

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Estudio de Efectividad Biológica del Producto PBZ MAX en el Cultivo del
Tomate (*Solanum lycopersicum*)

Por

MARÍA LUISA CID LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Estudio de Efectividad Biológica del Producto PBZ MAX en el Cultivo del
Tomate (*Solanum lycopersicum*)

Por

MARÍA LUISA CID LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal

Ing. José Ramón Palafox Arenas
Coasesor

Dra. Rosalinda Mendoza Villareal
Coasesor

Dr. Leopardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2013

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme el maravilloso regalo de la vida, por darme a mi familia y mis excelentes padres a quien le debo lo que soy; por darme la fuerza de seguir adelante día a día en el transcurso de mi carrera, dándome valor y sabiduría para resolver las distintas dificultades que se me hayan presentado.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas, convertirse en mi segunda casa, llenarme de experiencias y conocimientos que han forjado mi carácter haciendo posible mi desarrollo a nivel personal; por darme las bases para mi formación y desarrollo como profesionista, me llena de orgullo pertenecer a esta Universidad, mi “Alma Terra Mater”.

A **Dr. Alberto Sandoval Rangel** por darme la oportunidad y confianza de realizar esta investigación, por su tiempo, apoyo y asesoría en el desarrollo de este trabajo.

A mis coasesores por haber aceptado y ser parte importante en la redacción de este proyecto, al **Ing. José Ramón Palafox Arenas** y a la **Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal** por su tiempo invertido y sus valiosas aportaciones.

A mis profesores, a cada uno de ellos que en cada materia que me impartieron fue de suma importancia para mi formación, dándome los conocimientos y bases para mi desarrollo profesional, por su tiempo y disposición, Gracias.

A mis compañeros de generación y carrera por el poco tiempo que hayan compartido conmigo, haciendo agradable mi estadía con sus pláticas y apoyo, experiencias y críticas constructivas puliendo mi personalidad y carácter.

A mis amigas de vida, quienes pese a la distancia se mantuvieron a mi lado, mantuvieron comunicación conmigo, alentándome día a día, por sus consejos y apoyo incondicional, confiando en mí y dándome la confianza que al concluir este proyecto de vida seguirán conmigo, compartiendo mis bendiciones y alegrías.

DEDICATORIA

A mi madre **María Luisa López Urías**, que es el ser más maravilloso de todo el mundo, por el apoyo y ejemplo que en cada segundo de mi vida me ha brindado, por sus cuidados, amor y comprensión.

Por sus sabios consejos que me orientaron por el camino recto de la vida, le agradezco principalmente por ayudarme a terminar mi Carrera Profesional que representa para mi la mejor de las herencias.

A mis **hermanos y hermanas** quiero agradecerles la confianza que han depositado en mí, por haberme dado las herramientas para construir este sueño, Gracias por vivirlo conmigo alentándome, corrigiéndome, apoyándome incondicionalmente, por sus esfuerzos y sacrificios que me han permitido crecer como persona y superarme cada día.

A cada uno de mis **sobrinos y sobrinas**, por cada momento que han compartido conmigo, enseñándome con su inocencia el valor de los pequeños detalles, compartirme sus ideas y forma de ver la vida.

Por todo el ayer, les dedico todo mi mañana...

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	<u>I</u>
DEDICATORIA	<u>II</u>
INDICE DE CUADROS.....	<u>V</u>
INDICE DE FIGURAS.....	<u>VI</u>
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
Objetivo:	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Estudios de Efectividad Biológica.....	4
Efectos del Paclobutrazol en los cultivos.....	6
Generalidades del Cultivo del Tomate.....	7
Origen.....	7
Valor nutricional.....	7
Importancia.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Localización del experimento	10
Descripción del Estudio	10
Descripción de Actividades para el establecimiento del estudio.....	10
Variables Evaluadas	11
Análisis de Datos.....	13

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
CONCLUSIONES	22
LITERATURA CITADA	23
APÉNDICE.....	26

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de tomate a nivel nacional.....	8
Cuadro 2. Principales productores de Tomate.....	9
Cuadro 3. Valores medios de longitud y diámetro de entrenudos.....	16
Cuadro 4. Flores y frutos amarrados por racimo.....	18
Cuadro 5. Rendimiento por plantas y explotación a ton/ha.....	19
Cuadro 6. Peso promedio, diametro polar y ecuatorial del fruto.....	19
Cuadro 7. Valores medios de la firmeza,grados brix y pH del fruto	20
Cuadro 8. Análisis mineral en hojas de tomate.....	21

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del Paclobutrazol	4
Figura 2. Planta de tomate.....	7
Figura 3. Altura o distancia de la base de la planta al primer racimo.....	15
Figura 4. Número de plantas con al menos una flor abierta	17

