

# RESPUESTA DE ÁRBOLES DE DURAZNERO [*Prunus persica* (L.) Batsch] COMPUESTO DE DOS CULTIVARES EN UN AMBIENTE CON INCIDENCIA DE HELADAS: FLORACIÓN Y AMARRE DE FRUTO

## RESPONSE OF PEACH [*Prunus persica* (L.) Batsch] TREES COMPOSED BY TWO CULTIVARS IN AN ENVIRONMENT OF FROST INCIDENCE: BLOOM AND FRUIT SET

Horacio Santiago-Mejía<sup>1</sup>, José I. Cortés-Flores<sup>2\*</sup>, Antonio Turrent-Fernández<sup>3</sup>, Manuel Livera-Muñoz<sup>4</sup>,  
Edmundo García-Moya<sup>5</sup>, Hilda A. Zavaleta-Mancera<sup>5</sup>, Víctor H. Volke-Haller<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Intercultural del Estado de México. División de Desarrollo Sustentable. 50640. Libramiento Francisco Villa S/N, Centro, San Felipe del Progreso, Estado de México. <sup>2</sup>Edafología, <sup>4</sup>Genética, <sup>5</sup>Botánica. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Carretera México-Texcoco km. 36.5 Montecillo, Estado de México. (jicortes@colpos.mx). <sup>3</sup>Campo Experimental Valle de México. INIFAP. 56250. Carretera los Reyes-Texcoco, Km.13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México.

### RESUMEN

En México, las heladas que coinciden con la floración y el amarre del fruto del duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch] afectan su productividad y el uso de cultivares precoces injertados sobre cultivares tardíos (composición bicultivar) puede atemperar el daño por heladas en flores y frutos a diferencia de árboles unicultivares precoces alternados con tardíos. Por ello se evaluaron dos cultivares precoces (CP-Precoz y Puebla) y dos tardíos (Supremo y Zacatecas) de duraznero a la composición cultivar del árbol y su fertilización (NPK y pollinaza) en la floración y amarre de fruto en ambiente con incidencia de heladas. El estudio se estableció en el Campo Experimental Valle de México en el 2005 y durante el invierno 2011-2012 fueron evaluados la floración y el amarre de fruto. La composición bicultivar, retrasó 8 días el periodo de floración de Supremo en comparación a la unicultivar y 12 días con la fertilización 90-30-90 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año. Supremo como interinjerto incrementó 15.3 % la apertura floral de los cultivares precoces, con un efecto mayor en CP-Precoz con 3 kg de pollinaza por árbol por año; en Puebla se retrasaron 16 y 22 días el inicio y el final de la floración, en CP-Precoz el final de la floración se retrasó 5 días. Con excepción de Zacatecas, los cultivares incrementaron y retrasaron la floración e incrementaron el amarre de fruto al ser injertados con dos cultivares, lo cual sugiere que esta práctica es útil para reducir el daño por heladas.

### ABSTRACT

In Mexico, the frosts matching with the blooming and fruit set of peach plants [*Prunus persica* (L.) Batsch] affect their productivity; nevertheless the use of early cultivars grafted on late ones (bi-cultivar composition) can reduce the frost damages on flowers and fruits, unlike early unicultivar trees alternated with late cultivars. Because of this, two early (CP-Precoz and Puebla) and two late (Supremo and Zacatecas) peach cultivars were evaluated regarding their tree cultivar composition and their fertilization (NPK and poultry manure) during the blooming and fruit set in an environments with recurrent frost. The study was carried out in the Campo Experimental Valle de México (Experimental Field in Mexico Valley) during 2005, and in the winters of 2011 and 2012 blooming and fruit set were evaluated again. When using the bi-cultivar tree blooming was delayed 8 d in Supremo, as compared with the unicultivar one. When using 90-30-90 g fertilization formula (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) per tree per year blooming was delayed 12 d. Supremo as inter-stock increased 15.3 % anthesis of early varieties, with a higher effect in the CP-Precoz with 3 kg poultry manure per tree and per year. In Puebla the first and last bloom were delayed 16 to 22 d, and the end of the blooming period was further delayed 22 d. In CP-Precoz the last bloom was delayed 5 d. With the exception of the Zacatecas cultivar, all treatments increased and delayed blooming, and increased fruit-set when submitted to peaches of the bi-cultivar composition, suggesting that this practice is helpful in reducing frost damage.

\*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: noviembre, 2014. Aprobado: mayo, 2015.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 49: 573-592. 2015.

**Key words:** Ground frost, early cultivar, late cultivar, inter-graft, fertilization.

**Palabras clave:** Heladas, cultivar precoz, cultivar tardío, interinjerto, fertilización.

## INTRODUCCIÓN

En el centro de México las variedades de duraznero que se cultivan en el sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF), confieren rentabilidad económica a las unidades familiares de producción (Cortés *et al.*, 2005), debido al valor en el mercado de los frutos frescos cuando la oferta es baja. La productividad del duraznero en este sistema se afecta principalmente por las heladas durante el invierno e inicio de la primavera, periodo en el cual ocurren la floración y el amarre de fruto y los dos procesos son sensibles a las temperaturas bajas. Los sistemas de calefacción o de riego, los ventiladores, las cubiertas y los métodos químicos para la protección contra las heladas son poco accesibles porque requieren de inversiones cuantiosas. Una alternativa para reducir los efectos de las heladas es el uso de cultivares tardíos cuya floración y amarre de fruto ocurre al inicio de la primavera. Los cultivares de durazno comerciales locales predominantes son precoces y semitardíos, florecen en el invierno y tienen el riesgo de dañarse por heladas durante la floración y el amarre de fruto, y en algunos años la pérdida de la cosecha es total.

La región subtropical del centro de México se caracteriza en el invierno por las noches frías y los días calurosos. Las temperaturas altas de los días invernales tienen un efecto negativo en la acumulación de unidades frío de la noche (Richardson *et al.*, 1974; Miranda *et al.*, 2013). En las noches existe pérdida de calor por radiación; se presentan inversiones térmicas a través del dosel del árbol, debido a que el aire frío más denso desciende a las zonas bajas y el aire cálido más ligero asciende (Barrales *et al.*, 2002). En las heladas de radiación la temperatura del aire a una altura entre 1.25 a 2.0 m por encima del nivel del suelo, dentro de una garita meteorológica, es de 0 °C o menos, los estratos bajos del dosel pueden sufrir daños mayores por las temperaturas bajas (Lhomme *et al.*, 2007).

La selección de cultivares y prácticas de manejo adecuadas pueden reducir el daño por heladas de radiación e incrementar la producción en regiones de producción de duraznero templadas y subtropicales (Pérez, 2004). Los portainjertos e

## INTRODUCTION

In the center of Mexico, peach varieties (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivated in the “Milpa Intercalada con Árboles Frutales” (MIAF) (crops alternated with fruit trees) gives an economic return on assets to family production units (Cortés *et al.*, 2005), because of the fresh fruits prices in markets when there is low offer. The yield in this system is affected by frost damage mainly during winter and early spring, and in this period blooming and fruit set take place; both processes are sensitive to low temperatures. Heating or irrigation systems, fans, plastic covers and chemical methods to protect trees from frost damage, are not always accessible, mainly because they require large financial investment. An alternative to ease the effects of frost is to use late peach cultivars that bloom and fruit set at early spring. The local commercial peach cultivars are early blooming and semi-late. Their flowering process starts in winter, which makes flowers and fruits likely to be damaged by frost, up to a point where the crops are completely lost.

The subtropical region of central Mexico is characterized by cold nights and hot days in winter. High temperatures on winter days have a negative effect on the night chilling units accumulation (Richardson *et al.*, 1974; Miranda *et al.*, 2013). At night there is heat loss due radiation; at ground level, trees and air go through a thermal inversion along the canopy because colder denser air descends and hotter lighter air that ascends to higher areas (Barrales *et al.*, 2002). During a radiation frosts, air temperature between 1.25 and 2 m, above ground level, inside a meteorological cabin is 0 °C or less, and strata under the canopy can suffer greater damages due to low temperatures (Lhomme *et al.*, 2007).

The selection of peach cultivars and the management practices might reduce damages due freezing and increase yield in temperate and subtropical production areas (Pérez, 2004). Rootstocks and inter-stocks in peach trees confer advantages in adaptation, vigor, nutrition, yield and quality of the fruits of commercial cultivars (Giorgi *et al.*, 2005; Gullo *et al.*, 2014; Malcolm *et al.*, 2014). Proper nutrition in peach trees increases tolerance to restrictive growth conditions (Nario *et al.*, 2003).

The objective of this research was to control frost damage with early and late peach cultivars, alone and in combination in a same tree fertilized with NPK

interinjertos en el duraznero confieren ventajas en adaptación, vigor, nutrición, producción y calidad del fruto a las variedades comerciales (Giorgi *et al.*, 2005; Gullo *et al.*, 2014; Malcolm *et al.*, 2014). La nutrición adecuada del duraznero incrementa la tolerancia a condiciones restrictivas de crecimiento (Nario *et al.*, 2003).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta de árboles de durazno compuestos de dos cultivares precoces y dos tardíos, fertilizados con NPK y pollinaza, y cultivados en un ambiente con heladas, en la floración y amarre de frutos. La hipótesis fue que durazneros compuestos con un cultivar precoz en el estrato medio superior, injertado en uno tardío, atempera más el efecto negativo de las heladas de radiación sobre la floración y el amarre de fruto, y este efecto es más notable que en durazneros precoces alternados con tardíos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Los portainjertos en todos los tratamientos fueron plantas germinadas de semilla criolla de durazno (Cortés-Flores<sup>6</sup>). Los cultivares evaluados fueron: CP Precoz y Puebla, de floración temprana y Supremo y Zacatecas de floración tardía. CP Precoz y Supremo se obtuvieron del programa de Fruticultura del Colegio de Postgraduados; Puebla y Zacatecas fueron obtenidos por productores de los estados de Puebla y Zacatecas, respectivamente.

### Sitio experimental

El experimento se estableció en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), Texcoco, Estado de México, en el año 2005. El sitio está localizado a 19° 29' 17" N y 98° 53' 41" O, a una altitud de 2280 m. El clima del sitio es templado subhúmedo, con temperatura media anual de 15.45 °C y precipitación media anual de 644 mm. El suelo es Fluvisol móllico (Govaerts *et al.*, 2008).

### Diseño experimental

Un experimento factorial 2<sup>5</sup> se estableció con una repetición, en un diseño de parcelas divididas. Los dos niveles de cada factor fueron: 1) composición cultivar del árbol (Cva), bicultivar y

and poultry manure, and to relate the frost damage control to flowering and fruit set. The hypothesis was: compound peach trees with an early cultivar grafted on the middle top strata of a late one, temper the negative effects of radiation frosts freezes on the blooming and the fruit set; this effect is more evident in peach trees grafted with early cultivars alternated with late cultivars.

## MATERIALS AND METHODS

### Plant material

The rootstocks in all treatments were of plants originated from seedlings of domestic peaches (Cortés-Flores<sup>6</sup>). The evaluated cultivars were: CP Precoz and Puebla, early flowering, and Supremo and Zacatecas, late blooming trees. CP Precoz and Supremo were obtained from the Fruticulture Program of the Colegio de Postgraduados; Puebla and Zacatecas were obtained each by producers from the states of Puebla and Zacatecas, México.

### Experimental site

The study was set up at the Campo Experimental Valle de Mexico (CEVAMEX; experimental field in Mexico Valley), Texcoco, Estado de México, in 2005. The site is located at 19° 29' 17" N and 98° 53' 41" W, at 2280 m altitude. The climate is temperate sub-humid, with an average temperature of 15.45 °C and mean annual rainfall of 644 mm. The soil is Mollic fluvisol (Govaerts *et al.*, 2008).

