

## Influencia de paclobutrazol en el crecimiento de brotes y rendimiento de *Psidium guajava* L. en alta densidad\*

### Influence of paclobutrazol on bud growth and yield of *Psidium guajava* L. in high density

José Saúl Padilla Ramírez<sup>1§</sup>, Víctor Manuel Rodríguez Moreno<sup>1</sup>, Ernesto González Gaona<sup>1</sup>, Esteban Salvador Osuna Ceja<sup>1</sup> y María Hilda Pérez Barraza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Pabellón-INIFAP. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. AP. 20. (rodriguez.victor@inifap.gob.mx; gonzalez.ernesto@inifap.gob.mx, osuna.esteban@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. (perez.mariahilda@inifap.gob.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: padilla.saul@inifap.gob.mx.

#### Resumen

La aplicación de bioreguladores es una práctica común tanto en frutales templados como tropicales y subtropicales para controlar el crecimiento vegetativo, estimular floración y amarre de fruto. Tal es el caso del Paclobutrazol “PBZ”, del cual los antecedentes de su respuesta en el cultivo del guayabo son limitados. Por lo anterior, se evaluó la aplicación de PBZ sobre la dinámica de crecimiento de los brotes y producción de fruta de ocho genotipos de guayabo establecidos en un sistema de alta densidad (5 000 plantas ha<sup>-1</sup>). El estudio se realizó en el Sitio Experimental “Los Cañones”, durante dos ciclos de producción, donde se evaluaron tres dosis (0, 1 y 2 ml árbol<sup>-1</sup>) del producto comercial Austar<sup>®</sup> (Paclobutrazol 25%) en 2013 y dos en 2015 (0 y 1 ml árbol<sup>-1</sup>). La aplicación se realizó al suelo a la base del tallo al inicio del cada ciclo, después de la poda. La dinámica de crecimiento de los brotes se determinó durante 15 semanas posteriores a la aplicación del PBZ en 5 brotes al azar en una planta por genotipo. Se estimó la tasa de crecimiento diaria (TCD) entre cada dos fechas del registro del crecimiento de los brotes y se midió la longitud de entrenudos a los 140 días. A la cosecha se registró el rendimiento y número de frutos y el peso medio

#### Abstract

Application of bioregulators is a common practice in several temperate and tropical and subtropical crop fruits to: control vegetative growth, stimulate flowering and fruit set. Paclobutrazol “PBZ” is among those products; however there is few information of its response in guava. Therefore, it was evaluated the application of PBZ on the annual sprout growth dynamic and on the fruit yield of eight guava genotypes established in a high planting density (5 000 plants ha<sup>-1</sup>). The study was carried out at the Experimental Site of “Los Cañones”, during two production cycles. The PBZ treatments were: 0, 1 and 2 ml tree<sup>-1</sup> in 2013 and 0 and 1 ml tree<sup>-1</sup> in 2015, using the commercial product Austar<sup>®</sup> (Paclobutrazol 25%) in both years. The PBZ was applied to the soil around the base of the trunk at the beginning of each cycle, after the pruning. The sprout growth dynamic was measured during 15 weeks after de PBZ was applied in five randomly selected sprouts in one plant of the eight guava genotypes. Daily growth rate (DGR) between each two dates of the sprout growth was estimated. Internodal distance of the same five selected sprouts to measure growth dynamics was registered. At harvest, it was registered: fruit

\*Recibido: marzo de 2017  
Aceptado: mayo de 2017

de fruto. El PBZ disminuyó el crecimiento de los brotes y la distancia entre nudos entre 15 a 41%, lo cual se reflejó en una menor TCD, siendo de 4.5-6 mm día<sup>-1</sup> en el testigo, mientras que con PBZ fue de solo 2.8-3.9 mm día<sup>-1</sup>. En 2013, el PBZ incrementó significativamente el rendimiento y número de frutos en comparación al testigo; sin embargo, en 2015 el PBZ no superó al testigo. Los genotipos sobresalientes en ambos años fueron: Calvillo S-XXI, Selección-12 y Selección-45 con un promedio de 20.6 kg árbol<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** *Psidium guajava*, PBZ, calidad de fruto, longitud de brotes, reguladores de crecimiento.

## Introducción

La aplicación de bioreguladores de crecimiento es una práctica que se realiza en algunos frutales tanto de clima templado como tropicales y subtropicales con diversos propósitos entre los que destacan: regular el crecimiento vegetativo, estimular floración y aumentar el amarre de fruto. Tal es el caso del Paclobutrazol "PBZ", el cual retarda el crecimiento vegetativo y disminuye el vigor de las plantas debido a la reducción de los niveles de giberelinas (Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2008; Kishore *et al.*, 2015). Rademacher (2000); Kishore *et al.* (2015) mencionan que los retardantes del crecimiento de las plantas como el PBZ y la prohexadiona de calcio hacen lenta la división y elongación celular, regulando de manera fisiológica la altura de las plantas sin causar deformaciones en hojas o tallos. No obstante, el efecto complejo del PBZ con otras hormonas puede originar diversas respuestas, destacando su uso como promotor de la floración temprana, reducir alternancia, disminuir brotación vegetativa e incrementar rendimiento (Cárdenas y Rojas, 2003; Ramírez *et al.*, 2003; Pérez *et al.*, 2011; Kishore, 2015; Pérez *et al.*, 2016).

Pérez *et al.* (2011), reportaron los efectos de PBZ en mango manila sobre la floración, época de cosecha y rendimiento de fruto, destacando la mejora en la tasa de floración, el adelanto en cosecha y el incremento en el rendimiento del fruto; mencionaron que con el uso de PBZ alcanzaron un aumento 100% en el rendimiento con respecto al testigo.

Cárdenas y Rojas (2003) mencionaron que la aplicación de paclobutrazol restringió el crecimiento vegetativo y estimuló el desarrollo floral del mango 'Tommy Atkins', con una floración temprana y mayor número de frutos por inflorescencia, aunque no afectó el porcentaje de frutos retenidos.

yield, fruit number and the average weight of fruits. The PBZ decreased sprout growth and the internodal distance from 15 to 41%, which was reflected on a lower DGR, being of 4.5 to 6 mm day<sup>-1</sup> in the untreated plants, while in the PBZ treated plants DGR was only from 2.8 to 3.9 mm day<sup>-1</sup>. In 2013, PBZ significantly increased fruit yield and fruits per plant as compared to the control; however, in 2015 the PBZ did not surpass the control. The outstanding guava genotypes in both years were: Calvillo S-XXI, Selection-12 and Selection-45 with an average of 20.6 kg tree<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Psidium guajava*, PBZ, growth regulators; sprout length, fruit quality.

## Introduction

The application of growth bioregulators is a management practice that is performed in some temperate, tropical and subtropical fruit trees with different purposes, such as regulating vegetative growth, stimulating flowering and/or increasing fruit binding. This is the case of Paclobutrazol "PBZ", which retards vegetative growth and decreases plant vigor due to the reduction of gibberellin levels (Ramírez *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2008; Kishore *et al.*, 2015). Rademacher (2000) and Kishore *et al.* (2015) mention that plant growth retardants such as PBZ and calcium prohexadione slow the cell division and elongation by physiologically regulating plant height without causing deformation in leaves or stems. However, the complex effect of PBZ with other hormones can lead to different responses, highlighting its use as a promoter of flowering, early flowering, reducing alternation, decreasing vegetative sprouting and increasing yield (Cárdenas and Rojas, 2003; Ramírez *et al.*, 2003; Pérez *et al.*, 2011; Kishore, 2015; Pérez *et al.*, 2016).

Pérez *et al.* (2011), reported the effects of PBZ on mango manila on flowering, harvest season and fruit yield, with emphasis on the improvement in flowering rate, crop yield and fruit yield increase; mentioned that with the use of PBZ they achieved a 100% increase in yield with respect to the control.

Cárdenas and Rojas (2003) mentioned that the application of paclobutrazol restricted vegetative growth and stimulated the floral development of 'Tommy Atkins' mango, with an earlier bloom and greater number of fruits per inflorescence, although it did not affect the percentage of retained fruits.

