

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**CIANAMIDA HIDROGENADA Y POLEN PARA REDUCIR DICOGAMIA EN
NOGAL (*JUGLANS REGIA* L.) CULTIVAR CHANDLER EN LA ZONA CENTRO
SUR DE CHILE**

POR

IVO ALEXIS SANTIS PÉREZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2019**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CIANAMIDA HIDROGENADA Y POLEN PARA REDUCIR DICOGAMIA EN
NOGAL (*JUGLANS REGIA* L.) CULTIVAR CHANDLER EN LA ZONA CENTRO
SUR DE CHILE**

POR

IVO ALEXIS SANTIS PÉREZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2019**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Manuel Faúndez S.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Guía

Profesor Asociado, Gonzalo Silva A.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs., Ph. D.

Asesor

Profesor Invitado, Pablo Muñoz V.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen.....	1
Summary.....	1
Introducción.....	2
Materiales y Métodos.....	5
Resultados y Discusión.....	9
Conclusiones.....	22
Referencias.....	22
Apéndices.....	26
Anexos.....	29

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Fechas de inicio y duración de floración masculina y femenina en nogal cultivar Chandler, correspondientes a cada tratamiento. Temporada 2015.....	10
Figura 2	Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cianamida hidrogenada al 1,5 % 54 días antes de brotación. Temporada 2015.....	11
Figura 3	Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cianamida hidrogenada al 2 % 54 días antes de brotación. Temporada 2015.....	12
Figura 4	Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cianamida hidrogenada al 2 % 47 días antes de brotación. Temporada 2015.....	12
Figura 5	Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cianamida hidrogenada al 2 % 36 días antes de brotación. Temporada 2015.....	13
Figura 6	Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de polen. Temporada 2015.....	14
Figura 7	Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la	

	aplicación de cobre. Temporada 2015.....	14
Figura 8	Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo. Temporada 2015.....	15
Figura 9	Efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fecha de aplicación en el porcentaje de aborto floral en árboles de nogal cultivar Chandler.....	16
Figura 10	Efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fecha de aplicación sobre el rendimiento (kg fruta árbol ⁻¹) en nogal cultivar Chandler.....	18
Figura 11	Efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fecha de aplicación, sobre el número de frutos cosechados por árbol de nogal cultivar Chandler.....	20
Figura 12	Efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fecha de aplicación sobre el peso de frutos (g) en nogales cultivar Chandler.....	21
Tabla 8	Cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fechas de aplicación que se utilizó en cada tratamiento realizado en nogales cultivar Chandler en la Región de Ñuble.....	7

CIANAMIDA HIDROGENADA Y POLEN PARA REDUCIR DICOGAMIA EN NOGAL (*JUGLANS REGIA* L.) CULTIVAR CHANDLER EN LA ZONA CENTRO SUR DE CHILE.

HYDROGEN CYANAMIDE AND POLLEN TO REDUCE DICOGAMY NOGAL'S (*JUGLANS REGIA* L.) CHANDLER CULTIVATE IN SOUTH CENTER CHILE.

Palabras índice adicionales: fenología, floración, polinización, sincronización, aborto.

RESUMEN

El nogal (*Juglans regia* L.) produce inflorescencias masculinas y flores femeninas dentro del mismo árbol, sin embargo, la aparición de las flores no ocurre de forma sincronizada, fenómeno que se conoce como dicogamia, esto genera la caída de flores debido a la falta de polinización, situación común en 'Chandler'. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de diferentes concentraciones y fechas de aplicación de cianamida hidrogenada, además de polen, en el grado de dicogamia. Se evaluó parámetros vegetativos como fenología y porcentaje de aborto floral; parámetros de producción tales como rendimiento (kg árbol^{-1}) y número de frutos por árbol; parámetro de calidad como peso de frutos (g). Se determinó que el uso de cianamida hidrogenada al 2 % aplicada 47 días antes de brotación redujo el grado de dicogamia, logrando sincronizar la floración masculina y femenina en 12 días. Sin embargo, la misma concentración, pero aplicada 54 días antes de brotación, favoreció la sincronización de los "peak" de floración, disminuyendo considerablemente el porcentaje de aborto floral. La aplicación manual de polen, fue similar a los tratamientos con aplicación de cianamida hidrogenada en concentraciones de 1,5 % y 2 % aplicados 54 y 47 días antes de brotación respecto a rendimiento (kg árbol^{-1}) y número de frutos por árbol, demostrando ser un factor importante para aumentar parámetros de producción.

SUMMARY

Walnut (*Juglans regia* L.) produces male inflorescences and female flowers within

the same tree, however, the appearance of flowers does not occur synchronously, a phenomenon known as dichogamy, this causes the fall of flowers due to the lack of pollination, a frequent situation in 'Chandler'. The objective of the present investigation was to determine the effect of different concentrations and dates of application of hydrogen cyanamide, in addition to pollen, on the degree of dichogamy. Vegetative parameters such as phenology and percentage of floral abortion were evaluated; production parameters such as yield (kg tree^{-1}) and number of fruits per tree; Quality parameter as fruit weight (g). It was determined that the use of 2 % hydrogen cyanamide applied 47 days before budding reduced the degree of dichogamy, managing to synchronize the male and female flowering in 12 days. However, the same concentration, but applied 54 days before budding, favored the synchronization of the "peak" of flowering, considerably reducing the abortion rate. The manual application of pollen was similar to the treatments with hydrogen cyanamide application in concentrations of 1.5 % and 2 % applied 54 and 47 days before sprouting with respect to yield (kg tree^{-1}) and number of fruits per tree, proving to be an important factor to increase production parameters.

INTRODUCCIÓN

El nogal (*Juglans regia* L.) en Chile alcanza una superficie de 40.800 ha, distribuidas principalmente en las regiones centrales, concentrándose el 68,5 % de la superficie plantada entre las regiones de Valparaíso y O'Higgins.

En los últimos años, ha tenido una expansión territorial importante, habiendo incorporado a la zona centro sur como nueva área de producción. La Región de Ñuble es una de estas áreas y se ha transformado en una de las actividades frutícolas de gran crecimiento, llegando actualmente a las 1.497,9 ha (Larrañaga y Osorio, 2019), en comparación a las 107 ha que habían el año 2006 según INE (Chile), 2007. Esta tendencia se puede atribuir al atractivo mercado externo y los buenos precios alcanzados, sobre todo en las nueces sin cáscara.

La producción en la región se inició con cultivares originarios del estado de California, (USA), principalmente 'Chandler', que se caracteriza por ser un cultivar altamente productivo, que presenta cerca de 90 % de flores femeninas en yemas

laterales, es muy precoz en su producción comercial y presenta alto rendimiento (Almaguer-Vargas et al., 2000) cuando cuenta con polinizantes que se sincronicen con la floración femenina. Su polinizador habitual es 'Franquette', aunque posteriormente se seleccionó un polinizador específico llamado 'Cisco' (Aletá, 2003).