RESUMEN

Los estudios de efectividad biológica constituyen un instrumento oficial, para evitar que se comercialicen productos, que lejos de beneficiar a los cultivos, no son útiles o bien causan daños. Por lo anterior el objetivo del este trabajo fue: Realizar el estudio de efectividad biológica del producto PBZ MAX, en el cultivo de tomate. Se evaluaron tres dosis del producto 1). 125 mg.L⁻¹, 2). 250 mg.L⁻¹, 3). 500 mg.L⁻¹, y un testigo absoluto. Se evaluó: Distancia al primer racimo, distancia entre racimos, diámetro de tallo, número de hojas, días a floración número de flores por racimo, número de racimos, amarre de frutos; En fruto: diámetro ecuatorial y polar, peso promedio, grados Brix, firmeza y pH. Los resultados muestran que la aplicación del PBZ MAX, adelantó la floración; disminuyó la distancia al primer racimo con las dosis de 250 y 500 mg/L, mostró una reducción en la distancia de los entrenudos, pero no el diámetro o grosor de ellos y no se observó efecto en el número de hojas por planta, número de flores por racimo, amarre de frutos, el calibre y calidad del fruto.

Palabras Clave: Retardantes de crecimiento, paclobutrazol, agroquímicos.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de efectividad biológica son evaluaciones de productos que solicitan las empresas formuladoras o comercializadoras a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), con el propósito de obtener el registro de sus productos para poder comercializarlos en el territorio nacional. Estos estudios los realizan instituciones autorizadas por la SAGARPA, en la región. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Los requisitos y procedimientos se establecen en documentos denominados normas oficiales (NOM), para el caso de fertilizantes, reguladores de crecimiento y mejoradores de suelo, dichos procedimientos están contenidos en la norma oficial mexicana NOM-077-FITO-2000. (Diario Oficial de la Federación, 11/04/2000), actualizada en diciembre del 2011 (Diario Oficial de la Federación, 19/12/2011). Los estudios se realizan bajo el rigor científico y planteamientos estadísticos.

En este estudio Wendy González Saucedo, como persona física, solicita el estudio del Producto PBZ MAX, cuyo ingrediente activo es Paclobutrazol.

El paclobutrazol (2RS,3RS)-1-(4-chloropheny)-4- dimethyl-2-(1H-1,2,4triazol-1-yl) pentan-3-ol, es un triazol, regulador del crecimiento identificado como retardante que actúa como inhibidor de la síntesis de las giberelinas y es usado en ornamentales, manzano, pera y mango para controlar el tamaño del árbol, facilitar la cosecha y promover adelanto de la floración. (Berova y Zlatev, 2000; Cárdenas y Rojas, 2003; Kulkarni, 2004).

El PBZ, es una molécula liberada por lo cual es un producto que se comercializa con diferentes nombres comerciales, formulación y presentación,

lo cual hace necesario verificar su funcionalidad mediante un estudio de efectividad biológica, como lo establece la NOM-077-FITO 2000.

Se eligió el cultivo del tomate que es la hortaliza más importante a nivel nacional, tanto en superficie destinada a su siembra con 55, 888.04 Has, como por los ingresos obtenidos por la venta de su producto, obteniendo 13.146 mil millones de pesos con la producción nacional, también tiene una gran importancia social, ya que su manejo genera una amplia fuente de trabajo (SIAP, 2012).

Por lo anterior este trabajo se realizó con el siguiente:

Objetivo:

Realizar el estudio de efectividad biológica del producto PBZ MAX, en el cultivo del tomate, cultivado en sustrato e invernadero.

Hipótesis

El producto PBZ MAX, reducirá el tamaño de los entrenudos en las plantas de tomate.

REVISIÓN DE LITERATURA

Estudios de Efectividad Biológica

Los agroquímicos son necesarios para la agricultura moderna, y debido a la enorme demanda han aparecido en el mercado una gran cantidad de productos, que lejos de mejorar los cultivos provocan daños, o efectos negativos, impactando de manera significativa la sostenibilidad de la agricultura. (Zavaleta-Mejía, et. al., 2002).

Con el propósito de evitar la comercialización de productos, cuya acción tenga un efecto negativo en los cultivos ocasionando problemas a los agricultores. La Secretaria Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), regula la formulación y venta de agroquímicos, mediante lineamientos que están especificados en la NOM-077-FITO-2000. (Diario Oficial de la Federación, 11/04/2000), De tal manera que, todas las empresas productoras o importadoras de agroquímicos deben de cumplir con estos requisitos, entre ellos realizar estudios de efectividad biológica de sus productos antes de llevarlos al mercado. Con estos estudios la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), emite un registro, que debe citarse en la etiqueta del producto en cuestión y es requisito para ser comercializado en la república mexicana.

Los estudios de efectividad biológica de agroquímicos, pueden ser realizados por dependencias autorizadas, en la región, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Estos estudios se realizan bajo el rigor científico, planteamientos estadísticos y tratamientos

Paclobutrazol

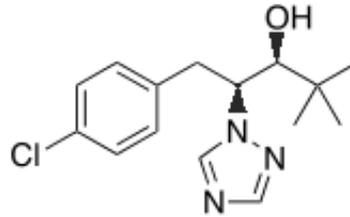


Figura 1. Estructura química del paclobutrazol.