Respecto al efecto del PBZ y otros productos similares como la Prohexadiona del calcio sobre el crecimiento de las plantas, Pérez *et al.* (2016) reportaron una reducción del crecimiento vegetativo de árboles de mango 'Ataulfo' entre 18 a 41%, siendo el PBZ el que causó el menor porcentaje de reducción con respecto a Prohexadiona de calcio.

En especies hortícolas, también se ha evaluado el efecto del paclobutrazol. Partida *et al.* (2007) reportaron la aplicación del paclobutrazol sobre el crecimiento de raíz y biomasa aérea en plántulas de pimiento morrón y berenjena. Mencionan que el PBZ incrementó la biomasa radicular y parte aérea de ambas especies en comparación al testigo.

Estudios preliminares en el cultivo de guayabo en un lote de alta densidad, reportan el uso del paclobutrazol en plantas establecidas en alta densidad, donde se menciona que el PBZ en un ciclo de producción incrementó significativamente el rendimiento y número de frutos y se observó una reducción en la longitud de los brotes, el área de las hojas y la distancia entre nudos, así como un incremento en el contenido de clorofila medido como unidades SPAD (Padilla *et al.*, 2014a; Padilla *et al.*, 2014b). Posteriormente, se reportó el efecto *ex post* del PBZ, en el siguiente ciclo sin la aplicación del producto, cuyos resultados señalaron que el rendimiento y número de frutos de todas las plantas mostró una fuerte reducción, atribuido a un posible efecto de alternancia y no a un efecto del PBZ aplicado el ciclo anterior (Padilla *et al.*, 2015).

Respecto a la densidad de plantación, en las principales zonas productoras de guayaba en México, las plantaciones tradicionales se realizaron con densidades de 204 a 266 árboles  $\text{ha}^{-1}$ . Bajo este sistema tradicional de plantación de 7 m  $\times$  7 m, el guayabo produce en promedio en Calvillo, Aguascalientes alrededor de 15  $\text{t ha}^{-1}$  (SIAP-SAGARPA, 2017); sin embargo, cuando se establecen genotipos seleccionados en altas densidades (3  $\times$  3 m), se han alcanzado producciones superiores a las 30  $\text{t ha}^{-1}$  (Padilla *et al.*, 2007). Las huertas de guayabo de reciente establecimiento en la región Calvillo-Cañones, que comprende los estados de Aguascalientes y Zacatecas, así como en Michoacán, se han establecido a mayores densidades de plantación con el propósito de incrementar su productividad.

En la India, se han realizado diversos estudios en guayabo para evaluar sistemas de alta densidad, las cuales fluctúan entre 3 333 hasta 10 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , reportando incrementos significativos del rendimiento por planta en densidades de 2  $\times$  1.5 m (8.43  $\text{kg planta}^{-1}$ ), comparado con 5.89  $\text{kg planta}^{-1}$  en la densidad de 1  $\times$  1 m; sin embargo, la producción por hectárea

Regarding the effect of PBZ and other similar products such as calcium Prohexadione on plant growth, Pérez *et al.* (2016) reported a reduction of the vegetative growth of 'Ataulfo' mango trees from 18 to 41%, with the PBZ being the one that caused the lowest reduction percentage with respect to Prohexadione of calcium.

In horticultural species, the effect of paclobutrazol has also been evaluated. Partida *et al.* (2007) reported the application of paclobutrazol on root growth and aerial biomass in red pepper and eggplant seedlings. They mention that the PBZ increased the root biomass and aerial part of both species in comparison to the control.

Preliminary studies on guava cultivation in a high density plot report the use of paclobutrazol in established high density plants, where it is mentioned that the PBZ in a production cycle significantly increased yield and number of fruits and a reduction was observed in the length of the sprouts, the leaf area and the distance between knots, as well as an increase in chlorophyll content measured as SPAD units (Padilla *et al.*, 2014a; Padilla *et al.*, 2014b). Subsequently, the *ex post* effect of PBZ was reported in the following cycle without application of the product, whose results indicated that the yield and number of fruits of all plants showed a strong reduction, attributed to a possible alternating effect and not to an effect of the PBZ applied in the previous cycle (Padilla *et al.*, 2015).

Regarding planting density, in the main guava producing areas in Mexico, traditional plantations were carried out with densities of 204 to 266 trees  $\text{ha}^{-1}$ . Under this traditional 7 m  $\times$  7 m planting system, guava produces on average in Calvillo, Aguascalientes around 15  $\text{t ha}^{-1}$  (SIAP-SAGARPA, 2017); However, when selected genotypes are established at high densities (3  $\times$  3 m), yields were higher than 30  $\text{t ha}^{-1}$  (Padilla *et al.*, 2007). Newly established guava gardens in the Calvillo-Cañones region, which includes the states of Aguascalientes and Zacatecas, as well as Michoacán, have been established at higher planting densities in order to increase their productivity.

In India, a number of studies have been conducted in Guava to evaluate high density systems, ranging from 3 333 to 10 000 plants  $\text{ha}^{-1}$ , reporting significant yield increases per plant at densities of 2  $\times$  1.5 m (8.43  $\text{kg plant}^{-1}$ ), compared to 5.89  $\text{kg plant}^{-1}$  in the density of 1  $\times$  1 m; however, yield per hectare was significantly higher in planting densities of 1  $\times$  1 m (58.93  $\text{t ha}^{-1}$ ), while in the density of 2  $\times$  1.5

fue significativamente mayor en densidades de plantación de  $1 \times 1$  m ( $58.93 \text{ t ha}^{-1}$ ), mientras que en la densidad de  $2 \times 1.5$  m la producción fue de  $28.85 \text{ t ha}^{-1}$  (Pal y Lal, 2015). Brar (2010) reportó el efecto de PBZ y etefón sobre el crecimiento vegetativo del guayabo establecido en densidades de plantación desde 333 a 833 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , y señaló que el PBZ redujo considerablemente la altura de las plantas con respecto al testigo (3.49 m vs 3.79 m, respectivamente), así como el volumen de copa ( $39.17 \text{ m}^3$  vs  $53.81 \text{ m}^3$ ), por lo que el uso de reguladores del crecimiento como el PBZ y aumentar la densidad de plantación pueden contribuir a incrementar la productividad del cultivo de guayabo considerando aspectos económicos y de calidad de fruto.

Kishore *et al.* (2015) mencionan que cuando el PBZ es aplicado a dosis óptimas, no se han detectado residuos en suelo y frutos en cantidades por encima del nivel cuantificable (0.01 ppm), por lo que sugieren el uso de PBZ en dosis adecuadas para obtener máximos beneficios sin los efectos indeseables.

Además de la aplicación de PBZ, el uso de genotipos con mayor potencial de rendimiento de fruto y sistemas de alta densidad de plantación, puede contribuir a mantener un equilibrio del crecimiento y permitir un adecuado balance del desarrollo vegetativo y reproductivo. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de "PBZ" en la dinámica de crecimiento de brotes del año y en el rendimiento de fruto de ocho genotipos de guayabo establecidos en un sistema de alta densidad.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental "Los Cañones", perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y que se ubica en el municipio de Huanusco, Zacatecas (Latitud  $21^\circ 44.7'$  norte; longitud  $102^\circ 58.0'$  oeste; 1 508 msnm).

El clima predominante en la región de estudio es del tipo  $\text{BS}_1 \text{ hw(w)}$  que corresponde a un clima semi-seco semi-cálido, de acuerdo con la clasificación de García (1981). La temperatura media anual es de  $20.1^\circ \text{C}$ , la media anual máxima es de  $30.4^\circ \text{C}$  y la mínima es de  $9.8^\circ \text{C}$ . Estas temperaturas son similares a las prevalentes en las principales zonas productoras de guayaba del país, donde la temperatura media anual fluctúa entre  $20$  a  $23^\circ \text{C}$  (Padilla *et al.*, 1999). La

the production was  $28.85 \text{ t ha}^{-1}$  (Pal y Lal, 2015). Brar (2010) reported the effect of PBZ and etephon on vegetative growth of guava established at planting densities from 333 to 833 plants  $\text{ha}^{-1}$ , and noted that the PBZ significantly reduced plant height compared to the control (3.49 m vs 3.79 m, respectively), as well as the cup volume ( $39.17 \text{ m}^3$  vs  $53.81 \text{ m}^3$ ), so that the use of growth regulators such as PBZ and increase planting density can contribute to increase the productivity of the guava crop considering economic aspects and fruit quality.

