

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**USO DE THIDIAZURON PARA AUMENTAR LA CUAJA DE ALMENDRO
VARIEDADES CARMEL Y NONPAREIL EN LA COMUNA DE PUNITAQUI,
REGIÓN DE COQUIMBO**

PABLO ALEJANDRO BERRÍOS REYES

SANTIAGO - CHILE

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

USO DE THIDIAZURON PARA AUMENTAR LA CUAJA DE ALMENDRO
VARIEDADES CARMEL Y NONPAREIL EN LA COMUNA DE PUNITAQUI,
REGIÓN DE COQUIMBO

USE OF THIDIAZURON TO INCREASE FRUIT SET IN 'CARMEL' AND
'NONPAREIL' ALMONDS IN PUNITAQUI, COQUIMBO REGION

PABLO ALEJANDRO BERRÍOS REYES

SANTIAGO - CHILE

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**USO DE THIDIAZURON PARA AUMENTAR LA CUAJA DE ALMENDRO
VARIEDADES CARMEL Y NONPAREIL EN LA COMUNA DE PUNITAQUI,
REGIÓN DE COQUIMBO**

Memoria para optar al título profesional de
Ingeniero agrónomo

PABLO ALEJANDRO BERRÍOS REYES

PROFESORES GUÍA	CALIFICACIONES
Sr. Gabino Reginato M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,7
Sr. Thomas Fichet L. Ingeniero Agrónomo, Dr.	7,0
PROFESORES EVALUADORES	
Sra. Loreto Prat del Río Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,5
Sra. Gabriela Lankin V. Ingeniero Agrónomo, M. S. Ph. D.	7,0

SANTIAGO - CHILE

2015

ÍNDICE

RESUMEN	5
SUMMARY	6
INTRODUCCIÓN	7
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Lugar de estudio	10
Materiales	10
Método	10
Evaluaciones	11
Análisis estadístico	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Caracterización de las flores	14
Cuaja	16
Nonpareil	16
Carmel	18
Producción y productividad	22
Nonpareil	22
Carmel	25
Efecto de la carga frutal sobre la productividad	27
Nonpareil	27
Carmel	31
Calidad del fruto	35
Nonpareil	35
Carmel	39
CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44

RESUMEN

Durante la temporada 2013/14, se realizó una investigación en el huerto de la empresa Persol S.A., ubicado en la Comuna de Punitaqui, Región de Coquimbo ($30^{\circ} 48' 51''\text{S}$; $71^{\circ} 18' 10.47''\text{W}$). El objetivo fue determinar el efecto de distintas concentraciones de thidiazuron (TDZ) aplicadas en botón floral o caída de pétalos, en el incremento de la cuaja en almendros 'Nonpareil' y 'Carmel'.

Se realizó un ensayo independiente para cada variedad. 'Nonpareil' fue evaluada en un DBCA, con 5 repeticiones por tratamiento. Cada bloque correspondió a 5 árboles adultos, de vigor y condición fitosanitaria homogénea y, además, con la misma distancia respecto de los polinizantes. La variedad Carmel se evaluó como un DCA, ya que no existió polinizante dentro de la hilera. La unidad experimental en ambos casos fue el árbol, y en cada árbol se seleccionaron, al azar, 3 ramillas de 2 años de edad.

Se evaluó el número de frutos cuajados por dardo a los: 15 y 30 DDPF; la calidad de las flores, la productividad por árbol, la eficiencia productiva en función de ASTT y PAR_i y la calidad de la almendra cosechada.

La calidad de las flores y la polinización no fue una limitante aparente sobre la productividad.

La aplicación de TDZ en estado de botón floral o caída de pétalos no incrementó la cuaja en ninguna de las concentraciones aplicadas.

La productividad es función lineal positiva de la carga frutal, expresada en número de frutos por cm^2 de ASTT y número de frutos por m^2 de PAR_i .

La carga frutal no afectó el peso de la semilla.

Finalmente, la aplicación de $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de TDZ en estado de caída de pétalos sobre almendros variedad Nonpareil permitió aumentar el tamaño de la semilla.

Palabras clave: regulador de crecimiento, producción, citoquinina.

SUMMARY

During the season 2013/14 a research was done in an orchard belonging to Persol S.A., located in Punitaqui, Coquimbo Region, Chile. (30 ° 48 '51" S; 71 ° 18' 10.47" W). The objective was to determine the effect of different concentrations of thidiazuron on increasing fruit set in 'Nonpareil' and 'Carmel' almonds, either applied at pink stage or at petal fall.

An experiment was performed for each variety. 'Nonpareil' was analyzed as a randomized block design with 5 replications per treatment. Each block corresponds to 5 adult trees, homogeneous vigor and similarly located with respect to pollinizers. 'Carmel' was analyzed in a completely randomized design, since there is no pollinizer in the row. The experimental unit was a tree. In each tree two years old branches were randomly selected to evaluate fruit set.

Fruit per spur was evaluated at: 15 and 30 days after full bloom (DAFB). Flower quality, yield, yield efficiency, based on cm^{-2} of trunk cross sectional area (TCSA) and PAR_i and quality of harvested almonds were also evaluated.

Apparently, flower quality and pollination were not limiting for yield.

Thidiazuron sprays at pink stage or petal fall did not increase fruit set in any of the concentrations used.

Yield efficiency was a positive linear function of crop load, expressed as fruits/ cm^2 of TCSA and fruits/ PAR_i .

Almond weight was not affected by crop load

Finally, 10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ of TDZ application at petal fall on 'Nonpareil', increased seed weight.

Keywords: growth regulator, yield, cytokinin.

INTRODUCCIÓN

El almendro es un árbol de hoja caduca que requiere una escasa acumulación de frío, entre 200 y 550 horas bajo 7°C, y posee una temperatura umbral de crecimiento de 7 a 10 °C (CIREN, 1989). Ello origina una floración en pleno invierno (Gil, 2000). Al respecto, Sotomayor (2001) señala que el éxito de la producción depende de que ésta se lleve a cabo en zonas templado-cálidas, para evitar condiciones climáticas adversas en floración. Sin embargo, una de las mayores limitantes de la producción frutícola en zonas cálidas es superar el letargo invernal (Campoy et al., 2010). Una deficiencia en la acumulación de frío produce una brotación defectuosa, produciendo flores débiles que caen o se deforman, con mal desarrollo de polen y del estilo, generando problemas en cuaja (Gil, 2000), puesto que, para que exista una buena cuaja, deben existir yemas florales maduras, bien formadas y nutridas (Agustí, 2008).

La fructificación o cuaja, como es llamada en Chile (Gil, 2006), es la transición del ovario de la flor al fruto en desarrollo (Razeto, 2006; Agustí, 2008), lo que conlleva un crecimiento rápido de los tejidos del ovario (Agustí, 2008), el que se completa en unas pocas semanas (Kester et al., 1996). Si este crecimiento no se inicia, o se detiene posteriormente, el ovario se desprende y, por lo tanto, no existe cuaja (Agustí, 2008). Si existe una cuaja deficiente, el fruto caerá a los pocos días, posterior a la floración (Agustí, 2008).

Sotomayor (1996) indica que diversos factores están relacionados con la cuaja del almendro; algunos son más manejables, como el riego, nutrición, variedades polinizantes, coincidencia de la floración, distribución de las colmenas y diseño de huerto (Socias i Company et al., 1994). Sin embargo, el clima es el que puede afectar de mayor manera al proceso de cuaja (Sotomayor, 1996; Agustí, 2008). Al respecto, Agustí (2008) señala que las temperaturas durante y posterior a floración deben permitir una buena polinización, desarrollo del tubo polínico y fecundación; temperaturas relativamente altas durante la floración pueden ser un factor limitante en la fecundación del óvulo, puesto que disminuyen la receptividad del estigma de almendro (Kodad et al., 2013). En general, una baja humedad relativa perjudica la cuaja, de mayor forma si está acompañada de altas temperaturas (Agustí, 2008). Por otra parte, un crecimiento vegetativo excesivo reduce la floración y, finalmente, la fructificación (Forshey y Elfving, 1989).

Un óptimo cuajado en almendro se puede definir entre 25% y 40% del total de flores, dependiendo de la densidad de floración de la variedad (Godini, 2002). En Chile, un buen porcentaje de cuaja en almendro es superior a 30%, aunque el promedio se sitúa entre un 10 y 20% (Sotomayor, 2001). Sin embargo, se requiere valores superiores al 20% para lograr alta productividad (Sotomayor, 1996).

El crecimiento del fruto está regulado fitohormonalmente, a través de las interacciones entre diferentes hormonas vegetales, puesto que, el equilibrio entre auxinas, giberelinas y citoquininas determinan la cuaja y el desarrollo del fruto (Agustí, 2008; Buban, 2003; Brown y Woolley, 2010), por lo que una vez que la flor inició el crecimiento del ovario,

promovida por las hormonas vegetales, la capacidad de la planta para nutrirlo y la competencia entre órganos en desarrollo determinan el número final de frutos que alcancen la madurez (Agustí, 2008).

Gil (2006) señala que el tamaño de la almendra o semilla queda determinado 3 meses después de la floración, y el peso a los 3 meses posteriores a éstos. Ambas características están determinadas por la condición hídrica y nutritiva del árbol. El tamaño final del fruto depende del número de células presentes en la cuaja y el número de divisiones celulares que ocurren posteriormente, y la magnitud de la expansión celular (Flaishman et al. 2000; Brown y Woolley, 2010). Estas divisiones están influenciadas especialmente por las citoquininas (Looney, 1993), aunque los mecanismos y la regulación de su actividad no han sido investigadas (Matsuo et al., 2012).

Las citoquininas tienen un importante papel en varios procesos asociados al crecimiento y desarrollo de las plantas; promueven la división y expansión celular, retrasan la senescencia foliar y, además, regulan la dominancia apical y la transmisión de las señales nutricionales (Sakakibara 2004; Segura 2008). Actualmente, las citoquininas sintéticas más utilizadas, son thidiazuron (TDZ) y CPPU (Brown y Woolley 2010), derivados de la fenilurea (Segura, 2008). Aplicaciones de citoquininas sintéticas, como BA y CPPU, pueden inducir cuaja y desarrollo de frutos en uva, kiwi, melón, sandía, manzana y pera (Matsuo et al., 2012). En efecto, Petri et al. (2001) evaluaron los efectos de TDZ en distintos árboles; en manzanos, el promedio de cuaja obtenido con concentraciones de $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, en siete años de evaluación, fue de 112,7%, respecto del control, que fue de 52,3%; además se incrementó el peso de la fruta en 18,3% y el rendimiento de fruta por árbol en 41,8%, con aplicaciones a $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. El mayor porcentaje de cuaja se obtuvo aplicando $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de TDZ en botón floral, sobre la variedad Gala. Por su parte, en peras 'Packham's Triumph', la cuaja aumentó, a la vez que disminuyó el número de semillas por fruto, con aplicación de TDZ a $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

También, en Brasil, donde la cuaja es un problema que limita la producción de peras, ésta se aumentó en mayor grado con aplicaciones de TDZ que con ácido giberélico, aunque, con una concentración de TDZ de $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, se produjo deformación de frutos (Bianchi et al., 2000). Sin embargo, Greene (1995), al aplicar TDZ 22 días después de plena flor, redujo la cuaja de manzanas 'McIntosh'.

Sotomayor (1996) aumentó la cuaja en un 29,2% en almendros 'Nonpareil' aplicando Promalina a una concentración de $72 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, cuyos ingredientes activos son citoquinina ($18 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y giberelinas ($18 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Por su parte, Sotomayor et al. (2012) aumentaron la cuaja en 12,9% respecto del control aplicando el mismo producto en plena flor sobre la variedad Carmel.

Hipótesis

La aplicación de thidiazuron, en botón floral o caída de pétalos, incrementa la cuaja en almendros.

Objetivo

Determinar el efecto de distintas concentraciones y época de aplicación de thidiazuron en el incremento de la cuaja en almendro, en la zona de Punitaqui, Región de Coquimbo.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de estudio

El estudio se realizó en árboles de las variedades Nonpareil y Carmel, en el huerto de la empresa Persol S.A., ubicado en la Comuna de Punitaqui, Región de Coquimbo ($30^{\circ} 48' 51''\text{S}$, $71^{\circ} 18' 10.47''\text{W}$), durante la temporada 2013/2014. El clima de la Comuna es de estepa templada marginal (Novoa y López, 2001).

El huerto fue establecido el año 2009, injertado sobre GxN 15. La variedad Nonpareil está plantada a una distancia de 6,5 x 4,5 m y la variedad Carmel a una distancia de 6,5 x 3,5 m. El sistema de conducción de ambas es en copa y el riego es por goteo.

Las variedades plantadas son Nonpareil (50%), Carmel (25%) y Fritz (25%), con un árbol de Solano como polinizante en las hileras de Nonpareil, en proporción de 1:6.

Materiales

El regulador de crecimiento utilizado fue Splendor 5% SC, cuyo ingrediente activo es thidiazuron (TDZ) a una concentración de $50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Método

Se realizó un ensayo independiente para cada variedad.

Para la evaluación de cuaja, la variedad Nonpareil fue evaluada en un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados, con 5 repeticiones por tratamiento. Cada bloque correspondió a 5 árboles adultos, de vigor y condición fitosanitaria homogénea y, además, con la misma distancia respecto de los polinizantes. La variedad Carmel se evaluó como un diseño completamente aleatorizado, ya que no existió polinizante dentro de la hilera. La unidad experimental en ambos casos fue el árbol.

Para la evaluación de producción, se agregaron 5 repeticiones por tratamiento, debido a la incidencia de una helada el día 16 de septiembre de 2013 que provocó la caída de frutos de entre 1 y 2 cm. Para ello, se realizó un conteo de frutos caídos por árbol y se adicionaron a la producción final cosechada.

Las aplicaciones se realizaron sobre la hilera completa con un nebulizador de 2.000 L de capacidad, con un volumen equivalente de aplicación de $800 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, en los estados fenológicos de botón floral o caída de pétalos.

Los tratamientos del ensayo y fechas de aplicación, se detallan en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Tratamientos de thidiazuron (TDZ) y momentos de aplicación, en almendros variedad Nonpareil y Carmel.

Tratamiento	Concentración TDZ mg·L ⁻¹	Estado fenológico
T ₀ : Testigo	0	Sin aplicación
T ₁ : TDZ 40 BF	40	Botón floral
T ₂ : TDZ 20 BF	20	Botón floral
T ₃ : TDZ 10 BF	10	Botón floral
T ₄ : TDZ 5 BF	5	Botón floral
T ₅ : TDZ 2,5 BF	2,5	Botón floral
T ₆ : TDZ 40 CP	40	Caída de pétalos
T ₇ : TDZ 20 CP	20	Caída de pétalos
T ₈ : TDZ 10 CP	10	Caída de pétalos
T ₉ : TDZ 5 CP	5	Caída de pétalos
T ₁₀ : TDZ 2,5 CP	2,5	Caída de pétalos

Cuadro 2. Fechas calendario de aplicación de los tratamientos con TDZ en almendros variedad Nonpareil y Carmel.

Estado fenológico	Fecha de aplicación de TDZ	
	Nonpareil	Carmel
Botón floral	01 de agosto 2013	07 de agosto 2013
Caída de pétalos	16 de agosto 2013	27 de agosto 2013

Evaluaciones

Caracterización de las flores. Se realizó una caracterización de las flores cuando los árboles se encontraban en estado de plena flor, definido como la apertura del 80% del total de flores (Gil, 2006). Se agruparon las flores según el largo del pistilo, en base a la clasificación de Pejovics (1964), que agrupa los distintos tipos de flores que se encuentran en el almendro, dividiéndolas en cinco categorías (Figura 1): 1) flor con pistilo ausente, el centro de la flor está vacío, posee forma de copa y los componentes del perianto son más pequeños que lo usual; 2) flor con pistilo muy pequeño, ovario subdesarrollado, estilo muy corto y delgado, de 1-7 mm de longitud y a veces de color marrón; 3) flor con pistilo pequeño, ovario subdesarrollado, el estilo mide entre 7-10 mm de longitud y es más corto que los estambres; 4) flor con pistilo de tamaño intermedio, los estilos y estambres tienen la misma longitud, el ovario es delgado y subdesarrollado con presencia de pelo; 5) la flor posee un pistilo de largo 15-20 mm, la posición del estigma se encuentra 3-6 mm sobre las anteras; el ovario está bien formado, densamente pubescente, los pelos cubren la mitad del estilo; el estigma es largo y las partes del perianto son grandes.