### Experimental design

A 2<sup>5</sup> factorial experiment was established with one repetition, in a split-plot experimental design. The two levels of each factor were: 1) cultivar composition of tree (Cva), bi-cultivar and uni-cultivar, 2) late-maturing cultivar (Vt), Supremo and Zacatecas, 3) early cultivar (Vp), CP-Precoz and Puebla, 4) fertilizer, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (F), 60-15-60 and 90-30-90 g per tree per year, and 5) poultry manure (P), zero or 3 kg per tree per year. The effect of Cva factor and VtVpFP interaction were used as definition contrasts (CD) to define four blocks of eight units. Thus, a 32 treatments list was split in four blocks of eight treatments each; according to combinations 0-0, 0-1, 1-0 and 1-1 definition contrasts (Table 1). The method for subdivision was performed according to the Galois field theory (Kemphome, 1979).

<sup>6</sup> José Isabel Cortés Flores, profesor investigador titular del Programa en Edafología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo (correo electrónico: jicortes@colpos.mx).

unicultivar, 2) cultivar tardío (Vt), Supremo y Zacatecas, 3) cultivar precoz (Vp), CP-Precoz y Puebla, 4) fertilizante N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (F), 60-15-60 y 90-30-90 g por árbol por año, y 5) pollinaza (P), cero y 3 kg por árbol por año. El efecto factorial Cva y la interacción VtVpFP se usaron como contrastes de definición (CD) para definir cuatro lotes (bloques) de ocho unidades. Así, la lista de 32 tratamientos quedó fraccionada en cuatro lotes de ocho tratamientos cada uno, de acuerdo con las combinaciones 0-0, 0-1, 1-0 y 1-1 de los contrastes de definición (Cuadro 1). El

**Crop management**

Two-month-old peach and rootstocks seedlings were transplanted in May 2005, and fertilized with the 30-30-30 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O and 1 kg of poultry manure per tree. The grafting evaluation of early and late cultivars was carried out in April 2006.

The uni-cultivar peach, which was grafted with a late cultivar, Supremo or Zacatecas, was alternated on the same row with one

**Cuadro 1. Tratamientos del experimento factorial 2<sup>5</sup> con una repetición, efectos factoriales y lotificación a ¼.**  
**Table 1. Treatments of a 2<sup>5</sup> factorial experiment, with one replication, factorial effects and subdivision to ¼.**

No.	Factores					Efectos factoriales (EF)					Lotificación EF como CD		Lote
	Cva	Vt	Vp	F	P	Cva	Vt	Vp	F	P	Cva (1/2) <sup>o</sup>	VtVpFP (1/4) <sup>o</sup>	
1	Bi-varietal	Supremo	CP Precoz	60-15-60	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	Bi-varietal	Supremo	CP Precoz	60-15-60	3	0	0	0	0	1	0	1	2
3	Bi-varietal	Supremo	CP Precoz	90-30-90	0	0	0	0	1	0	0	1	2
4	Bi-varietal	Supremo	CP Precoz	90-30-90	3	0	0	0	1	1	0	0	1
5	Bi-varietal	Supremo	Puebla	60-15-60	0	0	0	1	0	0	0	1	2
6	Bi-varietal	Supremo	Puebla	60-15-60	3	0	0	1	0	1	0	0	1
7	Bi-varietal	Supremo	Puebla	90-30-90	0	0	0	1	1	0	0	0	1
8	Bi-varietal	Supremo	Puebla	90-30-90	3	0	0	1	1	1	0	1	2
9	Bi-varietal	Zacatecas	CP Precoz	60-15-60	0	0	1	0	0	0	0	1	2
10	Bi-varietal	Zacatecas	CP Precoz	60-15-60	3	0	1	0	0	1	0	0	1
11	Bi-varietal	Zacatecas	CP Precoz	90-30-90	0	0	1	0	1	0	0	0	1
12	Bi-varietal	Zacatecas	CP Precoz	90-30-90	3	0	1	0	1	1	0	1	2
13	Bi-varietal	Zacatecas	Puebla	60-15-60	0	0	1	1	0	0	0	0	1
14	Bi-varietal	Zacatecas	Puebla	60-15-60	3	0	1	1	0	1	0	1	2
15	Bi-varietal	Zacatecas	Puebla	90-30-90	0	0	1	1	1	0	0	1	2
16	Bi-varietal	Zacatecas	Puebla	90-30-90	3	0	1	1	1	1	0	0	1
17	Uni-varietal	Supremo	CP Precoz	60-15-60	0	1	0	0	0	0	1	0	3
18	Uni-varietal	Supremo	CP Precoz	60-15-60	3	1	0	0	0	1	1	1	4
19	Uni-varietal	Supremo	CP Precoz	90-30-90	0	1	0	0	1	0	1	1	4
20	Uni-varietal	Supremo	CP Precoz	90-30-90	3	1	0	0	1	1	1	0	3
21	Uni-varietal	Supremo	Puebla	60-15-60	0	1	0	1	0	0	1	1	4
22	Uni-varietal	Supremo	Puebla	60-15-60	3	1	0	1	0	1	1	0	3
23	Uni-varietal	Supremo	Puebla	90-30-90	0	1	0	1	1	0	1	0	3
24	Uni-varietal	Supremo	Puebla	90-30-90	3	1	0	1	1	1	1	1	4
25	Uni-varietal	Zacatecas	CP Precoz	60-15-60	0	1	1	0	0	0	1	1	4
26	Uni-varietal	Zacatecas	CP Precoz	60-15-60	3	1	1	0	0	1	1	0	3
27	Uni-varietal	Zacatecas	CP Precoz	90-30-90	0	1	1	0	1	0	1	0	3
28	Uni-varietal	Zacatecas	CP Precoz	90-30-90	3	1	1	0	1	1	1	1	4
29	Uni-varietal	Zacatecas	Puebla	60-15-60	0	1	1	1	0	0	1	0	3
30	Uni-varietal	Zacatecas	Puebla	60-15-60	3	1	1	1	0	1	1	1	4
31	Uni-varietal	Zacatecas	Puebla	90-30-90	0	1	1	1	1	0	1	1	4
32	Uni-varietal	Zacatecas	Puebla	90-30-90	3	1	1	1	1	1	1	0	3

Cva: Composición cultivar del árbol, Vt: Cultivar tardío, Vp: Cultivar precoz, F: Fertilizante de NPK (g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año), P: Pollinaza (kg por árbol por año), CD: Contrastes de definición. Cero y uno corresponden a nivel bajo y alto del factor, respectivamente. Cva: Cultivar composition of the tree, Vt: late cultivar, Vp: early cultivar, F: NPK fertilization (g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year), P: poultry manure (kg per year per tree), CD: definition contrasts. Zero and one correspond to low and high level of the factor.

método de lotificación se realizó de acuerdo con la teoría de los campos de Galois (Kempthorne, 1979).

### Manejo del cultivo

Las plántulas de los portainjertos de dos meses de edad fueron trasplantadas en mayo de 2005 y fertilizadas con la fórmula 30-30-30 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O y pollinaza 1 kg por árbol. La evaluación del injerto en los cultivares en los cultivares temprano y tardío se realizó en abril de 2006.

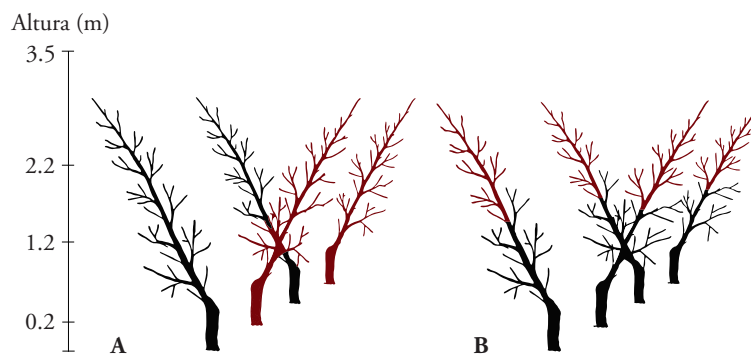
Los durazneros unicultivares tardíos, Supremo o Zacatecas, se alternaron sobre la misma hilera con un cultivar precoz, CP Precoz o Puebla (Figura 1A). Los durazneros bicultivares fueron árboles compuestos: estrato medio superior de un cultivar precoz injertado sobre un cultivar tardío (estrato medio inferior) (Figura 1B). Para ambas composiciones del árbol, el injerto sobre el portainjerto criollo se ubicó a los 15 cm del nivel del suelo. En los árboles bicultivares, el injerto de cultivar precoz se estableció a la altura de 1.5 m del árbol, en marzo de 2007.

Los durazneros se plantaron en hileras con un espacio de 1 m entre ellas, con una orientación norte-sur. La conducción de los árboles fue con el sistema 'Tatura' modificado (Cortés *et al.*, 2005), se dejó una rama principal con orientación perpendicular a la hilera e inclinación aproximada de 30° en relación al tronco del árbol. La rama del árbol contiguo se orientó en sentido opuesto al anterior y así sucesivamente (Figura 1). La altura promedio de los árboles a los 6 años de edad fue de 3 m. La unidad

tree grafted with an early cultivar, CP Precoz or Puebla (Figure 1A). The bi-cultivars peach trees: middle-upper stratum of an early cultivar grafted on to a late cultivar (the middle-bottom stratum) (Figure 1B). For both tree compositions, grafting on the domestic rootstock was placed at 15 cm above ground level. In the bi-cultivar trees the early cultivar was grafted on the late one at 1.5 m tree height, during March 2007.

The peach trees were planted on rows with in-row tree spacing of 1 m, in a North-South orientation. The pruning of trees was according to a modification of the "Tatura" system (Cortés *et al.*, 2005); a main branch was left facing perpendicular to the row at an approximate inclination of 30° regard the trunk of the tree. The adjacent tree branch was oriented in the opposite direction to the previous, and so on (Figure 1). The average height of the 6 years old trees was of 3 m. The experimental unit consisted of four trees and the observational unit included the two central trees.

The NPK fertilizer and poultry manure applied during 2006: 20-5-20 or 30-10-30 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree, which progressively increased for three years. In 2008 the formulas were 60-15-60 or 90-30-90 according to each treatment. The fertilizers sources were urea, triple superphosphate and potassium chloride. Poultry manure initial doses were: zero and 1 kg per tree, which progressively increased until reaching zero or 3 kg per tree in 2008. The application dates were: April (1/3-1-1-0 N, P, K) and August (2/3-0-0-1 N, P, K, poultry manure) each year. The NPK fertilizer and poultry manure were applied in two dripping areas of the row of trees, 20 cm



**Figura 1. (A) Composición del árbol unicultivar con cultivares tardío (negro) y precoz (rojo) alternados. (B) Composición del árbol bicultivar: cultivar tardío (negro), y precoz (rojo). La temperatura se registró a 0.2, 1.2, 2.2 y 3.5 m de altura.**

**Figure 1. (A) Composition of uni-cultivar trees alternated with late cultivars (black) and early cultivars (red). (B) Bi-cultivar tree composition; late cultivar (black) at the bottom and early (red) above. Temperature was recorded at 0.2, 1.2, 2.2 and 3.5 m in height.**



experimental fue de cuatro árboles y la unidad de observación incluyó los dos árboles centrales.