El paclobutrazol (2RS,3RS)-1-(4-chlorophenyl)-4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl) pentan-3-ol, es un triazol, regulador del crecimiento identificado como retardante que actúa como inhibidor de la síntesis de las giberelinas y es usado en ornamentales, manzano y pera para controlar el tamaño del árbol, facilitar la cosecha y promover adelanto de la floración. (Berova y Zlatev, 2000; Cárdenas y rojas, 2003; Kulkarni, 2004).

El paclobutrazol, también conocido como PBZ, es un activo inhibidor de la biosíntesis del ácido giberélico (Tadao *et al.*, 2000). Reduce los niveles de giberelina endógena. (AG_1) en células libres del endospermo de *Cucurbita máxima* L. (Hadden y Graebe, 1985). Interactúa con monooxigenasas del citocromo P450 al bloquear las oxidaciones del ent-kaureno a ent-kaurenol, ent-kaurenal y ácido ent-kaurenico, dentro del ciclo del mevalonato, y de esta forma inhibe la síntesis de giberelinas (Azcón, 1993) y la elongación celular (Rademacher, 2000).

La estructura del paclobutrazol es similar a la del brasinazole; sin embargo, este último es un potente inhibidor de la biosíntesis de brasinosteroides, que a su vez es una sustancia inductora de enanismo en tomate, chícharo y *Arabidopsis* y recientemente ha sido clasificada como nueva clase de fitohormona (Clouse y Sasse, 1998).

Davenport (1993) y Galán (2000) mencionaron que es poco probable que el PBZ se trasloque a frutos, ya que se mueve solamente por el xilema; aunque ambos coinciden en que el producto persiste mucho tiempo en el suelo por lo que podría limitarse su uso para evitar la contaminación del mismo y percolación a mantos acuíferos. No obstante, dicha residualidad ocurre cuando se hacen aplicaciones consecutivas (Osuna et al. 2001).

Efectos del Paclobutrazol en los cultivos.

El PBZ, ha mostrado reducir la elongación de brotes, la expansión de hojas y el crecimiento en diámetro del tallo en muchas especies de árboles (Burch *et al.* 1996) y es un activo inhibidor de la biosíntesis del ácido giberélico (Tadao *et al.* 2000). El paclobutrazol es absorbido pasivamente a través de las hojas, tallos y raíces, translocándose por el xilema hasta los puntos de crecimiento, donde reduce la división celular en la parte sub apical al impedir la acción de la giberelina (Early & Martín 1988). Paclobutrazol, aplicado a plantas de tomate en almácigo, reduce el tamaño de las plántulas, aumenta el grosor del tallo y desarrollo de las raíces, lo cual resulta con mejor adaptabilidad al trasplante. (Berova y Zlatev, 2000).

Generalidades del Cultivo del Tomate



Figura 2. Planta de tomate

El tomate es una especie que pertenece a la familia de las solanáceas; Anteriormente el género *Lycopersicon* está dividido en dos subgéneros, *Eulycopersicon* y *Eriopersicon*, donde el anterior contiene a las especies *Lycopersicon pimpinellifolium* y *Lycopersicon esculentum*. En la actualidad el género *Lycopersicon*, pasa a ser la especie, por lo cual actualmente el nombre del tomate o Jitomate es *Solanum lycopersicon*.

Origen

Probablemente se originó en Perú, Bolivia, y la franja costera del Oeste de Sudamérica, desde el ecuador hasta cerca de los 30° de latitud sur; la mayor diversidad genética se encuentra en esa zona.

Valor nutricional

El fruto fresco es rico en vitamina C; el poder calórico del tomate es modesto debido a su escaso contenido en materia seca y grasa. El tomate es fuente importante de sales minerales (Potasio y Magnesio, principalmente) de su contenido en vitaminas destacan B1, B2, B5, A, C y E y carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color característico al tomate (Nuez, 2001).

Los tomates contienen vitamina C, potasio, fibra y vitamina A en la forma promotora de la salud llamada beta-caroteno, la cual el cuerpo la convierte en vitamina A. Además son fuente de licopeno, el cual es materia de un estudio actual sobre el rol de los químicos de la planta que promueven la salud. El estudio sugiere que el licopeno jugaría en un rol importante en la lucha contra el cáncer. Como el beta-caroteno, el licopeno es un carotenoide, responsable del color rojo brillante del tomate, sandía y uvas. (Salunkhe y Kadam, 2003).

Importancia

La demanda de tomate aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. En el ciclo otoño-invierno 2012 el tomate es la hortaliza de mayor importancia a nivel nacional con una superficie sembrada de 55, 888.04 Has, dando una producción de 2, 838, 369. 87 Ton., un rendimiento de 51.38 Ton/Ha, obteniendo un valor de producción de 13.146 mil millones de pesos. (SIAP, 2012).

Cuadro 1. Producción de Tomate a nivel nacional.

Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)	Valor Producción (Miles de pesos)
55, 88.04	55, 237. 38	2, 838, 369. 87	51.38	13, 146, 384. 85

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA, 2012.

Cuadro 2. Principales productores nacionales de tomate.