El nogal es una especie de polinización anemófila, presenta un hábito de floración diclino monoico, lo que significa que produce inflorescencias masculinas o amentos, la cual se desarrolla lateralmente en madera de una temporada y flores femeninas (pistiladas) que nacen en el ápice del brote primaveral dentro del mismo árbol. Sin embargo, la aparición de las flores dentro del árbol no ocurre simultáneamente, fenómeno que se conoce como dicogamia (Lemus, 2004). Polito y Li (1985) describieron la dicogamia como la sincronización diferencial del desprendimiento de polen y la receptividad del estigma dentro de una planta individual. Los individuos pueden ser protandrosos (el desprendimiento de polen precede al período de receptividad del estigma) o protoginosos (los estigmas son receptivos antes de la dehiscencia de la antera). Esto genera un problema que causa pérdidas de producción principalmente por dos factores: la abscisión de flores pistiladas (PFA) que es la pérdida de flores a principios de la temporada debido a una alta densidad de polen en el huerto, y la caída de flores debido a la falta de polinización, situación que es más frecuente en 'Chandler' (Catlin y Olsson, 1990).

Aunque los cultivares ingleses de nogal (*Juglans regia* L.) son genética y fisiológicamente auto-compatibles, el hábito de floración dicógama requiere la plantación de cultivares polinizadores en huertos comerciales para asegurar que haya suficiente polen disponible a fin de polinizar las flores. Debido a que la mayoría de los cultivares actuales de nogal inglés de California son protandrosos, los cultivares polinizantes protoginosos como 'Franquette' y 'Cisco' son deseables para que se produzca una sincronización óptima de la floración de pistilados y estaminados (Polito y Li, 1985).

El poder regular el inicio y la homogeneidad de la brotación ha sido un factor importante en este cultivar, debido a que una mayor uniformidad conlleva a una mejor sincronización entre floración femenina y masculina. A diferencia de lo

observado en diferentes frutales, en el nogal, que ocurra más o menos depósito de polen en el interior de la flor, puede mejorar el cuaje y desarrollo del fruto, lo que se manifiesta en diferente magnitud dependiendo de la variedad, localidad o edad del huerto (Lemus *et al.*, 2010).

Para mejorar la polinización se utilizan productos que permiten adelantar, aumentar y homogeneizar la brotación, tal es el caso de la cianamida hidrogenada, cuyos resultados han sido muy satisfactorios (Jave, 2012). Tarango (2012), describe la cianamida hidrogenada como un compuesto químico que permite suplir la falta de frío invernal, rompiendo la latencia de las yemas en dormancia, generando un adelantamiento de la brotación y sincronizando los estados fenológicos, obteniendo una sincronización óptima entre floraciones. Según recomendación del fabricante, se puede aplicar en dos fechas, 45 días antes de la brotación, lo que permite adelantar hasta en 18 días la brotación del cultivo, y 30 días antes de brotación, lo que genera la uniformidad de esta. Para conocer estas fechas en un huerto, es de suma importancia mantener un registro del estado fenológico del nogal, como inicio de brotación, inicio y plena floración masculina/femenina, cuaja del fruto y cosecha (Lobos, 2014).

Jave (2012), indicó que aún no existen resultados consistentes en algunos aspectos, como dosis y fecha de aplicación de dicho compuesto. Al respecto, señaló que con dosis de cianamida hidrogenada del 2 – 5 %, aplicadas semanas antes de la brotación normal en nogal, da como resultado una brotación más temprana, uniformando floración y en mayor cantidad. Wood (1993) informó que al realizar aplicaciones de cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones sobre nogal, obtuvo adelanto en brotación y floración. Por su parte, Tarango (2001), concluyó que la aplicación de cianamida hidrogenada en concentraciones del 2 y 4 %, 30 días antes de brotación, sincroniza los estados fenológicos, obteniendo mejor sincronización entre floración masculina y femenina.

Por otra parte, hay ensayos que indican lo contrario; es decir, aplicaciones de cianamida hidrogenada en concentraciones del 2,5 %, no tuvieron un efecto significativo en la uniformidad de brotación y floración (Jave, 2012). Del mismo modo, ensayos realizados por Lannamico (2009); al aplicar cianamida

hidrogenada en concentraciones de 2 y 2,5 %, indicarían no tener un efecto significativo en la uniformidad de brotación, no disminuyendo el grado de dicogamia.

Basado en los antecedentes anteriores, se planteó como objetivo evaluar la aplicación de diferentes tratamientos en base a cianamida hidrogenada y polen, y su efecto en la dicogamia en nogal cultivar Chandler, ubicado en un nocal comercial de la Región de Ñuble.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El estudio se realizó en el predio de la agrícola “Monte Rodeo”, ubicado en la comuna de Coihueco, Provincia del Punilla, Región de Ñuble (36°37' S, 71°57' O, 205 m.s.n.m.), durante los meses de septiembre a abril de la temporada 2015 - 2016.

Caracterización de la zona del experimento

Clima. El clima es templado cálido mesotermal, con régimen de humedad sub húmedo seco. El régimen térmico de este lugar se caracteriza por temperaturas que fluctúan en promedio, entre 28,7 °C de máxima y 3,4 °C de mínima. Tiene un promedio de 196 días consecutivos libres de heladas, con 23 heladas por año. El periodo de temperatura favorable para la actividad vegetativa es de 7 meses. Registra anualmente 1.433 días-grado y 1.023 horas de frío. Las precipitaciones de los últimos 5 años alcanzan una media anual de 804 mm y un período seco de 5 meses según AGRIMED (Chile), 2017.

Suelo. El suelo corresponde a una clasificación medial, amorphic, thermic humic haploxerands. Presenta topografía plana y suavemente ondulada de buena permeabilidad y de buen drenaje (Stolpe, 2006). El análisis de suelo reveló un 13,01 % de materia orgánica y un pH al agua de 5,67. Los elementos químicos N, P, K, Cu, Mg, Zn y B se encuentran en las siguientes cantidades 46,9 mg kg⁻¹, 16 mg kg⁻¹, 187,7 mg kg⁻¹, 1,2 mg kg⁻¹, 0,9 cmol kg⁻¹, 0,5 mg kg⁻¹, 0,3 mg kg⁻¹ respectivamente. Además de una capacidad de intercambio de cationes (CIC) de 6,63 cmol kg⁻¹.

Material vegetal

El estudio se realizó en un huerto comercial de nogal cultivar Chandler, plantado en el año 2010, con un marco de plantación de 7 x 5 m, conducidos con un sistema de eje central. Al final de cada hilera había polinizadores del cultivar Cisco. En un huerto adyacente había polinizadores del cultivar Franquette.

Manejo del huerto

La reposición de agua durante los meses de primavera-verano, se realizó con un sistema de riego tecnificado, utilizando 2 microaspersores de 35 L h⁻¹ por árbol; la frecuencia y tiempo de riego se basó en la reposición del 66 % de evapotranspiración diaria (Lemus *et al.*, 2010).

El control de malezas de la sobre hilera se realizó con el herbicida de contacto formulado con dicloruro de Paraquat y dibromuro de Diquat (FARMON®, Syngenta S.A.); en la entre hilera se controló malezas con un herbicida sistémico cuyo ingrediente activo era glifosato.

