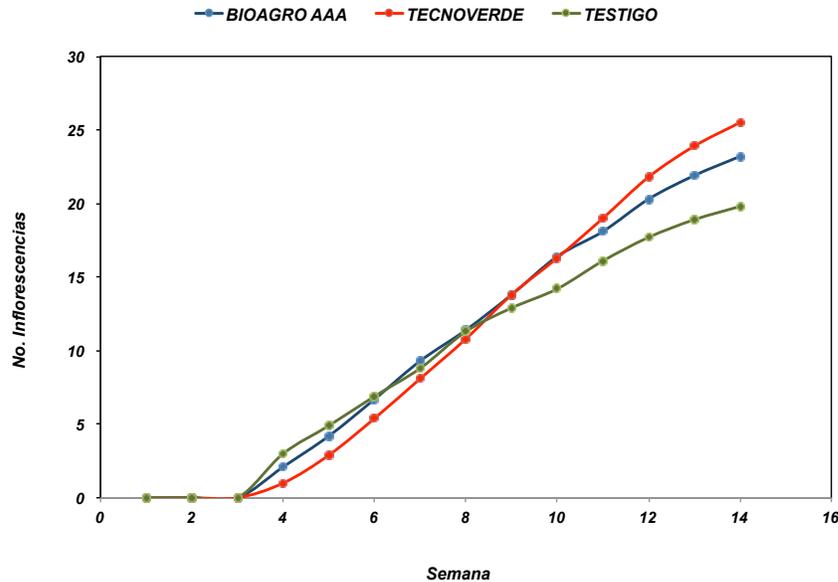
Figura 18 Diámetro del tallo del tomate a campo abierto



Numero de hojas NH: para esta variable se presento una respuesta positiva y altamente significativa en las plantas tratadas con el producto Tecoverde 15.95 seguido muy de cerca por el producto Bioagro Triple A 14.55. Esto evidencia un efecto positivo de los productos frente al testigo absoluto.

Numero de inflorescencias NI: al evaluar esta variable a campo abierto, también se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos, siendo los productos bioestimulantes, estimuladores de la producción de inflorescencias frente al testigo, como se puede apreciar en la Figura 19

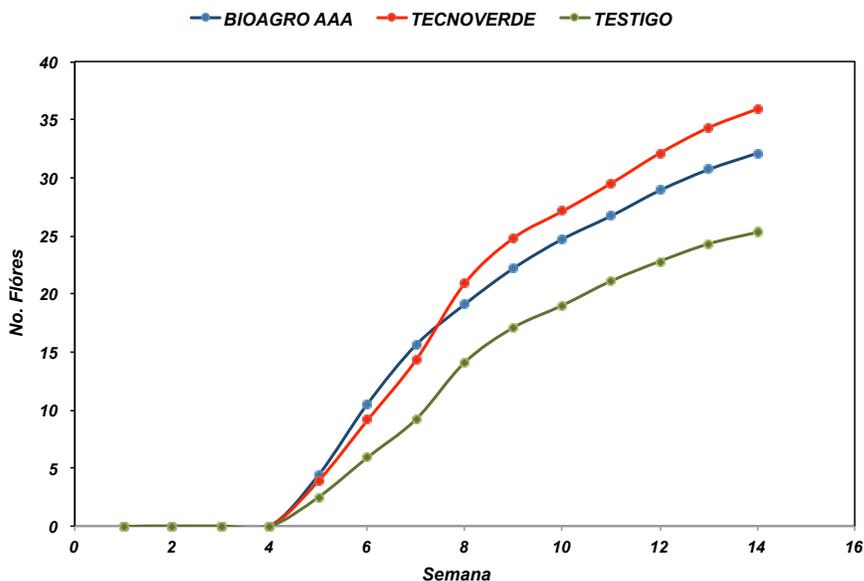
Figura 19 Inflorescencias a campo abierto



Numero de flores: En el anexo 2 se puede apreciar que no se presentaron diferencias significativas entre los 3 tratamientos; o sea que las plantas tratadas con los productos Bioagro Triple A y Tecnoverde® no presentaron diferencias significativas frente al Testigo, produjeron igual respuesta en la formación de flores; sin embargo puede apreciarse que las plantas tratadas con el producto Tecnoverde presentó un mayor número de flores 2.75, seguido muy de cerca por el Bioagro Triple A 2.25; el testigo tuvo una menor emisión de flores frente a los 2 tratamientos mencionados. Según (Garzón, 2013), a pesar de que la variable Número de Flores es un descriptor cuantitativo y que presenta poca variabilidad fenotípica, puede tener un efecto importante sobre el número total de frutos/planta junto al número de racimos florales/planta, dependiendo de la presencia ó ausencia de factores tales como abortos florales, ineficiencia en la fecundación, derrames fisiológicos, desbalance nutricional, fluctuaciones de humedad y temperatura, daños de insectos y enfermedades. Esto nos permite entender que la aplicación de productos Bioestimulantes es una excelente práctica, porque estos evitan el aborto floral, favorece el cuajamiento y formación de un buen número de

frutos. En la Figura 20, se puede observar la dinámica de emisión de flores por parte de las plantas en cada uno de los tratamientos, desde el inicio de la floración en la semana 4, hasta la semana 14 cuando se finalizó las mediciones y en el que puede apreciarse como las plantas tratadas con los biestimulantes, siempre presentaron un mayor número de flores al compararse con el testigo.

Figura 20 Floración de las plantas de tomate en campo abierto



Finalmente, los tratamientos Bioagro Triple A y Tecoverde no presentan diferencias significativas entre sí en las variables Número de Inflorescencias, Número de Flores, Número de Frutos, Peso de Fruto y Producción Total por Planta, pero sí existen diferencias significativas con respecto al testigo absoluto; sin embargo es importante tener en cuenta que el tratamiento que presentó un mayor Número y Peso de Frutos y una mayor producción por planta, fue el Bioagro Triple A, con 12.60 frutos, 157.40 grs y 1994.45 grs respectivamente frente a 12.20 frutos, 144.20 grs y 1804.40 grs obtenido por el Tecoverde; esto

quiere decir que los dos productos utilizados si influyen en la fisiología de la planta al motivar un mayor número de inflorescencias, de flores, de frutos por planta, así como en el llenado de los frutos que terminan siendo de mayor peso que los frutos de las plantas no tratadas con los bioestimulantes.

6.2 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MORFOAGRONÓMICO DEL CULTIVO DE TOMATE SEGÚN TRATAMIENTO DENTRO DEL INVERNADERO

Para determinar el efecto de los tratamientos en un ambiente controlado se evaluaron las plantas de tomate dentro de un invernadero automatizado; los resultados del análisis de varianza de estos tratamientos se presentan en el Anexo 3, en la que se puede apreciar, que el efecto de los tratamientos solo fue altamente significativo para los caracteres Número de Flores, Número de Frutos y Producción Total por Planta, mientras que para las variables Altura Planta, Diámetro Tallo, Número de Hojas, Ancho de la Hoja, Largo de la Hoja, Número de Inflorescencias y Peso del Fruto no fue significativa; esto ratifica que aquellas características morfológicas de la planta que son seguramente manejadas por pocos genes, son poco influenciadas por el ambiente, caso contrario de aquellos caracteres mas cuantitativos como el peso de los frutos que son manejados por muchos genes, resultan altamente influenciados por el ambiente en que se encuentra la planta, tal como se presenta en los resultados de este ensayo.