Kishore *et al.* (2015) mention that when PBZ is applied at optimal doses, soil and fruit residues have not been detected in quantities above the quantifiable level (0.01 ppm), suggesting the use of PBZ in adequate doses to obtain maximum benefits without undesirable effects.

In addition to the application of PBZ, the use of genotypes with greater potential for fruit yield and high density planting systems can contribute to maintaining a balanced growth and allowing an adequate balance of vegetative and reproductive development. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the effect of the application of "PBZ" on the growth dynamics of sprouts of the year and on the fruit yield of eight guava genotypes established in a high density system.

## Materials and methods

The study was carried out at the "Los Cañones" Experimental Site, belonging to the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP) and located in the municipality of Huanusco, Zacatecas (latitude  $21^\circ 44.7'$  north, longitude  $102^\circ 58.0'$  west, 1 580 meters above sea level).

The predominant climate in the study region is  $\text{BS}_1 \text{ hw(w)}$ , which corresponds to a semi-warm semi-dry climate, according to García (1981) classification. The annual average temperature is  $20.1^\circ \text{C}$ , the maximum annual average is  $30.4^\circ \text{C}$  and the minimum is  $9.8^\circ \text{C}$ . These temperatures are similar to those prevailing in the main guava producing areas of the country, where the average annual temperature fluctuates between  $20$  and  $23^\circ \text{C}$  (Padilla *et al.*, 1999). The annual accumulation of heat units ( $\text{Tb} = 9^\circ \text{C}$ ) in the area is an average of 4 060, which are considered sufficient to satisfy

acumulación anual de unidades calor ( $T_b = 9^\circ\text{C}$ ) en la zona es en promedio de 4060, las cuales se consideran suficientes para satisfacer el requerimiento térmico del guayabo (Ruíz *et al.*, 1992; Padilla *et al.*, 2012). El promedio de precipitación anual es de 516 mm, de los cuales más del 80% se presentan de junio a septiembre (Figura 1).

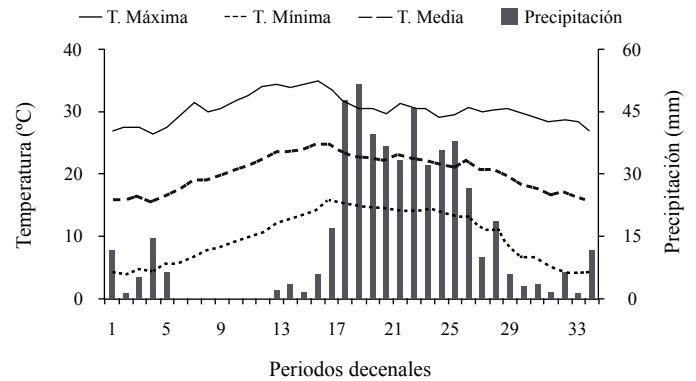
Las características físico-químicas del suelo en el sitio experimental son: textura franco-arenosa, pH alcalino de 8.2, con 1.16% de materia orgánica y el NPK de 28.9, 0.65 y 2345 ppm, respectivamente. Lo anterior indica un nivel de fertilidad del suelo adecuada para N y K, aunque para P se considera muy baja. Por otra parte, considerando la textura del suelo y los valores de capacidad de campo (20.6%) y de punto de marchitez permanente (10.9%), el suelo presenta una baja capacidad de retención de humedad, por lo que se requiere la aplicación de riegos frecuentes.

El lote cuenta con un sistema de riego por micro-aspersión, mediante el cual se aplican los riegos semanalmente durante los ocho meses del ciclo del cultivo. La fertilización fue suministrada a través del sistema de riego, donde la dosis aplicada durante el ciclo fue 90-90-90 para N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectivamente, cubriendo las etapas de brotación, floración, amarre y desarrollo del fruto. El control de malezas se hizo en forma manual y las plagas y enfermedades según las recomendaciones del Campo Experimental Pabellón para el cultivo de guayabo en la región Calvillo-Cañones.

Es importante mencionar que como parte del manejo del guayabo en la región de estudio, el ciclo anual de producción es iniciado después del “calmeo” que es una práctica común durante la cual se suspende la aplicación del riego de 2 a 4 meses, lo que induce a la planta a un estado de quiescencia por el estrés hídrico impuesto. Esta práctica es realizada al final de la cosecha del ciclo anterior y es utilizada para programar la cosecha del nuevo ciclo, obteniéndose esta entre 6 a 8 meses después de la aplicación del primer riego. Otra razón del calmeo, es evadir el daño por heladas en los árboles durante el periodo invernal (Perales *et al.*, 2002).

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó el producto comercial Austar® (Paclobutrazol 25%) durante dos ciclos de producción, donde la aplicación del PBZ se hizo en forma alternada en 2013 y 2015. En 2013 se evaluaron tres dosis: 0, 1 y 2 ml árbol<sup>-1</sup>, mientras que en 2015 solo se aplicaron dos dosis: 0 y 1 ml árbol<sup>-1</sup>, del producto comercial. Los tratamientos fueron aplicados al suelo a la base del tallo en un litro de agua, para lo cual se cavó una zanja de 10 cm de

the thermal requirement of guava (Ruiz *et al.*, 1992; Padilla *et al.*, 2012). The average annual rainfall is 516 mm, of which more than 80% occur from June to September (Figure 1).



**Figura 1. Promedios de temperatura máxima, media y mínima y precipitación acumulada en periodos decenales de 2006 a 2015 en el Sitio Experimental Los Cañones del INIFAP. Huanusco, Zacatecas.**

**Figure 1. Mean, minimum and maximum temperature averages and accumulated precipitation in decadal periods from 2006 to 2015 in the Experimental Site Los Cañones del INIFAP. Huanusco, Zacatecas.**

The physical-chemical characteristics of the soil at the experimental site are: sandy-loam texture, alkaline pH of 8.2, with 1.16% of organic matter and NPK of 28.9, 0.65 and 2345 ppm, respectively. This indicates a level of soil fertility suitable for N and K, although for P it is considered very low. On the other hand, considering the soil texture and values of field capacity (20.6%) and permanent wilting point (10.9%), the soil presents a low moisture retention capacity, therefore the application of frequent watering.

The lot has a system of micro-sprinkler irrigation, by which irrigations are applied weekly during the eight months of the crop cycle. Fertilization was provided through the irrigation system, where the dose applied during the cycle was 90-90-90 for N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectively, covering the stages of sprouting, flowering, mooring and fruit development. Weed control was done manually and the pests and diseases according to the recommendations of the Experimental Field Pavilion for the cultivation of guava in the Calvillo-Cañones region.

It is important to mention that as part of the guava management in the study region, the annual production cycle is initiated after the “calmeo”, which is a common practice

profundidad alrededor de la base del tallo donde se aplicó la solución e inmediatamente después se tapó nuevamente la zanja. En el caso de los árboles testigo sin PBZ, se realizó el mismo procedimiento, aplicando solamente agua. La aplicación del PBZ se realizó en la última semana de marzo en ambos años y de tres a cuatro días de la poda para iniciar el ciclo anual de producción (en el ciclo 2014 no se aplicó PBZ).