El fertilizante NPK y la pollinaza se aplicaron a partir del año 2006. Las fórmulas del fertilizante sintético fueron 20-5-20 o 30-10-30 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol, con incremento progresivo durante tres años, y desde el 2008 las fórmulas fueron 60-15-60 o 90-30-90 según el tratamiento. Las fuentes fueron urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Las dosis iniciales de pollinaza fueron cero y 1 kg por árbol con incremento progresivo hasta llegar a cero y 3 kg por árbol en el 2008. Las fechas de aplicación fueron abril (1/3; 1-1-0 de N, P, K, pollinaza) y agosto (2/3; 0-0-1 N, P, K, pollinaza) de cada año. El fertilizante de NPK y la pollinaza se aplicaron en las dos zonas de goteo de la hilera de árboles, a 20 cm de profundidad. Los durazneros fueron irrigados por surco sin restricción de humedad.

Con una microestación meteorológica WatchDog 1000 Series (Caectrum Technologies, Inc.; USA) instalada en el centro de la parcela experimental, equipada con termopares externos, se midió cada 15 min la temperatura del aire a 0.20, 1.20, 2.20 y 3.5 m de altura (Figura 1), del 17 de noviembre de 2011 al 31 de marzo de 2012. Con esta información se calcularon las UF de acuerdo con Vega *et al.* (1990) (Cuadro 2).

### VARIABLES EVALUADAS

#### Floración y amarre de fruto

Los análisis de floración y amarre de frutos del experimento se realizaron en tres secciones: 1) los efectos del estrato, cultivar tardío, cultivar precoz, fertilizante NPK y pollinaza fueron evaluados en los árboles unicultivares; 2) los efectos del interinjerto en el cultivar precoz, injerto en el cultivar tardío, fertilizante NPK y pollinaza, fueron evaluados en los árboles bicultivares; y 3) los efectos del cultivar tardío o precoz, fertilizante NPK y pollinaza, fueron evaluados en conjunto. Las variables respuesta en los árboles unicultivares se analizaron en el estrato medio inferior <1.5 m y medio superior >1.5 m, y en los bicultivares se analizaron el cultivar tardío y el precoz. Se evaluó: densidad

deep. The peach trees were furrow-irrigated as necessary to avoid water stress.

Using a weather micro-station (WatchDog 1000, Series Caectrum Technologies, Inc.; USA), equipped with external thermocouples, and installed in the center of the experimental plot, air temperature was measured every 15 min at 0.20, 1.20, 2.20 and 3.5 m height (Figure 1), from November 17, 2011 to March 31, 2012. With this information the chilling units (CU) were calculated according to Vega *et al.* (1990) (Table 2).

### EVALUATED VARIABLES

#### Flowering and fruit mooring

Analyses of flowering and fruit set were carried out in three sections: 1) the effects of stratum, late cultivar, early cultivar, NPK fertilizer and poultry manure were evaluated in the uni-cultivar trees; 2) the effects of inter-stock in the early cultivar, graft on the late cultivar, fertilizer NPK and poultry manure were evaluated in the bi-cultivar composition trees; and 3) the effects of cultivar composition of the tree, late cultivar, early cultivar, poultry manure and NPK fertilizer were evaluated as a whole group. Response variables were evaluated in the bottom-middle stratum <1.5 m and in the upper middle stratum >1.5 m of the uni-cultivar trees, and late and early cultivar were analyzed in the bi-cultivar. Bud density (buds m<sup>-1</sup>), flowering (%), flower density (flower m<sup>-1</sup>), first bloom (Julian days to 10 % of the total number of bloom), full bloom (Julian days when 80 % of the total number of bloom), and late bloom (Julian days to 100 % of bloom) and fruit mooring (%) were evaluated. Five mixed shoots in each stratum (10 per tree), of all the treatments, were randomly selecte at the beginning of November 2011, and the number of flower buds, length, open flowers (every four days) and the number of fruits set were assessed in them. The percentage of anthesis was calculated from the 100 % of the buds, and fruit set from 100 % of the open flowers. The length of the Julian days included from January 1, 2011 to March 31, 2012.

**Cuadro 2. Conversión de temperaturas a unidades frío de acuerdo con Vega *et al.* (1990).  
Table 2. Temperature conversion to chilling units according to Vega *et al.* (1990).**

Temperatura (t)	Unidades Frío (UF)
t ≤ 0 °C	UF = 0
0 °C < t ≤ 14 °C	UF = 0.08681665 + 0.3863678*t - 0.047*t <sup>2</sup> + 0.00135942*t <sup>3</sup>
14 °C < t < 20 °C	UF = 2.16 - 0.15*t
t ≥ 20 °C	UF = -1.0

de yemas (yemas  $m^{-1}$ ), apertura floral (%), densidad floral (flores  $m^{-1}$ ), inicio de la floración (días julianos al 10 % del total de flores abiertas), floración plena (días julianos al 80 % del total de flores abiertas), final de la floración (días julianos al 100 % de flores abiertas) y amarre de fruto (%). Para ello se marcaron al azar cinco ramillas mixtas en cada estrato (10 por árbol), de todos los tratamientos, a principios de noviembre del 2011 y se determinó el número de yemas florales, la longitud, las flores abiertas (cada cuatro días) y el número de frutos amarros. El porcentaje de apertura floral fue calculado a partir del 100 % de yemas florales, y el de amarre de fruto a partir del 100 % de flores abiertas. Los días julianos fueron desde el 1 de enero de 2011 al 31 de marzo de 2012.

#### Análisis estadístico

Los datos de las variables de floración y amarre de fruto se analizaron mediante ANDEVA ( $p \leq 0.05$  y  $p \leq 0.01$ ) y análisis de regresión mediante el procedimiento de selección a pasos (Stepwise) ( $sle=0.10$   $sls=0.05$ ) y variables mudas o dummy. En el estudio se hicieron ANDEVA del factorial  $2^5$  con una repetición y los grados de libertad del error se obtuvieron de las interacciones de orden mayor, asumiendo que estas son de menor importancia agronómica (Cuadro 3).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación unidades frío (UF) a lo largo del estarto de los durazneros y las variables respuesta de floración y amarre de fruto se presentan en tres secciones: 1) en durazneros unicultivares, 2) en durazneros bicultivares, y 3) en el conjunto, esto es composición del cultivar tardío, cultivar precoz, fertilizante NPK y pollinaza. En el ANDEVA las fuentes de variación que tuvieron significancia en las variables respuesta corresponden a las incluidas en las ecuaciones de regresión que se reportan.

#### Unidades frío

A mayor altura en el perfil de árbol, la acumulación de frío fue mayor al final del invierno; 859, 1021, 1035, 1153 UF a 0.2, 1.2, 2.2 y 3.5 m de altura. La diferencia entre 0.2 y 3.5 m fue 294 UF. La temperatura del aire durante el día se incrementó con la disminución de la altura del árbol; la temperatura mayor se detectó a 0.2 m y la menor a 3.5 m. Las temperaturas altas durante el día tuvieron efecto negativo en la acumulación de frío; por

#### Statistical analysis

The data of flowering and fruit set were analyzed by ANOVA ( $p \leq 0.05$  and  $p \leq 0.01$ ) and regression analysis by using Stepwise procedure ( $sle=0.10$   $sls=0.05$ ) and dummy variables. In the ANOVA, the degrees of freedom for the error were obtained from the interactions of higher order, assuming these were of minor agronomic importance (Table 3).

### RESULTS AND DISCUSION

The accumulation of chilling units along stratum of peach trees and the response of flowering and fruit set are presented in three sections: 1) in uni-cultivar peaches, 2) in bi-cultivar trees, and 3) in the set as a whole, that is, cultivar composition of the tree, late cultivar, early cultivar, NPK fertilizer and poultry manure. In the ANOVA the sources of variation that had significance in the response variables correspond to those included in the reported regression equations.

#### Chilling units (CU)

The highest height of tree profile reported the greatest CU accumulation at the end of winter; 859, 1021, 1035, and 1153 UF at 0.2, 1.2, 2.2, and 3.5 m height. The difference between 0.2 and 3.5 m was of 294 CU. Air temperature throughout the day increased as tree height decreased; the highest temperature was detected at 0.2 m and the lowest at 3.5 m. High temperatures during the day had a negative effect on the chilling accumulation; for this, the higher strata accumulated more CU than

**Cuadro 3. Análisis de varianza de los factoriales  $2^5$  con una repetición.**

**Table 3. Analysis of variance of the  $2^5$  factorial study with a replication.**

Fuente de Variación	GL
Efectos principales ( $C_1^5$ )	5
Interacciones de 2 ( $C_2^5$ )	10
Error: Interacciones de 3 ( $C_3^5$ ), 4 ( $C_4^5$ ) y 5 ( $C_5^5$ )	16
Total	31

GL=grados de libertad ❖ GL=Degrees of freedom.

esto los estratos más altos acumularon más UF que los bajos. Aunque hay evidencias del efecto negativo de las temperaturas altas en la acumulación de UF (Richardson *et al.*, 1974; Miranda *et al.*, 2013; Luedeling *et al.*, 2013), no hay información suficiente de la acumulación de UF a través del perfil de los árboles frutales.

Las heladas más intensas se presentaron en el periodo en que aún no iniciaba la floración de las variedades precoces, por lo que no provocaron daños a las flores. Las yemas florales en letargo de los árboles aún no presentaban la conexión vascular entre el pedúnculo y el primordio floral (Santiago-Mejía, 2014), esta característica les confiere la capacidad de sobre-enfriamiento y resistencia a las heladas (Ashworth, 1984).

### Floración y amarre de fruto de durazneros unicultivares

#### Densidad de yemas

El número de yemas por metro de ramilla mixta de los durazneros unicultivares tardíos dependió de la interacción cultivar y estrato del árbol, mientras que en los precoces dependió del cultivar, del estrato del árbol y de la interacción fertilizante NPK y pollinaza. La densidad de yemas de Supremo y Zacatecas fue menor en el estrato medio inferior del árbol y se incrementó en el superior (Cuadro 4), con un efecto mayor en Supremo (Figura 2A). Los

the lower ones. Although there is evidence of the negative effect of high temperatures on the UF accumulation (Richardson *et al.*, 1974; Miranda *et al.*, 2013; Luedeling *et al.*, 2013), there is no sufficient information regarding the CU accumulation through the profile of fruit trees.

The most intense frost events occurred when early cultivar had not initiated flowering, therefore flower buds were not damaged. In rest period, flower buds of trees still did not have the vascular connection between the peduncle and flower primordia (Santiago-Mejía, 2014); this feature gives flowers the ability to overcooling and resistance to frost damage (Ashworth, 1984).