Con el objetivo de controlar peste negra se realizaron 9 aplicaciones de cobre con base de hidróxido de cobre y óxido cuproso (Hidro-cup® WG, Quimetal Industrial S.A. y Nordox®Super 75 WG, Arysta LifeScience Chile S.A.) de acuerdo al programa de manejo del huerto (Anexo 1).

Durante el periodo fenológico de liberación de polen, denominado Fm y Fm2 definidos según Germain *et al.* (1999), como el comienzo y el final de la dehiscencia de las anteras, respectivamente, se recogió el polen en frascos de vidrio agitando los amentos. El polen se diluyó con talco (peso/peso), para obtener una concentración de 70 % (p/p) y se realizó una prueba de polinización manual en el tratamiento 5 (Tabla 1).

Tratamientos

Se evaluaron 7 tratamientos (Tabla 1). En los tratamientos 1, 2, 3 y 4 se aplicó cianamida hidrogenada (Dormex®, BASF Chile S.A.) en diferentes concentraciones y fechas; además se aplicó cobre de acuerdo al programa de manejo del huerto (Anexo 1). En el tratamiento 5, se realizó una polinización de forma manual y se aplicó cobre de acuerdo al programa de manejo del huerto (Anexo 1). El tratamiento 6, consistió únicamente en aplicaciones de cobre según manejo del huerto (Anexo 1). El tratamiento 7, no recibió ninguna aplicación constituyendo el testigo.

Tabla 1. Cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fechas de aplicación que se utilizó en cada tratamiento realizado en nogal cultivar Chandler en la Región de Ñuble.

Tratamientos	Producto comercial ²	Dosis i.a. ²	Fechas aplicación	DAB ³	Aplicaciones Cobre ⁴	
1	Cianamida hidrogenada ¹	1,5 L	780 g	03/08/2015	54	9 (29/09/2015 hasta 09/01/2015)
2	Cianamida hidrogenada ¹	2 L	1.040 g	03/08/2015	54	9 (29/09/2015 hasta 09/01/2015)
3	Cianamida hidrogenada ¹	2 L	1.040 g	17/08/2015	47	9 (29/09/2015 hasta 09/01/2015)
4	Cianamida hidrogenada ¹	2 L	1.040 g	31/08/2015	36	9 (29/09/2015 hasta 09/01/2015)
5	Polen			29/10/2015		9 (29/09/2015 hasta 09/01/2015)
6	Solo cobre					9 (29/09/2015 hasta 09/01/2015)
7	Testigo					

¹ Producto comercial Dormex® (BASF Chile S.A).

² En 100 litros de agua.

³ DAB: Días antes de la brotación.

⁴ Aplicaciones de cobre con base de óxido cuproso (Hidro-cup® WG, Quimetal Industrial S.A. y Nordox® Super 75 WG, Arysta LifeScience Chile S.A.) de acuerdo al programa de manejo del huerto.

Evaluaciones

Fenología. Las observaciones fenológicas se realizaron con una frecuencia semanal. Se registraron las fases de brotación, floración masculina y floración femenina para los cultivares de nogal, definidas según Germain *et al.* (1999).

Para realizar el registro de floración femenina se observó el árbol mediante apreciación visual, considerando la brotación (fecha de inicio) evaluando el estado de yemas y dardos hasta fin de brotación y aparición de flores pistiladas. Posteriormente se registró la evolución de las flores pistiladas en sus diferentes estados de desarrollo.

Para llevar a cabo el registro de la floración masculina se observó el amento en sus diferentes estados de desarrollo, expresándolo en porcentaje, considerando aquellos amentos que liberan polen en los estados fenológicos Fm (total amarillamiento y comienzo de la dehiscencia de las anteras desde la base del amento), Fm2 (dehiscencia total de las anteras y plena emisión de polen) y Gm (anteras, ya sin polen, toman un color pardo) (Germain *et al.*, 1999).

Para la determinación de la fenología se seleccionó un árbol homogéneo en tamaño y vigor, ubicado en la parte central de cada repetición del tratamiento, que no fuera afectado por los tratamientos vecinos. Se consideró el árbol en su conjunto mediante apreciación visual.

Aborto floral. En cada tratamiento se seleccionaron 8 ramillas de acuerdo a los puntos cardinales, ubicados en la parte media y baja del árbol. Cada ramilla se marcó con una cinta corcheteada y se registró semanalmente el número de frutos, y la caída. El número de abortos fue expresado en porcentaje.

Determinación del rendimiento. De los 3 árboles evaluados por tratamiento se seleccionó el de la parte central, para que no fuera afectado por los tratamientos vecinos. Este árbol se cosechó en su totalidad y se contaron los frutos. De éstos se seleccionaron 100 frutos y se trasladaron al laboratorio "Proplant", ubicado en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción. Se deshidrataron en un horno (WiseVEN fuzzy) a 60 °C hasta que alcanzaron un peso constante. Una vez secos, se calculó el peso promedio de cada fruto, dividiendo el peso total de frutos deshidratados por 100; este peso unitario se multiplicó por el número total de frutos cosechados para obtener el rendimiento por árbol expresado en kg.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con 7 tratamientos y 4 repeticiones. Se seleccionaron 84 árboles homogéneos con idéntico desarrollo vegetativo y edad. Se evaluaron 12 árboles por tratamiento, distribuidos aleatoriamente en grupos de 3 en cada repetición. Se realizó un test de normalidad (Prueba de Shapiro Wilk), un análisis de varianza ($\alpha = 0,05$), y un test de comparaciones múltiples de Duncan con una significancia de 95 % ($P \leq 0,05$) para los parámetros de rendimiento y porcentaje de aborto. Los análisis estadísticos se realizaron en software InfoStat (Balzarini *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de tratamientos en dinámica de floración