Los genotipos de guayabo evaluados fueron: tres variedades (Calvillo S-XXI, Hidrozac y Caxcana) y cinco selecciones (S-12, S-20, S-45, S-46 y S-47) pertenecientes al Banco de Germoplasma del INIFAP. Las tres variedades utilizadas corresponden al grupo de variedades liberadas y registradas por el INIFAP-Campo Experimental Pabellón (Padilla *et al.*, 2010). Se establecieron 10 plantas por cada genotipo en condiciones de campo en la primavera de 2008, con material propagado por acodo aéreo el ciclo anterior de las plantas “madre” de cada variedad o selección del Banco de germoplasma del INIFAP, localizado en el Sitio Experimental “Los Cañones”. Las plantas están establecidas en un sistema de alta densidad con 2 m de separación entre líneas y 1 m entre plantas (5 000 plantas ha<sup>-1</sup>). Durante la evaluación las plantas tenían cinco y siete años. Las características del fruto de los ocho genotipos evaluados se muestran en el Cuadro 1.

during which the application of irrigation for 2 to 4 months is suspended. Induces the plant to a state of quiescence due to the imposed water stress. This practice is performed at the end of the harvest of the previous cycle and is used to schedule the harvest of the new cycle, obtaining this one between 6 to 8 months after the application of the first irrigation. Another reason for calmeo is to avoid frost damage in trees during the winter period (Perales *et al.*, 2002).

For the application of the treatments the commercial product Austar® (Paclobutrazol 25%) was used during two cycles of production, where the application of the PBZ was done alternately in 2013 and 2015. In 2013, three doses were evaluated: 0, 1 and 2 ml tree<sup>-1</sup>, whereas in 2015 only two doses were applied: 0 and 1 ml tree<sup>-1</sup>, of the commercial product. The treatments were applied to the soil at the base of the stem in one liter of water, for which a trench 10 cm deep was dug around the base of the stem where the solution was applied and immediately afterwards the trench was again covered. In the case of control trees without PBZ, the same procedure was performed, applying only water. The application of the PBZ was carried out in the last week of March in both years and three to four days of pruning to start the annual cycle of production (in the cycle 2014 PBZ was not applied).

### Cuadro 1. Características del fruto de los ocho genotipos de guayabo evaluados.

Table 1. Characteristics of the fruit of the eight guava genotypes evaluated.

Varietal/selección	Registro CNVV <sup>1</sup>	Forma de fruto	Color de pulpa	Grosor de pulpa (mm)	Color externo
Calvillo S-XXI	GUA-005-160709	Ovoide	Crema	6-8	Amarilla
Hidrozac	GUA-002-160709	Truncada/aperada	Rosa	8-10	Amarilla
Caxcana	GUA-003-160709	Redonda	Blanca	7-9	Amarilla
Selección-12	S/R <sup>2</sup>	Ovoide	Crema	6-8	Amarilla
Selección-20	S/R	Ovoide	Crema	6-8	Amarilla
Selección-45	S/R	Ovoide	Crema	5-7	Amarilla
Selección-46	S/R	Ovoide	Crema	5-7	Amarilla
Selección-47	S/R	Ovoide	Crema	5-7	Amarilla

<sup>1</sup>= catálogo nacional de variedades vegetales; <sup>2</sup>= sin registro.

Las variables evaluadas incluyeron los siguientes aspectos del crecimiento de las plantas y de producción de fruta:

Dinámica de crecimiento de brotes. Se determinó la dinámica del crecimiento de los brotes por un periodo de 102 días (19 de abril al 30 de julio), el registro de los datos inició tres semanas después de la aplicación del PBZ,

The guava genotypes evaluated were: three varieties (Calvillo S-XXI, Hidrozac and Caxcana) and five selections (S-12, S-20, S-45, S-46 and S-47) belonging to the Germplasm Bank of INIFAP. The three varieties used correspond to the group of varieties released and registered by the INIFAP-Pavilion Experimental Field (Padilla *et al.*, 2010). Ten plants were established for each genotype under field conditions

para lo cual se seleccionaron al azar cinco brotes planta<sup>-1</sup> en una planta de cada tratamiento, registrando semanalmente la longitud de los brotes marcados con una cinta métrica flexible con graduación a decimas de centímetro (0.0 cm). Se midió la longitud de entrenudos 140 días después de la poda. Además, se estimó la tasa de crecimiento diaria (TCD) en mm día<sup>-1</sup> entre cada dos fechas del registro de la dinámica de crecimiento de los brotes de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\text{TCD} = (\text{LB}_{t_2} - \text{LB}_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

Donde: TCD= tasa de crecimiento diaria (mm día<sup>-1</sup>); LB<sub>t<sub>2</sub></sub>= longitud del brote en el tiempo t<sub>2</sub> (mm); LB<sub>t<sub>1</sub></sub>= longitud del brote en el tiempo t<sub>1</sub> (mm), t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>= intervalo de tiempo entre t<sub>1</sub> a t<sub>2</sub> (días).

Rendimiento de fruto. Durante la cosecha, la cual se realizó cuando los frutos presentaban un color de verde-amarillo a amarillo que corresponden a las etapas 3 ó 4 de la escala de maduración para guayaba propuesta por Padilla *et al.* (2002), se registró el número total de frutos árbol<sup>-1</sup>, producción de fruta (kg árbol<sup>-1</sup>) y el promedio de peso por fruto (g fruto<sup>-1</sup>). El periodo de cosecha inició desde la segunda semana de octubre y terminó a finales de noviembre, entre 200 y 250 días después de la aplicación del PBZ.

La información de las variables registradas se analizó con base en un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fueron los genotipos y la parcela chica fueron las dosis de PBZ y se consideraron tres repeticiones en 2013 y cuatro en 2015 por cada tratamiento. La unidad experimental consistió de una planta. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1999) y cuando se detectó significancia entre tratamientos, se aplicó la prueba de DMS con una significancia del 0.05.

## Resultados y discusión

### Crecimiento de brotes

En el primer ciclo de aplicación del PBZ (2013), la longitud de los brotes y de entrenudos se redujo significativamente en las plantas tratadas con PBZ en comparación al testigo. La longitud promedio de los brotes en las plantas sin PBZ fue 68.9 cm mientras que con 1 y 2 ml L<sup>-1</sup> de PBZ la longitud del brote fue de 52.7 y 40.3 cm, respectivamente.

in the spring of 2008, with material propagated by aerial the previous cycle of the “mother” plants of each variety or selection of the INIFAP germplasm bank, located at the “Los Cañones” Experimental Site. The plants are established in a high density system with 2 m of separation between lines and 1 m between plants (5 000 plants ha<sup>-1</sup>) during the evaluation, the plants were five and seven years old, and the characteristics of the eight genotypes evaluated are shown in Table 1.

The variables evaluated included the following aspects of plant growth and fruit production:

Growth dynamics of sprout. The dynamics of sprout growth were determined for a period of 102 days (19 April to 30 July), data recording started three weeks after PBZ application, for which five sprout plant<sup>-1</sup> in a plant of each treatment, recording weekly the length of the sprouts marked with a flexible tape measure with graduation to decimals of centimeter (0.0 cm). The length of internodes was measured 140 days after pruning. In addition, the daily growth rate (TCD) in mm day<sup>-1</sup> was estimated between every two dates of the growth dynamics record of the outbreaks according to the following equation.

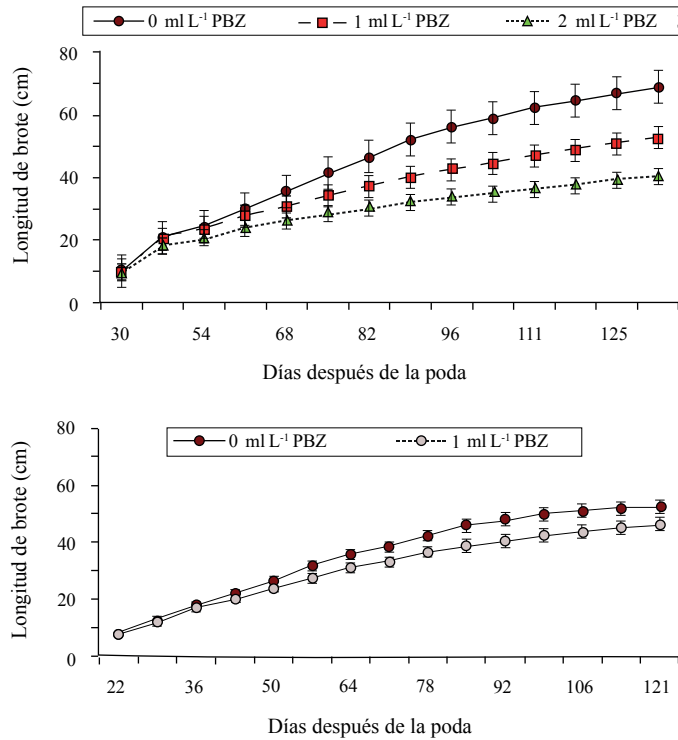
$$\text{TCD} = (\text{LB}_{t_2} - \text{LB}_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

Where: TCD= daily growth rate (mm day<sup>-1</sup>); LB<sub>t<sub>2</sub></sub>= sprout length at time t<sub>2</sub> (mm); LB<sub>t<sub>1</sub></sub>= sprout length at time t<sub>1</sub> (mm) t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>= time interval between t<sub>1</sub> to t<sub>2</sub> (days).