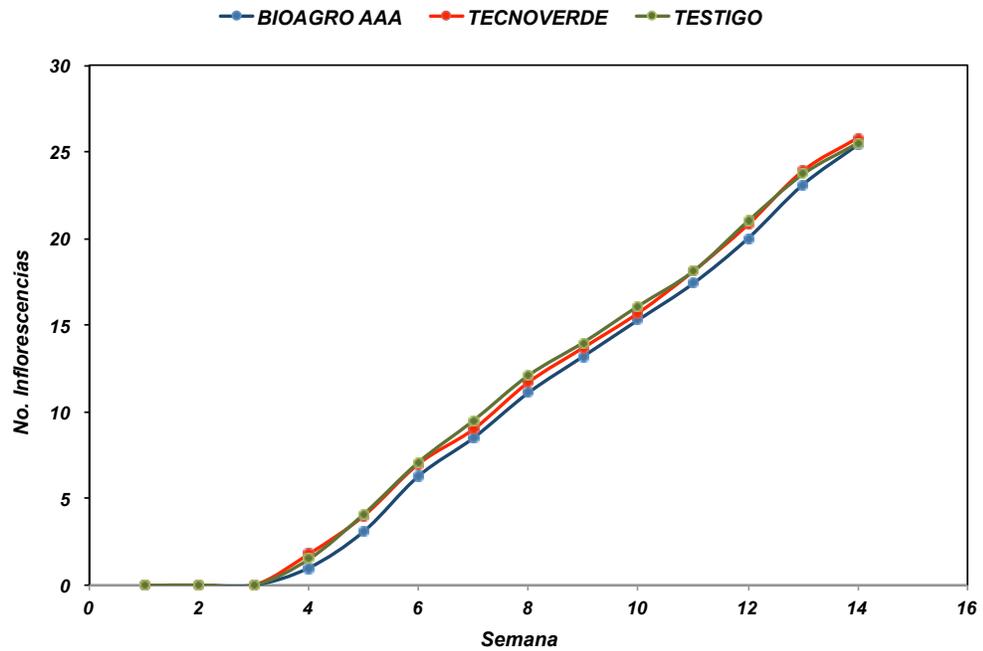
En cuanto a los análisis de tratamiento por época los resultados fueron altamente significativos para las variables Diámetro Tallo, Ancho de la Hoja, Largo de la Hoja, Número de Flores, Número de Frutos y Peso del Fruto. Según (Terry & Ruiz, 2008), los Brasinoesteroides constituyen fitohormonas que muestran varios tipos de actividades reguladoras en el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como la estimulación en el alargamiento y la división celular, inclinación de la lámina y cambios en los potenciales de membrana. Por otra parte, plantea que los

brasinoesteroides pueden funcionar como auxinas en un momento y como giberelinas o citoquininas en otros, así como estimulan la producción de etileno inducida por las auxinas; así mismo son una alternativa viable para la producción de tomate bajo sistema de cultivo protegido, lo que permite un estímulo del crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas así como la producción del cultivo, haciéndose una contribución a la disminución del impacto ambiental y a la calidad e inocuidad de las cosechas. Lo anterior es muy importante tenerlo en cuenta ya que el producto Bioagro AAA, contiene Citocininas, Giberelinas, Auxinas y Vitaminas, elementos que ayudan en el crecimiento, floración, llenado de fruto y producción de las plantas de tomate bajo condiciones protegidas.

Cuando se evalúa el efecto de los tratamientos con respecto a las épocas de evaluación (Tratamientos x Época), en los descriptores Número de Hojas, Ancho de la Hoja, Número de Flores, Número de Frutos y Peso del Fruto, los resultados fueron altamente significativos, lo que significa que la aplicación de los productos Bioestimulantes, tiene un efecto positivo en la formación y llenado de frutos. Sin embargo en las variables Altura de la Planta, Diámetro del Tallo, Número de Inflorescencias y Producción Total por Planta, el resultado no fue significativo, situación que pudo presentarse debido a que en algunos momentos en el invernadero se presentaron temperaturas mayores a 30 °C lo que pudo haber provocado caída de las flores y bajas en la producción.

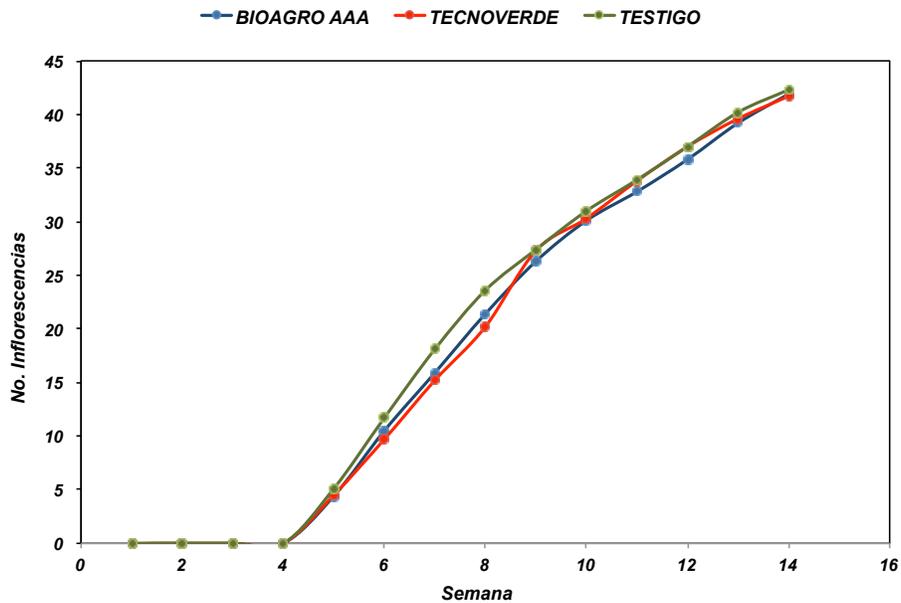
La Figura 21, presenta el comportamiento de la producción de inflorescencias por parte de la planta, cultivadas dentro de un Invernadero, en el que se hace evidente el efecto diferenciador de la aplicación de los productos bioestimulantes, en la que los dos productos presentaron un comportamiento similar pero altamente significativo con respecto al Testigo Absoluto.

Figura 21 Inflorescencias en las plantas de tomate dentro del invernadero



En la figura 22 se puede observar que el comportamiento en el número de flores fue prácticamente igual y esto pudo deberse a que las temperaturas en el invernadero en algunos momentos sobrepasaron los 30 °C, lo que afectó la emisión de flores en los 3 tratamientos.