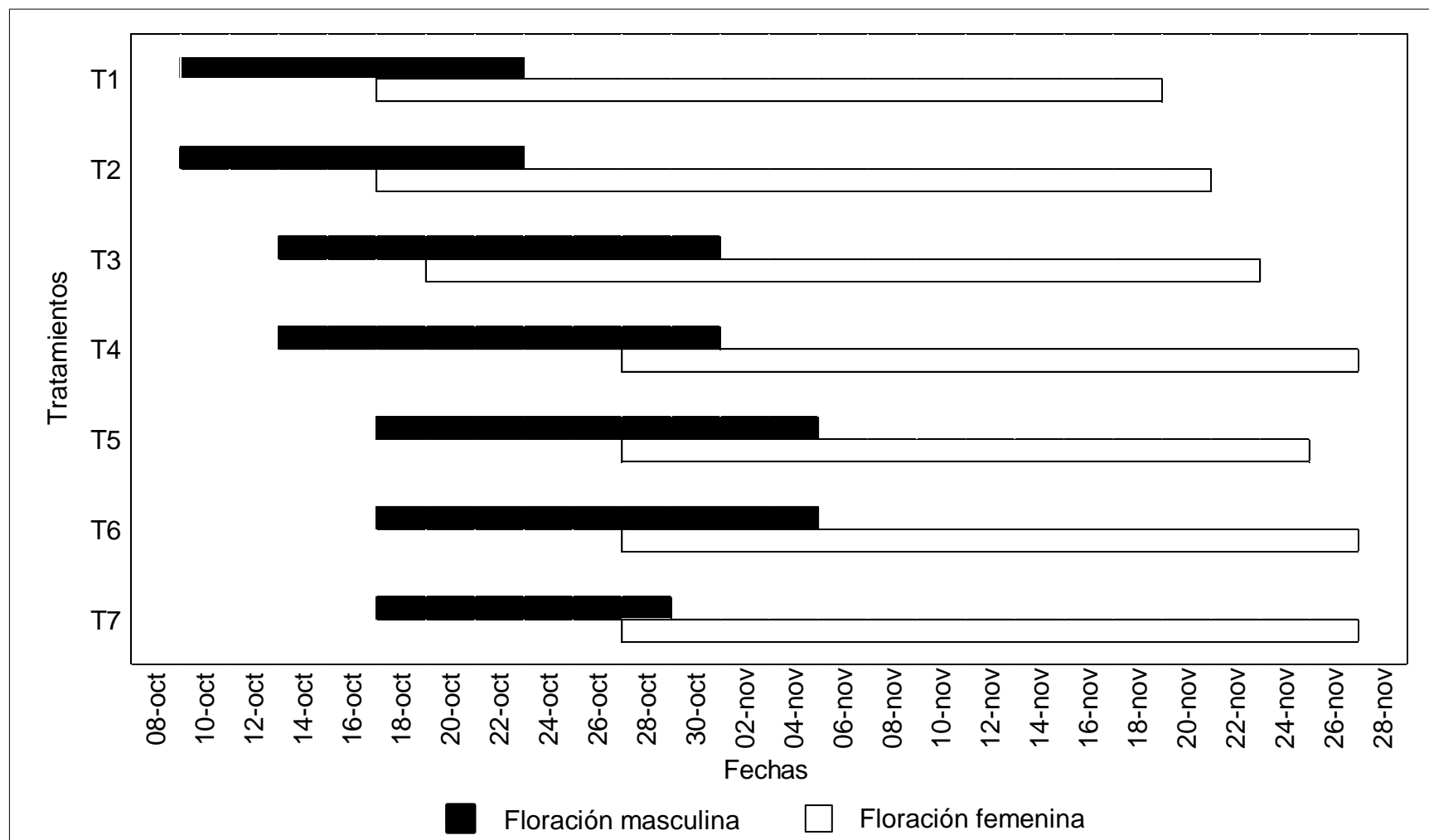
La aplicación de cianamida hidrogenada, polen y solo cobre aumentó el período en que coinciden la floración masculina y femenina en nogal respecto al testigo. El tratamiento 3 (CH 2 %; 47 DAB) permitió obtener 12 días de sincronización, en tanto que el tratamiento testigo ocasionó una sincronización de 2 días (Figura 1).

El inicio de floración en nogal para los tratamientos con cianamida hidrogenada se retrasó a medida que se postergaba la aplicación de esta. Se observó que los tratamientos 1 (CH 1,5 %; 54 DAB) y 2 (CH 2 %; 54 DAB) permitieron una dinámica de floración idéntica en el árbol. La floración masculina comenzó el día 10 de octubre y se extendió hasta el 24 de octubre del mismo año. La flor femenina comenzó su receptividad el día 18 de octubre, extendiéndose hasta el 20 - 22 de octubre. La Figura 1, muestra la fenología de la floración masculina y femenina del cultivar Chandler, existiendo un período de sincronización entre floraciones de 6 días por el efecto de los tratamientos 1 y 2.

La Figura 2 muestra el registro de árboles de nogal en plena liberación de polen y plena receptividad de la flor femenina, considerando como pleno aquel estado en donde más del 50 % de los amentos se encuentran liberando polen, y más del 50 % de las flores femeninas se encuentran receptivas.

Se puede observar que la sincronización floral fue similar por efecto de los tratamientos 1 (CH 1,5 %; 54 DAB) y 2 (CH 2 %; 54 DAB) (Figura 1),

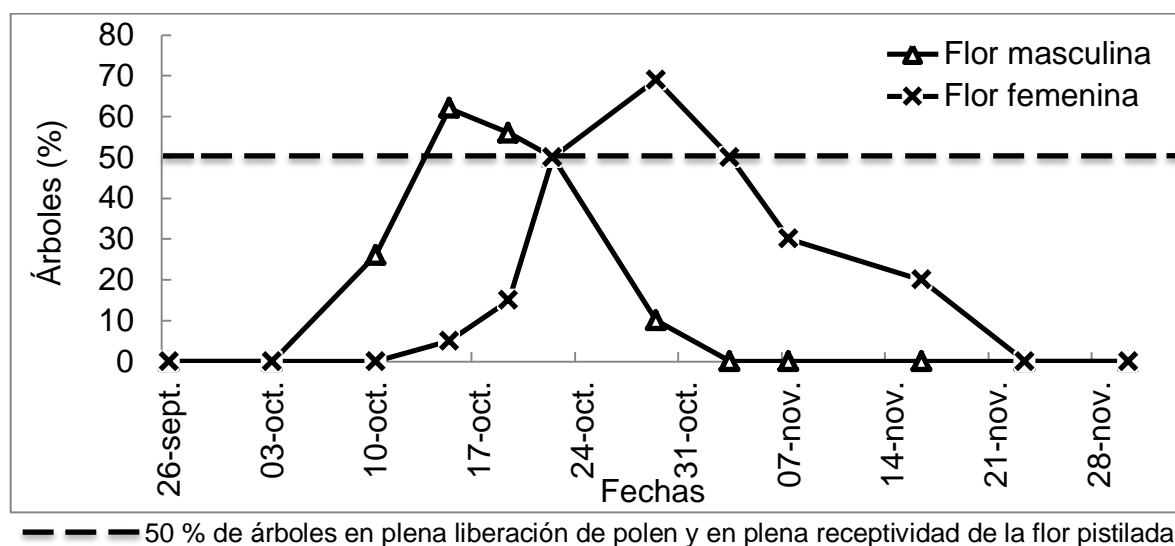
Figura 1. Fechas de inicio y duración de floración masculina y femenina en nogal cultivar Chandler, correspondientes a cada tratamiento. Temporada 2015.



Tratamiento 1: (CH 1,5 %; 54 DAB), Tratamiento 2: (CH 2 %; 54 DAB), Tratamiento 3: (CH 2 %; 47 DAB), Tratamiento 4: (CH 2 %; 36 DAB), Tratamiento 5: (Polen), Tratamiento 6: (Solo cobre), Tratamiento 7 (Testigo).

a pesar de esto sus “peak” de floración no fueron iguales. El efecto del tratamiento 1 produjo 1 día de sincronización entre la plena floración masculina y femenina (Figura 2), a diferencia del efecto del tratamiento 2, que permitió el aumento del sincronización en 2 días (Figura 3). Si bien este período es muy corto, hay que destacar que en este caso se está en el pleno de floración masculina y femenina, es decir, cuando más del 50 % de los árboles estudiados están en plena liberación de polen y plena receptividad del estigma, respectivamente; y no tomando la totalidad de la floración masculina y femenina, ya que si fuera así, el período y porcentaje de cubrimiento de la floración femenina sería mayor (Figura 1).