Estado	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Valor Producción (Miles de pesos)
Sinaloa	18 623.05	18 449.92	3,070,433.17
Michoacán	5,062.00	5,006.00	522,691.93
Zacatecas	3,014.16	2,962.91	670,055.87
Baja California	2,952.05	2,932.80	1,475,892.93
Veracruz	2,920.25	2,870.25	278,874.11
Nayarit	2,447.50	2,447.50	252,041.01
Morelos	2,256.50	2,256.50	407,264.41

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA, 2012.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El estudio se realizó durante el periodo de Junio a Diciembre del 2012. En un invernadero ubicado en el Km 6, carretera a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Descripción del Estudio

Se evaluaron 3 dosis del producto PBZ MAX (Apéndice 1), más 1 testigo absoluto en 3 repeticiones por tratamiento, cada repetición o bloque con 5 plantas, con una unidad experimental de 60 plantas. Las dosis evaluadas fueron:

1.- 0.00 mg.L⁻¹ Testigo.

2.- 125.00 mg.L⁻¹

3.- 250.00 mg.L⁻¹

4.- 500.00 mg.L⁻¹

Descripción de Actividades para el establecimiento del estudio

Se utilizó planta de tomate tipo Saladette o Roma F1 Rafaello.

La planta se produjo durante el mes de Junio del 2012 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con sustrato peatmoss. Se plantó el mes de julio, en macetas de polietileno negro, rígido de 9 L, como sustrato se utilizó peatmos y perlita 50% v/v. Se plantó el mes de julio, una planta por maceta. El riego fue por goteo, con goteros individuales de 3.5 L por hora por gotero. Para fertilizar se utilizó solución Steiner, (Steiner, 1968) a la cual sólo se resto el aporte de iones del agua reportados en el análisis (Apéndice 2).

El cultivo se condujo a 1 tallo, fueron tutoradas con hilo rafia dándole el "liado" cada vez que lo requería, se ocuparon postes con alambres de tutoreo, la planta se bajaba cada 15 días, se le realizaron podas de manera semanal con

la finalidad de mantenerla sana, en balance nutricional, permitir la entrada de luz obteniendo maduración uniforme y mejor aireación, para esta actividad se utilizó tijeras que se desinfectaban constantemente en el transcurso de la poda.

Variables Evaluadas

Para variables de crecimiento, se realizaron 8 mediciones cada 7 días, iniciando la primera medición a los 14 días después de la primera aplicación.

- **Distancia al primer racimo (cm).** Semanalmente con un flexómetro, se midió la distancia del suelo a la base del primer racimo
- **Distancia entre racimos.** Semanalmente con una flexómetro, se midió la distancia entre los racimos, a partir del primer racimo.
- **Grosor de tallos (mm).** Con un vernier electrónico se midió el diámetro de la mitad de cada entrenudo.
- **Días a floración.** Se contó el número de días a la aparición de flores abiertas.
- **Número de hojas por planta.** Se contó el número de hojas en cada planta.

Para las variables de productividad, se evaluó

- **Número de flores por racimo.** Se contó el número de flores en cada racimo.
- **Número de racimos.** Semanalmente se contó los racimos que tenía la planta.
- **Amarre de frutos.** Se contó el número de frutos amarrados en cada racimo.
- **Rendimiento en ton/ha.** Se calculó multiplicando el rendimiento por planta obtenido por el número de plantas por ha.

- **Peso de frutos.** Con una balanza se pesó y los pesos obtenidos se sumaron, después se dividió el resultado obtenido entre el número de frutos para reportar el peso promedio del fruto.
- **Diámetro ecuatorial y polar.** Con un vernier electrónico se tomaron 2 medidas del diámetro polar y dos del ecuatorial de un mismo fruto para obtener el promedio, se hizo con 6 frutos por tratamiento en cada corte.
- **Grados Brix.** Con un refractómetro manual marca Sper Scientific , Modelo 300010, se midió el contenido de sólidos totales en el jugo del fruto.
- **-Firmeza.** Con un penetrómetro marca OA Supplies, con punta de 6mm de diámetro semanalmente se midió la firmeza del fruto.
- **pH.** Con un potenciómetro manual marca Hanna modelo HI98130 se midió el pH del jugo del fruto.
- **Análisis mineral de la planta:** Las muestras fueron enviadas al laboratorio.