Figura 22 Floración de las plantas de tomate en invernadero



Para determinar en cuál de los tratamientos, presentó un mejor comportamiento de las variables de evaluación, se realizó la prueba de DUNCAN, por tratamiento entre todas las variables evaluadas (Anexo 4) donde se encontró lo siguiente: para Invernadero, los resultados muestran que no se presentan diferencias significativas en las variables Altura Planta, Diámetro Tallo, Número de Hojas, Largo y Ancho de la Hoja; de acuerdo con los resultados, y teniendo en cuenta que estos descriptores analizados pueden estar gobernados por la intervención de unos pocos genes, que son pueden ser poco influenciados por las condiciones ambientales, y dado que las condiciones ambientales del invernadero, donde se encontraban las plantas fueron favorables para el desarrollo de las plantas de tomate; el efecto del Bioestimulante sobre las plantas no fue significativo. En las figuras 23 y 24 se muestran los resultados que arrojó el experimento sobre las variables Altura de la Planta y Diámetro del Tallo, observándose que los productos no tuvieron ningún efecto sobre estas variables de crecimiento.

Figura 23 Altura de las plantas de tomate logrado dentro del invernadero

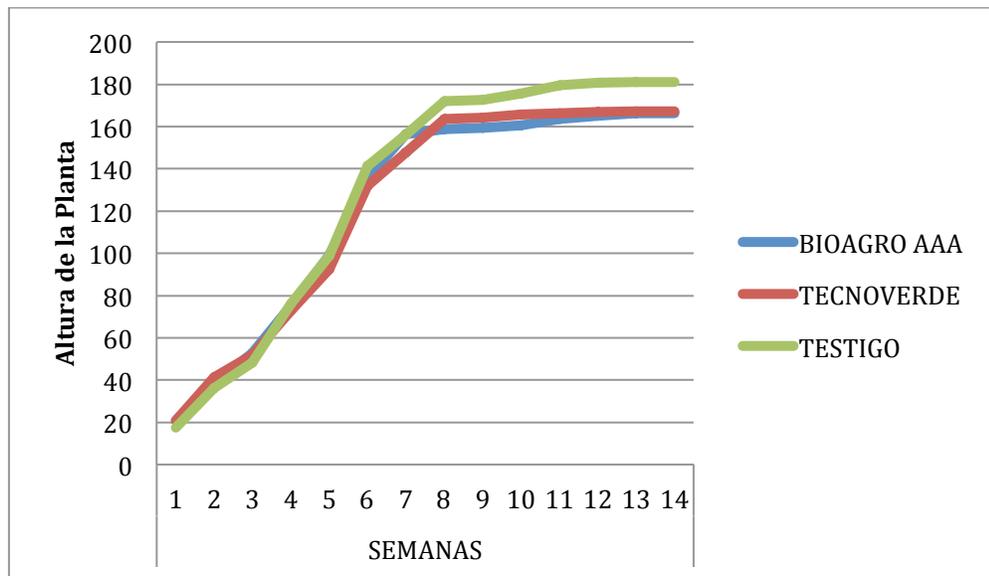
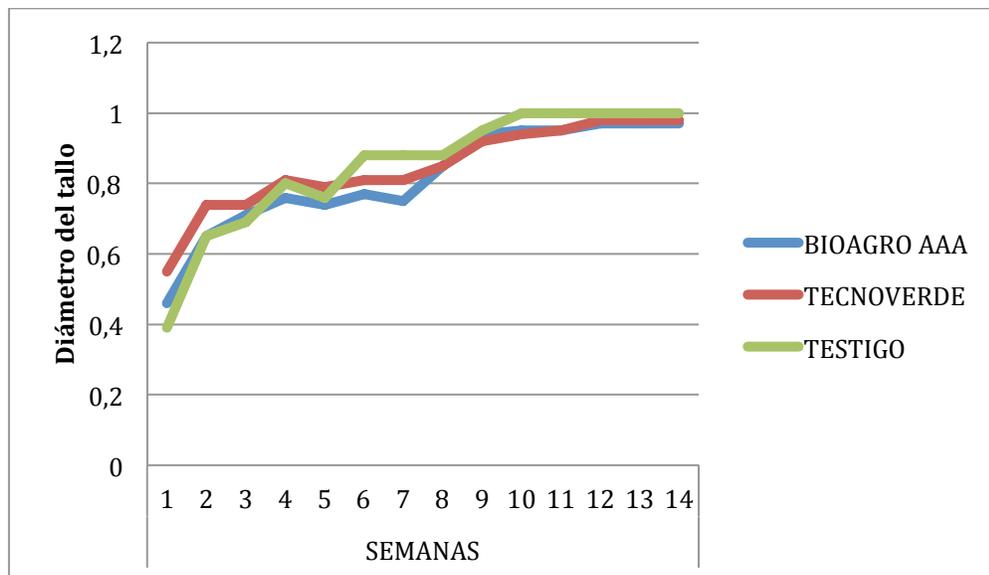


Figura 24 Diámetro del tallo de las plantas de tomate alcanzado dentro del invernadero



Para el caso de los caracteres cuantitativos como Número de Frutos, Peso del Fruto y Producción Total por Planta, los cambios ambientales, el aporte de nutrientes (en este caso el Bioestimulante) pudo haber modificado la respuesta de

estas variables. Por tal razón se concluye de acuerdo con los resultados del ensayo, que el tratamiento realizado con Bioagro Triple A, presentó el mejor comportamiento frente al realizado con Tecnoverde y al Testigo absoluto; es decir que Bioagro Triple A, promueve una mayor formación y llenado de fruto, el cual se ve reflejado en un mayor peso de fruto y por tanto una mayor producción de la planta.

6.3 EVALUACION DEL EFECTO DE LOS AMBIENTES, TRATAMIENTOS Y LA EPOCA SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL TOMATE.

En el anexo 5 se presentan los resultados del análisis de varianza realizado al evaluar el efecto de los tratamientos, ambientes y las épocas de evaluación, sobre los diferentes caracteres morfoagronómicos del cultivo de tomate, en que se puede apreciar lo siguiente: Durante la época 2 (semana 2), la fuente de variación ambiente, presentó diferencias altamente significativas entre las variables Altura Planta (AP), Número de Hojas (NH), Ancho de la Hoja (AH) y Largo de la Hoja (LH); en cuanto a los tratamientos, estos no presentaron diferencias significativas, queriendo decir esto, que los tratamientos para esta época no habían hecho efecto en las plantas evaluadas; para la fuente de variación Ambiente por tratamiento, la variable Altura Planta, presentó diferencias altamente significativas. Esto nos demuestra que para esta época la significancia es normal y nos indica que la plantas están creciendo.