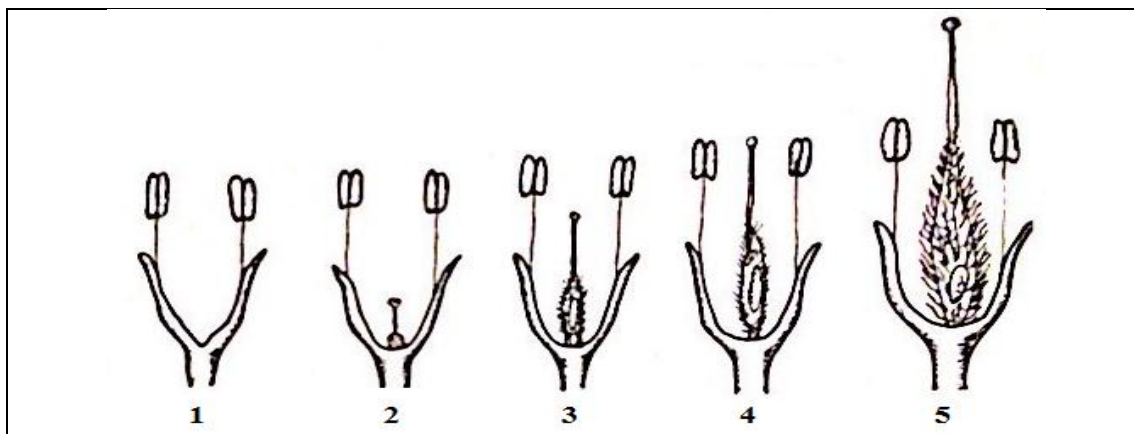


Figura 1. Posibles tipos de flores que se pueden encontrar en almendro, según categorías de Pejovics (1964).

Cuaja. En cada árbol se seleccionaron al azar 3 ramillas de 2 años de edad, en la parte baja, media y alta del árbol; en ellas se evaluó el número de dardos iniciales y el número de frutos cuajados a los 15; 30 y 50 días después de plena flor (DDPF).

Producción. Los frutos fueron cosechados manualmente, cuando la apertura del “pelón” o pericarpio seco (Gil, 2006) alcanzó al 95%; posteriormente, fueron despelonados manualmente y puestos a secar al sol. Se contó el número total de frutos en cada árbol y se determinó la masa de almendras cosechadas con una balanza electrónica de precisión (Tech Master, California, Estados Unidos), expresada en kg.

Se evaluó la eficiencia productiva, en función del área de sección transversal del tronco (ASTT); fue medido con una cinta graduada 10 cm sobre el injerto, expresándolo como $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, y en función de la radiación interceptada (PAR_i), expresada como $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ de PAR_i ; para esto se realizaron mediciones con un ceptómetro ACCUPAR LP-80 (Decagon Devices, Estados Unidos), al mediodía solar y en los días despejados de cosecha. El ceptómetro consiste en una barra de 80 cm, con 80 sensores de luz.

La radiación solar interceptada (PAR_i) se calculó como:

$$PAR_i = \frac{PAR_o - PAR_{ni}}{PAR_o}$$

Donde, PAR_o ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) corresponde a la radiación incidente sobre el huerto y PAR_{ni} ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), a la radiación que llega al suelo sin ser interceptada por el árbol.

Para la medición de PAR_{ni} , en el espacio asignado para cada árbol se realizaron 5 trayectos perpendiculares a la hilera de plantación, el central pasando por el centro del árbol y los dos de cada costado cada un cuarto de la distancia entre árboles, en cada trayecto se midió 8 veces, correspondiente a la distancia entre hilera dividida por el largo de la barra; siendo un total de 40 mediciones por árbol, posteriormente se

promediaron estos valores. La medición de *PARo* se midió una vez por árbol, realizándose en la entrehilera del huerto, donde no existía sombra.

Calidad del fruto. Se evaluó una muestra de 200 frutos por tratamiento, seleccionados al azar. En ellos se determinó la relación entre la masa de la almendra seca (g) y la masa de la almendra seca con endocarpo (g) con una balanza electrónica de precisión (Tech Master, California, Estados Unidos). Además, en la misma muestra, se midió el tamaño de la semilla (largo, ancho y espesor; expresados en mm) con un pie de metro digital modelo ADT-8656 (Bull tools, Estados Unidos), y posteriormente fueron clasificadas según forma, en base a la clasificación descrita por Montero (1993), que relaciona el largo (l), ancho (a) y espesor (e), clasificándolas a partir de las relaciones entre h y h' , como:

$$h = \frac{a}{l} 100 \quad \begin{array}{l} \text{Estrechas y largas} < 50 \\ \text{Ligeramente alargadas, entre } 50 \text{ y } 60 \\ \text{Redondas} > 60 \end{array}$$

$$h' = \frac{e}{l} 100 \quad \begin{array}{l} \text{Planas} < 30 \\ \text{Espesor medio, entre } 30 \text{ y } 40 \\ \text{Globosas} > 40 \end{array}$$

Adicionalmente, se estimó la proporción de semillas normales y con defectos; siendo consideradas defectuosas las almendras vanas o vacías, con embrión no desarrollado por completo, dobles y con presencia de gomosis.

Análisis estadístico

En cada ensayo, se realizó un análisis de varianza; en los casos que existieron diferencias significativas, las medias se separaron mediante la prueba de comparación múltiple de LSD Fisher, a un 5% de significancia. Se utilizó el programa de análisis estadístico Infostat (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las flores

El estado de plena flor se estableció el 5 y 11 de agosto de 2013, para 'Nonpareil' y 'Carmel' respectivamente, resultados que coinciden con los obtenidos por Ahumada (2007), en la Comuna de Paine, Región Metropolitana, categorizando ambas variedades como almendros de floración intermedia durante la estación respecto de otras variedades y 'Nonpareil' antes que 'Carmel'.

En 'Nonpareil' (Figura 2), el 78,3% de las flores se clasificaron en la categoría 5 de Pejovics (1964), ya que los pistilos midieron entre 15 y 16 mm de longitud; el estigma se encontraba sobre las anteras, y se observó un ovario bien desarrollado. El 21,7% de las flores restantes coincidieron con la descripción de la categoría 4, ya que la longitud de los pistilos fue de 13 mm, equivalente a la de los estambres, y se observó un ovario delgado.

En 'Carmel' (Figura 3), el 85,7% de las flores se clasificaron en la categoría 5 de Pejovics (1964), ya que los pistilos midieron entre 16 y 18 mm de longitud, el estigma se encontraba sobre las anteras, y se observó un ovario bien desarrollado. El 14,3% de las flores restantes coincidieron con la categoría 4, ya que la longitud de los pistilos fue de 12 mm, equivalente a la de los estambres, y se observó un ovario delgado.

En nuestro país, algunas de las limitantes que afectan frecuentemente la producción de almendras son el clima y la mala calidad de las flores (Gil, 2006). Por su parte, Soltész et al. (2003), señalan que una importante causa de baja productividad es la alta incidencia de flores con pistilos subdesarrollados. Las flores de las cinco categorías señaladas por Pejovics (1964) producen polen viable, pero el pistilo es funcional sólo en la categoría 5, las cuatro categorías restantes no producen fruta. Asimismo, el autor señala que estos fenotipos varían año a año y el porcentaje de cuaja que se obtiene de las flores fértiles varía entre 15-30%.

Por lo tanto, se presume que la calidad de flores no fue un factor limitante de la cuaja de ambas variedades durante la temporada de estudio, dado que el porcentaje de flores potencialmente productivas fue alto y se encontró dentro de los rangos normales.



Figura 2. Flores de almendros 'Nonpareil' en estado de plena flor (5 de agosto 2013), Punitaqui, región de Coquimbo, separadas de acuerdo a las categorías descritas por Pejovics (1964), donde la fila superior muestra flores con pistilo de 16-17 mm de longitud, la fila del centro muestra flores con pistilo de 15 mm y la fila inferior flores con pistilo menor a 15 mm.

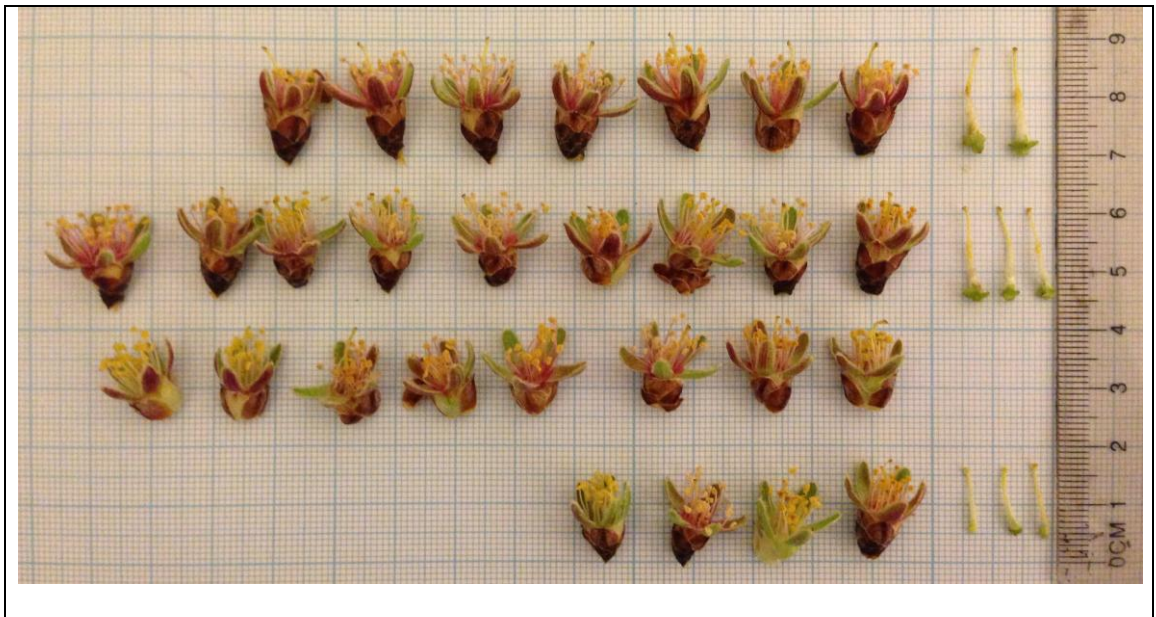


Figura 3. Flores de almendros 'Carmel' en estado de plena flor (11 de agosto 2013), Punitaqui, región de Coquimbo, separadas de acuerdo a las categorías descritas por Pejovics (1964), donde la fila superior muestra flores con pistilo de 18-19 mm de longitud, las filas del centro muestran flores con pistilo de 16 mm y la fila inferior flores con pistilo menor a 15 mm.

Cuaja

Para el resultado de cuaja final, no se consideró los conteos de frutos cuajados a 50 DDPF, debido a la incidencia de una helada el día 16 de septiembre de 2013 que provocó la caída de frutos de un tamaño entre 1 a 2 cm. Por lo anterior, se utilizó el conteo realizado 30 DDPF. Al respecto, una helada nocturna después de varios días de altas temperaturas provoca más daño que cuando las temperaturas son constantemente bajas, puesto que los árboles se aclimatan a las bajas temperaturas y se hacen más resistentes (Snyder y Connel, 1996). En este caso, las temperaturas bajo 0 °C tuvieron una duración de 240 min; la temperatura promedio fue de -0,8 °C y la mínima fue de -1,7 °C, que se prolongó por casi 60 min.

En 'Nonpareil', la helada produjo la caída del 41,3% de frutos, en promedio, y en 'Carmel' un 59%; este valor se obtuvo al realizar un conteo de frutos caídos por árbol posterior a la helada. Estos resultados son consistentes con lo obtenido por Snyder y Connel (1996), respecto del daño de una helada sobre almendros en estado de fruto pequeño, puesto que señalan que frutos expuestos a temperaturas de -1,7 °C por 30 min tienen un porcentaje de daño de 40% en 'Nonpareil' y 30% en 'Carmel'. El alto porcentaje de daño obtenido en 'Carmel' se puede asociar al menor estado de desarrollo.

Nonpareil

En el conteo de cuaja a los 15 DDPF, al analizar en conjunto ambos momentos de aplicación, la media más alta la presentó el tratamiento TDZ 2,5 CP (4,46 frutos por dardo), diferenciándose estadísticamente con el testigo, TDZ 10 CP y todos los tratamientos aplicados en botón floral; con el resto de los tratamientos, aplicados en caída de pétalos no se obtuvo diferencias significativas (Cuadro 3). Al analizar sólo los tratamientos aplicados en caída de pétalos, no existen diferencias significativas entre éstos y no se encontró una curva característica de respuesta a concentraciones crecientes del regulador de crecimiento, por lo que no se puede asociar esta respuesta al efecto de la aplicación de TDZ; lo mismo ocurre al analizar sólo los tratamientos aplicados en botón floral. Las medias más altas se observaron en los tratamientos aplicados en estado de caída de pétalos (Figura 4).

En el conteo de cuaja a los 30 DDPF, la media más alta corresponde al tratamiento TDZ 2,5 CP (3,33 frutos por dardo), no se presentaron diferencias significativas con los tratamientos aplicados en caída de pétalos y el tratamiento TDZ 40 BF (Cuadro 3). Al analizar ambos momentos de aplicación por separado, no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ambos casos (Figura 5).

Cuadro 3. Cuaja, en frutos por dardo obtenidos a los 15 y 30 DDPF para distintos tratamientos de TDZ, aplicados sobre almendros 'Nonpareil', Punitaqui, Región de Coquimbo.

Tratamiento	Cuaja			
	15 DDPF		30 DDPF	
	Frutos por dardo			
Testigo	3,11	de*	2,60	bc
TDZ 40 BF	3,08	de	2,62	abc
TDZ 20 BF	2,65	e	2,22	c
TDZ 10 BF	3,21	cde	2,39	c
TDZ 5 BF	3,61	bcd	2,58	bc
TDZ 2,5 BF	3,18	cde	2,59	bc
TDZ 40 CP	4,35	ab	3,19	ab
TDZ 20 CP	4,09	ab	3,20	ab
TDZ 10 CP	3,62	bcd	2,67	abc
TDZ 5 CP	3,98	abc	2,87	abc
TDZ 2,5 CP	4,46	a	3,33	a

* Medias. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

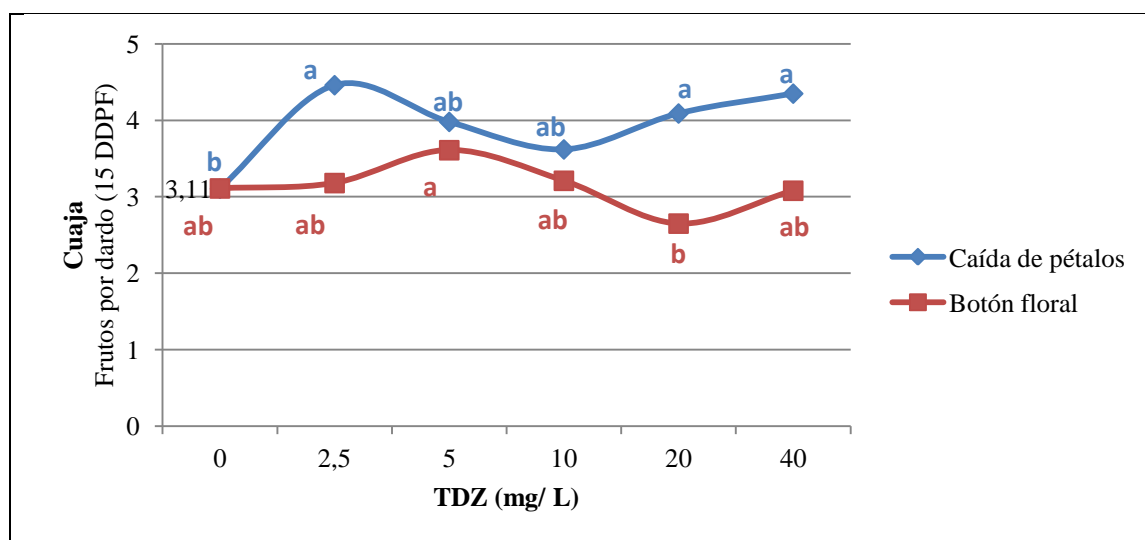


Figura 4. Cuaja, en frutos por dardo, 15 DDPF, para concentraciones crecientes de TDZ aplicado en estado de caída de pétalos y botón floral, sobre almendros 'Nonpareil', Punitaqui, Región de Coquimbo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según test LSD Fischer al 5% nivel de significancia.