### Flowering and fruit set of uni-cultivar peach

#### Bud density

The number of flower buds per meter of mixed shoot of the late uni-cultivar peaches depended on the interaction of the cultivar and the tree stratum, whereas in the early cultivar depended on the stratum of the tree and the NPK fertilization interaction and poultry manure. Bud density of Supremo and Zacatecas cultivars was lower in the lower half of tree and increased in the upper one (Table 4), with a higher effect in Supremo (Figure 2A). The early cultivars, CP-Precoz and Puebla, also presented more buds in the upper stratum than in lower. Puebla presented

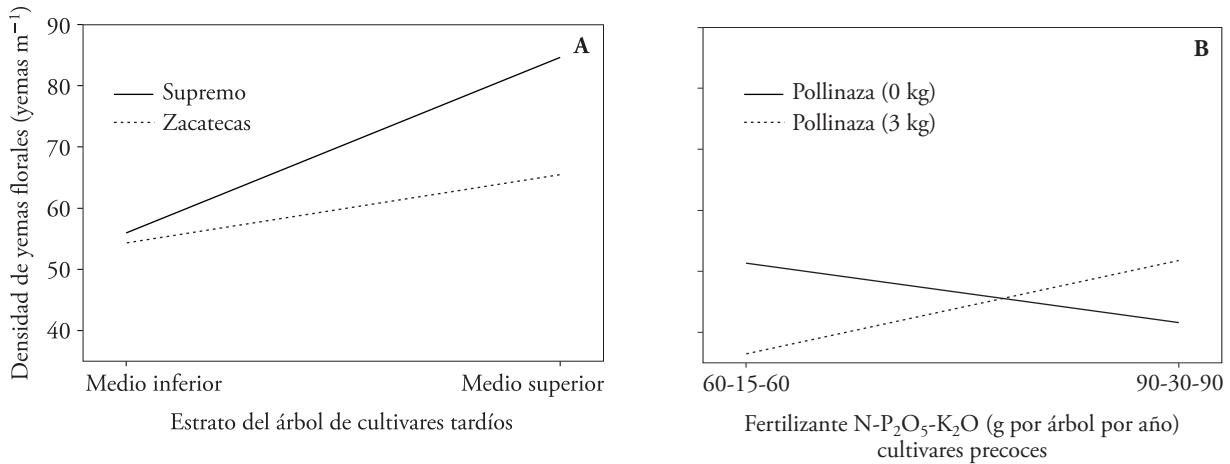
**Cuadro 4. Ecuaciones de regresión para floración y amarre de fruto de durazneros unicultivares tardíos, que describen el efecto del estrato del árbol (E), cultivar tardío (Vt), cultivar precoz alternado (Vpa), fertilizante NPK (F) y pollinaza (P).**

**Table 4. Regression equations for flowering and fruit set of late uni-cultivar peach trees, describing the effect of the tree strata (E), late cultivar (Vt), alternating precocious cultivar (Vpa), NPK fertilizer (F) and poultry manure (P).**

Variable	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>
Densidad de yemas (yemas m <sup>-1</sup> ) =	65.07188+9.9093E-5.2093Vt-4.4343EVt	0.541
Apertura floral (%) =	30.4593-23.6093Vt+2.5968EVt-3.3281VtVpa-2.9906VpaF	0.949
Densidad floral (flores m <sup>-1</sup> ) =	20.80938+3.45938E-16.55938Vt-2.68438VtVpa	0.878
Inicio de la floración (días julianos) =	410.29594+23.91656Vt	0.925
Floración plena (días julianos) =	426.86719+20.62469Vt	0.926
Final de la floración (días julianos) =	434.0+19.0Vt-3.25VtVpa	0.904
Amarre de fruto (%) =	12.86563+5.46563E-9.49063Vt-2.94063Vpa-2.62813EVpa	0.784

E: medio inferior y medio superior. Vt: Supremo y Zacatecas. Vpa: CP-Precoz y Puebla. F: 60-15-60 y 90-30-90 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año. P: cero y 3 kg por árbol por año. Para conocer el efecto de un factor determinado en la variable respuesta, este toma el valor de 1 en la ecuación y cero para los otros factores. ❖ E: lower half and upper half of the tree. Vt: Supremo and Zacatecas. Vpa: CP-Precoz and Puebla. F: 60-15-60 and 90-30-90 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year. P: zero and 3 kg per tree per year. In order to know the effect of a given factor in each variable, this takes the value of 1 in the equation, and zero for the rest of the factors.





**Figura 2. Efecto de las interacciones (A) estrato y cultivar tardío y (B) fertilizante N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O y pollinaza en la densidad de yemas florales en los cultivares precoces de duraznero.**

**Figure 2. Effect of interactions of (A) stratum and late cultivar, and (B) N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O fertilizer and poultry manure in the density of flower buds, in the early peach cultivars.**

cultivares precoces, CP-Precoz y Puebla, también presentaron densidad mayor de yemas en el estrato medio superior que en el inferior, y Puebla presentó una densidad mayor de yemas que CP-Precoz (Cuadro 5). En ambos cultivares precoces, la fórmula baja de NPK (60-15-60 kg por árbol por año) y sin pollinaza aumentó la densidad de yemas comparado con la fórmula 90-30-90 kg por árbol por año; pero cuando se aplicaron 3 kg de pollinaza por árbol por

higher density of buds than CP-Precoz (Table 5). In both early cultivars, the low NPK formula (60-15-60 g per tree per year) and without poultry manure increased the bud density compared to the 90-30-90 g per tree per year treatment; but when 3 kg of poultry manure and low NPK formula are applied per tree per year, bud density was improved with the high NPK formula (Figure 2B). This suggests that the low NPK rates without poultry manure would

**Cuadro 5. Ecuaciones de regresión para floración y amarre de fruto de durazneros unicultivares precoces, que describen el efecto del estrato del árbol (E), cultivar tardío alternado (Vta), cultivar precoz (Vp), fertilizante NPK (F) y pollinaza (P).**

**Table 5. Regression equations for flowering and fruit set of early uni-cultivar peaches, which describe the effect of the tree stratum (E), alternating late cultivar (Vta), early cultivar (Vp), NPK fertilizer (F) and poultry manure (P).**

Variable	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>
Densidad de yemas (yemas m <sup>-1</sup> )	$45.29375 + 5.13125E + 22.75625Vp + 6.26250FP$	0.827
Apertura floral (%)	$29.55000 + 4.76250Vta - 3.85625VpP$	0.262
Densidad floral (flores m <sup>-1</sup> )	$14.34063 + 2.52188Vta + 7.09688Vp$	0.631
Inicio de la floración (días julianos)	$382.28688 + 2.56687E - 22.51313Vp$	0.938
Floración plena (días julianos)	$398.14875 - 18.38062Vp$	0.912
Final de la floración (días julianos)	$407.01250 + 3.26250E - 17.26250Vp$	0.854
Amarre de fruto (%)	$8.26562 + 4.34062E + 2.82813Vta$	0.372

E: medio inferior y medio superior. Vt: Supremo y Zacatecas. Vpa: CP-Precoz y Puebla. F: 60-15-60 y 90-30-90 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año. P: cero y 3 kg por árbol por año. Para conocer el efecto de un factor determinado en la variable respuesta, este toma el valor de 1 en la ecuación y cero para los otros factores ❖ E: low half and upper half of tree. Vt: Supremo and Zacatecas. Vpa: CP-Precoz and Puebla. F: 60-15-60 and 90-30-90 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year. P: zero and 3 kg per tree per year. In order to know the effect of a given factor in each variable, this must take the value of 1 in the equation, and zero the other factors.

año y la fórmula baja de NPK, la densidad de yemas se abatió y fue mejorada con la fórmula alta de NPK (Figura 2B). Esto podría indicar que con la dosis baja de NPK y sin pollinaza se obtendrían densidades de yemas similares que con la dosis alta de NPK y pollinaza.

El estrato medio superior al recibir mayor radiación fotosintéticamente activa y mejor calidad de luz incrementa la síntesis de fotosintetizados (Gullo *et al.*, 2014; Marsal *et al.*, 2014), citocininas (Bernier, 2005) y proteínas (Zeevaart, 2008) que estimulan la diferenciación floral. En cambio las hojas que reciben menor radiación solar tienen mayor concentración de giberelinas, que inhiben la diferenciación floral (González-Rossia *et al.*, 2007; Sharp *et al.*, 2010); esto pudo haber ocurrido en el estrato medio inferior de los árboles de duraznero. Aunque, la densidad floral se supone que depende principalmente del genotipo (Sánchez-Pérez *et al.*, 2014), valores de 50 a 120 yemas por metro se han reportado, y está relacionada directamente con la producción final de fruto (Pérez, 2004). El incremento por efecto del estrato (en promedio 2.59 % más en el estrato medio superior que el inferior) tiene implicaciones agronómicas importantes en regiones de cultivo con presencia de heladas, ya que se reduce la exposición a las temperaturas bajas.

### Apertura floral

En los durazneros unicultivares tardíos, el porcentaje de apertura floral de la ramilla mixta dependió de las interacciones cultivar y cultivar precoz alternado, y cultivar precoz alternado y fertilizante NPK; mientras que en los unicultivares precoces dependió del cultivar tardío alternado y de la interacción cultivar por pollinaza (Cuadro 4). La apertura floral de Supremo fue mayor (21.28 %) al alternarse con Puebla que con CP-Precoz con la fórmula baja de NPK, 60-15-60 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año; pero, con la fórmula alta de NPK, 90-30-90 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año se abatió 13.5 %. Mientras, Zacatecas al alternarse con Puebla tuvo efecto depresivo mayor en la apertura floral que con CP-Precoz y con ambas fórmulas de fertilización, sobre todo con la baja.

La apertura floral de CP-Precoz se incrementó con la aplicación de 3 kg de pollinaza por árbol por año, tanto al alternarse con Supremo como con Zacatecas (18.5 y 9.7 %). En Puebla incrementó 4 % al alternarse con Zacatecas y con la aplicación de

produce similar bud densities than the high doses of NPK and poultry manure.

The upper half strata received a higher photosynthetic active radiation, and better light quality that increased the production of photosynthates (Gullo *et al.*, 2014; Marsal *et al.*, 2014), cytokinins (Bernier, 2005) and proteins (Zeevaart, 2008) that stimulate floral differentiation. Instead, leaves that receive less solar radiation have greater concentration of gibberellins, which inhibit floral differentiation (González-Rossia *et al.*, 2007; Sharp *et al.*, 2010); this may have occurred in the low half strata of peach trees. Although floral density is supposed to depend on the genotype (Sánchez-Pérez *et al.*, 2014), values from 50 to 120 buds per meter have been reported, and is directly related to the final fruit production (Pérez, 2004). The increase by the effect of the stratum (an average 2.59 % more in the upper stratum compared to the lower) has important agronomic implications in production regions with frost-free climates, since there is a reduction to low temperatures.

### Flowering

In the late uni-cultivar peaches, the lower aperture in mixed shoot depended on the interactions: cultivar and alternated early cultivar, and alternating early cultivar and NPK fertilization; whereas in the early uni-cultivar peaches it depended on the late cultivar and cultivar by poultry manure interaction (Table 4). The flower aperture of Supremo when alternated with Puebla was higher (21.28 %) than alternating CP-Precoz with low NPK formula, 60-15-60 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year; still, the high NPK formula, 90-30-90 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year diminished 13.5 % the flower aperture. Zacatecas alternating with Puebla had higher depressive effect in flower aperture than with CP-Precoz fertilized with both NPK formulas, especially with the lower one.

The flower aperture of CP-Precoz increased with the application of 3 kg of poultry manure per tree per year, both alternating with Supremo and Zacatecas (18.5 and 9.7 %). In the Puebla cultivar it increased 4 % when alternating with Zacatecas and with the application of 3 kg of poultry manure per tree per year; however, the flowering diminished 6.7 % when CP-Precoz alternated with Supremo and the high dose of poultry manure. Some cultivars can be more

3 kg de pollinaza por árbol por año; sin embargo, abatió 6.7 % su apertura cuando se alternó con Supremo y con la dosis alta de pollinaza. Algunos cultivares pueden ser más eficientes en la utilización de los nutrientes debido a su vigor (Zarrouk *et al.*, 2005); como CP-Precoz, que es menos vigoroso que Puebla. Además, Puebla tendría mayor competencia por nutrientes con Supremo que con Zacatecas (Marsal *et al.*, 2014).