Fruityield. During the harvest, which was carried out when the fruits presented a green-yellow to yellow color corresponding to stages 3 or 4 of the ripening scale for guava proposed by Padilla *et al.* (2002), the total number of fruits tree<sup>-1</sup>, fruit production (kg tree<sup>-1</sup>) and average weight per fruit (g fruit<sup>-1</sup>) were recorded. The harvesting period started from the second week of October and ended at the end of November, between 200 and 250 days after the application of the PBZ.

The information from the variables recorded was analyzed based on a randomized block design with split plot arrangement, where the large plot were the genotypes and the small plot were the PBZ doses and were considered three replicates in 2013 and four in 2015 for each treatment. The experimental unit consisted of a plant. Data were analyzed using the statistical package SAS version 8 (SAS Institute, 1999) and when significance was detected between treatments, the DMS test was applied with a significance of 0.05.

Lo anterior significa que los brotes tuvieron una reducción del crecimiento del 23.5 y 41.5% en comparación al testigo (Figura 2).



**Figura 2. Longitud de brotes en 2013 (arriba) y 2015 (abajo) en plantas de guayabo tratadas con PBZ.** Cada punto representa el promedio de 40 brotes (cinco brotes planta<sup>-1</sup> por ocho genotipos). La barra representa el error típico.

**Figure 2. Length of sprouts in 2013 (above) and 2015 (below) in guava plants treated with PBZ.** Each point represents the average of 40 sprouts (five plant<sup>-1</sup> sprouts per eight genotypes). The bar represents the typical error.

La TCD mostró un patrón decreciente en todos los tratamientos, siendo mayor al inicio de la brotación (5 a 8 mm día<sup>-1</sup>) y menor (1 a 3 mm día<sup>-1</sup>) conforme el brote aumentó su longitud. La TCD promedio de los brotes fue de 6.10 mm día<sup>-1</sup> en las plantas sin PBZ, mientras que con 1 y 2 ml de PBZ, la tasa de crecimiento fue de 3.96 y 2.81 mm día<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3). La longitud promedio de los entrenudos para los ocho genotipos de guayabo fue de 4.13 cm con un rango de 3.83 cm en Calvillo S-XXI a 4.60 cm en S-12. El PBZ causó reducción de los entrenudos entre 22.8 a 30.8% con las dosis de 1 y 2 ml L<sup>-1</sup> de PBZ, respectivamente (Cuadro 2).

## Results and discussion

### Sprout growth

In the first cycle of application of the PBZ (2013), the length of the sprouts and internodes was significantly reduced in the plants treated with PBZ in comparison to the control. The average length of sprouts in plants without PBZ was 68.9 cm whereas with 1 and 2 ml L<sup>-1</sup> of PBZ the sprout length was 52.7 and 40.3 cm, respectively. This means that the outbreaks had a growth reduction of 23.5 and 41.5% compared to the control (Figure 2).

The TCD showed a decreasing pattern in all treatments, being higher at the beginning of sprouting (5 to 8 mm day<sup>-1</sup>) and lower (1 to 3 mm day<sup>-1</sup>) as the bud increased its length. The average TCD of sprouts was 6.10 mm day<sup>-1</sup> in plants without PBZ, whereas with 1 and 2 ml of PBZ, the growth rate was 3.96 and 2.81 mm day<sup>-1</sup>, respectively (Figure 3). The average length of the internodes for the eight genotypes of guava was 4.13 cm with a range of 3.83 cm in Calvillo S-XXI to 4.60 cm in S-12. The PBZ caused reductions of internodes between 22.8 and 30.8% with the doses of 1 and 2 ml L<sup>-1</sup> of PBZ, respectively (Table 2).

**Cuadro 2. Longitud de entrenudos en brotes de ocho genotipos de guayabo tratados con diferentes dosis de PBZ.**

**Table 2. Length of internodes in sprouts of eight guava genotypes treated with different doses of PBZ.**

Factores de evaluación	Longitud de entrenudos (cm)	
	2013	2015
Genotipos		
Calvillo S-XXI	3.83	4.2
S-12	4.6	4.7
S-20	4.03	4.5
S-45	3.8	4.1
S-46	4.13	4.6
S-47	4.17	4.5
Caxcana	3.97	4.4
Hidrozac	4.47	5
DMS <sub>0.05</sub>	0.51	ns
Dosis de PBZ (ml L <sup>-1</sup> )		
0	5.03	4.9
1	3.88 (22.8)	4.10 (16.3)
2	3.48 (30.8)	-
DMS <sub>0.05</sub>	0.31	0.28

ns= no significativo. El número entre paréntesis indica el porcentaje de reducción, respecto al testigo.



En el ciclo 2015 la aplicación de PBZ, solo mostró efectos significativos sobre la longitud de entrenudos, pero no en la longitud de los brotes, no obstante, se observó reducción del tamaño del brote en las plantas tratadas con PBZ (52.8 cm) en comparación a las plantas sin tratar (62.4 cm), lo que representa 15% menos en comparación al testigo (Figura 2). La TCD mostró un patrón similar al observado en 2013, lo cual se atribuye a la competencia de los frutos, los cuales en esta etapa ya se encuentran en desarrollo. La TCD promedio de los brotes fue de 4.53 mm día<sup>-1</sup> en las plantas sin PBZ, mientras que con 1 ml L<sup>-1</sup> de PBZ, fue de 3.9 mm día<sup>-1</sup> (Figura 3).

En el ciclo 2015, la longitud promedio de los entrenudos en los ocho genotipos fue de 4.5 cm, y fluctuó entre 4.1 cm en la S-45 a 5 cm en la variedad Hidrozac. El tratamiento de PBZ, mostró un efecto similar al observado en 2013, aunque la reducción de los entrenudos fue ligeramente menor, el cual fue 16.3% (4.9 vs 4.1 cm con 0 y 1 ml L<sup>-1</sup> de PBZ, respectivamente) (Cuadro 2). Efectos similares en la reducción de entrenudos de dos variedades de manzano cuando se aplicó prohexadiona-Ca fueron reportados por (Ramírez *et al.*, 2003), mencionando reducciones de hasta de 46% en la variedad “Royal Gala”.

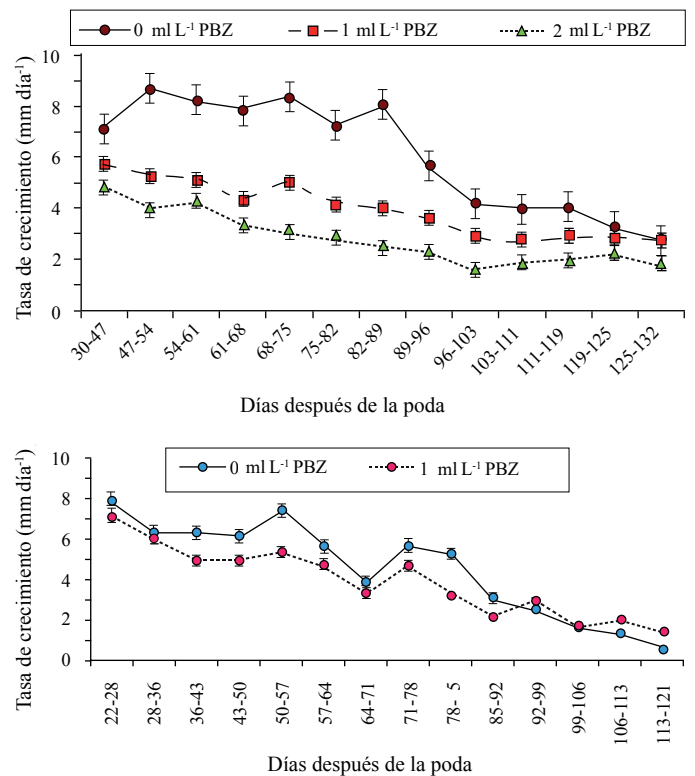
Los porcentajes observados en este trabajo de la reducción del crecimiento de los brotes de las plantas de guayabo tratadas con PBZ, fueron similares a los encontrados por Pérez *et al.* (2016) quienes reportaron una reducción entre 18 al 41% del crecimiento de brotes de mango “Ataulfo” con Prohexadiona de calcio (P-Ca) y de 6% con PBZ.