Análisis de Datos

Los datos se analizaron en el modelo estadístico de bloques completos al azar, con número de repeticiones de acuerdo a la variable de estudio con una probabilidad de ($P \leq 0.05$ y 0.01) (Zar, 1996). Los valores medios se compararon con la Prueba de Tukey 0.05 y 0.01 . Se utilizó el paquete Statistica, versión 7 para Windows y Estadístico UANL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Paclobutrazol o PBZ[(±)-(R',R')-beta-[(4-clorofenil)metil]-alfa-(1,1-dimetiletil)-1H-1,2,4- triazol-1- etanol), es un triazol que retarda el crecimiento vegetal debido a bloquea, la síntesis de giberelinas, También afecta otras hormonas: por ejemplo, reduce el nivel de ácido abscísico, etileno y ácido indolacético, y aumenta el de citoquininas (Berova y Zlatev, 2000; Cárdenas y Rojas, 2003). Se emplea en la conservación de frutos, como inductor de florecimiento en varias especies y como inhibidor del desarrollo vegetal(Cárdenas y Rojas, 2003).El uso más generalizado del PBZ, ha sido en mango (*Manguiфера indica*), para manipular la producción o desfasar cosechas, por ejemplo en Costa Rica, con el uso de este producto se producen dos cosechas al año, en árboles mayores a 5 años(Pérez *et al.*, 2011).En general el PBZ se considera un retardador de crecimiento por esta razón, se han realizado ensayos para reducir el crecimiento de las plantas. En almácigos, se estudia para producir plántulas compactas y se reporta que las dosis de 100 a 200 mg/L, aplicadas al follaje cuando la planta de tomate tiene de 2 a 4 hojas verdaderas, reduce la altura (Velázquez *et al.*, 2008). De la misma forma, se han realizado estudios del Paclobutrazol para reducir la brotación lateral y crecimiento de brotes de tomate, estos estudios reportan que con aplicaciones de paclobutrazol a dosis de 250 y 500 mg/L, reduce significativamente del tamaño de la planta

El propósito de este estudio se centra en: Determinar si la aplicación y las dosis del producto PBZ MAX, disminuye el crecimiento de los entrenudos, lo cual llevará a tener más racimos por planta sin necesidad de “bajar” la planta, dado que esta actividad en tomates indeterminados, implica: un costo adicional para el bajado, daños a las planta por dobladuras en el tallo y en algunos casos fracturas en los mismos y el consiguiente impacto negativo en la productividad y calidad del cultivo.

Distancia al primer racimo

Medida como la altura de la base del tallo al primer racimo. Se encontró que al aplicar el producto PBZ MAX a las plantas en el trasplante, sólo las dosis de 250 y 500 mg/L, redujeron significativamente esta variable (Figura 3).

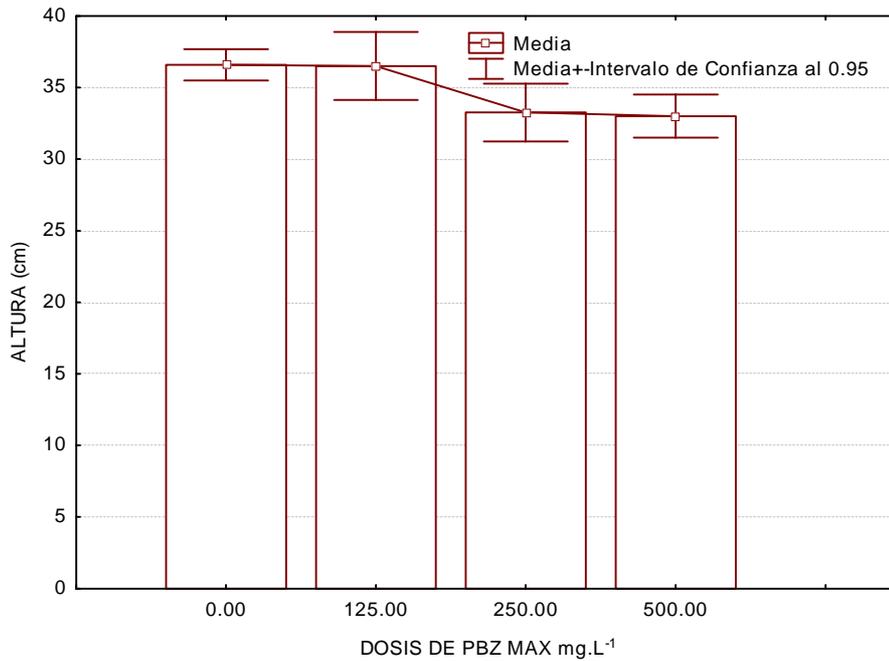


Figura 3. Altura o distancia de la base de la planta al primer racimo, en plantas tratadas con PBZ MAX

Longitud y Diámetro de Entrenudos

Se realizaron tres evaluaciones y se determinaron los valores medios, los cuales muestran que la aplicación del producto PBZ MAX, redujo significativamente ($P \geq 0.05$) la distancia de los entrenudos, pero no el diámetro o grosor de ellos (Cuadro 3). Aún y cuando en las plantas con entrenudos cortos, el diámetro parece mayor, pero solo es un efecto visual que dan los entrenudos cortos.

Cuadro 3. Valores medios de la longitud y diámetro de entrenudos, en la planta de tomate Rafaello, tratada con PBZ MAX.

DOSIS DE PBZ MAX (mg.L ⁻¹)	ENTRENUDOS	
	Longitud (cm)	Diámetro o Grosor (mm)
0.00 (Testigo)	28.59 a	10.56 a
125	26.28 ab	10.41 a
250	22.98 b	10.48 a
500	24.10 b	10.52 a
Coef de Variación %	8.17	4.22

Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística (Tukey 0.05)

Días a Floración

Medido como número de plantas en cada repetición o bloque, con al menos 1 flor abierta. A los 36 días después de trasplante, se observa una tendencia a aumentar el número de plantas con flores en las plantas tratadas con PBZ MAX, a dosis de 250 y 500 mg.L⁻¹ (Figura 4).