Durante la época 7 (semana 7) la interacción de la fuente de variación ambiente, presentó resultados significativos sobre las variables de evaluación Altura Planta, Diámetro Tallo, Número de hojas, Largo y ancho de la Hoja; los tratamientos no hicieron efecto sobre ninguna fuente de variación para esta época; En las fuentes de variación sitio x época, las variables Diámetro del Tallo, Número de Hojas, Ancho y largo de la Hoja, presentan diferencias altamente significativas en el experimento realizado, mientras que NI, NF, NFr, no presentan diferencias

significativas, para esta época de evaluación; es importante tener en cuenta que para la semana 7 no se contaban con datos referentes a peso de fruto y producción total por planta ya que se dio inicio con la cosecha del tomate en la semana 9.

Durante la época 9 (semana 9) de evaluación, los resultados fueron significativos para las variables Altura Planta, Diámetro del Tallo, Ancho de la Hoja, Largo Hoja, Número de Flores, Número de Frutos, Peso del Fruto y Producción Total por Planta, mientras que para las variables Número de Hojas y Número de Inflorescencias, los resultados fueron no significativos; para la fuente de variación tratamiento, se presentaron diferencias altamente significativas en la variables Número de Flores, Número de Frutos y Producción Total por Planta queriendo decir esto que los productos Bioestimulantes aplicados ayudan a la floración, cuajamiento y llenado del fruto, favoreciendo esto la producción del cultivo. Para la interacción ambiente por tratamiento, el resultado fue altamente significativo solo para la variable producción total por planta; esto quiere decir que los productos independiente en la época que se apliquen, surten efectos en la producción de las plantas de tomate.

Para la época 14 (semana 14) en la fuente de variación ambiente, se presentaron diferencias altamente significativas en la variables Altura Planta, Diámetro Tallo, Número de Inflorescencias, Número de Flores, Número de Frutos, Peso fruto y Producción Total por Planta; los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas en las variables Número de Hojas, Ancho de la Hoja, Número de Frutos, Peso del fruto y Producción Total por Planta; esto ratifica que para este experimento la aplicación de bioestimulantes, favoreció el cuajamiento, llenado y la producción de las plantas. La interacción ambiente por tratamiento presentó diferencias altamente significativas en las variables AP, DT, LH, NFr y PTP. Por lo tanto la aplicación de los Bioestimulantes en las variables cuantitativas que

manejan muchos genes como peso del fruto y producción, fue positiva queriendo decir esto que estimulan formación, llenado y peso del fruto.

6.4 ANALISIS DE VARIANZA VARIABLES PRODUCTIVAS

En el anexo 6 se presentan los resultados del análisis de varianza realizado al evaluar el efecto de los ambientes, tratamientos y ambiente por tratamiento en la producción, sobre los diferentes caracteres morfoagronómicos del cultivo de tomate, en que se puede apreciar que las variables Número de Flores (NF), Número de Frutos (NFr), Peso del Fruto (PFr) y Producción Total por Planta (PTp), presentan diferencias altamente significativas en la fuente de variación ambiente; esto quiere decir que el producto aplicado surtió efectos positivos en los dos ambientes de cultivo aplicados; en cuanto a los tratamientos, las variables Número de Inflorescencias, Número de Flores, Número de Frutos, Peso del Fruto y Producción Total por Planta presentan diferencias altamente significativas; esto quiere decir que la aplicación de los Bioestimulantes si influyó en una mejor floración, cuajamiento, formación y llenado del fruto, situación que favorece la producción del tomate. Finalmente en cuanto a la interacción ambiente por tratamiento las variables NFr y PTp, presentaron diferencias estadísticas significativas, mientras que para NI, NF y PFr, el resultado no fue significativo. Los productos que fueron aplicados durante la realización del experimento (Bioagro Triple A y Tecnoverde), en cada ambiente de cultivo, presentaron buenos resultados en cuanto al desarrollo de la planta y sobre todo en la producción; así mismo favorecieron el cuajamiento del fruto. Esto lo ratifica en su estudio (Ramírez, Castillo, Aceves, & Carrillo, 2004) en el cual indica que el incremento en el número de flores por planta por la aplicación de los productos reguladores de crecimiento empleados, respecto al tratamiento testigo, puede ser debido a que los productos aplicados contienen giberelinas, sustancias químicas capaces de promover la formación de flores en ciertas condiciones ambientales específicas de temperatura y luz que controlan su formación, lo cual está de acuerdo con lo

afirmado por (Weaver, 1980; Ramírez y Otros, 2004). Así mismo, las plantas tratadas con los diferentes reguladores de crecimiento presentaron una repuesta significativa respecto al número de flores y frutos por planta, diámetro y longitud de fruto, y rendimiento de fruto, comportamiento atribuido a los componentes y concentraciones de los elementos en la formulación de cada producto regulador, observándose un efecto mayor en formulaciones con auxinas, giberelinas y citocininas.

Figura 25 Floración de tomate y formación de frutos



Fuente: El Autor 2015

De acuerdo con los resultados que se presentan en el anexo 7 las variables Número de Inflorescencias (NI), Número de Flores (NF), Número de Frutos (NFr) y Peso del Fruto (PFr), aunque en los tratamientos realizados con Bioagro AAA y Tecoverde® no presentan diferencias estadísticas significativas, si se aprecia que existen diferencias frente al testigo absoluto por lo cual se concluye que la aplicación de los productos Bioestimulantes si son importantes para la formación, llenado y peso del fruto. En cuanto a la variable Producción Total por Planta, se puede apreciar que el resultado fue altamente significativo en las plantas donde se utilizó el producto Bioagro Triple A, el cual presentó una mejor producción 1.299 gr, frente a 1.061 gr alcanzado por el producto Tecoverde y 732 gr por el testigo

absoluto. Lo anterior indica que las plantas a las cuales se les aplicó el producto Bioestimulante Bioagro Triple A, presentó un buen cuajamiento, llenado de frutos y una mejor producción comparado con los 2 tratamientos utilizados.

Figura 26 Tamaño de tomates por tratamiento



Fuente: El Autor 2015

6.5 ANALISIS DE CORRELACIONES

Se realizó un análisis de correlación, agrupando todos los datos de los dos ambientes de cultivo evaluados, los tratamientos de biofertilización y las épocas de evaluación, cuyos resultados se pueden verificar en la Tabla 3, encontrándose que:

Tabla 1 Análisis de correlación por cada variable evaluada

VARIABLE		AMBIENTE	TRATAMIENTO	ALTURA V1	DIAMTALLO V2	NUMHOJAS V3	ANCHO HOJA V4	LARGO HOJA V5	NUM IN FLORES V6	NUM FLORES V7	NUM FRUTO V8	PESO FRUTO V9	PROD PLANTA V10
AMBIENTE	Correlation	1	.000	.251**	-.302**	.098	.351**	.373**	.036	.309**	-.383**	-.674**	-.709**
	Significancia		1.000	.000	.000	.130	.000	.000	.635	.000	.000	.000	.000
TRATAMIENTO	Correlation		1	-.007	-.100	-.069	-.089	-.042	-.174*	-.091	-.227**	-.210*	-.282**
	Significancia			.909	.121	.289	.167	.521	.019	.222	.002	.021	.002
ALTURA	Correlation			1	.595**	.740**	.560**	.588**	.118	.131	.000	-.349**	-.211*
	Significancia				.000	.000	.000	.000	.115	.079	.999	.000	.021
DIAMETRO TALLO	Correlation				1	.493**	.274**	.266**	.026	-.280**	.298**	.373**	.489**
	Significancia					.000	.000	.000	.725	.000	.000	.000	.000
NUM HOJAS	Correlation					1	.581**	.620**	.466**	.460**	.383**	.062	.247**
	Significancia						.000	.000	.000	.000	.000	.500	.007
ANCHO HOJA	Correlation						1	.871**	.270**	.523**	.149*	-.424**	-.165
	Significancia							.000	.000	.000	.045	.000	.072
LARGO HOJA	Correlation							1	.283**	.606**	.173*	-.472**	-.168
	Significancia								.000	.000	.020	.000	.066
NUM INFLORES	Correlation								1	.557**	.341**	-.049	.167
	Significancia									.000	.000	.592	.069
NUM FLORES	Correlation									1	.298**	-.475**	-.139
	Significancia										.000	.000	.131
NUM FRUTO	Correlation										1	.448**	.895**
	Significancia											.000	.000
PESO FRUTO	Correlation											1	.753**
	Significancia												.000
PROD PLANTA	Correlation												1
	Significancia												

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

En la variable Ambiente, se presenta correlaciones positivas con las variables V1 (Altura), V2 (Diámetro del Tallo), V4 (Ancho Hoja), V5 (Largo Hoja), V7 (Número de Flores); las variables V8 (Número de Frutos), V9 (Peso del Fruto) y V10 (Producción Total por Planta) presentaron correlaciones negativas; quiere decir esto que el ambiente donde se encuentren las plantas, afectan tanto a las variables que tienen que ver con el crecimiento de la planta y estas a su vez afectan la fructificación y producción de tomate. Las variables Número de hojas y Número de Inflorescencias no presentaron correlación.

En la variable Tratamiento, presentaron correlaciones negativas en V6 (Número de Inflorescencias), V8 (Número de Frutos), V9 (Peso de frutos) y V10 (Producción Total por Planta); esto quiere decir que los tratamientos aplicados si hicieron efecto en las variables de producción y favorecen la emisión de inflorescencias, la fructificación, el cuajamiento, peso y producción de la planta. No se presentaron correlaciones en la variables Altura de la Planta, Diámetro del Tallo, Número de Hojas, Ancho y Largo de la Hoja y el número de flores.

Altura de la Planta AP: se presenta correlaciones positivas con las variables V2 (Diámetro del Tallo), V3 (Número de Hojas), V4 (Ancho de la Hoja), V5 (Largo de la Hoja); las variables V9 (Peso del Fruto) y V10 (Producción Total por Planta) presentan correlaciones negativas, esto indica que cuando la planta gasta su energía para aumentar su índice de área foliar, diámetro del tallo para alcanzar una mayor altura, este gasto de energía va en detrimento de su formación de frutos y por tanto de una mayor producción; mientras que con las variables V6 (Número de Inflorescencias), V7 (Número de Flores) y V8 (Número de Frutos) los resultados no fueron significativos.

La variable V2 (Diámetro del Tallo) presenta correlaciones positivas con las variables V3 (Número de Hojas), V4 (Ancho de la Hoja), V5 (Largo de la Hoja), V8 (Número de Frutos), V9 (Peso del Fruto) y V10 (Producción Total Por Planta), esta

condición puede ser un buen indicador, ya que un buen diámetro del tallo del tomate, indica una buena nutrición de la planta, lo cual conduce a una buena producción; mientras que la variable V7 (Número de Flores) presenta correlación negativa; finalmente la variable V6 (Número de Inflorescencias).

Las variables V3 (Número de Hojas), presenta altas correlaciones con las variables V4 (Ancho de la Hoja), V5 (Largo de la Hoja), V6 (Número de Inflorescencias), V7 (Número de Flores), V8 (Número de Frutos), y V10 (Producción Total por Planta); para la variable V9 (Peso del Fruto) el resultados fue no significativos. Cuando la planta posee un buen número de hojas es un indicador de que se presenten altas floraciones y número de frutos lo que conlleva a una buena producción.

La variable Ancho de la Hoja, presentó altas correlaciones con las variables V5 (Largo de la Hoja), V6 (Número de Inflorescencias), V7 (Número de Flores), V8 (Número de Frutos); la variable V9 (Peso del Fruto) presenta correlación negativa; para la variable V10 (Producción Total por Planta) su resultado fue no significativo.

La variable Largo de la Hoja, presentó altas correlaciones con las variables V6 (Número de Inflorescencias), V7 (Número de Flores), V8 (Número de Frutos); la variable V9 (Peso del Fruto) presenta correlación negativa; para la variable V10 (Producción Total por Planta) su resultado fue no significativo.

En la variable V6 (Número de Inflorescencias), mostró correlación con las variables V7 (Número de Flores) y V8 (Número de Frutos), mientras que las variables V9 (Peso del Fruto) y V10 (Producción Total por Planta), los resultaron fueron no significativos.

El número de Flores (V7), mostró correlación positiva con la variable V8 (Número de Frutos), mientras que con la variable V9 (Peso del Fruto), la correlación fue

negativa, lo que significa que, a mayor número de flores, se tendrá un menor peso de los frutos, este indicador sería importante considerarlo para determinar cual es el numero de flores que se deben dejar para que lleguen a formación de frutos. Para la variable V10 (Producción Total por Planta) los resultados fueron no significativos.

Para el Número de Frutos (V8), la correlación fue positiva para las variables V9 (Peso del Fruto), V10 (Producción Total por Planta), lo cual significa que a mayor número de frutos se podrán obtener altas producciones.

El peso del Fruto (V9), presentó alta correlación con la variable V10 (Producción Total por Planta). El peso del fruto esta directamente relacionado con la producción de la planta, lo que quiere decir que a mayor peso del fruto, mayores producciones en la planta.

7. CONCLUSIONES

- El producto Bioagro Triple A presento un buen comportamiento de respuesta en la producción de tomate, al ser aplicado como un biestimulante en ambos ambientes de cultivo, comparado con el producto Tecnoverde.
- Las plantas que fueron tratadas con el producto Bioagro Triple A presentaron efectos altamente significativos en las variables número de frutos formados y por tanto en la producción; queriendo decir esto que el producto evita el aborto de frutos, hace que haya una mayor cantidad de frutos que cuajan y por tanto mayor producción.
- Los resultados obtenidos en las plantas tratadas con Bioagro Triple A en las variables Número de Frutos, Peso de Fruto y Producción Total por Planta fueron mayores a campo abierto que los obtenidos bajo invernadero. Esto se debe a que en algunos momentos la temperatura del invernadero sobrepaso los 30 °C y esto ocasionó caída de flores lo que repercute directamente en la producción; así mismo el efecto de falta de luminosidad por el plástico del invernadero que es lechoso, pudo afectar la baja producción ya que la planta requiere energía para desarrollar sus procesos fisiológicos.
- Los caracteres morfoagronómicos del cultivo de tomate de mesa, que son afectados favorablemente con la aplicación de productos bioestimulantes tanto a campo abierto como dentro de los invernaderos son el número de frutos y el peso de los frutos.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en el experimento, el producto Bioagro AAA en fase de experimentación, podría ser una alternativa

importante y económica de manejo de cultivo de tomate para los productores ya que es un producto que induce floración, formación, llenado, peso y calidad del fruto.