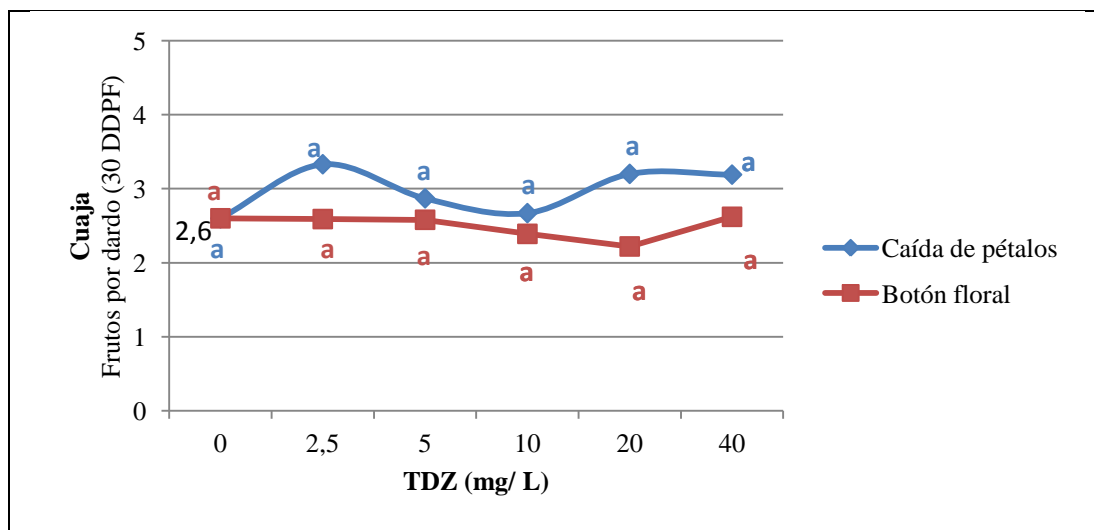


Figura 5. Cuaja, en frutos por dardo, 30 DDPF, para concentraciones crecientes de TDZ aplicado en estado de caída de pétalos y botón floral, sobre almendros 'Nonpareil', Punitaqui, Región de Coquimbo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según test LSD Fischer al 5% nivel de significancia.

Carmel

En el conteo de cuaja a los 15 y 30 DDPF, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. (Cuadro 4). Al analizar sólo los tratamientos aplicados en caída de pétalos, no existen diferencias significativas entre éstos y no se encontró una curva característica de respuesta a concentraciones crecientes del regulador de crecimiento, lo mismo ocurre al analizar sólo los tratamientos aplicados en botón floral (figuras 6 y 7).

Cuadro 4. Frutos por dardo obtenidos a los 15 y 30 DDPF para distintos tratamientos de TDZ, aplicados sobre almendros 'Carmel' en Punitaqui, Región de Coquimbo.

Tratamiento	Frutos por dardo			
	15 DDPF		30 DDPF	
Testigo	3,62	b*	2,47	ab
TDZ 40 BF	3,39	b	2,54	ab
TDZ 20 BF	3,45	b	2,05	b
TDZ 10 BF	3,64	b	2,48	ab
TDZ 5 BF	4,01	ab	2,57	ab
TDZ 2,5 BF	4,75	a	2,78	a
TDZ 40 CP	3,58	b	2,54	ab
TDZ 20 CP	4,05	ab	2,67	a
TDZ 10 CP	3,84	b	2,57	ab
TDZ 5 CP	3,66	b	2,23	ab
TDZ 2,5 CP	3,41	b	2,25	ab

* Medias. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

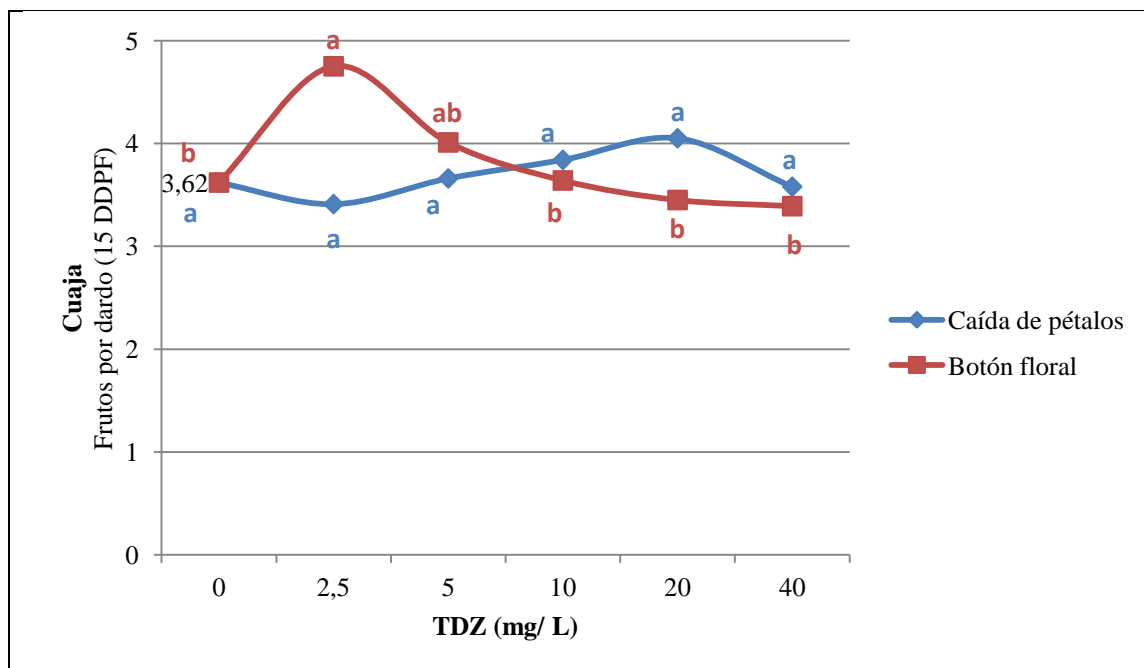


Figura 6. Cuaja, en frutos por dardo, 15 DDPF, para concentraciones crecientes de TDZ aplicado en estado de caída de pétalos y botón floral, sobre almendros 'Carmel', Punitaqui, Región de Coquimbo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según test LSD Fischer al 5% nivel de significancia.

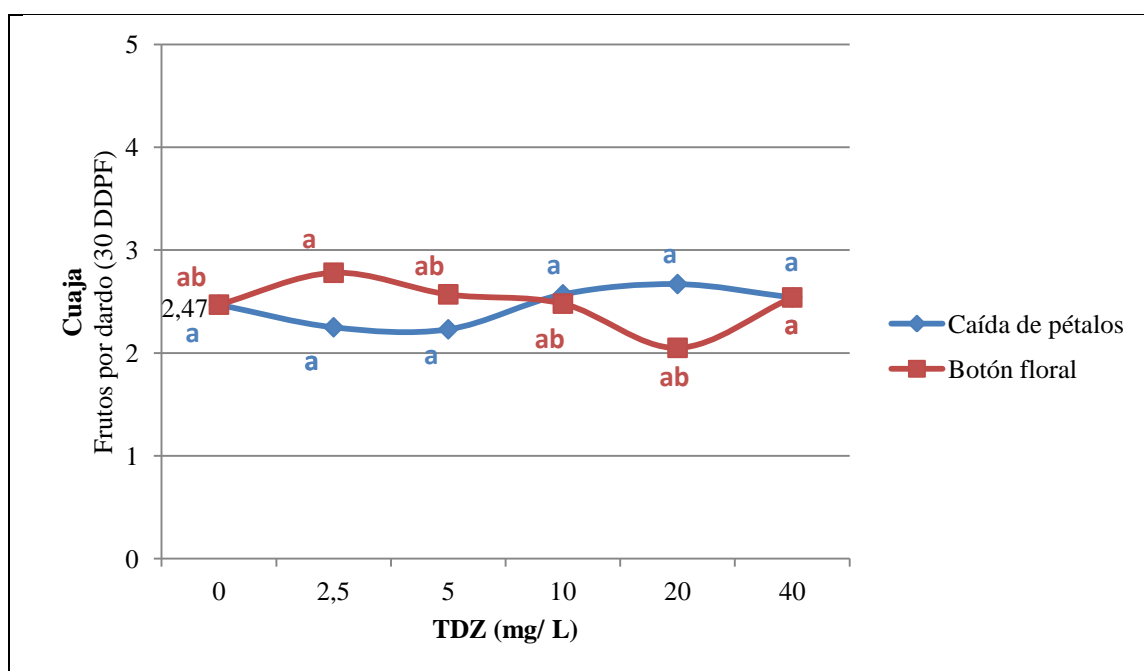


Figura 7. Cuaja, en frutos por dardo, 30 DDPF, para concentraciones crecientes de TDZ aplicado en estado de caída de pétalos y botón floral, sobre almendros 'Carmel', Punitaqui, Región de Coquimbo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según test LSD Fischer al 5% nivel de significancia.

El mayor porcentaje de cuaja posible en almendros se debe lograr con la polinización del 100% de las flores y depende de varios factores, tales como, la perfecta coincidencia de la floración entre las variedades plantadas, la correcta distribución de los polinizantes, la efectiva polinización a través de las abejas y el clima durante la floración (Connell, 2000; Socias i Company et al., 1994; Sotomayor, 2001). Durante este ensayo, la polinización no fue un factor que afectó a la cuaja, puesto que se presentó una alta proporción de frutos cuajados por dardo a los 15 DDPF (figuras 8 y 9), indicando que la distribución de las colmenas y las temperaturas durante la floración permitieron la polinización de las flores, ya que, la temperatura promedio de los días durante el tiempo de floración (1 al 20 de agosto) fue de 19,1 °C. Al respecto, Thorp (1996) indica que las abejas comienzan a volar con temperaturas sobre los 12,8 °C. Además, temperaturas entre 15 y 21°C permiten una correcta germinación del polen (Santibáñez y Uribe, 2001).

Una vez que ocurre la cuaja, los frutos continúan su desarrollo hasta alcanzar la madurez, pero no todos los frutos maduran, pues existen varias caídas naturales de frutos durante su desarrollo (Razeto, 2006). En el caso del almendro, primero caen las flores y frutos no fecundados, posteriormente los frutos débiles, entre 21 y 30 DDPF, y finalmente, los frutos bien formados, pero débiles en competencia con otros frutos (Gil, 2006). La magnitud de estas caídas en almendras puede ser resultado de malos manejos y condiciones ambientales desfavorables, como heladas (Kester et al., 1996). Una vez que la flor inicia el crecimiento del ovario, promovida por las hormonas vegetales, la capacidad de la planta para nutrirlo y la competencia entre órganos en desarrollo determinan el número final de frutos que alcancen la madurez (Agustí, 2008). En este ensayo, se observa que ningún tratamiento incremento la retención de fruta (figuras 8 y 9).

También, el estado nutritivo de los tejidos vegetales puede ejercer una gran influencia en la capacidad de éstos para evitar la congelación, siendo afectados por la carga frutal del árbol (Chaar, 2013). En las figuras 8 y 9, se puede observar que en los tratamientos que tenían mayor carga frutal (frutos por dardo) a los 15 DDPF son los que fueron mayormente afectados por el daño provocado por la helada, ya que en el conteo realizado posterior a ésta (50 DDPF) presentaron una menor cantidad de frutos retenidos.

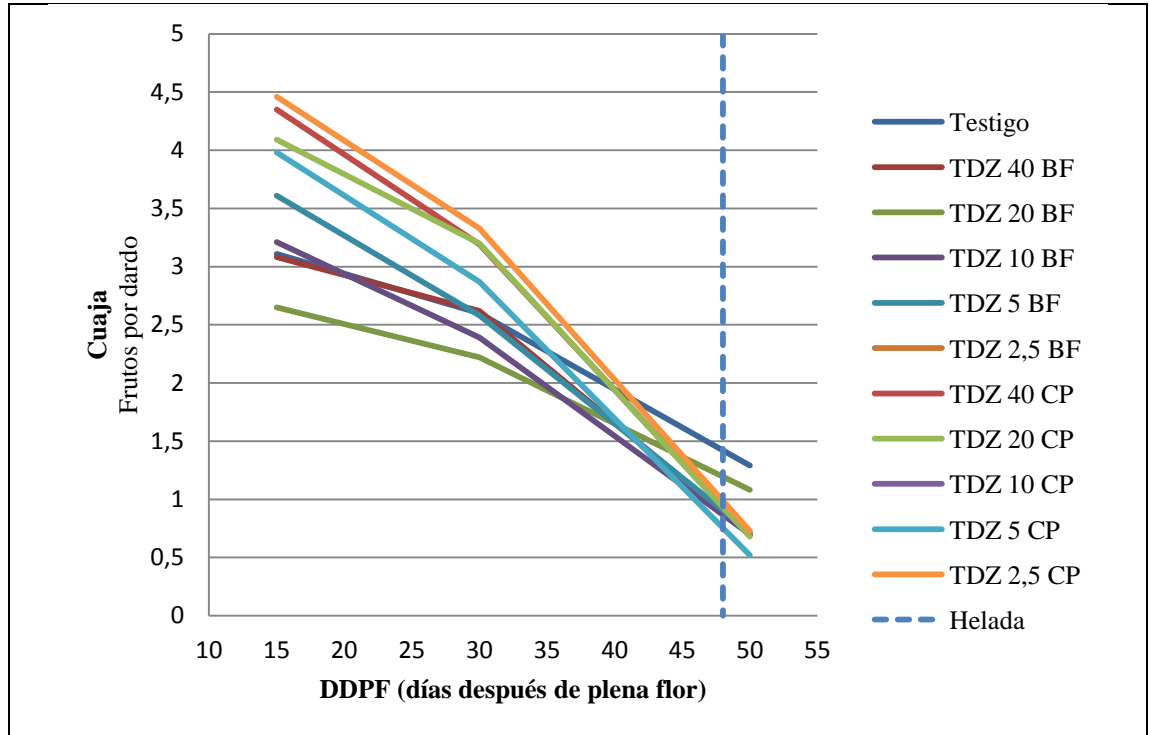


Figura 8. Frutos retenidos en función del tiempo, en los distintos tratamientos de TDZ aplicados sobre almendros 'Nonpareil' en Punitaqui, Región de Coquimbo.