**Densidad floral**

El número de yemas florales por metro de ramilla mixta en los durazneros unicultivos tardíos dependió del estrato, la variedad y de la interacción entre cultivar y cultivar precoz alternado; en cambio en los durazneros unicultivos precoces dependió únicamente del cultivar y el cultivar precoz alternado (Cuadro 4). No obstante que Supremo tuvo 16.5 flores m<sup>-1</sup> más que Zacatecas, la densidad floral fue mayor en el estrato medio superior que en el medio inferior (3.5 flores m<sup>-1</sup>) en ambos cultivares; y se incrementó en Supremo al alternarse con Puebla que con CP-Precoz (6.34 flores m<sup>-1</sup>), pero se abatió en Zacatecas (4.5 flores m<sup>-1</sup>) al alternarse con Puebla que con CP-Precoz. Puebla tuvo 7.9 flores m<sup>-1</sup> más que CP-Precoz, y la densidad floral se incrementó 2.5 flores m<sup>-1</sup> en promedio para ambos cultivares cuando se alternaron con Zacatecas que con Supremo (Cuadro 6).

efficient in the use of nutrients due to their vigor (Zarrouk *et al.*, 2005), as CP- Precoz, which is less vigorous than Puebla. In addition, Puebla would have increased competition for nutrients with Supremo than with Zacatecas (Marsal *et al.*, 2014).

**Flower density**

The number of buds flowers per meter of mixed shoot in the late uni-cultivar peach depended on the stratum, the cultivar and the interaction between cultivar and alternating early cultivar; instead in the early uni-cultivar peach it depended only on the cultivar and the alternate early cultivar (Table 4). But the Supremo had 16.5 flowers m<sup>-1</sup> more than the Zacatecas. Flower density was greater in the upper stratum than in the lower half (3.5 flowers m<sup>-1</sup>) in both cultivars, and it was higher in using Supremo alternating with Puebla than with CP-Precoz (6.34 flowers m<sup>-1</sup>), but it was lower in Zacatecas (4.5 flowers m<sup>-1</sup>) alternated with Puebla, than with CP-Precoz. Puebla had 7.9 flowers m<sup>-1</sup> more than CP-Precoz, and the average, flower density increased 2.5 flowers m<sup>-1</sup> in both cultivars when they were alternated with Zacatecas than with Supremo (Table 6).

Each cultivar has a specific response when alternating with another, and depends on NPK fertilization; this form of cultivation generates competition for nutrients, soil moisture and solar

**Cuadro 6. Ecuaciones de regresión para floración y amarre de fruto del cultivar precoz de durazneros bi-cultivares, que describen el efecto del cultivar tardío como interinjerto (Vtii), cultivar precoz (Vp), fertilización (F) y pollinaza (P).**

**Table 6. Regression equations for flowering and fruit set of the early cultivar of bi-cultivar peaches, describing the effect of the late cultivar as inter-stock (Vtii), precocious cultivar (Vp), fertilization (F) and (P) poultry manure.**

Variable	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>
Densidad de yemas (yemas m <sup>-1</sup> )=	53.66875+27.14375Vp+4.96875VtiiP	0.944
Densidad floral (flores m <sup>-1</sup> )=	21.94375+12.05625Vp	0.819
Inicio de la floración (días julianos)=	385.74875-16.36Vp-4.9VtiiVp	0.889
Floración plena (días julianos)=	403.865-15.42Vp-4.28875VtiiVp	0.925
Final de la floración (días julianos)=	419.75-10.75Vp-5.25VtiiVp	0.698
Amarre de fruto (%)=	12.17188+5.83313Vp	0.371

Vtii: Supremo y Zacatecas. Vp: CP-Precoz y Puebla. F: 60-15-60 y 90-30-90 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año. P: cero y 3 kg por árbol por año. Para conocer el efecto de un factor determinado en la variable respuesta, este toma el valor de 1 en la ecuación y cero para los otros factores ❖ Vtii: Supremo and Zacatecas. VP: CP-Precoz and Puebla. F: 60-15-60 and 90-30-90 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year. P: zero and 3 kg per tree per year. In order to know the effect of a given factor in each variable, this must take the value of 1 in the equation, and zero the other factors.

Cada cultivar tiene respuesta específica cuando se alterna con otro y dependerá también de la fertilización, y esta forma de cultivo genera competencia por nutrientes, humedad y radiación entre los árboles que demerita la apertura y la densidad floral (Smith, 1991; Elloumi *et al.*, 2014). Los cultivares tardíos que requieren cantidad mayor de frío que los precoces, respondieron al efecto del estrato del árbol. El gradiente ascendente de frío acumulado, con la altura del dosel de los durazneros, estuvo directamente relacionado con el número de flores por metro de rama. El suministro adecuado de frío en duraznero, favorece el proceso normal de morfogénesis de los meristemas florales en cambio, la deficiencia de frío les provoca malformaciones (Nava *et al.*, 2009), como ocurrió en Zacatecas, que presentó granos de polen abortados y malformados y deficiencias en la apertura floral (Bonhomme *et al.*, 2005; Okie and Blackburn, 2011). Cuando hay daños por heladas a las flores, el interés agronómico se enfoca en incrementar el porcentaje de apertura floral y la densidad de flores; los incrementos mostrados en apertura y densidad floral para cada cultivar pueden significar un incremento sustancial en la producción final de fruto.

### Periodo de floración

En los durazneros unicultivos tardíos, los días al inicio de la floración, la floración plena y el final de la floración dependieron principalmente del cultivar, y el final de la floración recibió influencia de la interacción cultivar y cultivar precoz alternado; en contraste, estas variables en los cultivares precoces dependieron del estrato del árbol y del cultivar mismo. Zacatecas fue más tardío (en promedio 22 días) en todo el periodo de floración que Supremo (Cuadro 4), pero el final de la floración se adelantó 10 días cuando se alternó con Puebla que con CP-Precoz; quizá por una condición de agobio debido a una competencia entre los cultivar (Smith, 1991; Reig *et al.*, 2013). En cambio, Supremo tuvo un retraso ligero (3 días) en el final de la floración, cuando se alternó con Puebla que con CP-Precoz. A pesar que Puebla fue más precoz que CP-Precoz (en promedio 20 días) en el periodo de floración, el inicio y final de la floración se retrasaron en el estrato medio superior respecto al bajo (2.6 y 3.3 días, respectivamente) en ambos cultivar (Cuadro 5). Esta respuesta pudo deberse al fenotipo,

radiación among the trees, which diminish the flower density and flowering (Smith, 1991; Elloumi *et al.*, 2014). Late cultivars that require more chilling than the early ones, responded to the effect of the tree stratum. The upward gradient of accumulated chilling along the height, was directly related to the number of flowers per meter of shoot. Adequate supply of chilling in peach trees, promotes normal morphogenesis of the changing flower meristem, but chilling deficiency causes malformations (Nava *et al.*, 2009), as occurred in Zacatecas, which presented aborted and malformed pollen grains, as well as deficiencies in the flower opening (Bonhomme *et al.*, 2005; Okie and Blackburn, 2011). When there is frost damage to flowers, the agronomic interest focuses on increasing the percentage of flower opening and the flower density; the results shown in opening and flower density for each cultivar can mean a substantial increase in the final production of fruit.

### Flowering period

In the late uni-cultivars peach, the days at first bloom, full bloom and last bloom mainly depended on the cultivar, and the last bloom was influenced by the cultivar and alternating early cultivar interaction; in contrast, these variables on early cultivars depended on the tree stratum and on the cultivar itself. Zacatecas was later (on average 22 days) throughout the period of bloom than Supremo (Table 4), but the last bloom was ahead 10 days when it alternated with Puebla than with CP-Precoz; perhaps because a condition of stress due to competition between the cultivars (Smith, 1991; Reig *et al.*, 2013). In contrast, Supremo had a slight delay (3 days) at last bloom, when it alternated with Puebla than with CP-Precoz. Although Puebla was earlier than CP-Precoz (on average 20 days) in the period of flowering, the first and last bloom were delayed in the upper stratum respect to the lower (2.6 and 3.3 days, respectively) in both cultivars (Table 5). This result could be due to the phenotype, acropeto bloom pattern (Pérez, 2004) and polygenic trait of high heritability in the flowering date (Sánchez-Pérez *et al.*, 2014).

### Fruit set

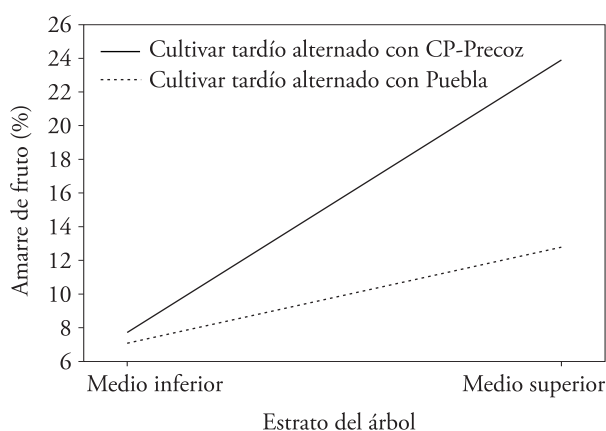
The percentage of fruit in the late uni-cultivar peach depended on the stratum tree, alternate early

al patrón acrópeto de la floración (Pérez, 2004) y al rasgo poligénico de heredabilidad alta en la fecha de floración (Sánchez-Pérez *et al.*, 2014).

### Amarre de fruto

El porcentaje de amarre de fruto en los durazneros unicultivares tardíos dependió del estrato del árbol, del cultivar mismo, del cultivar precoz alternado y de la interacción entre estos dos últimos (Cuadro 4); en cambio los durazneros unicultivares precoces solo dependieron del estrato y el cultivar (Cuadro 5). Supremo tuvo porcentaje mayor de amarre de fruto que Zacatecas (en promedio 9.5), aun así, en ambos cultivares, el amarre de fruto se incrementó 5.5 % en el estrato medio superior con relación al medio inferior; pero en este disminuyó el mismo porcentaje cuando los cultivar tardíos se alternaron con Puebla que con CP-Precoz (Figura 3). Puebla y CP-Precoz tuvieron amarre mayor de fruto en el estrato medio superior del árbol que el medio inferior (4.3 %), y se incrementó aún más cuando se alternaron con Zacatecas que con Supremo (2.8 %).

El incremento del amarre de fruto en el estrato medio superior estuvo estrechamente relacionado con la densidad floral mayor. El amarre de fruto y la densidad floral son favorecidos por la calidad e intensidad lumínica (Okie y Blackburn, 2011), aunque



**Figura 3.** Efecto de la interacción estrato del árbol y cultivar precoz alternado, sobre el amarre de fruto en durazneros unicultivares tardíos.

**Figure 3.** Effect of the interaction of tree stratum and early cultivar alternated on the fruit set in late unicultural peach trees.

cultivar and the interaction between these last two (Table 4); on the other hand the early uni-cultivar peach depended only on the stratum and the cultivar (Table 5). Supremo had higher percentage of fruit set than Zacatecas (9.5 on average), nevertheless, in both cultivars, the fruit set increased 5.5 % in the upper stratum with respect to the lower half; but this decreased in the same percentage when the late cultivars alternated with Puebla than with CP-Precoz (Figure 3). Puebla and CP-Precoz had more fruit set in the upper stratum of the tree than the lower stratum (4.3 %), and further increased when they alternated with Zacatecas than with Supremo (2.8 %).

The increase in the fruit set in the upper stratum was closely related to the higher flower density. The fruit set and flower density are favored by the quality and intensity of light (Okie and Blackburn, 2011), although these factors were detrimental to competition of alternating cultivars.

### Flowering and fruit set of bi-cultivar peach trees

In late bi-cultivar trees, Supremo and Zacatecas, were not affected by the early cultivars grafted on them, which could be due to different periods of flower differentiation, flowering period and fruit set, avoiding competition between the late and early cultivars of the same tree. In contrast, the density of flower buds and flowering time of early cultivars CP-Precoz and Puebla were affected by the cultivars on which they were grafted (Table 6).