8. RECOMENDACIONES

- Es importante incluir y/o recomendar a los productores, dentro del paquete de manejo de cultivo de tomate el uso de productos Bioestimulantes con el fin de mejorar y aumentar sus producciones.
- Se debe tener un buen control de las condiciones ambientales dentro de los invernaderos en especial en la fase de floración para evitar el aborto de flores y frutos, lo que repercute en la disminución de la producción del tomate.

BIBLIOGRAFÍA

Achard, P., Cheng, H., De Grauwe, L., Decat, E., Schoutteten, H., Moritz, T., y otros. (2006). *Integration of plant responses to environmentally activated phytohormonal signals* (Vol. 311).

Agriculturers. (9 de Octubre de 2014). *Red de especialistas en agricultura*. Recuperado el 9 de Marzo de 2016, de <http://agriculturers.com/el-tomate-ocupa-en-el-mundo-casi-cinco-millones-de-hectareas/>: <http://agriculturers.com>

Argerich, C., & Gaviola, J. (1988). *Manual de producción de semillas hortícolas*. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Argerich, C., Troilo, L., Rodríguez, M., Izquierdo, J., Strassera, M. E., Balcaza, L., y otros. *Buenas prácticas agrícolas en la cadena del tomate*. (C. Argerich, & L. Troilo, Edits.) Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Beltran, A. L. (2000). *Aplicación de Hormonas y Fertilizantes Foliares en el Cultivo de Tomatillo (Physalis ixocarpa Brot.)* . Saltillo, Coahuila, México.

Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual Tomate. Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

CATIE. (1990). *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate*. Informe técnico No 151, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñaza.

CATIE, Programa de mejoramiento de cultivos tropicales, Turrialba.

CINAFA. (21 de Febrero de 2016). *Bioestimulantes*. Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de CINAFA: <http://www.cinafa.es>

Contreras, E., Arroyo, H., Ayala, J., Sánchez, F., & Moreno, E. (2013). *Caracterización morfológica de la diferenciación floral en tomate (Solanum lycopersicum L.)*. Texcoco, México, México.

Corpoica. (2006). El cultivo de tomate bajo invernadero. *Boletín Técnico* (21), 46.

Corpoica. (2013). Tecnología para el Cultivo del Tomate Bajo Condiciones Protegidas.

Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER. *Diagnósticos de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas Risaralda*. Pereira, Risaralda, Colombia.

Cosme, J. (9 de Noviembre de 2015). *Efectividad de los ácidos húmicos en los tomates*. Recuperado el 28 de Febrero de 2016, de <http://www.hortalizas.com/cultivos/efectividad-de-los-acidos-humicos-en-los-tomates/>: <http://www.hortalizas.com>

Cruz, M., Melgarejo, L. M., & Romero, M. (2010). *Fitohormonas*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Cuellar, A. (2013). *Respuesta de la Aplicación de Algas Marinas en la Producción de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill) Convencional y Orgánico Bajo Invernadero*. Torreón, Coahuila, México.

Cuesta, G., & Mondaca, E. (7 de Agosto de 2014). EFECTO DE UN BIORREGULADOR A BASE DE AUXINAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTINES DE TOMATE. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* , 1-8.

DANE. (2014). El cultivo de tomate de mesa bajo invernadero tecnología que ofrece mayor producción, calidad e inocuidad del producto. *Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria* (30), 72.

Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martín, A. (2009). *Manual de cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Santiago, Chile.

EUROSEMILLAS. (2015). *Semillas de tomate*. (EUROSEMILLAS, Productor, & EUROSEMILLAS) Recuperado el 22 de Febrero de 2016, de Tomate Chonto Matador: <http://www.eurosemillas.co>

Garzón, J. (2013). *Caracterización y evaluación morfoagronómica de la colección de tomate tipo Cherry de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira*. Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Gómez, J. (2012). *COMPORTAMIENTO DE ÁCIDOS FÚLVICOS DE LEONARDITA EN RAÍZ DE TOMATE Y LA ABSORCIÓN DE ALGUNOS NUTRIMENTOS*. Saltillo, Coahuila, México.

Gómez, M., & Castro, H. (13 de Enero de 2010). *Manejo de la fertilización foliar y bioestimulantes*. Recuperado el 20 de Febrero de 2016, de Infojardín: <http://www.infojardin.com>

Hernández, P. (2006). *Aplicación de un aminoácido experimental en la germinación de plántulas de tomate (Lycopersicon esculentum Mill var. florarade) bajo invernadero*. Saltillo, Coahuila, México.

Hernández, C. (2011). *Producción de tomate (Solanum lycopersicum L.) en diferentes granulometrías de "Tezontle"*. Montecillo, Texcoco, Mexico.

Hidalgo, J. C., Alcántar, G., Baca, G., Sánchez, P., & Escalante, A. (1998). EFECTO DE LA CONDICION NUTRIMENTAL DE LAS PLANTAS Y DE LA COMPOSICION, CONCENTRACION Y pH DEL FERTILIZANTE FOLIAR, SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD EN TOMATE. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal* , 16 (2), 143-148.

Jaramillo, J. (2007). *Tomate Bajo Invernadero*. Rionegro, Antioquia, Colombia.

Jaramillo, J., Rodríguez , V., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas* (Primera edición ed.). Medellín, Antioquia, Colombia: CTP Print LTDA.

Jordan, M., & Casaretto , J. (2006). *Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico*. La Serena, Chile.

Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). *Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas*. La Serena, La Serena, Chile.

Lallana, V., & Lallana, M. D. (2011). *Manual de prácticas de fisiología vegetal - Hormonas vegetales*.

Leiva, S. (2010). *Efectos de cuatro bioestimulantes sobre el crecimiento y peso en plántulas de almácigos de tomate (Lycopersicon esculentum)*. Costa Rica.

Lenton, T. (1998). *Gaia and natural seleccion* (Vol. 394). Norwich, Reino Unido.

Microfertisa. (2012 de Enero de 2012). *La Fertilización foliar, una herramienta que complementa la nutrición de sus cultivos*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Microfertisa: <http://www.microfertisa.com.co>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012). *Producción de tomate en Colombia*.

Morales, I., & Castillo , H. (2009). *Cultivo de Tomate - Guía Técnica*. San Salvador, El Salvador: Business Run.

Moreno, V. (2009). *Comportamiento de Dos Ácidos Fúlvicos de Leonardita en la Calidad, Producción y Distribución Radicular de Tomate Cherry en un Calcisol*. Saltillo, Coahuila, México.

Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q., & Larín, M. (2002). *Guía Técnica - Cultivo de Tomate*. Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador.

Pimienta , A. (2004). *Ácidos Húmicos y Fúlvicos de Origen Orgánico en el Crecimiento de Plántula de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en Invernadero*. Saltillo, Coahuila, México.

Ramírez, E., Castillo, C., Aceves, E., & Carrillo , E. (2004). EFECTO DE PRODUCTOS CON REGULADORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA FLORACIÓN Y AMARRE DE FRUTO EN CHILE 'HABANERO. *Chapingo serie Horticultura* , 1 (11), 93-98.

Restrepo, E., Vallejo, F., & Lobo, M. (2008). Fenología de la floración en tomate cultivado y especies silvestres relacionadas. *Acta Agronómica* , 57 (2), 89-93.

Reyes , A., Albarrán, J., Benavides, A., López, R., Alonso, R., & Rodríguez Evangelina. *Efecto de los amonoácidos en el crecimiento y producción del tomate*. Colombia.

Salamanca, M., & Alvarado, A. (2012). *Efecto de la proteína harpin y el fosfito de potasio en el control de mildew polvoso (Frysiphe polygoni D.C.) en tomate, en Sutamarchán (Boyacá)* (Vol. 9). Colombia.

Sañudo, R. (2013). *El Cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) y el potencial endofítico de diferentes aislados de Beauveria bassiana*. Los Mochis, Sinaloa, México.

Serrani, J. (2008). *Interacción de Giberelinas y Auxinas en la Fructificación del Tomate*. Valencia, España.

Srivastava, L. (2002). *Plant growth and development. Hormones and the environment*. Oxford, Oxfordshire, Inglaterra.

Terry , E., Leyva, A., Ruiz, J., & Díaz, M. M. (2009). Biostan. Un producto natural con efectividad biológica en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicon L.*). *CENIC. Ciencias Biológicas* , 40 (2), 89-92.

Terry, E., & Leyva, A. (2006). *EVALUACIÓN AGROBIOLÓGICA DE LA COINOCULACIÓN MICORRIZAS-RIZOBACTERIAS EN TOMATE* (Vol. 30). Costa Rica.

Terry, E., & Ruiz, J. (2008). *Evaluación de bioproductos para la producción de tomate (Solanum lycopersicum, Mill) bajo sistema de cultivo protegido*. La Habana, San José de las Lajas, Cuba.

Yáñez, M., Godoy, T., Gastélum, R., & López, M. (2013). *USO DE FOSFITOS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS FITOPATOLÓGICOS.*

ANEXOS

ANEXO 1

Análisis de varianza para variables de Respuesta: Altura Planta, Diámetro del Tallo Número de Hojas, Ancho Hoja, Largo Hoja, Número de Inflorescencias, Número de Flores, Número de Frutos, Peso del Fruto y Producción Total por Planta en Ambiente Campo Abierto.

Altura Planta (AP)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	6568.300	3284.150	6.547	0.00	***
Época	3	198.017	198.017	0.395	0.53	NS
Trat x Época	6	918.633	459.317	0.916	0.40	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Diámetro Tallo (DT)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	0.282	0.141	8.671	0.00	***
Época	3	0.004	0.004	0.256	0.61	NS
Trat x Época	6	0.201	0.101	6.177	0.00	***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número de Hojas (NH)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	75.633	37.817	4.762	0.01	***
Época	3	187.267	187.267	23.583	0.00	***
Trat x Época	6	69.033	34.517	4.347	0.01	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Ancho Hoja (AH)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	205.433	102.717	5.771	0.00	***
Época	3	144.150	144.150	8.099	0.00	***

Trat x Época	6	6.300	3.150	0.177	0.83	NS
---------------------	---	-------	-------	-------	------	----

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Largo Hoja (LH)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	157.733	78.867	3.675	0.03	**
Época	3	470.400	470.400	21.917	0.00	***
Trat x Época	6	75.600	37.800	1.761	0.18	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número Inflorescencias (NI)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	11.100	5.550	5.741	0.00	***
Época	3	17.067	17.067	17.655	0.00	***
Trat x Época	6	1.233	.617	.638	0.53	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número de Flores (NF)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	5.833	2.917	1.701	0.19	NS
Época	3	60.000	60.000	34.989	0.00	***
Trat x Época	6	0.900	0.450	0.262	0.77	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número Frutos (NFr)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	225.733	112.867	9.449	0.00	***
Época	3	141.067	141.067	11.810	0.00	***
Trat x Época	6	12.133	6.067	0.508	0.60	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Peso Fruto (PFr)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	10825.200	5412.600	9.108	0.00	***
Época	3	1401.667	1401.667	2.359	0.13	NS
Trat x Época	6	705.733	352.867	.594	0.55	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Producción Total por Planta (PTp)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	1.025	5127040.950	14.005	0.00	***
Época	3	5327048.067	5327048.067	14.552	0.00	***
Trat x Época	6	761855.033	380927.517	1.041	0.36	NS

NS No Significativo, ** Significativo $P < 0,05$, *** Altamente Significativo $P < 0,01$

ANEXO 2

Prueba Duncan análisis tratamiento por sitio (campo abierto) para cada variable evaluada

TRATAMIENTO	AP	DT	NH	AH	LH
Bioagro AAA	144.65 AB	1.21 A	14.55 AB	19.70 B	27.50 B
Tecoverde	156.40 A	1.13 A	15.95 A	23.60 A	31.40 A
Testigo	130.80 B	1.04 B	13.20 B	19.65 B	28.80 AB

Continuación

TRATAMIENTO	NI	NF	NFr	PFr	PTp
Bioagro AAA	1.85 AB	2.25 A	12,60 A	157,40 A	1994.45 A
Tecoverde	2.30 A	2.75 A	12.20 A	144.20 A	1804.40 A
Testigo	1.25 B	2.00 A	8.30 B	124.70 B	1038.05 B

Valores entre columnas seguidas por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$) de acuerdo con la prueba Duncan.

ANEXO 3

Análisis de varianza para variables de Respuesta: Altura Planta, Diámetro del Tallo Número de Hojas, Ancho Hoja, Largo Hoja, Número de Inflorescencias, Número de Flores, Número de Frutos, Peso del Fruto y Producción Total por Planta en Ambiente Invernadero.