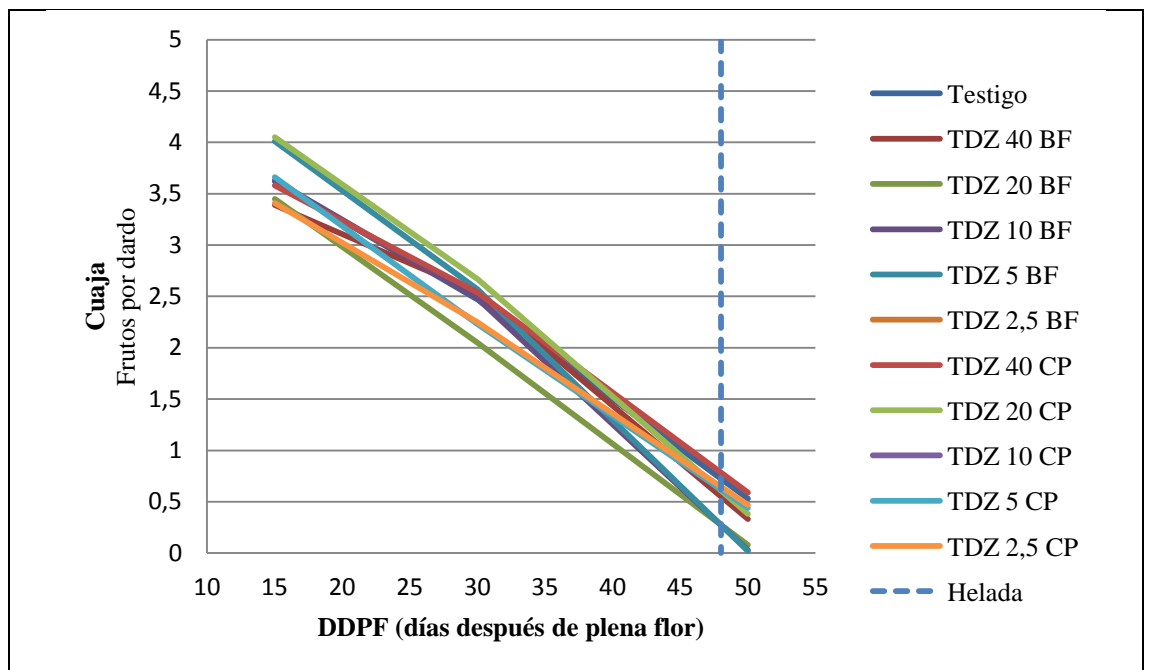


Figura 9. Frutos retenidos en función del tiempo, en los distintos tratamientos de TDZ aplicados sobre almendros 'Carmel' en Punitaqui, Región de Coquimbo.

Producción y productividad

El éxito económico de una plantación de almendro está determinado por la producción de semillas y la calidad de ellas, características fuertemente influenciadas por la variedad y las condiciones de crecimiento (Martínez-García et al., 2010). Así, el rendimiento (kg de semilla por ha) es función del número de almendras por dardo o brote, determinado por la floración, polinización y cuaja; el número de centros frutales, determinado por el crecimiento y la mortalidad de los dardos y brotes; y el peso de las semillas (Kester et al., 1996). Por ello, Hill et al. (1987) sugieren que para comparar rendimientos en almendro se debe considerar factores como la diferencia de tamaño entre los árboles, cuaja y número de flores. Cuando estos dos últimos valores son constantes, una medida significativa para comparar rendimiento es el número de almendras por cm^2 de ASTT.

Nonpareil

Respecto de la producción por árbol (kg de semilla por árbol), se obtuvo diferencias significativas entre las distintas concentraciones de TDZ aplicadas, pero todos los tratamientos presentaron rendimientos promedio por árbol significativamente menores al testigo (5,56 kg), excepto el tratamiento TDZ 40 CP (4,7 kg), en el que no hubo diferencias estadísticamente significativas con el testigo (Figura 10).

Respecto de productividad, cuando se normalizó en función del ASTT, el testigo y el tratamiento TDZ 40 BF presentaron las medias más altas de $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ de ASTT (43,97 y 39,02; respectivamente), sin diferencias significativas entre ellos, pero sí con los demás tratamientos. Al comparar productividad en función de la radiación interceptada, expresada como $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ de PAR_i , las medias más altas correspondieron a los tratamientos TDZ 2,5 CP (0,72); testigo (0,68) y TDZ 5 CP (0,63). Esto indica, que en los resultados de producción, al eliminar el efecto del tamaño del árbol, existieron diferencias significativas, especialmente de los árboles del tratamiento testigo respecto de los tratamientos (Figura 11).

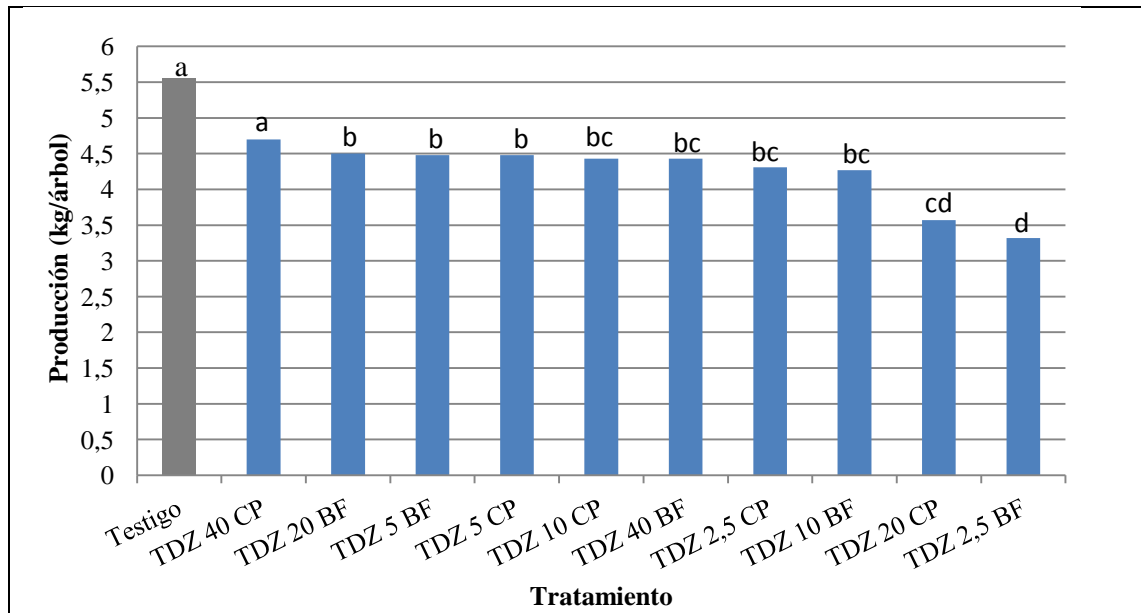


Figura 10. Producción de almendras por árbol para las distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Nonpareil'. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

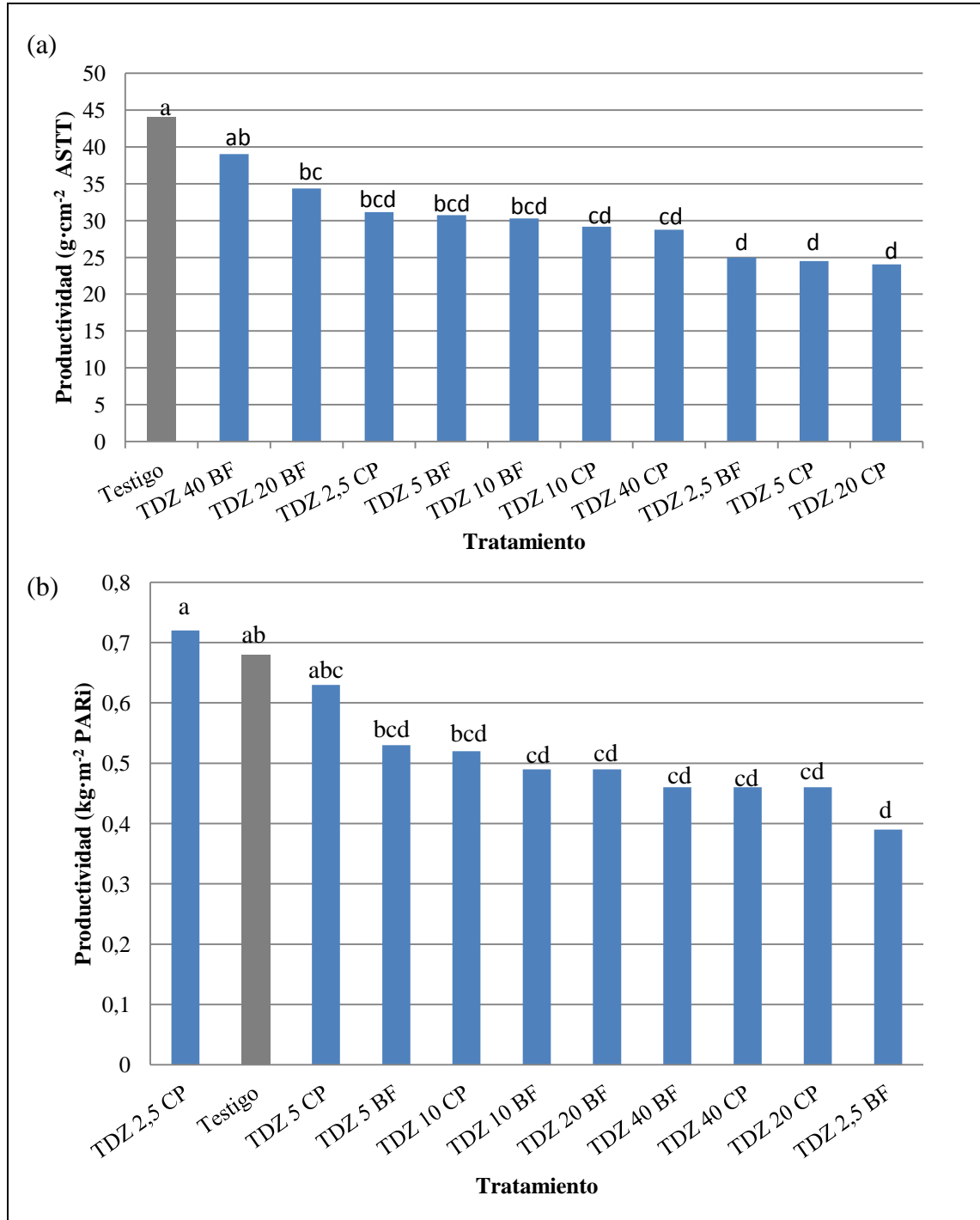


Figura 11. Productividad expresada en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ASTT (a) y $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ PARI (b), para distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Nonpareil'. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

Carmel

El tratamiento TDZ 10 BF no se pudo analizar, dado que la helada produjo la caída del 100% de los frutos en los árboles del ensayo.

Respecto de la producción por árbol (kg de semilla por árbol), se obtuvo diferencias significativas entre las distintas concentraciones de TDZ aplicadas, pero todos los tratamientos presentaron rendimientos por árbol significativamente menores al testigo (8,34 kg), excepto el tratamiento TDZ 40 BF (8,81 kg), en el que no hubo diferencias estadísticamente significativas con el testigo (Figura 12).

Respecto de la productividad, cuando se normalizó en función del ASTT y por radiación interceptada, se obtuvo diferencias significativas entre las distintas concentraciones de TDZ aplicadas, siendo el testigo la media más alta (82,37 g·cm⁻² de ASTT y 1,42 kg·m² de *PARi*) (Figura 13). Así, los resultados de producción, eliminando el efecto del tamaño del árbol, muestran que las diferencias significativas del tratamiento testigo se mantienen.

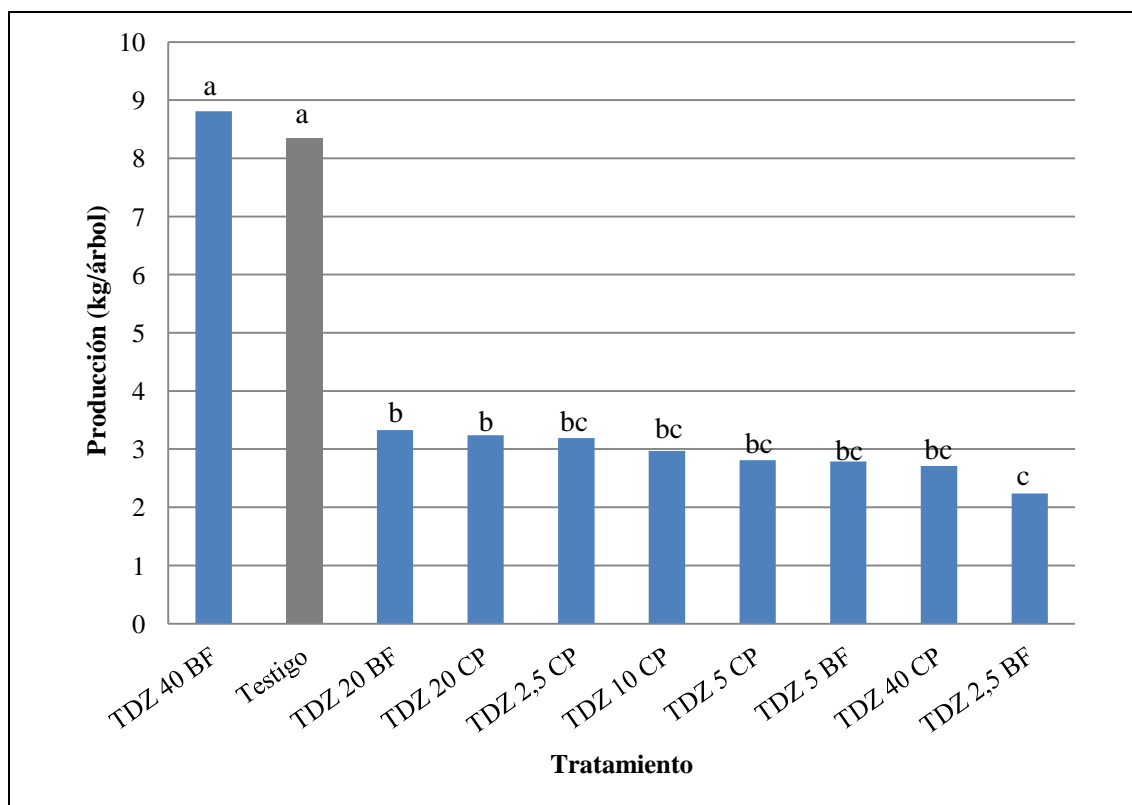


Figura 12. Producción de almendras por árbol para las distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Carmel'. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