### Number of buds

Number of buds per lineal meter of mixed shoot in the upper stratum of the early bi-cultivar peach trees depended on the cultivar and the interaction between late cultivar as inter-stock (Table 6). Puebla on average had 27.1 buds per meter more than CP-Precoz. Both cultivars, without poultry manure and grafted on Supremo had higher bud density (13.4 buds more per m) that when grafted on Zacatecas; and with 3 kg of poultry manure per tree per year, bud density increased from 49.4 to 55.9 buds per m, when they were grafted on Zacatecas as compared with Supremo, but without reaching the 61.4 buds per m when they were grafted on Supremo and no



este fue en detrimento por la competencia de las variedades alternadas.

### **Floración y amarre de fruto de durazneros bicultivares**

En los árboles bicultivares los cultivares tardíos, Supremo y Zacatecas, no fueron afectados por los cultivares precoces que se les injertó, lo cual pudo deberse a periodos diferentes de diferenciación floral, floración y amarre de fruto y que evitó competencia entre el cultivar tardío y precoz en el mismo árbol. En contraste, en los cultivares precoces, CP-Precoz y Puebla, la densidad de yemas florales y el periodo de floración fueron afectados por los cultivares en los que estaban injertadas (Cuadro 6).

### **Densidad de yemas**

En el estrato medio superior de los cultivares precoces de los durazneros bicultivares el número de yemas por metro lineal de ramilla mixta dependió del cultivar y de la interacción entre cultivar tardío como interinjerto (Cuadro 6). Puebla en promedio tuvo 27.1 yemas  $m^{-1}$  más que CP-Precoz. Ambos cultivares, sin pollinaza e injertados en Supremo tuvieron una densidad mayor de yemas (13.4 yemas más  $m^{-1}$ ) que cuando se injertaron en Zacatecas; y con 3 kg de pollinaza por árbol por año, la densidad de yemas se incrementó de 49.4 a 55.9 yemas  $m^{-1}$  cuando fueron injertados en Zacatecas que en Supremo, pero sin alcanzar las 61.4 yemas  $m^{-1}$  cuando fueron injertados con Supremo y sin pollinaza. Supremo como interinjerto al parecer favoreció una mejor distribución de la biomasa (Gullo *et al.*, 2014), evitando la competencia entre el crecimiento vegetativo y la diferenciación floral en los cultivares precoces (Chalmers *et al.*, 1981; Aloni *et al.*, 2010). Este efecto puede ser mejorado con una fertilización adecuada para cada cultivar (Nario *et al.*, 2003).

### **Periodo de floración**

En los cultivares precoces de los durazneros bicultivares, la fecha de floración fue afectada por el cultivar y por la interacción entre cultivar tardío como interinjerto y cultivar. A pesar que Puebla fue más precoz que CP-Precoz (Cuadro 6), atrasó el inicio y la plena floración cuando se injertó en

poultry manure. Supremo as interstock apparently favored a better distribution of the biomass (Gullo *et al.*, 2014), avoiding competition between the vegetative growth and flower differentiation in early cultivars (Chalmers *et al.*, 1981; Aloni *et al.*, 2010). This effect can be enhanced with adequate fertilization for each variety (Nario *et al.*, 2003).

### **Flowering period**

In the early cultivars of the bi-cultivar peach trees, flowering date was affected by the cultivar and the interaction between late cultivar as interstock and cultivar. Despite the fact that Puebla was earlier than CP-Precoz (Table 6), it delayed the first and full bloom when it was grafted on Supremo than on Zacatecas (15.7 and 9.7 days, respectively); however, CP-Precoz delayed there to a lesser extent 3.8 and 7.6 days, respectively, when it was grafted on Zacatecas than on Supremo (Figure 4 A and B). The interaction of the commercial cultivars with the interstocks or cultivar can modify the flowering period (Carrera and Gomez-Aparasi, 1998; Tomaz *et al.*, 2010; Ghrab *et al.*, 2014). The delay of the flowering period, Puebla evaded five moderate frosts at the first bloom and three at full bloom, whereas for CP-Precoz there were no frost events. Although the frost events occurring in this critical period did not damage, the delayed bloom can mean fruit production to be kept under the occurrence of severe frosts.

### **Effect of the cultivar composition on flowering and fruit set in late cultivars**

#### **Flowering**

In late cultivars no differences were observed in the density of buds, flowering, flower density, first and full bloom by effect of the varietal composition of the tree; but differences were observed in the last bloom and fruit set (Table 7). Although Supremo is less late than Zacatecas the last bloom was delayed on average 8 days in the bi-cultivars peach trees as compared to the uni-cultivars, with a higher effect of 12 days with high formula 90-30-90 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year. Zacatecas response was variable, with low N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O formula, 60-15-60, the last bloom was 4 days in bi-cultivar trees in relation to the uni-

Supremo que en Zacatecas (15.7 y 9.7 días, respectivamente); en cambio CP-Precoz los atrasó en menor grado 3.8 y 7.6 días, respectivamente, cuando se injertó en Zacatecas que en Supremo (Figura 4 A y B). La interacción de los cultivares comerciales con los interinjertos o injertos puede modificar el periodo de floración (Carrera y Gomez-Aparasi, 1998; Tomaz *et al.*, 2010; Ghrab *et al.*, 2014). El retraso del periodo de la floración de Puebla significó evadir cinco heladas no severas al inicio de la floración y tres en floración plena; en el periodo de retraso para CP-Precoz no ocurrieron heladas. Aunque las heladas que ocurrieron en este periodo crítico no causaron daños, el retraso de la floración puede significar que la producción de fruto se salve con la ocurrencia de heladas más severas.

### Efecto de la composición varietal en la floración y amarre de fruto de cultivares tardíos

#### Floración

En los cultivares tardíos no hubo diferencias en la densidad de yemas, apertura floral, densidad floral, inicio y plena floración por efecto de la composición varietal del árbol; pero sí en el final de la floración y amarre de fruto (Cuadro 7). A pesar que Supremo es menos tardío que Zacatecas, el final de la floración se retrasó en promedio 8 días en los durazneros bicultivares que en los unicultivares, con un efecto mayor de 12 días con la fórmula alta 90-30-90 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O

cultivars, and with the high formula was delayed 8 days, one day more when the lower formula of NPK was applied (Figure 5). Although during the delay period of last bloom in Supremo and Zacatecas there were no frosts, in similar delays would mean the achievement of fruit production (Pendergrass *et al.*, 2000).

#### Fruit set

Despite the fact that Supremo had 8.3 % more fruit set than Zacatecas, both cultivars on average increased it 1.8 % in the late bi-cultivars peach trees with respect to uni-cultivar trees (Table 7).

### Effect of the cultivar composition in flowering and fruit set of early cultivars

#### Flowering

In early cultivars, there were no differences in the density of buds, but flower aperture, flower density, and flowering time were affected by effect of the cultivar composition of the tree (Table 8). Supremo with early cultivars had on average 15.3 % more open flowers in bi-cultivar trees than in the uni-cultivars; with Zacatecas the flowering of early cultivars was 3.8 % higher in the uni-cultivar peach trees. In addition, CP-Precoz increased 10.9 % floral opening with 3 kg of poultry manure per tree per year, but in Puebla this rate of poultry

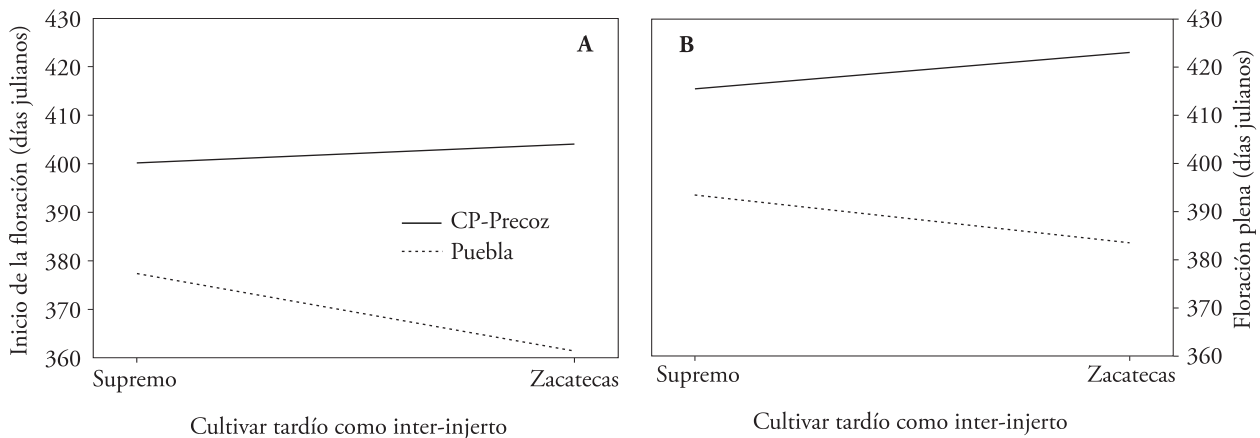


Figura 4. Efecto de la interacción cultivar tardío como interinjerto y cultivar, sobre el inicio (A) y plena (B) floración de los cultivares precoces de durazneros bicultivares.

Figure 4. Effect of interaction of the late cultivar as interstock and cultivar, on the first bloom (A) and (B) full bloom of early cultivars in bi-cultivar peach trees.

**Cuadro 7. Ecuaciones de regresión para floración y amarre de fruto de durazneros tardíos, que describen el efecto de la composición cultivar del árbol (Cva), cultivar tardío (Vt), cultivar precoz (Vp), fertilizante NPK (F) y pollinaza (P).**

**Table 7. Regression equations for flowering and fruit set in late peach trees, describing the effect of the cultivar composition of the tree (Cva), late cultivar (Vt), precocious cultivar (Vp), NPK fertilizer (F) and poultry manure (P).**

Variable	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>
Apertura floral (%)	$32.33125 - 24.64375Vt - 2.93750VpF$	0.919
Densidad floral (flores m <sup>-1</sup> )	$18.17188 - 13.97813Vt$	0.837
Inicio de la floración (días julianos)	$409.16594 + 22.14344Vt$	0.877
Floración plena (días julianos)	$427.41156 + 20.33344Vt$	0.934
Final de la floración (días julianos)	$435.25 - 2.5Cva + 18.25Vt - 2.5CvaF - 2.75VtF$	0.918
Amarre de fruto (%)	$9.15188 - 1.75188Cva - 8.2825Vt$	0.772

Cva: bicultivar y unicultivar. Vt: Supremo y Zacatecas. Vpa: CP-Precoz y Puebla. F: 60-15-60 y 90-30-90 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año. P: cero y 3 kg por árbol por año. Para conocer el efecto de un factor determinado en la variable respuesta, este toma el valor de 1 en la ecuación y cero para los otros factores. ❖ Cva: bi-cultivar and uni-cultivar. Vt: Supremo and Zacatecas. Vpa: CP-Precoz and Puebla. F: 60-15-60 and 90-30-90 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year. P: zero and 3 kg per tree per year. In to know the effect of a given factor in each variable, this should be taken as value 1 in the equation, and zero the other factors.

por árbol por año. La respuesta de Zacatecas fue variable, con la fórmula baja de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, 60-15-60, el final de la floración se adelantó 4 días en los árboles bicultivares con relación a los unicultivares, y con la alta se retrasó 8 días, pero solo superó un día a la fórmula baja de NPK (Figura 5). Aunque durante el periodo de retraso del final de la floración en Supremo y Zacatecas no se presentó alguna helada, en retrasos similares puede significar el logro de la producción (Pendergrass *et al.*, 2000).