Figura 2. Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cianamida hidrogenada al 1,5 % 54 días antes de brotación. Temporada 2015.



El efecto del tratamiento 3 (CH 2 %; 47 DAB) produjo que la floración masculina comenzara el día 14 de octubre y se extendiera hasta el 2 de noviembre, aumentando en 4 días la floración masculina respecto a los árboles sometidos a los tratamientos 1 (CH 1,5 %; 54 DAB) y 2 (CH 2 %; 54 DAB).

Respecto a la floración femenina, esta comenzó su receptividad el día 20 de octubre extendiéndose hasta el 24 de noviembre. La Figura 1, muestra que se produjo un periodo de sincronización entre floraciones de 12 días; esto significa que redujo su grado de dicogamia. Stoller (2012), obtuvo resultados semejantes,

con 12 días de sincronización entre floraciones al aplicar cianamida hidrogenada en concentraciones del 2 % 30 días antes de brotación. Con respecto a la plena floración masculina y femenina, se produjo 1 día de sincronización (Figura 4).

Figura 3. Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cianamida hidrogenada al 2 % 54 días antes de brotación. Temporada 2015.

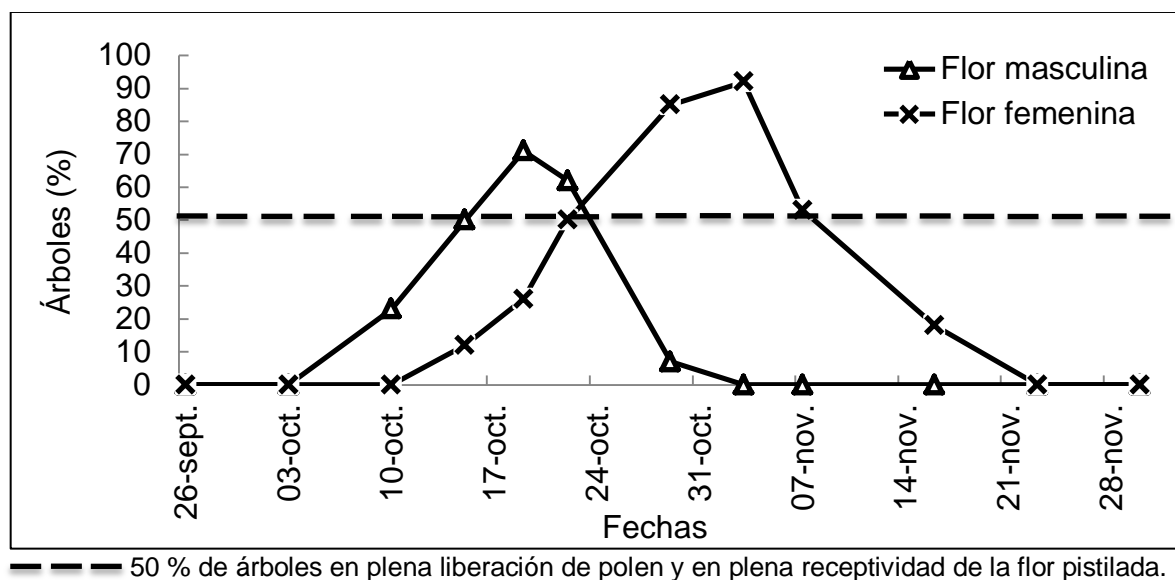
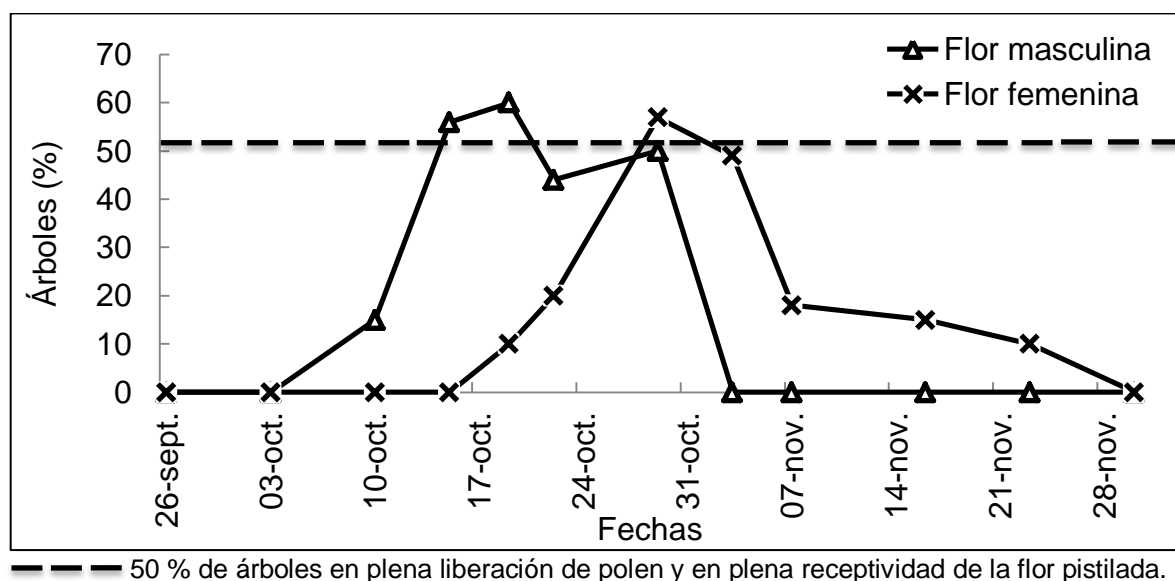
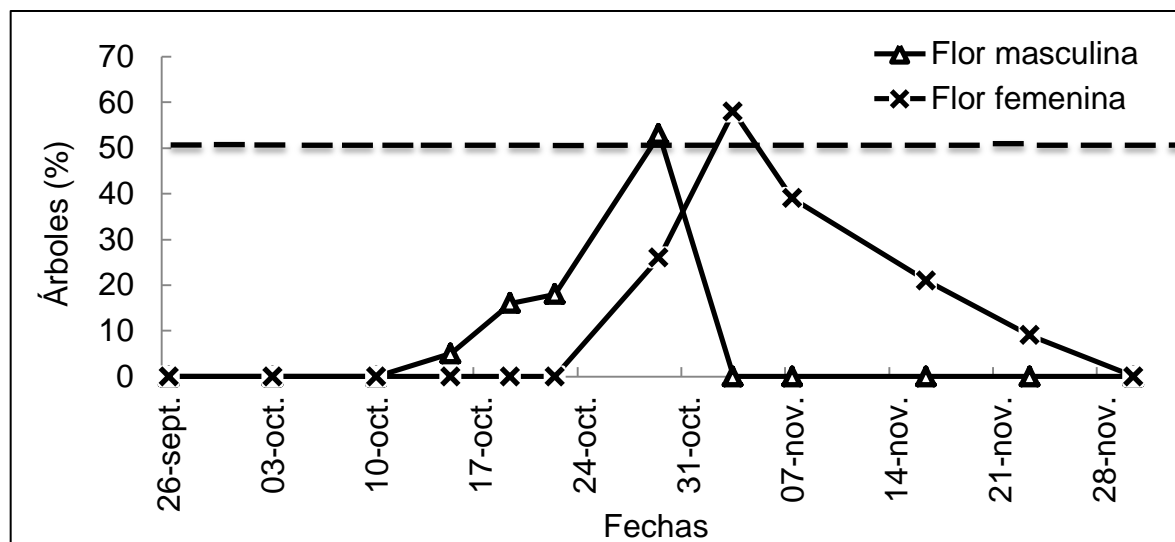


Figura 4. Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cianamida hidrogenada al 2 % 47 días antes de brotación. Temporada 2015.