El promedio de TCD observada en las plantas sin PBZ fue ligeramente alto a lo reportado por Damián *et al.* (2004) quienes encontraron una tasa de crecimiento entre 2.8 y 3.2 mm día<sup>-1</sup> en guayabo establecidas en un clima trópico seco, aunque estos valores son similares a TCD cuando se aplicó PBZ.

Ramírez *et al.* (2005) reportaron una notable reducción de la altura de las plantas de tomate cuando se les aplicó Prohexadiona de calcio que actúa como un retardante del crecimiento similar al PBZ, sin embargo, las plantas tratadas mostraron mayor número de racimos y frutos, peso y firmeza de fruto y producción por planta.

### Rendimiento de fruto

En 2013 los resultados mostraron efectos significativos para genotipos, dosis de PBZ y su interacción en el rendimiento de fruta. El número de frutos fue significativo solo para los



**Figura 3. Tasa de crecimiento diaria en 2013 (arriba) y 2015 (abajo) de plantas de guayabo tratadas con PBZ.** Cada punto representa el promedio de 40 brotes (cinco brotes planta<sup>-1</sup> en ocho genotipos). La barra representa el error estándar típico.

**Figure 3. Daily growth rate in 2013 (above) and 2015 (below) of guava plants treated with PBZ.** Each point represents the average of 40 sprouts (five plant<sup>-1</sup> sprouts in eight genotypes). The bar represents the typical standard error.

In the cycle 2015 of PBZ application only showed significant effects on the length of internodes, but not on the length of the sprouts, however, a reduction of sprout size was observed in plants treated with PBZ (52.8 cm) to untreated plants (62.4 cm), which represents 15% less compared to the control (Figure 2). The TCD showed a pattern similar to that observed in 2013, which is attributed to the competition of the fruits, which are already in development at this stage. The average TCD of the sprouts was 4.53 mm day<sup>-1</sup> in the plants without PBZ, whereas with 1 ml L<sup>-1</sup> of PBZ, it was 3.90 mm day<sup>-1</sup> (Figure 3).

In the 2015 cycle, the average length of the internodes in the eight genotypes was 4.5 cm, and ranged from 4.1 cm in the S-45 to 5 cm in the variety Hidrozac. The treatment of PBZ showed an effect similar to that observed in 2013, although the reduction of the internodes was slightly lower,

factores principales, mientras que el peso medio de fruto se observó significancia para genotipos y la interacción. El mayor rendimiento de fruta se obtuvo en los genotipos S-12, S-45 y Calvillo S-XXI con un promedio de 17.5 kg planta<sup>-1</sup>, mientras que los más bajos fueron para Caxcana e Hidrozac con 9.7 y 2.92 kg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. El mayor número de frutos se observó en los genotipos S-12 y S-45 con un promedio de 404 frutos árbol<sup>-1</sup> y el menor número de frutos fue para la variedad Hidrozac con solo 36 frutos árbol<sup>-1</sup>. El peso promedio de fruto fue de 54.4 g fruto<sup>-1</sup>, siendo la variedad Hidrozac la que mostró los frutos de mayor tamaño (85.3 g).

En cuanto a los tratamientos de PBZ, el rendimiento de fruta fue significativamente mayor en los tratamiento de PBZ (14.2, 13.02 y 9.81 kg planta<sup>-1</sup> para 2, 1 y 0 ml L<sup>-1</sup> de PBZ, respectivamente). El número de frutos planta<sup>-1</sup> también se incrementó con las dosis de PBZ, pasando de 184.3 en el testigo a 282.3 y 305.3 con 1 y 2 ml L<sup>-1</sup> de PBZ, lo que indica un mayor amarre de fruto. Estos resultados son similares a los reportados por Cárdenas y Rojas, (2003), quienes indicaron que la aplicación de paclobutrazol en mango “Tommy Atkins” resultó en un mayor número de frutos por inflorescencia, así como lo reportado por Pérez *et al* (2011) quienes señalan un incremento en rendimiento de mango “Manila” hasta 100% con el PBZ. En manzano, también se reportó un incremento en la producción de fruto por árbol con la aplicación de retardante de crecimiento prohexadiona-Ca y mayor firmeza de los frutos cosechados (Ramírez *et al.*, 2003).

No obstante, en guayabo el número de frutos y peso medio mostró una relación negativa, indicando que a mayor número de frutos, su tamaño disminuye. El peso medio de fruto en el testigo fue de 59 g, comparada con un promedio de 52 g fruto<sup>-1</sup> con ambos tratamientos de PBZ (Cuadro 3).

En relación a los posibles riesgos de residualidad del PBZ en el suelo o en frutos, Osuna *et al.* (2001) reportaron en frutos de mango cv “Tommy Atkins” tratados con PBZ a una dosis de 5 ml m<sup>-1</sup> de diámetro de copa en uno y dos años consecutivos, no se encontraron residuos del producto en los frutos cuando se aplicó en años individuales y sólo trazas cuando se aplicó en dos años consecutivos. Al considerar que los datos obtenidos en el primer ciclo (2013) en el cual, ambas dosis de PBZ fueron estadísticamente iguales en el promedio del rendimiento de fruto de los ocho genotipos de guayabo evaluados (Cuadro 3) se decidió no incluir la dosis de 2 ml L<sup>-1</sup> en ciclo 2015, además la aplicación del PBZ se realizó en años alternos (no consecutivos), con lo cual se previó reducir al máximo el riesgo potencial de residualidad del producto en los frutos de guayaba.

which was 16.3% (4.9 vs. 4.1 cm with 0 and 1 ml L<sup>-1</sup> of PBZ, respectively) (Table 2). Similar effects on the reduction of internodes of two apple varieties when applied prohexadione-Ca were reported by (Ramírez *et al.*, 2003), mentioning reductions of up to 46% in the “Royal Gala” variety.

The percentages observed in this work of the reduction of the growth of sprouts of guava plants treated with PBZ were similar to those found by Pérez *et al.* (2016) who reported a reduction between 18 and 41% of the growth of “Ataulfo” mango sprouts with calcium prohexadione (P-Ca) and 6% with PBZ.

The average TCD observed in plants without PBZ was slightly higher than reported by Damián *et al.* (2004) who found a growth rate between 2.8 and 3.2 mm day<sup>-1</sup> in guava plants established in a dry tropic climate, although these values are similar to TCD when PBZ was applied.

Ramírez *et al.* (2005) reported a significant reduction in the height of tomato plants when applied Prohexadione calcium that acts as a growth retardant similar to PBZ, however, the treated plants showed higher number of clusters and fruits, weight and firmness of fruit and production per plant.

### Fruit yield

In 2013 the results showed significant effects for genotypes, PBZ doses and their interaction on fruit yield. The number of fruits was significant only for the main factors, while the mean fruit weight was significant for genotypes and interaction. The highest fruit yield was obtained in the genotypes S-12, S-45 and Calvillo S-XXI with an average of 17.5 kg plant<sup>-1</sup>, while the lowest were for Caxcana and Hidrozac with 9.7 and 2.92 kg plant<sup>-1</sup>, respectively. The highest number of fruits was observed in the S-12 and S-45 genotypes with an average of 404 tree<sup>-1</sup> fruits and the lowest number of fruits was for the variety Hidrozac with only 36 tree<sup>-1</sup> fruits. The average fruit weight was 54.4 g fruit<sup>-1</sup>, with the variety Hidrozac showing the largest fruits (85.3 g).