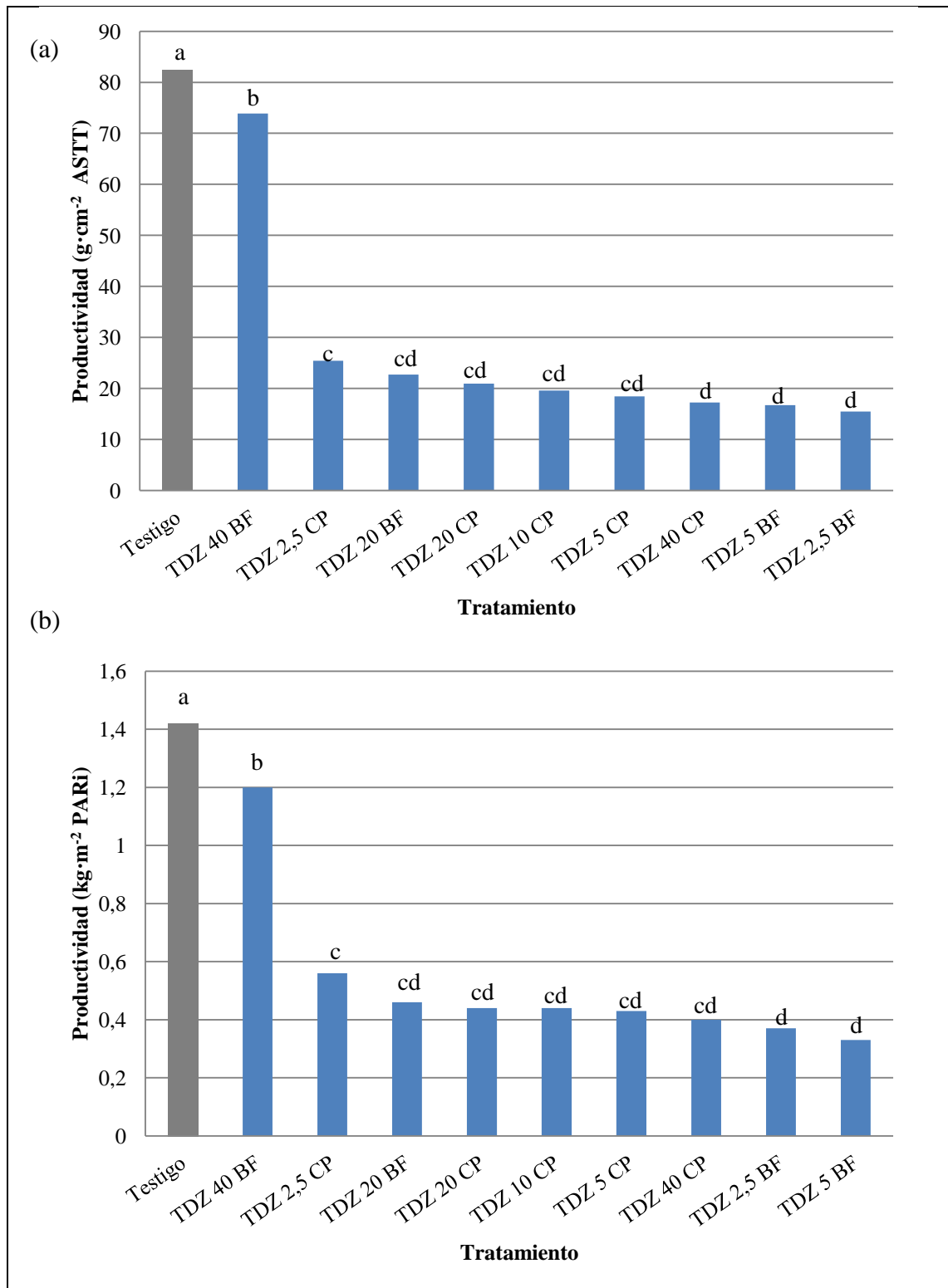


Figura 13. Productividad promedio expresada en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ASTT (a) y $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ PARI (b) de las distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Carmel'. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

Efecto de la carga frutal sobre la productividad

Nonpareil

Respecto de la carga frutal, expresada como frutos por árbol, frutos por cm^2 de ASTT y frutos por m^2 de *PARi*, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, siendo el testigo el que presentó la media más alta en las tres expresiones de carga frutal evaluadas. Los tratamientos TDZ 2,5 CP, TDZ 5 CP y testigo, cuando fueron evaluados según número de frutos por m^2 de *PARi*, presentaron las medias más altas, con diferencias significativas respecto de los demás tratamientos (Figura 14). Estos resultados explican que la diferencias productivas están asociadas a la carga frutal de los árboles, ya que, al realizar una regresión lineal entre la carga frutal, expresada como frutos por m^2 de *PARi* y frutos por cm^2 de ASTT, se observa una relación lineal positiva, con coeficientes de determinación 0,987 y 0,984; respectivamente (Figura 15).

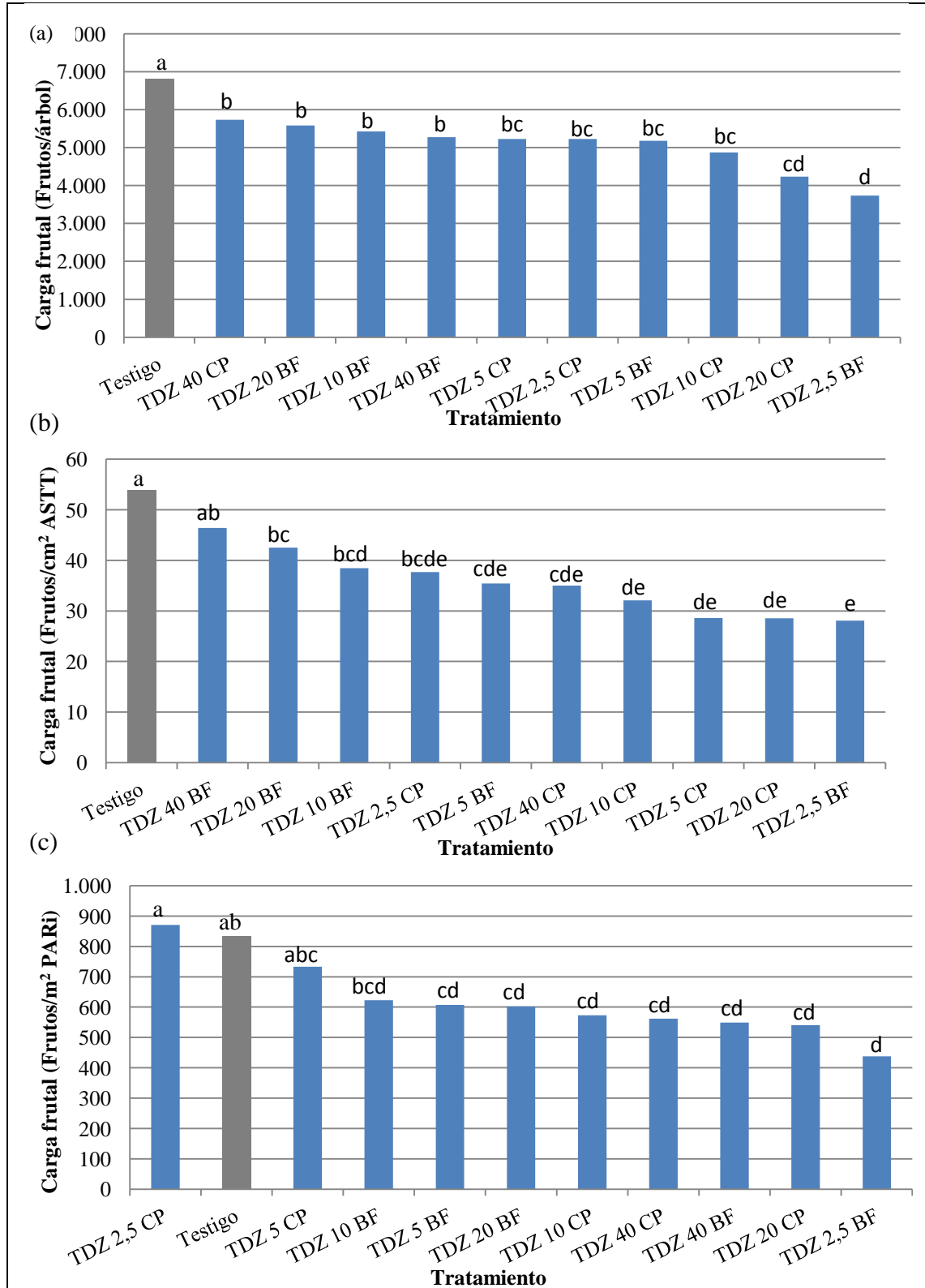


Figura 14. Carga frutal, expresada como frutos por árbol (a), frutos por cm² de ASTT (b) y frutos por m² de *PARi* (c), para distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Nonpareil'. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

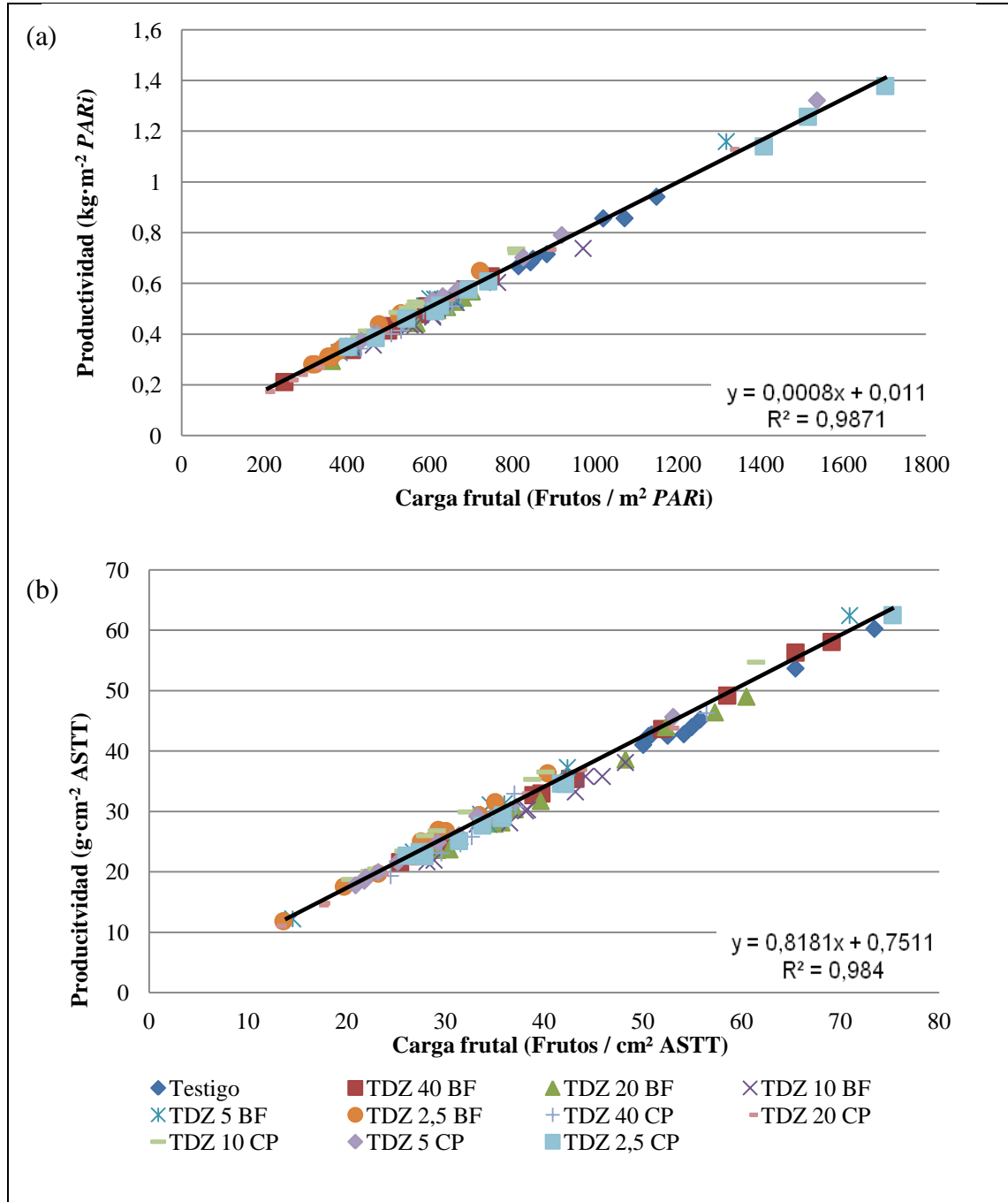


Figura 15. Productividad como función de la carga frutal, expresada como frutos por m^2 de *PARi* (a) y frutos por cm^2 de *ASTT* (b), para distintos tratamientos de TDZ aplicados sobre almendros 'Nonpareil'.

Para descartar el efecto de la carga frutal sobre la producción y productividad, se realizó un análisis de covarianza; la carga frutal resultó ser significativa como covarianza, expresada como número de frutos por árbol, número de frutos por cm^2 de *ASTT* y número de frutos por m^2 de *PARi* (Cuadro 5). Además, se observó que no existió relación entre la carga frutal y el peso de la semilla (g), concluyendo que el peso de la semilla fue independiente de ésta, ya que no se afectó por su variación, presentando un coeficiente de determinación muy bajo ($R^2=0,05$) (Figura 16). Estos

resultados coinciden con los obtenidos por Robles (2012), quien analizó el efecto de la carga frutal sobre la productividad y peso de la semilla de distintas variedades de almendro.

En este caso, el tratamiento TDZ 10 CP presentó la media más alta de producción y productividad, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción por árbol y productividad, expresada en función del ASTT y por unidad de radiación solar interceptada, para las distintas concentraciones de TDZ aplicados sobre almendros 'Nonpareil'.

Tratamiento	Producción por árbol		Productividad			
	kg por árbol		g por cm ² de ASTT		kg por m ² de PAR _i	
Testigo	4,20	fg*	29,58	g	0,51	f
TDZ 40 BF	4,37	de	30,96	ef	0,53	de
TDZ 20 BF	4,18	g	29,62	g	0,51	f
TDZ 10 BF	4,08	h	29,02	g	0,49	g
TDZ 5 BF	4,51	bc	32,05	bc	0,55	b
TDZ 2,5 BF	4,57	b	32,60	b	0,55	b
TDZ 40 CP	4,25	fg	30,43	f	0,52	ef
TDZ 20 CP	4,39	d	31,21	de	0,53	cd
TDZ 10 CP	4,72	a	33,34	a	0,57	a
TDZ 5 CP	4,46	cd	31,65	cd	0,54	bc
TDZ 2,5 CP	4,30	ef	30,51	f	0,51	f
Coefficiente covarianza	0,001 ^s		0,85 ^s		0,001 ^s	
Covarianza	Frutos por árbol		Frutos por cm ² ASTT		Frutos por m ² de PAR _i	

(*) Valores promedio ajustados por análisis de covarianza. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, con prueba de comparación múltiple LSD Fischer.

(^s) Coeficiente de covarianza significativo ($p < 0,05$).

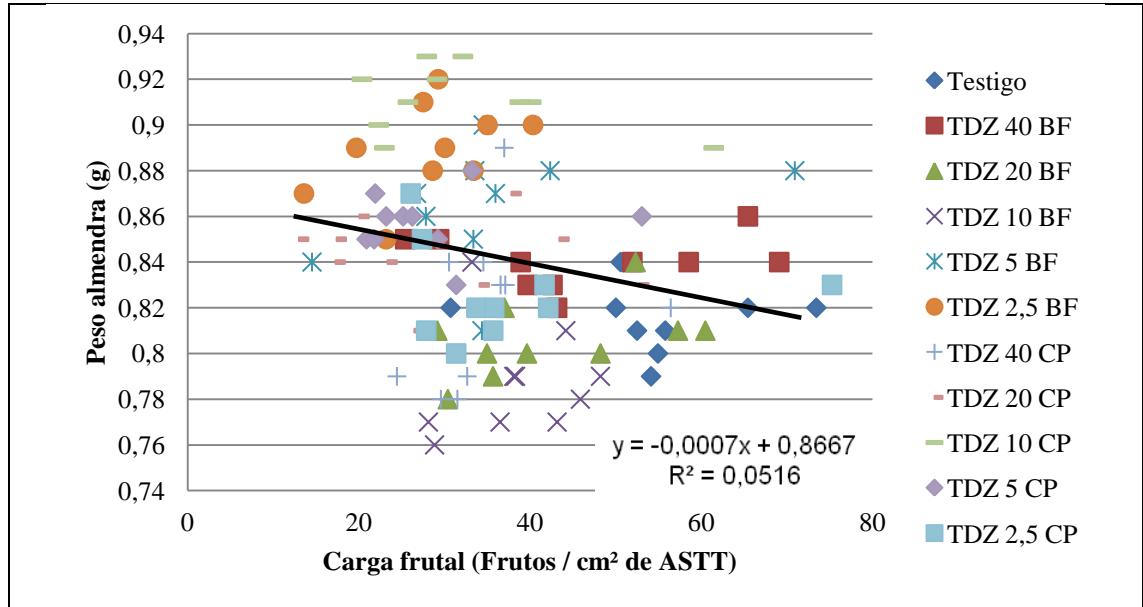


Figura 16. Relación entre la carga frutal, en frutos por cm^2 de ASTT, y el peso de la semilla (g), para distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Nonpareil'.