El tratamiento 4 (CH 2 %; 36 DAB) ocasionó que la floración masculina comenzara el día 14 de octubre y se extendiera hasta el 2 de noviembre, mientras que la floración femenina inició su receptividad el día 26 de octubre prolongándose hasta el 28 de noviembre, produciendo el mayor grado de dicogamia protándrica entre los tratamientos con cianamida hidrogenada (Figura 1). En tanto la plena floración masculina y femenina no se logró traslapar (Figura 5). Al respecto, Polito *et al.* (2006), en un estudio de biología floral en distintas variedades de nogal, realizado durante 5 años en la Universidad de California, reveló que no se produce una sincronización completa entre los periodos de floración masculina y femenina, siendo en algunas variedades de solo 5 días y sin coincidencia de los “peak” de floración.

Figura 5. Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cianamida hidrogenada al 2 % 36 días antes de brotación. Temporada 2015.

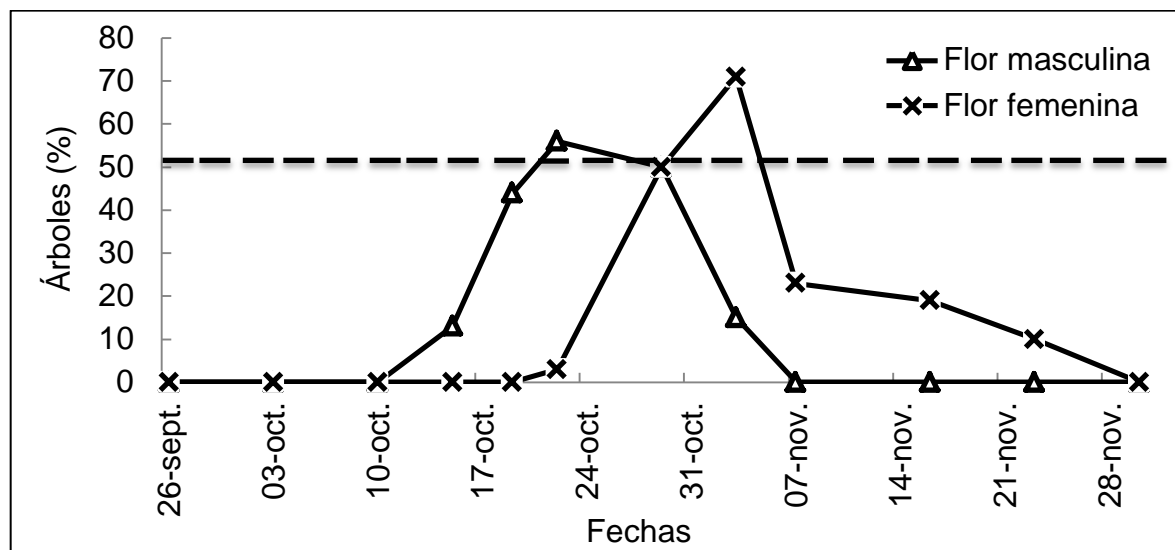


— — — 50 % de árboles en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada.

Los tratamientos 5 (Polen) y 6 (Solo cobre) provocaron que la floración masculina comenzara el día 18 de octubre y se extendiera hasta el 6 de noviembre, mientras que la floración femenina comenzó su receptividad el día 28 de octubre prolongándose hasta el 26 de noviembre (Tratamiento 5) y 28 de noviembre (Tratamiento 6) obteniendo 8 días de sincronización entre floraciones en ambos

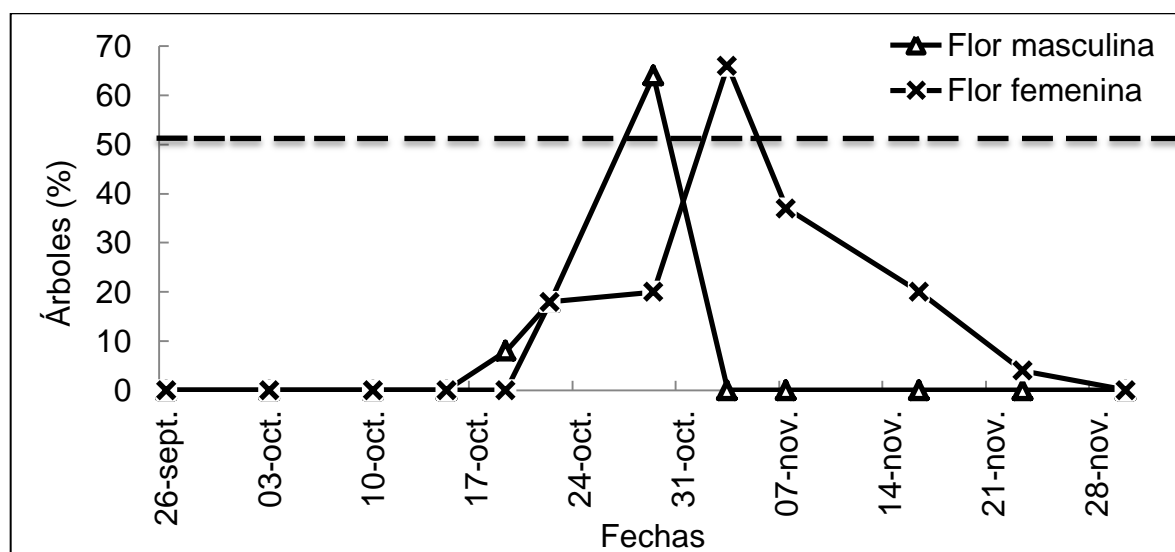
tratamientos (Figura 1). Sin embargo el tratamiento 5 propicio 1 día de sincronización entre la plena floración masculina y femenina en el cultivar Chandler (Figura 6).

Figura 6. Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de polen. Temporada 2015.



----- 50 % de árboles en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada.