**Amarre de fruto**

A pesar que Supremo tuvo 8.3 % más amarre de fruto que Zacatecas, ambos cultivares lo incrementaron 1.8 % en promedio en los durazneros tardíos bicultivares que los unicultivares (Cuadro 7).

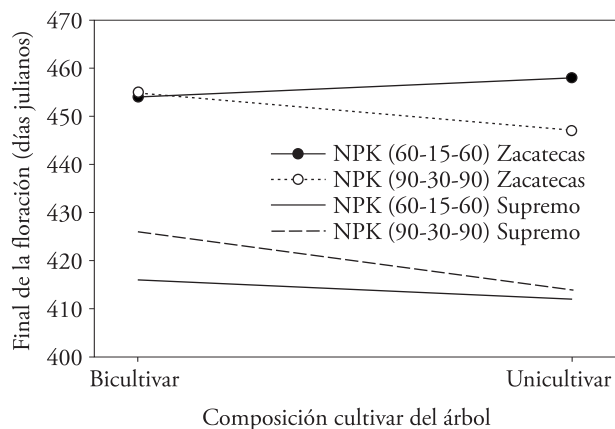
**Efecto de la composición cultivar en la floración y amarre de fruto de cultivares precoces**

**Floración**

En las cultivares precoces no hubo diferencias en la densidad de yemas, pero sí en la apertura, densidad floral y periodo de floración por efecto de la composición cultivar del árbol (Cuadro 8). Con Supremo los cultivares precoces tuvieron en promedio 15.3 % más flores abiertas en los árboles bicultivares que en

manure had depressive effect on the floral opening, 3.8 % less.

On average Puebla had 9.6 flowers per m than CP-Precoz (Table 8), grafted on Supremo (bi-cultivar composition) had 20 flowers per m more than alternately (uni-cultivar composition) and grafted on Zacatecas also had one flower per m more than alternate, but 6.6 flowers per m less than on Supremo. CP-Precoz had the highest flower density



**Figura 5. Efecto de la interacción composición cultivar del árbol y fertilizante NPK, en la fecha del final de la floración de los cultivares tardíos.**

**Figure 5. Effect of the interaction cultivar composition of the tree and NPK fertilizer, on the date of the last bloom of late cultivars.**

**Cuadro 8. Ecuaciones de regresión para floración y amarre de fruto de durazneros precoces, que describen el efecto de la composición cultivar del árbol (Cva), cultivar tardío (Vt), cultivar precoz (Vp), fertilizante NPK (F) y pollinaza (P).**  
**Table 8. Regression equations for flowering and fruit set of early peach trees, describing the effect of the cultivar composition of the tree (Cva), late cultivar (Vt), precocious cultivar (Vp), NPK fertilizer (F) and poultry manure (P).**

Variable	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>
Densidad de yemas (yemas m <sup>-1</sup> )=	52.04688+25.61563Vp	0.837
Apertura floral (%)=	35.175+4.775CvaVt-3.65VpP	0.337
Densidad floral (flores m <sup>-1</sup> )=	19.13750-2.80625Cva+9.56250Vp+3.15625CvaVt-2.49375CvaVp	0.795
Inicio de la floración (días julianos)=	385.30125-19.54687Vp-3.18688CvaVp-2.46312VtVp	0.911
Floración plena (días julianos)=	401.72906-16.76281Vp-2.49719VtVp	0.879
Final de la floración (días julianos)=	415.0125-4.7375Cva-14.0125Vp-3.2625CvaVp-4.2375VtVp	0.793
Amarre de fruto (%)=	12.38906+3.53844Vp+3.19719CvaVt	0.277

Cva: bicultivar y unicultivar. Vt: Supremo y Zacatecas. Vpa: CP-Precoz y Puebla. F: 60-15-60 y 90-30-90 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por árbol por año. P: cero y 3 kg por árbol por año. Para conocer el efecto de un factor determinado en la variable respuesta, este toma el valor de 1 en la ecuación y cero para los otros factores ❖ Cva: bi-cultivar and uni-cultivar. Vt: Supremo and Zacatecas. Vpa: CP-Precoz and Puebla. F: 60-15-60 and 90-30-90 g of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O per tree per year. P: zero and 3 kg per tree per year. In order to know the effect of a given factor in each variable, this must take the value of 1 in the equation, and zero the other factors.

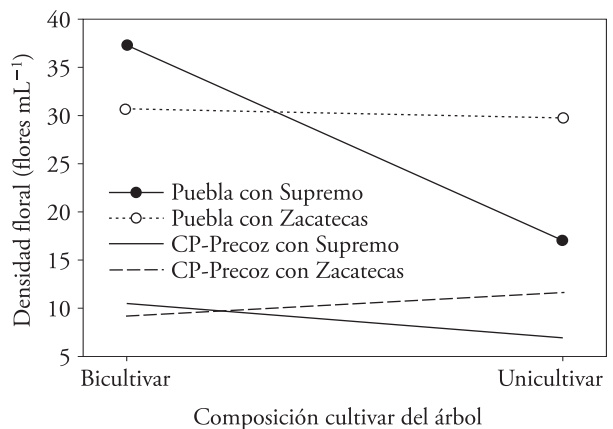
los unicultivares; mientras que con Zacatecas la apertura floral de los cultivares precoces fue 3.8 % mayor en los durazneros unicultivares. Además, CP-Precoz incrementó 10.9 % su apertura floral con 3 kg de pollinaza por árbol por año, pero en Puebla esta dosis de pollinaza tuvo efecto depresivo en la apertura floral, 3.8 % menos.

Puebla tuvo en promedio 9.6 flores m<sup>-1</sup> más que CP-Precoz (Cuadro 8), injertado sobre Supremo (composición bicultivar) tuvo 20 flores m<sup>-1</sup> más que en forma alternada (composición unicultivar); injertado sobre Zacatecas también tuvo 1 flor m<sup>-1</sup> más que alternado, pero 6.6 flores m<sup>-1</sup> menos que injertado en Supremo. CP-Precoz tuvo la mayor densidad floral (11.6 flores m<sup>-1</sup>) cuando se alternó a Zacatecas, injertado en Supremo la densidad floral fue mayor (3.6 flores m<sup>-1</sup> más) que alternado a él (Figura 6).

En los durazneros bicultivares *versus* los unicultivares Puebla injertado sobre Supremo retrasó 16 días el inicio (Figura 7A) y 22 el final (Figura 7B) de la floración, e injertado en Zacatecas no modificó la fecha de inicio de floración, pero si retrasó 10 días el final de la floración, aunque 14 días menos que con Supremo. En cambio CP-Precoz alternado con Zacatecas el inicio de la floración fue atrasado 4.4 días en los árboles unicultivares respecto a los bicultivares (Figura 7A), pero esta respuesta se invirtió en la fecha del final de la floración, hubo un retraso de un día en los árboles bicultivares en relación a los unicultivares. El comportamiento del inicio y final de la floración

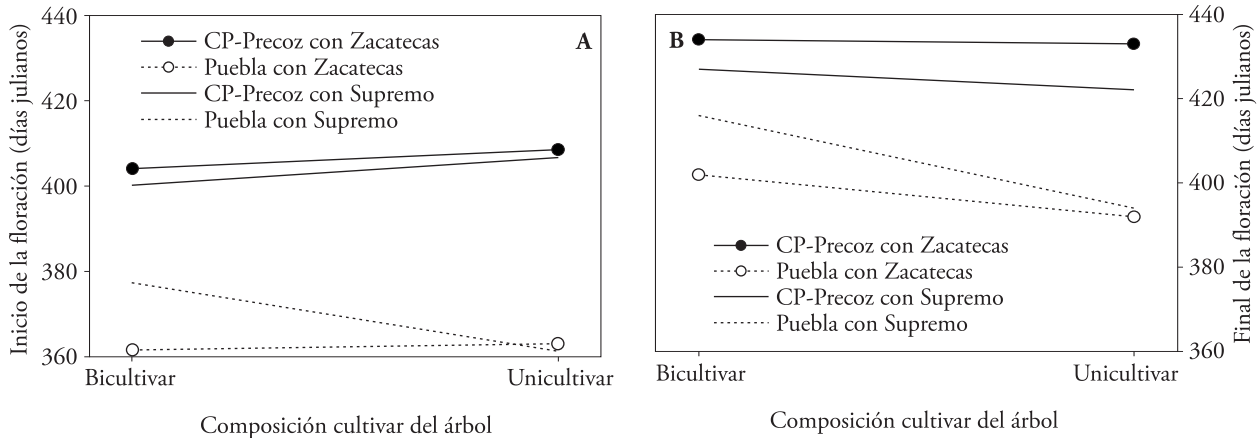
(11.6 flowers per m) when it alternated to Zacatecas, grafted on Supremo the flower density was greater (3.6 flowers per m) that alternated to it (Figure 6).

Puebla grafted on Supremo in the bi-cultivar peach *versus* the uni-cultivars delayed 16 d the first bloom (Figure 7A) and 22 d (Figure 7B) the last bloom, but Puebla grafted on Zacatecas did not alter the date of first bloom, but it delayed 10 days the last bloom, but 14 days less than Supremo. Instead, the first bloom was late 4.4 d in uni-cultivars trees with respect to the bi-cultivar trees of CP-Precoz



**Figura 6. Efecto de la interacción composición cultivar del árbol y cultivar tardío, sobre la densidad floral de cultivares precoces de duraznero.**

**Figure 6. Interaction effect of the cultivar composition of tree and late cultivar on floral density of early peach cultivars.**



**Figura 7. Efecto de la interacción composición cultivar del árbol y cultivar tardío, en el inicio (A) y final (B) de la floración de los cultivares precoces de duraznero.**

**Figure 7. Effect of the cultivar composition of the tree and late cultivar interaction, in the first (A) and last (B) bloom of early peach cultivars.**

fue similar cuando CP-Precoz se injertó en Supremo pero en menor grado (Figura 7 A-B). En Puebla el retraso del inicio y final de la floración implicó la evasión de cinco y una heladas no severas, respectivamente.

### Amarre de fruto

Puebla injertado sobre Supremo en la composición bicultivar duplicó el amarre de fruto que alternado en la unicultivar, 16.4 y 7.9 %; aunque fue en promedio 3.4 % mayor ya sea injertado o alternado con Zacatecas. CP-Precoz injertado sobre Supremo también incrementó 3.4 % el amarre de fruto que de forma alternada; sin embargo, cuando se injertó sobre Zacatecas se abatió de 14.2 a 0.8 %. Una combinación correcta de interinjerto y el cultivar induce a un equilibrio fisiológico que incrementa la producción de frutos debido a la distribución mejor de nutrientes y fotosintatos (Stevens y Weswood, 1984; Marra *et al.* 2013; Gullo *et al.*, 2014); pero en algunos casos el portainjerto puede reducir la producción de frutos (Scarpate *et al.* 2000; Giorgi *et al.*, 2005).

### CONCLUSIONES

Durante el período de floración, cultivares precoces y tardíos de duraznero se sometieron a la composición cultivar del árbol y a la fertilización con NPK y pollinaza, y hubo un gradiente ascendente de acumulación de unidades frío del estrato medio inferior al medio superior del árbol, con apertura y

alternated with Zacatecas (Figure 7A), but this response was inverted on the date of the last bloom since there was a delay of 1 d in the bi-cultivar trees as compared to to the uni-cultivars. The behavior of the first and last bloom was similar when CP-Precoz was grafted on Supremo but to a lesser extent (Figure 7 A-B). In Puebla the delay of the first and last bloom allowed the escape of five and one not severe frosts, respectively.