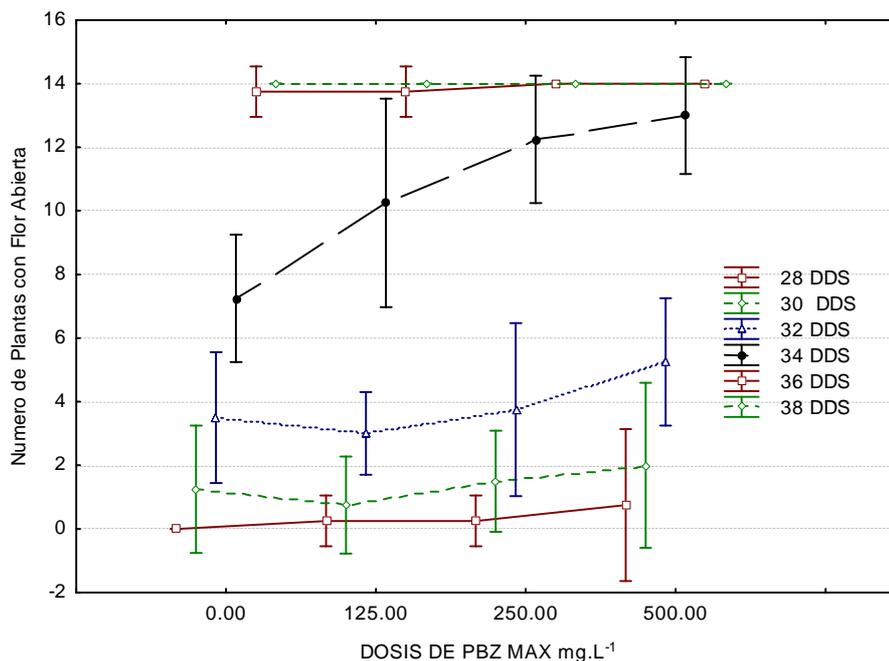


Figura 4. Número de plantas con al menos una flor abierta, de un total de 15 plantas de tomate Rafaello, tratadas con PBZ MAX. (DDS= Días después del trasplante).

Número de hojas por Planta

El número de hojas por planta no fue afectado por la aplicación del producto. Las plantas de tomate del estudio se podaron a un tallo y el híbrido Rafaello emite dos hojas entre cada racimo (Ahern, 2012).

Número de Flores por Racimo

El número de flores de cada racimo no fue afectado por la aplicación del producto (Cuadro 4). Este híbrido presenta de 5 a 9 flores por racimo, predominando racimos de 7 flores, y aproximadamente un 3 por ciento de racimos dobles con 12 a 16 flores (Ahern, 2012).

Amarre de frutos

El número de frutos “amarrados” por racimo no fue afectado por la aplicación del producto (Cuadro 2). En promedio el amarre de frutos fue de 6.71 frutos por racimo. La polinización fue natural, es decir no se apoyó con polinización complementaria, como abejorros, aire o vibración que son las técnicas más comunes para aumentar la polinización. Las flores de tomate son autógenas, pero si se provee polinización complementaria, resulta en un mayor número de

frutos por racimo, frutos más grandes al evitar frutos sin polinizar que no crecen y frutos de mejor calidad al reducir el número de frutos mal polinizados que resultan en frutos deformes. (Macías *et al.*, 2004, Sandoval, 2011, Koppert, 2012).

El híbrido Rafaello, presenta de 5 a 9 frutos por racimo, predominando racimos de 6 frutos bien formados y un fruto apical de menor tamaño, también presenta aproximadamente un 3 por ciento de racimos dobles con 10 a 16 flores (Ahern, 2012). Por lo cual la disminución en el porcentaje de amarre pudo ser debido a la falta de polinización complementaria.

Cuadro 4. Flores y frutos amarrados por racimo, en la planta de tomate Rafaello, tratada con PBZ MAX

DOSIS DE PBZ MAX (mg.L ⁻¹)	FLORES POR RACIMO	FRUTOS POR RACIMO
0.00 (Testigo)	7.37 a	6.79 a
125	7.87 a	6.54 a
250	8.04 a	6.54 a
500	7.87 a	7.00 a
Coef de Variación %	5.48	13.28

Coef = Coeficiente

Rendimiento en ton/ha

Se calculó multiplicando el rendimiento por planta, por el número de plantas en una hectárea. Con base en el marco de plantación utilizado para este estudio, la densidad de plantas por hectárea sería de 22,800. Los resultados no muestran diferencia estadística ($P \geq 0.05$) en el rendimiento del cultivo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento por planta y extrapolación a toneladas por hectárea en plantas de tomate Rafaello tratadas con PBZ MAX.

DOSIS DE PBZ MAX (mg.L⁻¹)	Kg/Planta	Ton/ha
0.00	3.715 a	84.702
125.00	4.015 a	94.620
250.00	3.835 a	87.438
500.00	4.417 a	100.70
Coef de Variación %		

Coef = Coeficiente

Calibre de Frutos

Determinado como peso promedio de fruto, diámetro polar y ecuatorial. Se encontró que estas variables no se afectaron con la aplicación del producto (Cuadro 6).