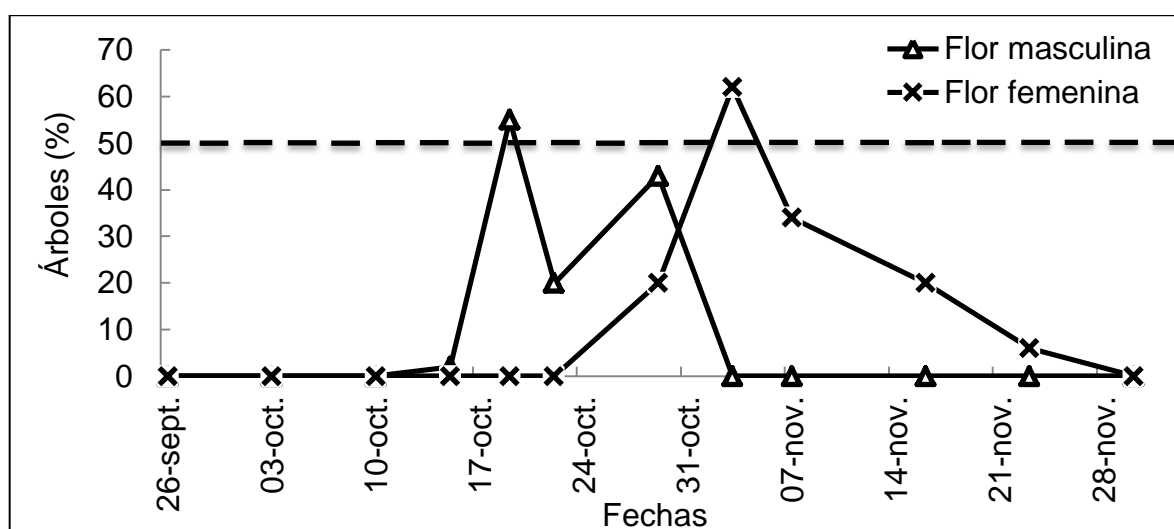
Figura 7. Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo por efecto de la aplicación de cobre. Temporada 2015.



----- 50 % de árboles en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada.

Los árboles del tratamiento 7 (Testigo) iniciaron la floración masculina el día 18 de octubre y se extendió hasta el 30 de noviembre, mientras que la floración femenina comenzó su receptividad el día 26 de octubre prolongándose hasta el 28 de noviembre, dando como resultado el mayor grado de dicogamia protándrica, con 2 días de sincronización entre floraciones (Figura 1). La plena floración masculina y femenina no se logró traslapar (Figura 8).

Figura 8. Porcentaje de árboles de nogal cultivar Chandler en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada, y su variación en el tiempo. Temporada 2015.



--- 50 % de árboles en plena liberación de polen y en plena receptividad de la flor pistilada.

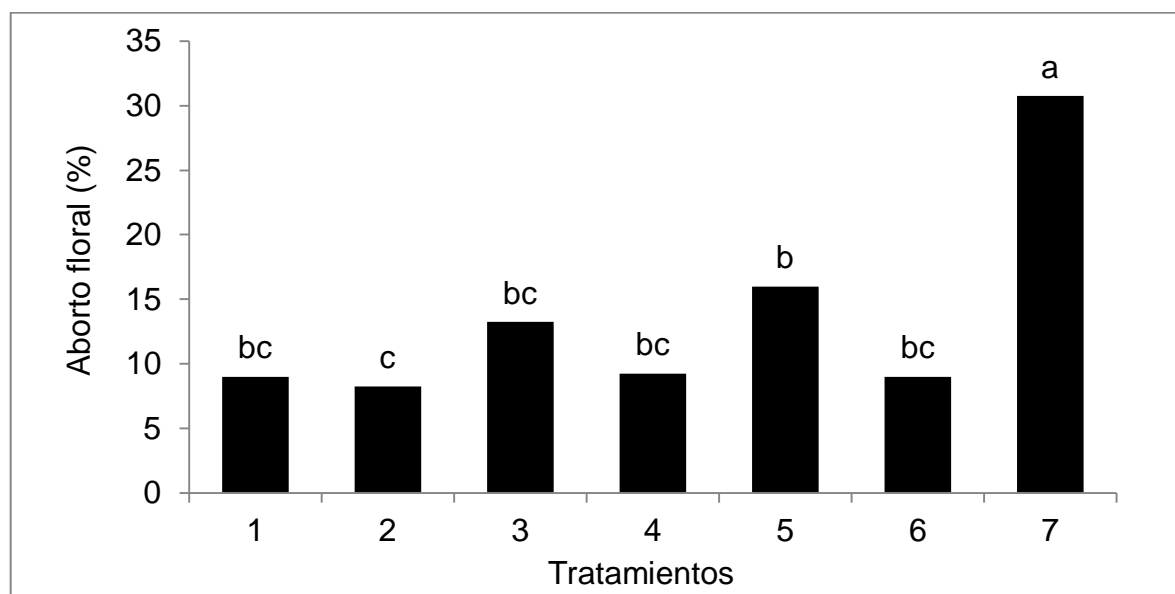
Efecto de los diferentes tratamientos en el aborto floral

El porcentaje de aborto floral fue significativamente mayor ($P \leq 0,05$) en los tratamientos 5 (Polen) y 7 (Testigo), respecto al tratamiento 2 (CH 2 %; 54 DAB) (Figura 9).

El efecto del tratamiento 5 (Polen) causó un 8 % más de aborto floral respecto al tratamiento 2 (CH 2 %; 54 DAB), aunque su grado de dicogamia fue menor (Figura 1). Éste aumento, se puede atribuir a que el periodo “peak” de floración, fue de 1 día por efecto del tratamiento 5, comparado con el tratamiento 2, que fue de 2 días (Figura 6 y 3), en efecto, la disponibilidad de polen fue inferior. Sin embargo, los árboles del tratamiento 5 fueron polinizados manualmente, pero se realizó cuando el 60 % de las flores se encontraban en el estado Ff₃ (final de

receptividad) (Germain *et al.*, 1999), en consecuencia, la disponibilidad de polen que hubo cuando la flor se encontraba plenamente receptiva (Ff_2) (Germain *et al.*, 1999) fue menor. En relación a lo anterior, Lemus *et al.* (2010), señalaron que el polen es requerido para la cuaja de frutos, y que huertos con una polinización inadecuada, están sujetos a una caída de flores más tardía, como ocurrió en este caso, donde se observó que el 93 % de aborto de flores sucedió aproximadamente 30 días después de la posible fecundación de la flor. Esto concuerda con Polito y Li (1985), quienes señalaron que las flores que no han sido polinizadas continuarán su crecimiento al menos durante 3 semanas desde la finalización del periodo de receptividad y dicho crecimiento es similar al presentado por las flores polinizadas. Después de este periodo las flores no polinizadas caerán.

Figura 9. Efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fecha de aplicación en el porcentaje de aborto floral en árboles de nogal cultivar Chandler.



Tratamientos con la misma letra no representan diferencias estadísticas según prueba de Duncan ($P>0,05$).

Tratamiento 1: (CH 1,5 %; 54 DAB), Tratamiento 2: (CH 2 %; 54 DAB), Tratamiento 3: (CH 2 %; 47 DAB), Tratamiento 4: (CH 2 %; 36 DAB), Tratamiento 5: (Polen), Tratamiento 6: (Solo cobre), Tratamiento 7 (Testigo).