### Fruit set

Puebla grafted on Supremo in the bi-cultivar composition doubled the fruit set than as alternating uni-cultivar, 16.4 and 7.9 %; although it was on average 3.4 % higher whether grafted or alternated with Zacatecas. CP-Precoz grafted on Supremo also increased 3.4 % the fruit set than alternately; however, when it was grafted on Zacatecas it was decreased 14.2 to 0.8 %. A suitable combination of interstock and the cultivar induced a physiological balance, which increases fruit production due to a better distribution of photosynthates and nutrients (Stevens and Weswood, 1984; Marra *et al.*, 2013; Gullo *et al.*, 2014); but in some cases the rootstock can reduce fruit production (Scarpate *et al.*, 2000; Giorgi *et al.*, 2005).

### CONCLUSIONS

During the flowering period, early and late peach cultivars were subjected to the tree composition and



densidad floral mayores en el estrato medio superior del árbol.

La composición bicultivar del duraznero comparado con el unicultivar, retrasó el final de la floración de Supremo, con un efecto mayor con la fórmula alta de NPK, e incrementó el amarre de fruto de Supremo y Zacatecas. Además, en los cultivares precoces injertados en Supremo, la apertura floral se incrementó con un efecto mayor en CP-Precoz al aplicar pollinaza; en Puebla retrasó el inicio de la floración; en Puebla y CP-Precoz retrasó el final de la floración, e incrementó el amarre de fruto en Puebla y CP-Precoz.

En durazneros compuestos de un cultivar precoz en el estrato medio superior injertado sobre un cultivar tardío (composición bicultivar) con una fertilización adecuada de NPK y pollinaza, se retrasó la floración e incrementó el amarre de fruto, en comparación con los durazneros precoces (composición unicultivar) alternados con tardíos.

Aunque las heladas a las que se expusieron los durazneros no fueron severas, la composición bicultivar se muestra como una estrategia prometedora para evitar o disminuir los daños por heladas de radiación.

## LITERATURA CITADA

- Aloni, B., R. Cohen, L. Karni, H. Aktas, and M. Edelstein. 2010. Hormonal signaling in rootstock–scion interactions. *Sci. Hort.* 127: 119-126.
- Ashworth, E. N. 1984. Xylem development in *Prunus* flower buds and the relationship to deep supercoiling. *Plant Physiol.* 74: 862-865.
- Barrales, D. J. S., M. Livera M., V. González H., C. B. Peña V., J. Kohashi S. y F. Castillo G. 2002. Relaciones térmicas en el sistema suelo-planta-atmósfera durante la incidencia del fenómeno de enfriamiento o helada. *Rev. Fitotec. Mex.* 25: 289-297.
- Bernier, G. 2005. The florigen quest: classical developments. *Flower Newslett* 40: 4-11.
- Bonhomme, M., R. Rageau, A. Lacoïnte and M. Gendraud. 2005. Influences of cold deprivation during dormancy on carbohydrate contents of vegetative and floral promordia and nearby structures of peach buds (*Prunus persica* L. Batsch). *Sci. Hort.* 105: 223-240.
- Carrera, M. and J. Gomez-Aparasi. 1998. Rootstock influence on the performance of the peach variety 'Catherine'. *Acta Hort.* 465: 573-578.
- Chalmers, D. J., P. D. Mitchell, and L. Van Heek. 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density, and summer pruning. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 106: 307-312.
- Cortés, J. I. F., A. Turrent F., P. Díaz V., R. Hernández E., R. Mendoza R., y E. Aceves. 2005. Manual para el

NPK and poultry manure fertilization, and there was an upward gradient of accumulation of chilling units from the middle to the upper half of the tree with a greater flowering and flower density in the upper half of the tree.

Bi-cultivar peach composition compared to the uni-cultivar, delayed the last bloom of Supremo, with a higher effect with high formula of NPK, and increased the fruit set Supremo and Zacatecas. Besides, in early varieties grafted on Supremo, the flowering increased, with a higher effect on CP-Precoz with poultry manure; in Puebla delayed first bloom; in Puebla and CP-Precoz delayed the last bloom, and increased the fruit set in Puebla and CP-Precoz.

In compose peach trees of an early cultivar, grafted on the upper half of a late cultivar (bi-cultivar composition), with poultry manure and NPK fertilization, flowering was delayed and fruit set was increased, as compared to the early cultivar alone as a whole tree (uni-cultivar composition) alternated with late one.

While frosts to which peach trees were exposed were not severe, the bi-cultivar composition is seen as a promising strategy to avoid or reduce damage by radiation frost.

—End of the English version—



establecimiento y manejo del sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en laderas. SAGARPA-Colegio de Postgraduados. pp: 1-11.

- Elloumi, O., M. Ghrab, and M. B. Mimoun. 2014. Effects of flower buds removal on seasonal starch storage and mobilization in fruiting and non-fruiting branches of pistachio trees cv. Mateur under dry and warm climate. *Sci. Hort.* 172: 19-25.
- Giorgi, M., F. Capocasa, J. Scalzo, G. Murri, M. Battino, and B. Mezzetti. 2005. The rootstock effects on plant adaptability, production, fruit quality, and nutrition in the peach (cv. 'Suncrest'). *Sci. Hort.* 107: 36-42.
- González-Rossia, D., C. Reig, M. Juan, and M. Agustí. 2007. Horticultural factors regulating effectiveness of GA3 inhibiting flowering in peaches and nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). *Sci. Hort.* 111: 352-357.
- Govaerts, B., M. G. Barrera-Franco, A. Limón-Ortega, P. Muñoz-Jiménez, D.K. Sayre, y J. Deckers. 2008. Clasificación y evaluación edafológica de tres sitios experimentales del altiplano central de México. *Tropicultura* 26: 2-9.

- Ghrab, M., M. Ben M., M. Moncef M., and N. Ben M. 2014. Chilling trends in a warm production area and their impact on flowering and fruiting of peach trees. *Sci. Hort.* 178: 87-94.
- Gullo, G., A. Motisi, R. Zappia, A. Dattola, J. Diamanti, and B. Mezzetti. 2014. Rootstock and fruit canopy position affect peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] (cv. Rich May) plant productivity and fruit sensorial and nutritional quality. *Food Chem.* 153: 234-242.
- Kemphthome, O. 1979. The design and analysis of experiments. John Wiley & Sons. New York, N. Y., U.S.A., 631 p.
- Lhomme, J.P., J.J. Vacher, and A. Rocheteau. 2007. Estimating downward long-wave radiation on the Andean Altiplano. *Agricult. Forest Meteorol.* 145: 139-148.
- Luedeling, E., L. Guo, J. Dai, C. Leslie, and M. M. Blanke. 2013. Differential responses of trees to temperature variation during the chilling and forcing phases. *Agricult. Forest Meteorol.* 181: 33-42.
- Malcolm, P. J., P. Holford, I. Barchia, and W. M. McGlasson. 2014. High and low root zone temperatures at bud-break reduce growth and influence dry matter partitioning in peach rootstocks. *Sci. Hort.* 171: 83-90.
- Marra, F. P., R. Lo Bianco, M. La Mantia, and T. Caruso. 2013. Growth, yield and fruit quality of 'Tropic Snow' peach on size-controlling rootstocks under dry Mediterranean climates. *Sci. Hort.* 160: 274-282.
- Marsal, J., S. Johnson, J. Casadesus, G. Lopez, J. Girona, and C. Stöckle. 2014. Fraction of canopy intercepted radiation relates differently with crop coefficient depending on the season and the fruit tree species. *Agricult. Forest Meteorol.* 184: 1-11.
- Miranda, C., L. G. Santesteban, and J. B. Royo, 2013. Evaluation and fitting of models for determining peach phenological stages at a regional scale. *Agricult. Forest Meteorol.* 178-179: 129-139.
- Nava, G., G. Dalmago, H. Bergamaschi, R. Paniz, R. dos Santos, and G. Marodin. 2009. Effect of high temperatures in pre-blooming and blooming periods on ovule formation, pollen grains and yield of 'Granada' peach. *Sci. Hort.* 122: 37-44.
- Nario, A., I. Pino, F. Zapata, M. P. Albornoz, and P. Baherle. 2003. Nitrogen (15N) fertiliser use efficiency in peach (*Prunus persica* L.) cv. Goldencrest trees in Chile. *Sci. Hort.* 97: 279-287.
- Okie, W. R., and B. Bryan. 2011. Interactive effects of light and chilling on peach flower and leaf budbreak. *HortScience* 46: 1056-1062.
- Pendergrass, R., R. K. Roberts, D. E. Deyton, and C. E. Sams. 2000. Economics of using soybean oil to reduce peach freeze damage and thin fruit. *HortTechnology* 10: 211-217.
- Pérez, S. 2004. Yield stability of peach germplasm differing in dormancy and blooming season in the Mexican subtropics. *Sci. Hort.* 100: 15-21.
- Reig, G., S. Alegre, F. Gatiús, and I. Iglesias. 2013. Agronomical performance under Mediterranean climatic conditions among peach [*Prunus persica* L. (Batsch)] cultivars originated from different breeding programmes. *Sci. Hort.* 150: 267-277.
- Richardson, E. A., S. D. Seeley, and D.R. Walker. 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience* 9: 331-332.
- Santiago-Mejía H. 2014. El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): composición varietal del árbol y fertilización de durazno en condiciones de heladas. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 75 p.
- Sánchez-Pérez, R., J. del Cueto, F. Dicenta and P. Martínez-Gómez. 2014. Recent advancements to study flowering time in almond and other *Prunus* species. *Front Plant Sci.* Lausanne, Switzerland. 334 p.
- Scarpare, F. J. A., R. A. Kluge, F. V. Filho, J. T. Neto, e A. P. Jacomino. 2000. Comportamento de duas cultivares de pessegueiro com interenxerto da maeixeira 'Junuária'. *Pesq. Agropec. Bras.* 35: 757-765.
- Sharp, R. G., M. A. Else, W. J. Davies, and R. W. Cameron. 2010. Gibberellin-mediated suppression of floral initiation in the long-day plant *Rhododendron* cv. Hatsugiri. *Sci. Hort.* 124: 231-238.
- Smith, M.W. 1991. Influence of tree spacing on performance of 'Garnet Beauty' peach. *Sci. Hort.* 48: 52-60.
- Stevens, G., and M. N. Weswood. 1984. Fruit set and cytokinin-like activity in the xylem sap of sweet cherry (*Prunus avium*) as affected by rootstock. *Physiol. Plant.* 61: 464-468.
- Tomaz, Z. F. P., C. S. Madruga L., M. Aldrighi G., L. Rufato, and A. De Rossi R. 2010. Crescimento vegetativo, floração e frutificação efetiva do pessegueiro 'Jubileu' submetido a diferentes comprimentos de interenxertos. *Pesq. Agropec. Bras.* 45: 973-979.
- Vega, N. R., L. A. Aceves N., J. Trujillo A., y R. Arriaga R. 1990. Generación y aplicación de modelos agroclimáticos a la fenología de la palomilla de la manzana *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae), en Canatlán, Durango. *Agrociencia* 24: 89-100.
- Zarrouk, O., Y. Gogorcena, J. Gómez-Aparisi, J.A. Betrán, and M.A. Moreno. 2005. Influence of almond×peach hybrids rootstocks on flower and leaf mineral concentration, yield and vigour of two peach cultivars. *Sci. Hort.* 106: 502-514.
- Zeevaart, J. AD. 2008. Leaf-produced floral signals. *Curr. Opin. Plant Biol.* 11:541-547.