As for PBZ treatments, fruit yield was significantly higher in PBZ treatments (14.2, 13.02 and 9.81 kg plant<sup>-1</sup> for 2, 1 and 0 ml L<sup>-1</sup> PBZ, respectively). The number of plant<sup>-1</sup> fruits was also increased with the PBZ doses, from 184.3 in the control at 282.3 and 305.3 with 1 and 2 ml L<sup>-1</sup> of PBZ, indicating a higher fruit binding. These results are similar to those reported by Cardenas and Rojas (2003), who indicated that the application of paclobutrazol in mango “Tommy Atkins” resulted in a higher number of fruits per inflorescence, as

En el ciclo 2015, se observaron diferencias significativas en todas las variables del fruto en ambos factores (genotipos y dosis de PBZ), excepto para el peso medio de fruto, donde las dosis de PBZ no afectaron el tamaño medio del fruto. La mayor producción de fruta fue para la variedad Calvillo S-XXI con 26.7 kg árbol<sup>-1</sup>, seguido de las selecciones S-12, S-20 y S-45 con un promedio de 21.6 kg árbol<sup>-1</sup>. La variedad Hidrozac obtuvo el menor rendimiento (7.2 kg árbol<sup>-1</sup>). El mayor número de frutos fue para la variedad Calvillo S-XXI con 570 frutos árbol<sup>-1</sup>, seguido por las S-12 y S-45 con un promedio de 421 frutos árbol<sup>-1</sup>. Los frutos de mayor tamaño los obtuvo la variedad Hidrozac con 73.8 g fruto<sup>-1</sup>.

Por su parte, la aplicación de PBZ en dosis de 1 ml árbol<sup>-1</sup>, mostró un efecto opuesto a lo observado en el ciclo 2013, ya que las plantas donde no se aplicó el producto, tuvieron significativamente mayor rendimiento y número de frutos que las plantas tratadas con PBZ. El peso medio de los frutos fue similar en ambos tratamientos (Cuadro 3). Lo anterior, se atribuye a que las condiciones de temperatura que prevalecieron después de la aplicación del PBZ en cada ciclo, pudieron variar y que el efecto del regulador sea menor, reflejando la importancia de las condiciones ambientales (temperatura) en la influencia de este tipo de retardantes, lo cual ha sido reportado previamente por Costa *et al.* (2001).

reported by Pérez *et al.* (2011) who point to an increase in mango yield “Manila” of up to 100% with the PBZ. In apple, an increase in fruit yield per tree was also reported with the application of prohexadione-Ca growth retardant and greater firmness of harvested fruits (Ramírez *et al.*, 2003).

However, in guava the number of fruits and mean weight showed a negative relation, indicating that the greater number of fruits, their size decreases. The average fruit weight in the control was 59 g, compared with an average of 52 g fruit<sup>-1</sup> with both PBZ treatments (Table 3).

In relation to the possible residual risks of PBZ in soil or in fruits, Osuna *et al.* (2001) reported a study on mango fruits cv “Tommy Atkins” treated with PBZ at a dose of 5 ml m<sup>-1</sup> cup diameter in one and two consecutive years, no residues of the product were found in the fruits when applied in individual years and only traces when applied in the two years consecutively. Therefore, considering that the data obtained in the first cycle (2013) in which both PBZ doses were statistically equal in the average fruit yield of the eight guava genotypes evaluated (Table 3), it was decided not to include the dose of 2 ml L<sup>-1</sup> in cycle 2015, in addition the application of the PBZ was carried out in alternate years (non-consecutive), with which it was envisaged to reduce to the maximum the potential risk of residual product in guava fruits.

**Cuadro 3. Promedios de rendimiento, frutos por árbol y peso de fruto de ocho genotipos de guayabo tratados con diferentes dosis de PBZ.**

**Table 3. Average yields, fruits per tree and fruit weight of eight guava genotypes treated with different doses of PBZ.**

Factores de evaluación	Producción de fruto (kg árbol <sup>-1</sup> )		Número de frutos por árbol		Peso medio por fruto (g)	
	2013	2015	2013	2015	2013	2015
Genotipos						
Calvillo S-XXI	15.2	26.7	314.9	570	50.6	47.1
S-12	19	23.5	426	441.8	47.4	54.8
S-45	18.5	20.8	383.7	402.3	49	51.8
S-20	11.4	20.7	236	353.6	50.3	58.9
S-46	12	14.8	236.3	252	54	59.9
S-47	10	17.4	225.9	384.5	42.9	45.4
Caxcana	9.7	16.5	199.6	329	55.9	52.8
Hidrozac	2.9	7.2	36	105.1	85.3	73.8
DMS <sub>0.05</sub>	4.2	4.7	113.4	117.9	10.7	9.2
Dosis de PBZ (ml L <sup>-1</sup> )						
0	9.8	19.9	184.3	382.9	58.7	56.8
1	13	17	282.3	326.6	52.5	54.3
2	14.2	-	305.3	-	52.1	-
DMS <sub>0.05</sub>	2.6	2.7	69.4	46.3		ns

ns= no significativo.

El promedio del rendimiento de fruto por unidad de área obtenido en los ocho genotipos de guayabo evaluados en los dos años de estudio ( $7.7 \text{ kg m}^{-2}$ ) es similar al reportado por Singh *et al.* (2007) quienes mencionan un rendimiento de fruto de  $7.24 \text{ kg m}^{-2}$  en guayabo cv. "Allahabad Safeda" establecido en densidades e 2 222 plantas  $\text{ha}^{-1}$  ( $3 \times 1.5 \text{ m}$ ) el cual fue superior al obtenido en densidades de 555 plantas  $\text{ha}^{-1}$  ( $3 \times 6 \text{ m}$ ) en donde se obtuvo rendimiento de fruto por unidad de área de solo  $4.4 \text{ kg m}^{-2}$ .

## Conclusiones

La aplicación de PBZ en plantas de guayabo en alta densidad, mostró en ambos años una reducción en la longitud de los brotes y de entrenudos, lo cual se reflejó en una menor tasa de crecimiento  $\text{día}^{-1}$ .

La aplicación alterna anual de PBZ en guayabo de alta densidad, mostró inconsistencia en ambos ciclos de producción, en la primera aplicación, el PBZ incrementó el rendimiento y el número de frutos, mientras que en la segunda se obtuvo respuesta contraria.

En cuanto a los genotipos sobresalen la variedad Calvillo S-XXI y las selecciones S-45 y S-12 con el mayor promedio de rendimiento de fruta en ambos ciclos de producción. Es importante considerar la interacción del genotipo con la aplicación del PBZ, tratando de optimizar un sistema de producción en alta densidad.

## Literatura citada

- Brar, J. S. 2010. Influence of paclobutrazol and ethephon on vegetative growth of Guava (*Psidium guajava* L.) plants at different spacing. *Notulae Scientia Biologicae*. 2(3):110 -113.
- Cárdenas, K. y Rojas, E. 2003. Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango "Tommy Atkins". *Bioagro* 15(2):83-90.
- Costa, G.; Sabatini, E.; Spinelli, F.; Andreotti, C.; Bombien, C. and Vizzoto, G. 2001. Two years of application of P-Ca on apple: effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return Bloom and residual effect. *In: IX International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production*. Seoul, Korea. Abstract 0-4.
- Damián, N. A.; González, H. V. A.; Sánchez, G. P.; Peña, V. C. B.; Livera, M. M. y Brito, G. T. 2004. Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. "Media China" en Iguala, Guerrero. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(4):349-58.