Carmel

Respecto de la carga frutal, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento testigo presentó la media más alta, expresada como número de frutos por cm^2 de ASTT y frutos por m^2 de *PARi*. En la carga frutal expresada como número de frutos por árbol, el tratamiento TDZ 40 BF presentó la media más alta, sin diferencias significativas con el tratamiento testigo; ambos se diferenciaron significativamente de los demás tratamientos (Figura 17). Estos resultados explican que la diferencia productiva obtenida está asociada a la carga frutal de los árboles, ya que, al realizar una regresión lineal entre la carga frutal expresada como frutos por m^2 de *PARi* y frutos por cm^2 de ASTT, se observa una relación lineal positiva (Figura 18), con coeficientes de determinación 0,991 y 0,992; respectivamente.

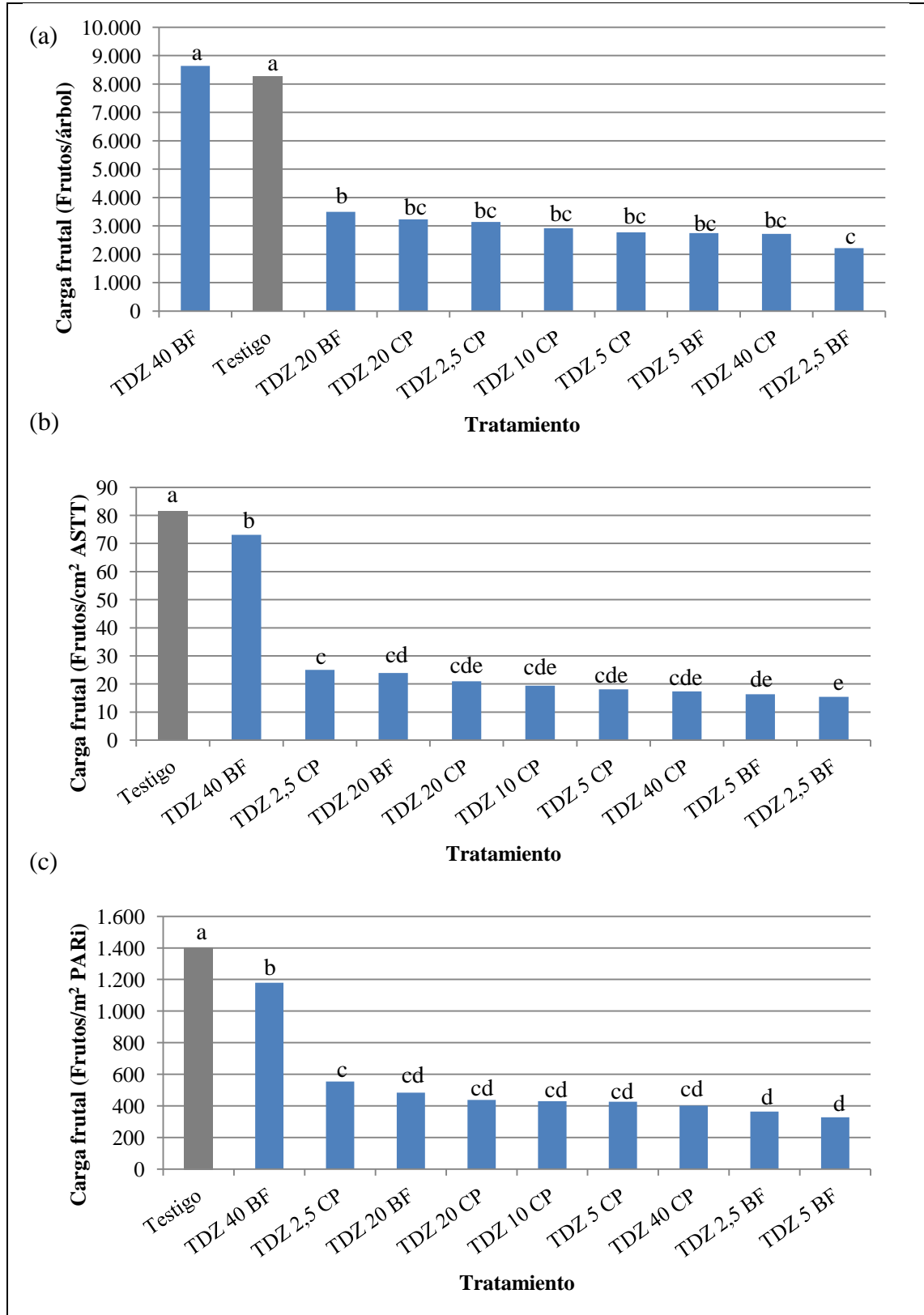


Figura 17. Carga frutal, expresada como frutos por árbol (a), frutos por cm² de ASTT (b) y frutos por m² de PARI (c), para distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Carmel'. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

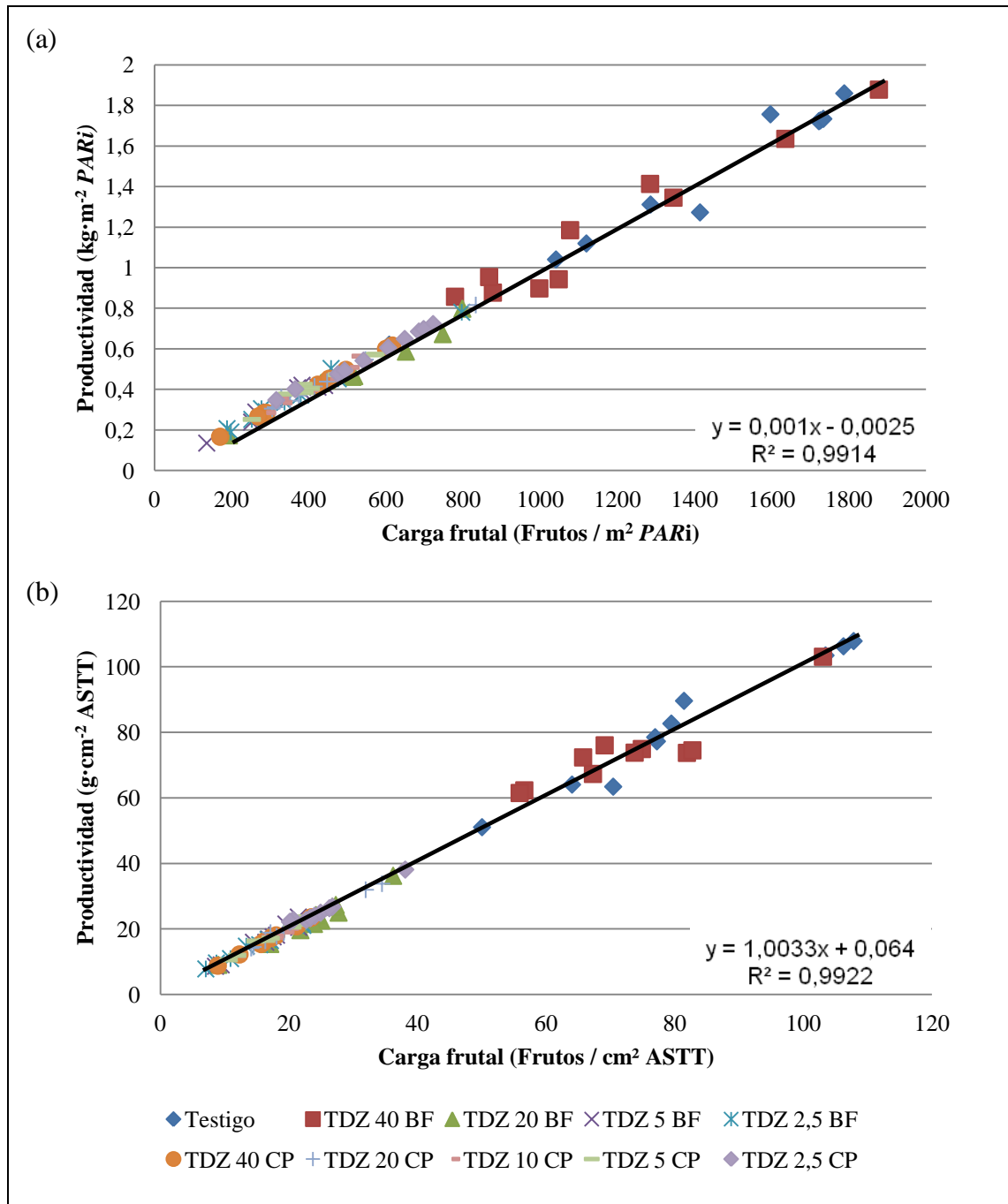


Figura 18. Productividad como función de la carga frutal, expresada como frutos por m^2 de *PARI* (a) y frutos por cm^2 de *ASTT* (b), para distintos tratamientos de TDZ aplicados sobre almendros 'Carmel'.

Para evaluar el posible efecto de la carga frutal sobre la producción y productividad, se realizó un análisis de covarianza, la que resultó ser significativa como covariable, expresada como número de frutos por árbol, número de frutos por cm^2 de *ASTT* y número de frutos por m^2 de *PARI* (Cuadro 6). Además, se observó que no existe relación entre la carga frutal y el peso de la semilla (g), concluyendo que el peso de la semilla es independiente de ésta, ya que no se afectó por su variación, presentando un coeficiente de determinación muy bajo ($R^2=0,0004$) (Figura 19).

Los tratamientos TDZ 40 BF y testigo presentaron las medias más altas de producción por árbol y productividad, sin presentar diferencias significativas entre ellos, pero sí, con el resto de los tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Producción por árbol y productividad expresada en función del ASTT y por unidad de radiación solar interceptada, para las distintas concentraciones de TDZ aplicados sobre almendros 'Carmel'.

Tratamiento	Producción por árbol		Productividad			
	kg por árbol		g por cm ² de ASTT		kg por m ² de PAR _i	
Testigo	4,10	a*	34,86	a	0,623	a
TDZ 40 BF	4,19	a	34,48	a	0,627	a
TDZ 20 BF	3,84	b	29,54	b	0,574	b
TDZ 5 BF	4,06	ab	30,56	b	0,604	ab
TDZ 2,5 BF	4,04	ab	30,20	b	0,602	ab
TDZ 40 CP	4,00	ab	30,19	b	0,597	ab
TDZ 20 CP	4,02	ab	30,52	b	0,599	ab
TDZ 10 CP	4,06	ab	30,65	b	0,605	ab
TDZ 5 CP	4,05	ab	30,68	b	0,606	ab
TDZ 2,5 CP	4,07	ab	31,16	b	0,607	ab
Coefficiente covarianza	0,01 ^s		0,94 ^s		0,001 ^s	
Covarianza	Frutos por árbol		Frutos por cm ² ASTT		Frutos por m ² de PAR _i	

(*) Valores promedio ajustados por análisis de covarianza. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, con prueba de comparación múltiple LSD Fischer.

(^s) Coeficiente de covarianza significativo ($p < 0,05$).

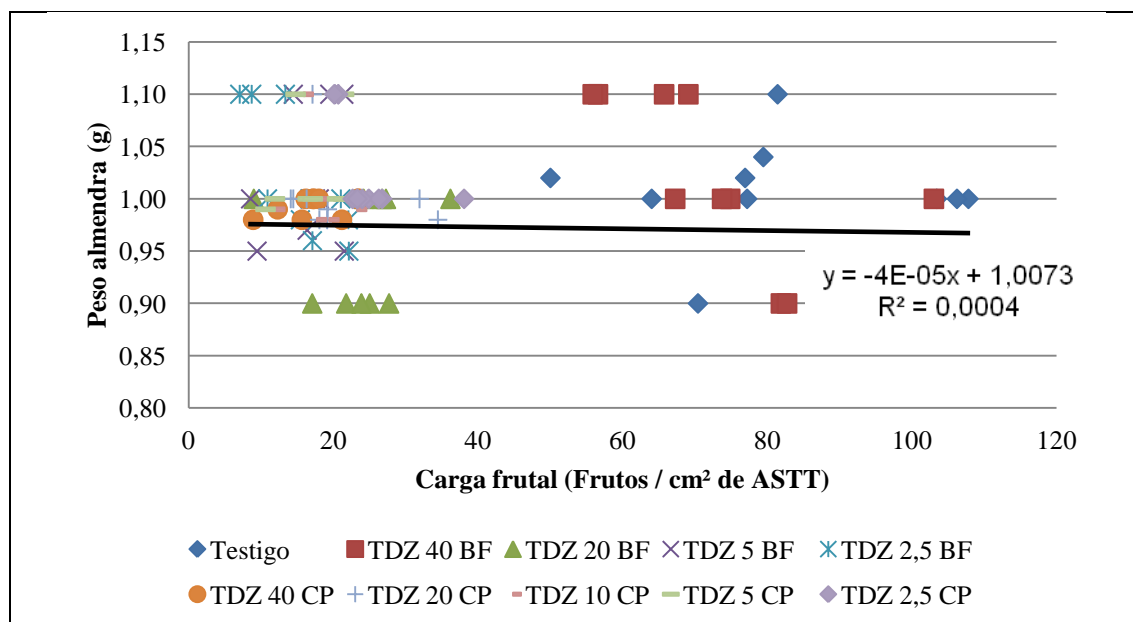


Figura 19. Relación entre la carga frutal (número de frutos por cm² de ASTT) y el peso de la semilla (g), de las distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Carmel'.

Calidad del fruto

El valor de la producción de almendro no sólo está basado en el rendimiento, sino también en la calidad de las semillas producidas. Esto implica considerar diferentes aspectos, tales como, dimensiones de la semilla, pues las más pequeñas son consideradas de menor calidad; proporción de semillas dobles y con defectos, presencia de gomosis y, también, la composición (proteínas, azúcar y contenido graso) (Nanos et al., 2002; Kodad y Socias, 2006).

Nonpareil

Características de la semilla. El tratamiento TDZ 10 CP presentó el mayor peso de semilla (0,91 g) y, a la vez, presentó mayor largo y ancho, 20,63 y 11,56 mm, respectivamente. Estos valores se diferencian significativamente del resto de los tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Dimensiones de la semilla y peso de ésta, para las distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Nonpareil'.

Tratamiento	Peso semilla	Dimensiones semilla						
		Largo		Ancho		Espesor		
	g	mm						
Testigo	0,82	e*	19,06	ef	11,19	e	7,30	g
TDZ 40 BF	0,84	d	18,40	h	11,35	cde	8,13	a
TDZ 20 BF	0,80	e	18,97	efg	11,28	de	7,70	cd
TDZ 10 BF	0,79	f	18,77	g	11,27	de	7,58	de
TDZ 5 BF	0,86	c	19,36	d	11,42	abcd	7,72	c
TDZ 2,5 BF	0,89	b	19,25	de	11,42	bcd	7,98	b
TDZ 40 CP	0,82	e	19,40	d	11,61	a	7,57	ef
TDZ 20 CP	0,84	d	18,84	fg	11,17	e	7,72	c
TDZ 10 CP	0,91	a	20,63	a	11,56	ab	7,97	b
TDZ 5 CP	0,86	c	20,15	b	11,61	a	7,46	f
TDZ 2,5 CP	0,83	e	19,74	c	11,48	abc	7,52	ef

* Medias. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

Respecto de las dimensiones, estos resultados son esperables, ya que globalmente se puede observar que las características que más determinan el peso de la semilla son el largo y ancho de ésta (Cuadro 8). Además, el tratamiento TDZ 10 CP presentó la mejor distribución de calibre, con un 47% de almendras 27/30 (27 a 30 unidades por onza); el testigo sólo presentó un valor de 6% de éste calibre (Figura 20).