Cuadro 6. Peso promedio, diámetro polar y ecuatorial del fruto de tomate Rafaello, tratado con PBZ MAX

DOSIS DE PBZ MAX (mg.L⁻¹)	Peso Promedio de Fruto gr	Diámetro Polar Mm	Diámetro Ecuatorial Mm
0.00	116.8400	61.6325	54.2050
125.00	125.0524	66.0225	48.3525
250.00	118.9599	62.7849	45.9249
500.00	124.2300i	63.5449	54.8450
Coef de Variación %	7.57	8.47	9.02

Coef = Coeficiente

Grados Brix, pH, Firmeza y color en Fruto

Los tratamientos con PBZ MAX, no afectaron los sólidos totales o grados Brix, el pH, la firmeza del fruto (Cuadro 7). Respecto al color del fruto, no se apreciaron diferencias por que la cosecha se realizó cada 7 días, es decir se cosecho por indicador de tiempo no por indicador de color. En promedio en el fruto de tomate Rafaello, el contenido de sólidos totales fue de 4.245, el pH 4.59 y una firmeza de 4.21 kg/cm². Estos resultados son similares a los reportados por Caseira y Aguilar (2008) para 3 cultivares de tomate cosechados a diferente grado de madurez.

Cuadro 7. Valores medios de la Firmeza, Grados Brix y pH del fruto de tomate Rafaello, tratado con PBZ MAX

DOSIS DE PBZ MAX (mg.L ⁻¹)	GRADOS BRUX	pH	FIRMEZA Kg/cm ²
0.00	4.20 a	4.57 a	4.22 a
125.00	4.25 a	4.51 a	4.40 a
250.00	4.33 a	4.65 a	4.12 a
500.00	4.20 a	4.64 a	4.10 a
Coef de Variación %	13.6050	5.0767	21.9725

Coef = Coeficiente

Análisis mineral

Se realizó 1 análisis foliar de la hoja de abajo del segundo racimo. Se encontró que: La concentración de minerales en la planta no fue estadísticamente diferente ($P \geq 0.05$), (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis mineral en hojas de tomate, tratadas con PBZ MAX.

ELEMENTO	DOSIS DE PBZ MAX (mg.L ⁻¹)			
	0.00	125	250	500
Magnesio (%)	3.707	3.15	3.39	3.51
Calcio (%)	32.18	23.69	21.72	23.14
Potasio (%)	3.10	2.98	2.75	3.05
Fierro (ppm)	137	121.5	127.5	96.5
Cobre (ppm)	254	206	200.00	137
Manganeso (ppm)	196.5	197.5	127	181.50
Zinc (ppm)	80.96	76.26	76.04	85.48
Boro (ppm)	44.36	43.05	42.63	44.81
Nitrógeno (%)	3.26	4.01	3.64	3.25
Fósforo (%)	1.00	1.03	0.77	1.47
Azufre (%)	0.33	0.345	0.44	0.195

Daños al cultivo. No se observaron daños a la planta las dosis aplicadas

CONCLUSIONES

La aplicación de PBZ MAX, a dosis de 250 y 500 mg/L, reduce el crecimiento de la planta de tomate, expresado en menor altura del cuello al primer racimo y también una menor longitud de los entrenudos. A sí mismo muestra una tendencia a reducir los días a floración conforme se aumenta la dosis. El rendimiento, calidad de fruto y el contenido de minerales en la planta no fue afectado.

LITERATURA CITADA

- Ahern** Seeds. 2012. Proveedor de semillas. www.ahernseeds.com. Consultado noviembre del 2012.
- Azcón** BJ (1993) Fisiología y Bioquímica Vegetal. Ed. Interamericana Mc-Graw. Madrid. 581 p.
- Berova**, M.; Zlatev, Z. 2000. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 117–123.
- Burch** PL, Wells RH, Kline WN (1996) Red maple and silver maple growth evaluated 10 years after application of paclobutrazol tree growth regulator. *Journal Arboriculture* 22: 61-66.
- Cárdenas**, K.; Rojas, E. 2003. Efecto del paclobutrazol y nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango 'Tommy Atkins'. *BioAgro* 15(2): 83–90.
- Caseira-Posada** Fánor y Óscar E. Aguilar-Avenidaño. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agron. colomb.* vol.26 no.2 Bogotá July/Dec. 2008
- Clouse** SD, Sasse JM (1998) Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49: 427-451.
- Davenport**, T. 1993. Floral manipulation in mangos, pp. 54-60. *In: Proceedings of the Conference in Mango in Hawaii*. L.E. Chia and D. O. Evans (eds.). Cooperative Extension Service. University of Hawaii. Honolulu, USA.
- Diario Oficial** de la Federación. 2000. Por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal. *DOF* 11/04/2000.
- Diario Oficial** de la Federación. 2011. Modificación de la Norma oficial mexicana NOM-077-FITO-2000, por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal. *DOF* 19/12/2011.