In the 2015 cycle, significant differences were observed in all fruit variables in both factors (genotypes and PBZ doses), except for the mean fruit weight, where the PBZ doses did not affect the average fruit size. The highest fruit yield was for the Calvillo S-XXI variety with  $26.7 \text{ kg tree}^{-1}$ , followed by S-12, S-20 and S-45 with an average of  $21.6 \text{ kg tree}^{-1}$ . The variety Hidrozac obtained the lowest yield ( $7.2 \text{ kg tree}^{-1}$ ). The highest number of fruits was for the Calvillo S-XXI variety with  $570 \text{ fruit tree}^{-1}$ , followed by S-12 and S-45 with an average of  $421 \text{ tree}^{-1}$  fruits. The fruits of larger size were obtained the variety Hidrozac with  $73.8 \text{ g fruit}^{-1}$ .

On the other hand, the application of PBZ in doses of  $1 \text{ ml tree}^{-1}$ , showed an opposite effect to the observed in the cycle 2013, since the plants where the product was not applied, had significantly greater yield and number of fruits than the plants. Plants treated with PBZ. The mean weight of the fruits was similar in both treatments (Table 3). The above, is attributed to the fact that the temperature conditions that prevailed after the application of the PBZ in each cycle, could be varied and that the effect of the regulator is smaller, reflecting the importance of the environmental conditions (temperature) in the influence of this type of retarders, which has been previously reported by Costa *et al.* (2001).

The average fruit yield per unit area obtained in the eight guava genotypes evaluated in the two-year study ( $7.7 \text{ kg m}^{-2}$ ) is similar to that reported by Singh *et al.* (2007) who mention a fruit yield of  $7.24 \text{ kg m}^{-2}$  in guava cv. "Allahabad Safeda" established at densities of 2 222 plants  $\text{ha}^{-1}$  ( $3 \times 1.5 \text{ m}$ ) which was higher than that obtained at densities of 555 plants  $\text{ha}^{-1}$  ( $3 \times 6 \text{ m}$ ) where fruit yield per unit of area of soil  $4.4 \text{ kg m}^{-2}$ .

## Conclusions

The application of PBZ in guava plants in high density, showed in both years a reduction in the length of sprouts and internodes, which was reflected in a lower growth rate  $\text{day}^{-1}$ .

The annual alternating application of PBZ in guayabo high density showed inconsistency in both production cycles, in the first application, the PBZ increased yield and fruit number, while in the second opposite response was obtained.

As for the genotypes, the Calvillo S-XXI variety and the S-45 and S-12 selections stand out with the highest average fruit yield in both production cycles. It is important to

- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). DF. México. 246 p.
- Kishore, K.; Singh, H. S. and Kurian, R. M. 2015. Paclobutrazol use in perennial fruit crops and its residual effects: A review. *Indian J. Agric. Sci.* 85(7): 863-872.
- Osuna, G. J. A.; Báez, S. R.; Medina, U. V. M. y Chávez, C. X. 2001. Residualidad de paclobutrazol en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) "Tommy Atkins". *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 7(2):275-278.
- Padilla, R. J. S.; González, G. E.; Valadez, M. C. C.; Esquivel, V. F. y Reyes, M. L. 1999. Tecnología para aumentar la productividad del guayabo en la región Calvillo-Cañones. Avances de Investigación. Publicación Especial Núm. 28. SAGAR-INIFAP-CIRNOC. Campo Experimental Pabellón. 38 p.
- Padilla, R. J. S. 2002. Cosecha y postcosecha. *In: guayaba. Su cultivo en México.* González, G.E.; Padilla, R. J. S.; Reyes, M. L.; Perales, de la C. M. A. y Esquivel, V. F. (Eds). Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. 134-144 pp.
- Padilla, R. J. S.; González, G. E., Perales, de la C. M. A.; Gutiérrez, A. F. and Mayek, P. N. 2007. Fruit yield of twelve outstanding selections of guava (*Psidium guajava*) from the Calvillo-Cañones region. *Mexico. Acta Hort.* 735:25-30.
- Padilla, R. J. S.; González, G. E.; Pérez-Barraza, M. H.; Osuna, G. J. A.; Espíndola, B. M. de la C. and Reyes, A. J. C. 2012. Phenological behavior of guava trees (*Psidium guajava* L.) under different climatic conditions of México. *Acta Hort.* 959:97-102.
- Padilla, R. J. S.; Rodríguez, M.V. M.; González, G. E.; Pérez, B. M. H. y Osuna, G. J. A. 2014a. Aplicación de paclobutrazol en el rendimiento de genotipos de guayabo (*Psidium guajava* L.) establecidos en alta densidad. *In: Acta Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C.* 1(1):197.
- Padilla, R. J. S.; Rodríguez, M. V. M.; González, G. E.; Pérez, B. M. H. y Osuna, G. J. A. 2014b. Efecto de la aplicación de paclobutrazol sobre el crecimiento de brotes y hojas de guayabo en alta densidad. *In: Acta Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C.* 1(1):203.
- Padilla, R. J. S.; Rodríguez, M. V. M. y González, G. E. 2015. Evaluación *ex post* del PBZ en el rendimiento de genotipos de guayabo establecidos en alta densidad. *In: Memoria del XVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. WTC Boca del Río, Veracruz.*
- Pal, M. and Lal, S. 2015. Effect of different high density planting on growth and yield of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Pant Prabhat. *Int. J. of Basic and Applied Agricultural Research.* 13(3): 420-425.
- Partida, R. L.; Velázquez, A. T. de J.; Acosta, V. B.; Ayala, T. F.; Díaz, V. T.; Inzunza, C. J. F. y Cruz, O. J. 2007. Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea en plántulas de pimiento morrón y berenjena. *Rev. Fitotec. Mex.* 30(2):145-149.
- consider the interaction of the genotype with the application of the PBZ, trying to optimize a production system in high density.

*End of the English version*



- Perales, de la C. M. A.; Padilla, R. J. S.; Esquivel, V. F. y González, G. E. 2002. Manejo agronómico. *In: guayaba. Su cultivo en México.* González, G. E.; Padilla, R. J. S.; Reyes, M. L.; Perales, de la C. M. A. y Esquivel, V. F. (Eds.). Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. 65-85 pp.
- Pérez, B. M. H.; Osuna, G. J. A.; Sánchez, L. R. y Vázquez, V. V. 2011. El paclobutrazol como promotor de la floración en mango "Manila", aun sin condiciones ambientales inductivas. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17(Especial 1): 47-52.
- Pérez, B. M. H.; Osuna, E. T.; Avitia, G. E.; Gutiérrez, E. M. A.; Santiago, C. M. de J.; Ramírez, H. y Cano M. R. 2016. Prohexadiona de calcio reduce crecimiento vegetativo e incrementa brotación floral en mango "Ataulfo". *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 7(2):263-276.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51(1):501-531.
- Ramírez, R. H.; Gómez, C. J. C.; Benavides, M. A.; Robledo, T. V.; Encina, R. L. I. y Coello, C. C. A. 2003. Influencia de prohexadiona-Ca sobre crecimiento vegetativo, producción y calidad de fruto en manzano. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 9(2):279-284.
- Ramírez, H.; Peralta-Manjarrez, R. M.; Benavides-Mendoza, A.; Sánchez-López, A.; Robledo-Torres, V. y Hernández- Dávila, J. 2005. Efectos de prohexadiona-Ca en tomate y su relación con la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 11(2):283-290.
- Ramírez, H.; Herrera-Gómez, B.; Méndez-Quiroa, Y. H.; Benavides-Mendoza, A.; De la Cruz-Bretón, J. A.; Álvarez-Mares, V.; Rancaño-Arriola, J. H. y Villareal- Quintanilla, J. A. 2008. Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimiento. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 14(2):193-198.
- Rincón, C. A. y Adolfo, L. G. 2010. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Rev. Corpoica- Ciencia Tecnol. Agrop.* 11(2):122-128.
- Ruiz, C. J. A.; Ortiz, S. A.; Aceves, N. L. A. y Becerril, R. E. 1992. Caracterización fenológica del guayabo (*Psidium guajava* L.). *Agrociencia.* 3(2):95-114.
- SAS. 1999. Statistical Analysis System. Institute. SAS. User's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Singh, G.; Singh, A. K. and Mishra, D. 2007. High density planting in guava. *Act. Hort.* 735:235-241.
- SIAP-SAGARPA. 2017. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.