Cuadro 8. Asociación entre las dimensiones de la semilla (mm) y el peso de ésta (g), en almendros 'Nonpareil'.

Asociación entre las dimensiones y peso de la semilla	Pearson (r)
Largo – peso	0,68
Ancho – peso	0,69
Espesor – peso	0,45

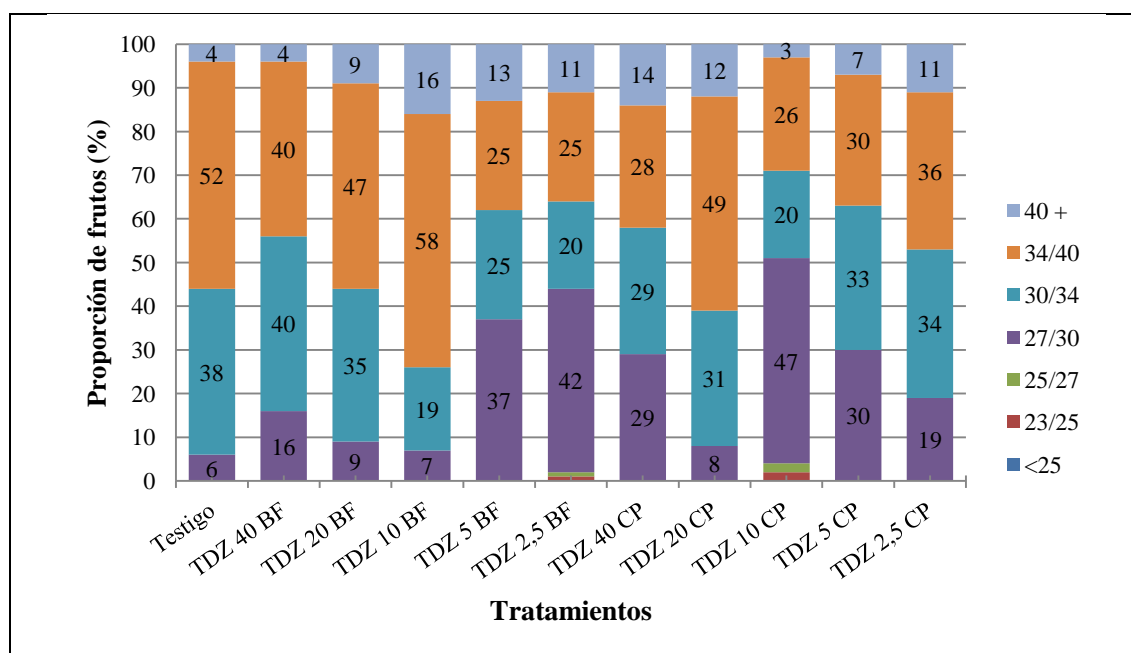


Figura 20. Distribución de calibres comerciales (unidades de semilla por onza) para distintos tratamientos de TDZ aplicadas sobre almendros 'Nonpareil'.

Al respecto, Gil (2006) señala que el tamaño de la almendra o semilla queda determinado 3 meses después de la floración, y el peso a los 3 meses posteriores a éstos, siendo ambas características determinadas por la condición hídrica y nutritiva del árbol. El tamaño final del fruto depende del número de células presentes en la cuaja y el número de divisiones celulares que ocurren posteriormente, y la magnitud de la expansión celular (Flaishman et al. 2000; Brown y Woolley, 2010); las divisiones están influenciadas especialmente por las citoquininas (Looney, 1993). Al observar la respuesta a concentraciones crecientes de TDZ aplicado en caída de pétalos, se puede asociar que el peso obtenido de la semilla está relacionado con la aplicación del regulador de crecimiento, dado que posee una curva característica de respuesta a éste, a medida que aumenta la concentración, aumenta el peso de la semilla hasta llegar a un máximo ($10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de TDZ), donde comienza a disminuir el peso de ésta. La curva cuando se aplicó TDZ en botón floral no se puede asociar a la respuesta de un regulador de crecimiento (Figura 21). Además, la aplicación se realizó en caída de pétalos, posterior a la polinización y cuaja, momento en que se determina el tamaño de la semilla del fruto del almendro, debido a la influencia de las citoquininas en la división celular (Looney, 1993).

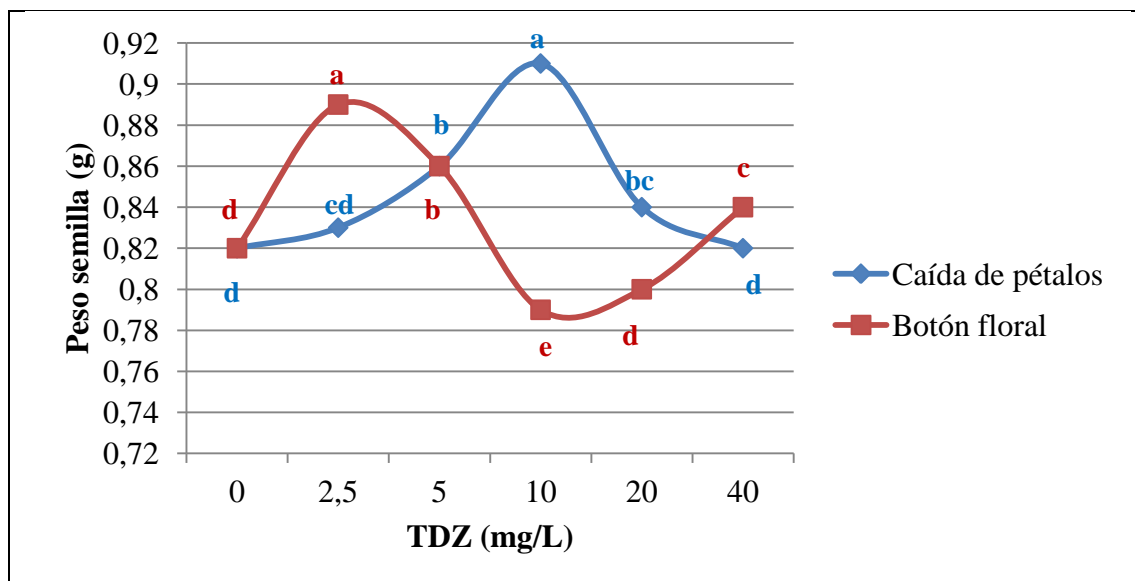


Figura 21. Peso de semilla (g) en función de la concentración creciente de TDZ aplicado en caída de pétalos y botón floral, sobre almendros variedad Nonpareil en Punitaqui, Región de Coquimbo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según test LSD Fischer al 5% nivel de significancia.

Respecto del peso, Asai et al. (1996) señalan que el peso de semilla de almendros 'Nonpareil' es de 1,22 g, valor más alto respecto de la media obtenida en el tratamiento TDZ 10 CP (0,91 g). En relación a esto, Barceló et al. (1992) señalan que la temperatura controla la velocidad de las reacciones enzimáticas que intervienen directamente o indirectamente en el proceso de crecimiento, pudiendo eventualmente asociarse a la helada ocurrida.

El 100% de las semillas de todos los tratamientos aplicados se pueden clasificar como redondas globosas, en base a la clasificación descrita por Montero (1993).

Defectos. El tratamiento TDZ 10 CP presentó la menor proporción total (6,2%) y el tratamiento testigo la mayor (7,8%), siendo en ambos casos el mayor defecto la presencia de semillas vanas o parcialmente llenas (Cuadro 9). Respecto a esto, Kester et al. (1996) señalan que plantas de almendro sometidas a estrés, debido a falta de humedad o daños al follaje, pueden resultar en un menor desarrollo del embrión resultando finalmente en semillas parcialmente llenas.

El tratamiento con mayor presencia de semillas dobles fue TDZ 5 CP (4,2%) y el menor TDZ 5 BF (2,9%) (Cuadro 9), Pimienta y Polito (1982) señalan que la presencia de semillas dobles se debe a que se fecundaron y desarrollaron ambos óvulos de la flor; generalmente, el óvulo secundario aborta y se degenera durante la polinización de la flor y la fecundación del óvulo primario. Algunas variedades nunca producen semillas dobles y las que producen varían la incidencia de este defecto dependiendo de la temporada y zona donde se cultivan. También, diversos autores señalan que la presencia de semillas dobles se debe a bajas temperaturas antes de floración, puesto que en lugares más fríos existe mayor incidencia (Martínez-García et al., 2014).

La presencia de gomosis fue el defecto con menor incidencia, el tratamiento TDZ 5 BF (0,5%) y los tratamientos TDZ 5 y 2,5 CP (0,1%) presentaron este defecto (Cuadro 9).

Todos los tratamientos evaluados se pueden categorizar como almendra tipo “Supreme” ó US N° 1, puesto que presentaron menos de un 10% de almendras dobles y menos de un 20% de semillas con defectos. Los tratamientos TDZ 5 BF, TDZ 2,5 BF, TDZ 10 CP, TDZ 5 CP y TDZ 2,5 CP corresponden a la categoría comercial US EXTRA N° 1, puesto que presentaron valores menores al 3% de presencia de semillas dobles (USDA, 1997).

Cuadro 9. Proporción de semillas con defectos, para las distintas concentraciones de TDZ aplicados sobre almendros 'Nonpareil'.

Tratamiento	Vanas	Dobles	Gomosis	Total con defectos
			%	
Testigo	4,4	3,4	0	7,8
TDZ 40 BF	4,3	3,4	0	7,7
TDZ 20 BF	3,6	3,6	0	7,2
TDZ 10 BF	4,7	3,3	0	8
TDZ 5 BF	3,7	2,1	0,5	6,3
TDZ 2,5 BF	4,9	2,5	0	7,4
TDZ 40 CP	4,3	3,0	0	7,3
TDZ 20 CP	3,8	3,3	0	7,1
TDZ 10 CP	4,0	2,2	0	6,2
TDZ 5 CP	4,2	2,8	0,1	7,1
TDZ 2,5 CP	3,9	3,0	0,1	7

Rendimiento de pepa. No existieron diferencias entre los tratamientos y el testigo, en la relación entre el peso de la semilla y el peso de la semilla más endocarpo (Cuadro 10), por lo tanto, la citoquinina estaría influyendo sobre el desarrollo de la semilla y del endocarpo.

Cuadro 10. Relación entre el peso de la semilla y el peso de la semilla más endocarpo, para las distintas concentraciones de TDZ aplicados sobre almendros 'Nonpareil'.

Tratamiento	Rendimiento de pepa semilla / semilla + endocarpo	
	%	
Testigo	60,99	ab*
TDZ 40 BF	61,69	a
TDZ 20 BF	60,62	ab
TDZ 10 BF	61,64	a
TDZ 5 BF	60,03	ab
TDZ 2,5 BF	60,30	ab
TDZ 40 CP	60,84	ab
TDZ 20 CP	61,33	ab
TDZ 10 CP	60,93	ab
TDZ 5 CP	60,94	ab
TDZ 2,5 CP	59,82	b

* Medias. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

Carmel

Características de la semilla. Los tratamientos TDZ 40 BF y TDZ 2,5 BF presentaron mayor peso de semilla (1,03 g ambas), pero sin diferencias significativas con el tratamiento testigo (Cuadro 11). No se presentó una curva de respuesta a un regulador de crecimiento en ninguno de los estados aplicados (Figura 22). La distribución de calibre fue homogénea para todos los tratamientos, concentrándose principalmente en el calibre 27/30 (Figura 23). Al igual que en la variedad Nonpareil, las características que más determinaron el peso de la semilla, fueron el largo y ancho (Cuadro 12).

Cuadro 11. Dimensiones de la semilla y peso de ésta, para las distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Carmel'.

Tratamiento	Peso semilla g	Dimensiones semilla mm					
		Largo		Ancho		Espesor	
Testigo	1,01 ab*	21,86	cde	11,82	b	8,35	abc
TDZ 40 BF	1,03 a	22,14	bc	11,84	b	8,34	bcd
TDZ 20 BF	0,95 c	21,51	ef	11,42	d	8,06	f
TDZ 5 BF	1,02 a	21,97	cd	12,06	a	8,19	def
TDZ 2,5 BF	1,03 a	22,36	ab	11,92	ab	8,15	ef
TDZ 40 CP	0,99 b	21,63	def	11,60	cd	8,36	abc
TDZ 20 CP	1,00 ab	21,38	f	11,46	cd	8,51	a
TDZ 10 CP	1,02 ab	21,73	def	11,51	cd	8,46	ab
TDZ 5 CP	1,02 ab	21,67	def	11,58	cd	8,35	bcd
TDZ 2,5 CP	1,02 a	22,69	a	11,62	c	8,24	cde

* Medias. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

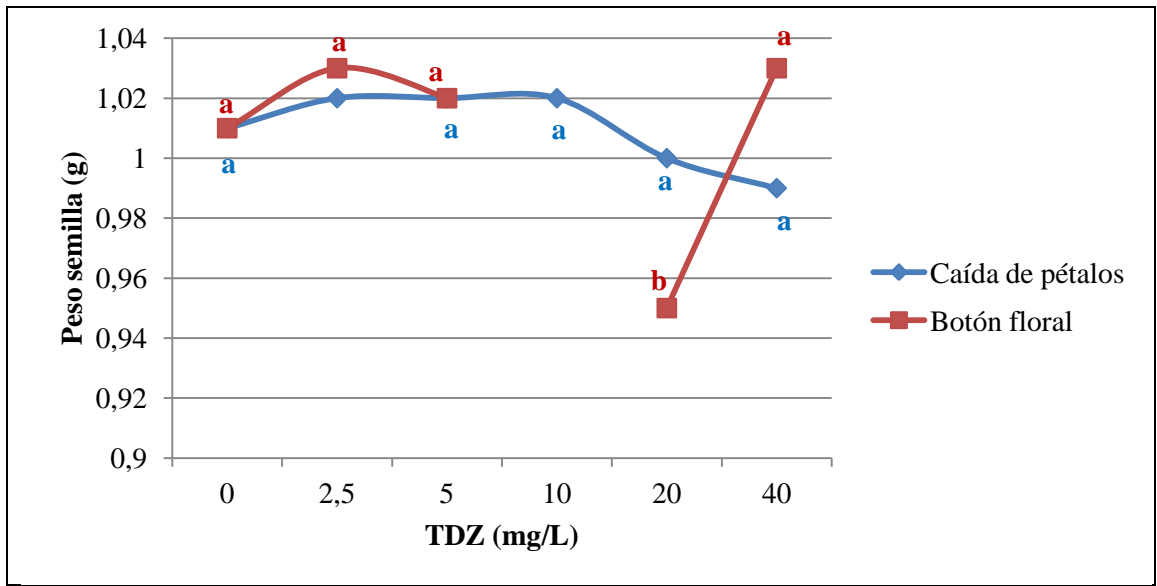


Figura 22. Peso de semilla (g) en función de la concentración creciente de TDZ aplicado en caída de pétalos y botón floral, sobre almendros variedad Carmel en Punitaqui, Región de Coquimbo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según test LSD Fischer al 5% nivel de significancia.