- Early** JD, Martín GC (1988) Translocation and breakdown of ¹⁴C-labelled paclobutrazol in Nemaguard peach seedlings. HortScience 23(1): 196-200.
- Hadden** P, Graebe JE (1985) Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of Cucurbita maxima esdosperm and Malus pumila embryos. Plant Growth Reg. 4: 111-112.
- Galán** S., V. 2000. Control de crecimiento y desarrollo en mango. Memorias del Simposium de Mango: Control de floración y mejoramiento genético. Apatzingán, Michoacán, México. 26 y 27 de abril. pp. 94-105.
- Koppert**. 2012. Biological systems. www.koppert.es. Consulta. Noviembre 2012.
- Kulkarni**, 2004. 2004. The tri- factor hypothesis of flowering in mango. Acta Hort. 645:61-70.
- Macías** JO, JGG Quezada-Euán, V Parra-Tabla, OV Reyes O.V. 2004. Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*M) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, México. Journal of Economic Entomology. 97(2): 475-481.
- Nuez**, F, 2001, El cultivo del tomate. Ediciones mundi-prensa, primera edición. 1995, reimpresión 2001, Madrid España.
- Osuna** GJA, Baez SR, Medina UVM, Chávez CX (2001) Residualidad de paclobutrazol en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Tommy Taquí. Rev. Chapingo S. Hort. 7(2): 275-282.
- Pérez–Barraza** María Hilda; Jorge Alberto Osuna–García; Roberto Sánchez–Lucio; Víctor, Vázquez–Valdivia. 2011. El paclobutrazol como promotor de la floración en mango 'manila', aún sin condiciones ambientales inductivas. Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.17 no.spe1.
- Rademacher**, w.; spinelli, f.; costa, G. 2006. Prohexadione–Ca: Modes of action of a multifunctional plant biorregulator for fruit trees. Acta Horticulturae 727: 97–106.
- Salunkhe**, D., Kadam, S. 2003. Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas. Acribia, Zaragoza, España.

Sandoval-Rangel. 2011. Estudios de Efectividad Biológica. Reportes Técnicos. Departamento de Horticultura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y pesquera) 2012. Estadísticas Agroalimentarias, 2012. Disponible en:

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=259
consultado el 04/ Dic/ 2013

Tadao A, Kin MY, Nagata N, Yamagishi K, Takatsuto S, Fujioka S, Murofushi N, Yamaguchi I, Yoshida S (2000) Characterization of brassinazole, a triazole-type brassinosteroid biosynthesis inhibitor. *Plant Physiol.* 123: 93-99.

Velázquez-Alcaraz T.J., L Partida-Ruvalcaba , B Acosta-Villegas, F Ayala-Tafoya. 2008. Producción de Plantas de Tomate y Chile Aplicando Paclobutrazol al Follaje. *Universidad y Ciencia* 24 (1) 21-28, 2008.

Zar J. H., 1996. *Biostatistical Analysis*. Third ed. Prentice-Hall Inc. New Jersey, USA.

Zavaleta-Mejía, E., I. Cid del Prado-Vera, F. Franco-Navarro, y P. Sánchez-García. 2002. Aplicación de enmiendas orgánicas para el manejo de *Nacobbus aberrans* en tomate. *Nematrópica* 32:113-124.

APÉNDICES

Apéndice 1. Composición del producto PBZ MAX.

Garantía de Composición

COMPONENTES	
Paclobutazol	25.00 %
Propano 1,2-diol (Propilen Glicol)	4.60 %
Ingredientes inertes	45.6 %
Agua	25.00 %
	Total 100.00 %

Apéndice 2. Análisis físico-químico del análisis de agua.



PATRONATO PARA LA INVESTIGACIÓN
AGRÍCOLA DEL ESTADO DE COAHUILA

RECEPCION DE MUESTRA: 30 - 07 - 12
ENTREGA DE RESULTADOS: 31 - 07 - 12

USUARIO: DR. ALBERTO SINDOVAL
PREDIO: CASA
MUESTRA: M1 POZO

COND. ELECTRICA	mmhos/cm	0.464		NO SALINO
pH		7.8		MOD. ALCALINO
CALCIO		2.340 meq/lt	46.893 ppm	MUY BAJO
MAGNESIO		1.620 meq/lt	19.699 ppm	MUY BAJO
SODIO		3.290 meq/lt	75.608 ppm	MEDIO
POTASIO		1.126 meq/lt	44.050 ppm	BAJO
CARBONATOS		0.260 meq/lt	7.800 ppm	BAJO
BICARBONATOS		2.080 meq/lt	126.900 ppm	MEDIO
SULFATOS		4.145 meq/lt	199.084 ppm	BAJO
REL. DE ABS. DE SODIO (RAS)		2.338		BAJO EN SODIO
CLORUROS		1.800 meq/lt	53.190 ppm	BAJO
TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS	mg/lt	296.96		
SALINIDAD EFECTIVA		6.036 meq/lt		

REALIZO.

I.Q. MARTHA ELENA ALCOCER CRUZ

AV. ROMAN CEPEDA No. 4 ARTEAGA, COAHUILA C.P. 25350
TEL. Y FAX: 483-05-01