Altura Planta (AP)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	2156.700	1078.350	2.236	0.117	NS
Época	3	570.417	570.417	1.183	0.282	NS
Trat x Época	6	80.833	40.417	.084	.920	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Diámetro Tallo (DT)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	0.036	0.018	1.818	0.172	NS
Época	3	0.078	0.078	7.765	0.007	***
Trat x Época	6	0.018	0.009	0.902	0.412	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número Hojas (NH)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	0.533	0.267	0.051	0.951	NS
Época	3	6.017	6.017	1.143	0.290	NS
Trat x Época	6	80.133	40.067	7.610	0.001	***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Ancho Hoja (AH)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	87.100	43.550	2.224	0.118	NS
Época	3	1188.150	1188.150	60.683	0.000	***
Trat x Época	6	214.300	107.150	5.473	0.007	***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Largo Hoja (LH)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	83.633	41.817	2.182	0.123	NS
Época	3	3024.600	3024.600	157.805	0.000	***
Trat x Época	6	233.100	116.550	6.081	0.004	***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número Inflorescencias (NI)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	1.300	0.650	1.236	0.299	NS
Época	3	0.000	0.000	0.000	1.000	NS
Trat x Época	6	0.300	.150	.285	0.753	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número Flores (NF)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	27.233	13.617	11.616	0.000	***
Época	3	132.017	132.017	112.621	0.000	***
Trat x Época	6	31.633	15.817	13.493	0.000	***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número Frutos (NFr)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	50.833	25.417	5.301	0.008	***
Época	3	70.417	70.417	14.687	0.000	***
Trat x Época	6	54.033	27.017	5.635	0.006	***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Peso Fruto (PFr)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	2333.200	1166.600	1.777	0.179	NS
Época	3	38913.067	38913.067	59.279	0.000	***
Trat x Época	6	5626.533	2813.267	4.286	0.019	**

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Producción Planta (PTp)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamiento	2	824405.200	412202.600	7.728	0.001	***
Época	3	112926.817	112926.817	2.117	0.151	NS
Trat x Época	6	184229.733	92114.867	1.727	0.187	NS

NS No Significativo, ** Significativo $P < 0,05$, *** Altamente Significativo $P < 0,01$

ANEXO 4

Prueba Duncan análisis tratamiento por sitio (Invernadero) para cada variable evaluada

TRATAMIENTO	AP	DT	NH	AH	LH
Bioagro AAA	162.80A	0.95A	14.55A	24.93A	34.21A
Tecnoverde	165.80A	0.95A	14.75A	24.35A	34.68A
Testigo	176.75A	1.00A	14.75A	23.95A	33.61A

Continuación

TRATAMIENTO	NI	NF	NFr	PFr	PTp
Bioagro AAA	1.85AB	3.80B	12.60A	86.50A	603.55A
Tecnoverde	2.30A	4.60A	12.20A	87.50A	319.35B
Testigo	1,25B	2.95C	8.30B	73.80A	426.05B

Valores entre columnas seguidas por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$) de acuerdo con la prueba Duncan.

ANEXO 5

Análisis de varianza Efecto de los Ambientes, Tratamientos y la época sobre la producción de tomate

Época 2 (Semana 2)

FV	GL	AP	DT	NH	AH	LH
Ambiente	1	6673.503***	0.064 NS	56.048***	1252.876***	3437.045***
Tratamiento	2	105.391NS	0.061 NS	21.694 NS	66.194 NS	31.755 NS
Ambi x Trat	2	1102.912***	0.293 NS	16.585 NS	291.430 NS	435.627 NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Época 7 (Semana 7)

FV	GL	AP	DT	NH	AH	LH
Ambiente	1	44608.267***	0.662***	66.150***	660.017***	1372.817***
Tratamiento	2	282.867NS	0.034NS	15.000NS	37.817NS	60.200NS
Ambi x Trat	2	1272.467NS	0.220***	87.200***	291.817***	371.267***

Continuación

FV	GL	NI	NF	NFr	PFr	PTp
Ambiente	1	0.600 NS	22.817 NS	13.067 NS	-	-
Tratamiento	2	0.350 NS	1.400 NS	11.150 NS	-	-
Ambi x Trat	2	1.950 NS	13.067 NS	41.217 NS	-	-

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Época 9 (Semana 9)

FV	GL	AP	DT	NH	AH	LH
Ambiente	1	8096.817***	0.513***	26.667NS	814.017***	1470.150***
Tratamiento	2	383.750NS	0.006NS	4.717NS	4.517NS	1.317NS
Ambi x Trat	2	888.017NS	0.003NS	22.217NS	92.617NS	46.350NS

Continuación

FV	GL	NI	NF	NFr	PFr	PTp
Ambiente	1	1.667NS	56.067***	487.350***	120960.600***	3.393***
Tratamiento	2	2.917NS	23.400***	71.217***	2609.867NS	2419786.017***
Ambi x Trat	2	2.117NS	7.267NS	21.650NS	2124.600NS	1756116.950***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Época 14 (Semana 14)

FV	GL	AP	DT	NH	AH	LH
Ambiente	1	9958.817***	0.252***	36.817NS	36.817NS	25.350NS
Tratamiento	2	497.400NS	0.054NS	68.467***	121.117***	97.317NS
Ambi x Trat	2	3093.067***	0.206***	17.267NS	38.317NS	130.050***

Continuación

FV	GL	NI	NF	NFr	PFr	PTp
Ambiente	1	8.067***	14.017***	345.600***	12789.600***	1.012***
Tratamiento	2	1.217NS	1.267NS	31.650***	3796.267***	1135294.217***
Ambi x Trat	2	0.717NS	0.867NS	46.850***	1214.600NS	701088.750***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

ANEXO 6

Análisis de varianza Efecto de Ambiente, Tratamiento y Ambiente por Tratamiento Variables Productivas

Número Inflorescencias (NI)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Ambiente	1	1.200	1.200	1.379	0.243	NS
Tratamiento	2	7.550	3.775	4.338	0.015	**
Ambi x Trat	2	4.850	2.425	2.787	0.066	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número de Flores (NF)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Ambiente	1	63.075	63.075	18.900	0.000	***
Tratamiento	2	28.867	14.433	4.325	0.015	**
Ambi x Trat	2	4.200	2.100	.629	0.535	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Número de Frutos (NFr)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Ambiente	1	826.875	826.875	79.780	0.000	***
Tratamiento	2	154.117	77.058	7.435	0.001	***
Ambi x Trat	2	122.450	61.225	5.907	0.004	***

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Peso del Fruto (PFr)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Ambiente	1	106207.500	106207.500	106.037	0.000	***
Tratamiento	2	11040.800	5520.400	5.512	0.005	***
Ambi x Trat	2	2117.600	1058.800	1.057	0.351	NS

NS No Significativo, ** Significativo P< 0,05, *** Altamente Significativo P< 0,01

Producción Total por Planta (PTp)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Ambiente	1	4.055	4.055	159.226	0.000	***
Tratamiento	2	6485934.650	3242967.325	12.733	0.000	***
Ambi x Trat	2	4592552.450	2296276.225	9.016	0.000	***

NS No Significativo, ** Significativo $P < 0,05$, *** Altamente Significativo $P < 0,01$

ANEXO 7

Prueba Duncan análisis tratamiento para cada variable productiva evaluada

TRATAMIENTO	NI	NF	NFr	PFr	PTp
Bioagro AAA	2.02A	3.02AB	9.77A	121.95A	1299.00A
Tecnoverde	2.12A	3,67A	8.45A	115.85A	1061.87B
Testigo	1.55B	2.47B	7.00B	99.25B	732.05C

Valores entre columnas seguidas por letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$) de acuerdo con la prueba Duncan.