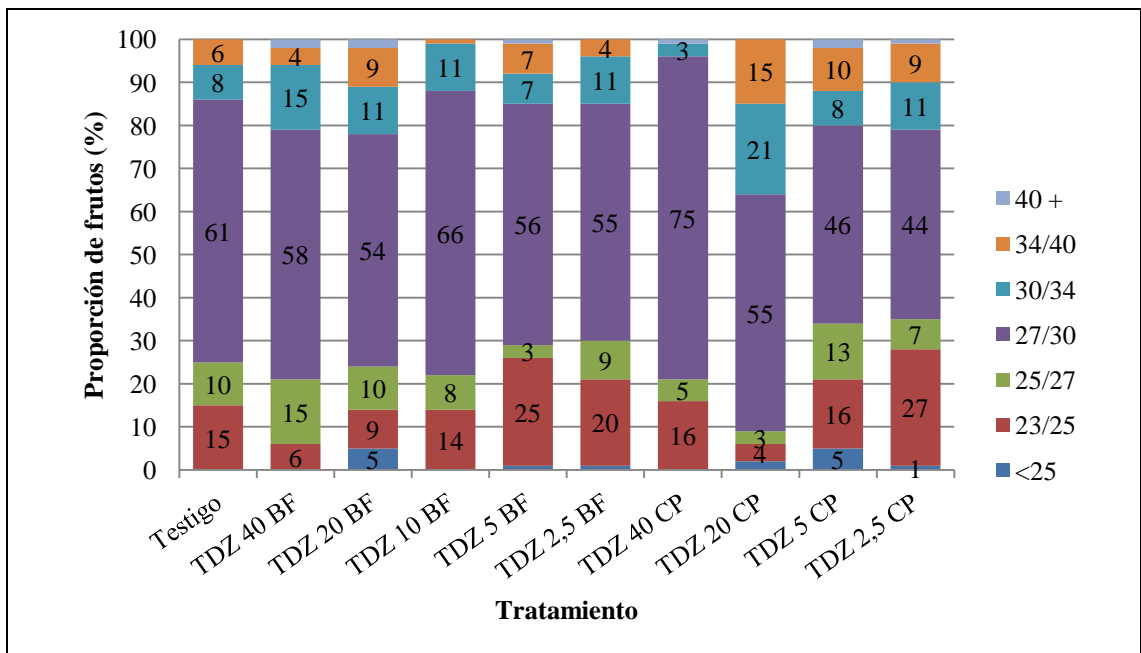


Figura 23. Distribución de calibres comerciales (unidades de semilla por onza) para distintos tratamientos de TDZ aplicadas sobre almendros 'Carmel'.

Cuadro 12. Asociación entre las dimensiones de la semilla (mm) y el peso de ésta (g), en almendros 'Carmel'.

Asociación entre las dimensiones y peso de la semilla	Pearson (r)
Largo – peso	0,70
Ancho – peso	0,63
Espesor – peso	0,44

Respecto de la forma de la semilla (Montero, 1993), se obtuvieron dos formas; la principal fue “redonda globosa” y un porcentaje menor “estrecha y larga globosa”, pero no se puede asociar un cambio de la forma de la semilla a la aplicación de TDZ, dado que el testigo también presentó esa variabilidad (Cuadro 13).

Cuadro 13. Clasificación de las semillas, para las distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Carmel', en base a la clasificación descrita por Montero (1993).

Tratamiento	Proporción	
	Redonda globosa	Estrecha y larga globosa
	%	
Testigo	86	14
TDZ 40 BF	92	8
TDZ 20 BF	83	17
TDZ 5 BF	92	8
TDZ 2,5 BF	89	11
TDZ 40 CP	87	13
TDZ 20 CP	95	5
TDZ 10 CP	91	9
TDZ 5 CP	92	8
TDZ 2,5 CP	66	34

Defectos. Las semillas con defectos fueron entre 7,2 y 8,1%, siendo el tratamiento TDZ 20 BF el que presentó la menor proporción total de semillas defectuosas. El tratamiento TDZ 5 CP presentó la mayor proporción de semillas con defectos (Cuadro 14). Todos los tratamientos evaluados se pueden categorizar como almendra tipo “Supreme”, puesto que presentaron menos de un 10% de almendras dobles y menos de un 20% de semillas con defectos. Sólo el tratamiento TDZ 5 BF correspondió a la categoría comercial US EXTRA N° 1, puesto que presentó un 2,9% de semillas dobles (USDA, 1997).

Cuadro 14. Proporción de semillas con defectos, para las distintas concentraciones de TDZ aplicados sobre almendros 'Carmel'.

Tratamiento	Vanas	Dobles	Gomosis	Total semillas con defecto
	%			
Testigo	4,5	3,2	0,2	7,9
TDZ 40 BF	4,0	3,6	0	7,6
TDZ 20 BF	4,0	3,2	0	7,2
TDZ 5 BF	3,9	2,9	0,5	7,3
TDZ 2,5 BF	4,5	3,0	0,1	7,6
TDZ 40 CP	3,5	4,0	0,3	7,8
TDZ 20 CP	4,2	3,2	0	7,4
TDZ 10 CP	4,1	3,2	0	7,3
TDZ 5 CP	3,8	4,2	0,1	8,1
TDZ 2,5 CP	3,8	4,0	0	7,8

Rendimiento de pepa. No existieron diferencias entre los tratamientos con el testigo, en la relación entre el peso de la semilla y el peso de la semilla más endocarpo (Cuadro 15), por lo tanto, la citoquinina estaría influyendo sobre el desarrollo de la semilla y del endocarpo.

Cuadro 15. Relación entre el peso de la semilla y el peso de la semilla más endocarpo, para las distintas concentraciones de TDZ aplicadas sobre almendros 'Carmel'.

Tratamiento	Rendimiento de pepa	
	semilla / semilla + endocarpo	
	%	
Testigo	60,75	c*
TDZ 40 BF	61,54	abc
TDZ 20 BF	62,13	ab
TDZ 5 BF	61,73	abc
TDZ 2,5 BF	61,36	bc
TDZ 40 CP	62,44	a
TDZ 20 CP	61,91	ab
TDZ 10 CP	62,42	ab
TDZ 5 CP	61,69	abc
TDZ 2,5 CP	61,86	ab

* Medias. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), con prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, se puede concluir:

- La calidad de las flores no fue una limitante sobre la cuaja en las variedades Nonpareil y Carmel.
- La polinización fue efectiva y no fue una limitante sobre la cuaja de ambas variedades.
- La aplicación de TDZ en estado de botón floral ó caída de pétalos no incrementó la cuaja en ninguna de las concentraciones aplicadas sobre almendros 'Nonpareil' y 'Carmel'.
- La productividad es función lineal positiva de la carga frutal, expresada como número de frutos por cm^2 de ASTT ó número de frutos por m^2 de *PARi*.
- La carga frutal no afectó el peso de la semilla.
- En la variedad Nonpareil, la respuesta a la aplicación de distintas concentraciones de TDZ en caída de pétalos responde a una típica curva de respuesta a un fitorregulador.
- La aplicación de $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de TDZ en estado de caída de pétalos sobre almendros variedad Nonpareil permitió aumentar el tamaño de la semilla.
- En la variedad Carmel, no se observó una curva de respuesta a un fitorregulador en ninguna de las evaluaciones realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

Agustí, M. 2008. Crecimiento y maduración del fruto. (cap. 26, pp.419-433). En: Azcón-Bieto, J. y Talón, M (Eds.). Fundamentos de fisiología vegetal. 2a. ed. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana. 656p.

Ahumada, M. 2007. Descripción de la fenología y el desarrollo del fruto en dieciocho variedades de almendro. Memoria Ingeniero Agrónomo, Mención Fruticultura. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 47h.

Asai, W.; W. Micke; D. Kester; and D. Rough. 1996. The evaluation and selection of current varieties. (ch. 8, pp.52-60). In: Warren, M. (Ed.). Almond production manual. Davis, United States: Division of Agriculture and Natural Resources – University of California. 289p. (Publication 3364).

Barceló, J.; G. Nicolás; B. Sabater y R. Sánchez. 1992. Fisiología vegetal. 6a. ed. Madrid, España: Editorial Pirámides. 662p.

Bianchi, V.; C. Silveira; J. Faria; J. Fachinello and J. da Silva. 2000, Sept.-Dec. Fruit set increase in pear trees cultivar Garber with use of GA₃ and TDZ. *Revista Brasileira de Agrociencia*, 6(3): 191-193.

Brown, E. and D. Woolley. 2010. Timing of application and growth regulator interaction effects on fruit growth of two species of *Actinidia*. (pp.107-114). In: Costa, G. 11° International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production. Bologna, Italy. 762p.

Buban, T. 2003. Hormonal aspects of flower formation and fruit set. (ch. 2). In: Kozma, P.; J. Nyéki; M. Soltész and Z. Szabó (Eds.). Floral biology, pollination and fertilization in temperate zone fruit species and grape. Hungary: Akadémiai Kiadó. 621p.

Campoy, J.A.; J. Egea, and D. Ruiz. 2010, Jun. Effects of shading and thidiazuron + oil treatment on dormancy breaking, blooming and fruit set in apricot in a warm-winter climate. *Scientia Horticulturae*, 125(3): 203-210.

Chaar, J. 2013. Resistencia a heladas en plantas frutales. *Avances en investigación agropecuaria*, 17(3): 109-122.

CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), Chile. 1989. Requerimientos de clima y suelo: frutales de hoja caduca. Santiago, Chile. 79p. (Publicación CIREN N° 83).

Connell, J. 2000, Jan.-Mar. Pollination of almonds: practices and problems. *HortTechnology*, 10(1): 116-119.

- Flaishman, M.; A. Shargal and R. Stern. 2000. The synthetic cytokinin CPPU increases fruit size and yield of 'Spadona' and 'Coscia' pear (*Pyrus communis* L.). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 76(2): 145-149.
- Forshey, C. and D. Elfving. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Horticultural Reviews*, 11:229-287.
- Gil, G. 2000. Fruticultura: el potencial productivo: crecimiento vegetativo y diseño de huertos y viñedos. 3a. ed. Santiago, Chile: Ediciones UC. 342p.
- Gil, G. 2006. Fruticultura: la producción de fruta: fruta de climas templado y subtropical y uva de vino. Santiago, Chile: Ediciones UC. 585p.
- Godini, A. 2002. Almond fruitfulness and role of self-fertility. (pp.191-203). In: Battle, I.; I. Hormaza and M. Espiau. 3rd International Symposium on Pistachios and Almonds. Zaragoza, Spain: ISHS. 596p. (Acta Horticulturae 591)
- Greene, D. 1995, Oct. Thidiazuron effects on fruit set, fruit quality, and return bloom of apples. *HortScience*, 30(6): 1238-1240.
- Hill, S.; D. Stephenson and B. Taylor. 1987, Feb. Almond yield in relation to tree size. *Scientia Horticulturae*, 33(1-2): 97-111.
- Kester, D.; G. Martin and J. Labavitch. 1996. Growth and development. (ch. 14, pp.90-97). In: Warren, M. (Ed.). Almond production manual. Davis, United States: Division of Agriculture and Natural Resources – University of California. 289p. (Publication 3364).
- Kodad, O. and R. Socias. 2006, Jul. Influence of genotype, year and type of fruiting branches on the productive behavior of almond. *Scientia Horticulturae*, 109: 297-302.
- Kodad, O.; Z. Messauoudi; A. Mamouni; M. Lahlou, and R. Socias i Company. 2013. Stigma receptivity is limiting fruit set in almond in warm climates. (pp.325-331). In: Evans, K.M.; B. Lata and M. Kellerhals (Eds.). 13th Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics. Warsaw, Poland: ISHS. 572p. (Acta Horticulturae 976)
- Looney, N. 1993. Improving fruit size, appearance and other aspects of fruit crop “quality” with plant bioregulating chemicals. *Acta Horticulturae*, 329: 120-127.
- Martínez-García, P.; E. Ortega and F. Dicenta. 2010, Jul. Self-pollination does not affect fruit set or fruit characteristics in almond. *Plant Breeding*, 130: 367-371.
- Martínez-García, P.; E. Ortega; T. Cremades and F. Dicenta. 2014, Feb. Heritability and phenotypic variation of double seeds in almond (*Prunus dulcis*). *Euphytica*, 198: 91-99.
- Matsuo, S.; K. Kikushi; M. Fukuda; I. Honda and S. Imanishi. 2012, Sept. Roles and regulation of cytokinins in tomato fruit development. *Journal of Experimental Botany*, 63(2): 695–709.

Montero, R. 1993. Caracterización morfológica del almendro (*Amygdalus communis*, L.). 2a. ed. Castilla, España: Servicio de publicaciones de Universidad de Castilla – La Mancha. 316p.

Nanos, G.; L. Kazantzis; P. Kefalas; C. Petrakis and G. Stravroulakis. 2002, Dec. Irrigation an harvest time affect almond kernel quality and composition. *Scientia Horticulturae*, 96: 249-256.

Novoa, J. y D, López. 2001. IV Región: El escenario geográfico físico. (pp.18). En: Squeo, F.; G. Arancio y J. Gutiérrez. (Eds.). Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. Coquimbo, Chile: Ediciones Universidad de La Serena. 361p.

Pejovics, B. 1964. Some biological peculiarities of almond flowers and their influence on productive capacity. *Kert. Szol. Foisk. Kozl*, 1(3): 101-114.

Petri, J.; E. Schuck and G. Berenhauser. 2001, Dec. Effects of thidiazuron (TDZ) on fruiting of temperate tree fruits. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(3): 513-517.

Pimienta, E. and V. Polito. 1982, Apr. Ovule abortion in ‘Nonpareil’ almond (*Prunus dulcis* (Mill) D.A. Webb). *American Journal of Botany*, 69: 913-920.

Razeto, B. 2006. Para entender la fruticultura. 4a. ed. Santiago, Chile: Bruno Razeto, Edición y Comercialización de Libros. 518p.

Robles, B. 2012. Evaluación de la productividad y análisis sensorial de cinco variedades de almendro. Memoria Ingeniero Agrónomo, Mención Fruticultura. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 42h.

Sakakibara, H. 2004. Cytokinin biosynthesis and metabolism. (ch. B3, pp.95-114). In: Davies, P. (Ed.). Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action. Ithaca, United States: Kluwer Academic Publishers. 802p.

Santibáñez, F. y J. Uribe. 2001. Agroclimatología. (cap. 4, pp.117-138). En: Román, S (Ed.). Agenda del salitre. 11a. ed. Santiago, Chile: Sociedad Química y Minera de Chile S.A. 1514p.

Segura, J. 2008. Citoquininas. (cap. 21, pp.421-441). En: Azcón-Bieto, J. y Talón, M. Fundamentos de fisiología vegetal. 3a. ed. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana. 656p.

Snyder, R. and J. Connel. 1996. Frost protection. (ch. 23, pp.155-188). In: Warren, M. (Ed.). Almond production manual. Davis, United States: Division of Agriculture and Natural Resources – University of California. 289p. (Publication 3364).

Socias i Company, R.; J. Espada and A. Felipe. 1994, Oct.-Dec. The effect of orchard design on almond fruit set. *HortTechnology*, 4(4): 377-379.

Soltész, M.; J. Nyéki and Z. Szabó. 2003. Almond (*Amygdalus communis* L.). (ch. 17). In: Kozma, P.; J. Nyéki; M. Soltész and Z. Szabó (Eds.). Floral biology, pollination and fertilization in temperate zone fruit species and grape. Hungary: Akadémiai Kiadó. 621p.

Sotomayor, C. 1996, ene.-abr. Incremento de la cuaja frutal del almendro mediante el uso de algunos reguladores del crecimiento. *Ciencia e Investigación Agraria*, 23(1): 11-17.

Sotomayor, C. 2001, nov.-dic. Polinización y fructificación del almendro. *Chile Agrícola*, 26(253): 258-261.

Sotomayor, C.; J. Castro; N. Velasco and R. Toro. 2012, Sept. Influence of seven growth regulators on fruit set, pollen germination and pollen tube growth of almonds. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(9B): 1051-1056.

Thorp, R. 1996. Bee management for pollination. (ch. 22, pp.132-138). In: Warren, M. (Ed.). Almond production manual. Davis, United States: Division of Agriculture and Natural Resources – University of California. 289p. (Publication 3364).

USDA. 1997. [En línea]. United States Standards for Grades of Shelled Almonds. United States Department of Agriculture: Agricultural Marketing Service. 7p. Recuperado en: <<http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5098393>> Consultado el: 22 de diciembre 2014.