Los árboles del tratamiento 7 (Testigo) sufrieron un 23 % más de aborto respecto a los árboles del tratamiento 2 (CH 2%; 54 DAB) (Figura 9). Este incremento en el aborto se explica en parte a que hubo un alto grado de dicogamia protándica

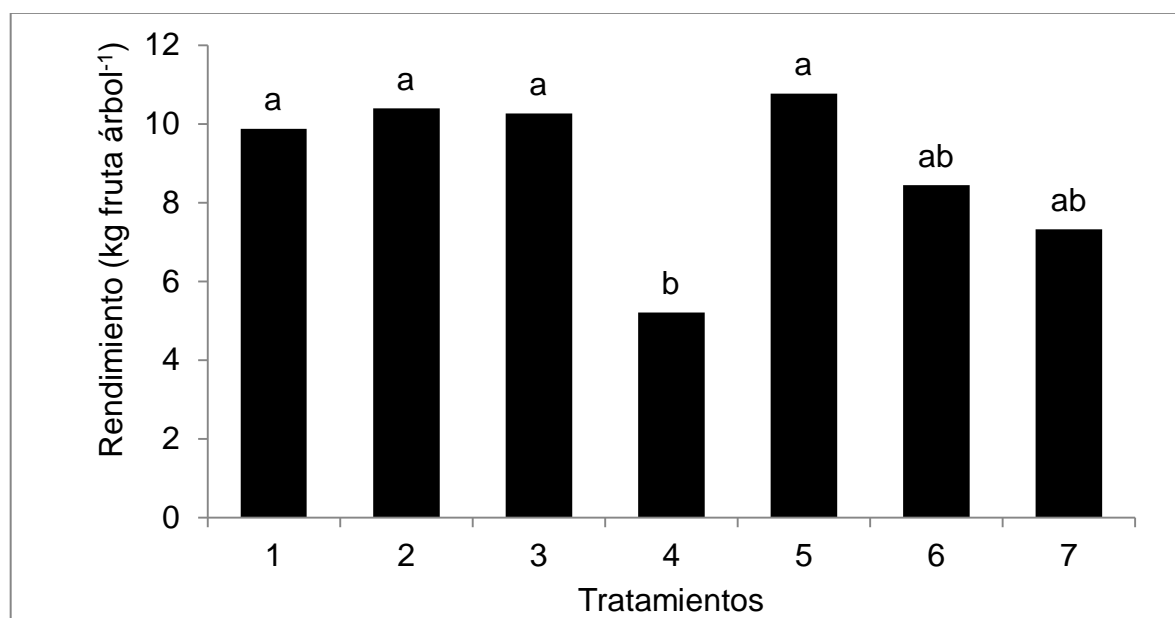
(Figura 1), de tal manera que existió una polinización inadecuada. González *et al.* (2008), observaron la sintomatología causada por la falta de polen en nogales, en donde el 26 % de flores abortó. Por otra parte, Lannamico (2009), al evaluar un huerto comercial cultivar Chandler sin polinizantes, obtuvo un 33,1 % de aborto. Sin embargo, este tratamiento no recibió aplicación de cobre, por lo tanto no se puede descartar el ataque de peste negra (*Xantomonas arboricola* pv. *Juglandis*). Brauchi (2003) afirma que agroquímicos con acción bactericida, como los compuestos a base de cobre deben ser aplicados para mantener protegidos los tejidos, y en caso de no ser aplicados puede producir una caída prematura de flores pistiladas o de frutos recién cuajados.

Efecto de los diferentes tratamientos en el rendimiento (kg fruta árbol⁻¹)

En esta variable no se observó diferencias significativas ($P > 0,05$) en rendimiento por efecto de la cianamida hidrogenada (CH) en diferentes concentraciones y fecha de aplicación, excepto el tratamiento 4 (CH 2 %) en que el producto se aplicó 36 días antes de la brotación (DAB) (Figura 10). Esto se puede atribuir a que la cianamida hidrogenada aplicada 30 días antes de brotación, solo produce la uniformidad de esta, como lo señala Lobos (2014). Además este tratamiento, ocasionó 4 días de sincronización entre floraciones, comparado con el tratamiento 1 (CH 1,5 %; 54 DAB) y 2 (CH 2 %; 54 DAB) con 6 días de sincronización, y tratamiento 3 (CH 2 %; 47 DAB) con 12 días de sincronización (Figura 1). Esto quiere decir que hubo un mayor grado de dicogamia. Al respecto, Polito *et al.* (2006), obtuvieron un 24 % menos rendimiento cuando la sincronización entre floraciones fue de 4 días. Sin embargo, se observó una tendencia de mayor rendimiento por efecto de los tratamientos 1, 2, 3 y 5 (Figura 10). Esto se atribuye a que existió una mejor sincronización entre los “peak” de floración masculina y femenina. Al respecto, González (2006), señala que una concentración de polen adecuada es importante en el momento que la flor se encuentra receptiva (Ff_1 y Ff_2), para obtener altos rendimientos. Tarango (2001) por su parte señala que la aplicación de cianamida hidrogenada ayuda a modificar el patrón dicogámico adelantando la floración masculina proporcionalmente a como lo hace la brotación, lo que mejoraría la sincronización entre floración masculina y femenina. Esto es

corroborado por Stoller (2012), quien al aplicar cianamida hidrogenada en concentraciones del 2 % 45 días antes de brotación, obtuvo 19 kg árbol⁻¹, comparado con el testigo sin aplicación, donde obtuvo 14 kg árbol⁻¹. Este aumento de rendimiento lo asocia a una uniformidad de la brotación, que finalmente mejora la disponibilidad de polen, lo que se refleja en el porcentaje de cuaja.

Figura 10. Efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fecha de aplicación sobre el rendimiento (kg fruta árbol⁻¹) en nogal cultivar Chandler.



Tratamientos con la misma letra no representan diferencias estadísticas según prueba de Duncan ($P > 0,05$).

Tratamiento 1: (CH 1,5 %; 54 DAB), Tratamiento 2: (CH 2 %; 54 DAB), Tratamiento 3: (CH 2 %; 47 DAB), Tratamiento 4: (CH 2 %; 36 DAB), Tratamiento 5: (Polen), Tratamiento 6: (Solo cobre), Tratamiento 7 (Testigo).

Los árboles de nogal del tratamiento 5 (Polen), aun teniendo un 8 % más de aborto floral que los del tratamiento 2 (Figura 9), no disminuyeron la cantidad de frutos cuajados y en consecuencia su rendimiento. Esto se relaciona a que existió un menor grado de dicogamia protándrica en los árboles de este tratamiento, de 8 días, comparado con el tratamiento 2 que obtuvo 6 días de sincronización (Figura 1). Este resultado evidencia la importancia que tiene una polinización adecuada, donde el periodo de liberación de polen se sincronice en más días con el período de receptividad de las flores femeninas, para obtener un alto rendimiento. Además

se puede destacar que aunque la polinización manual se realizó cuando el 60 % de las flores se encontraban en el estado Ff_3 (fin receptividad) (Germain *et al.*, 1999), el 40 % de las flores restantes se encontraban en el estado Ff_2 (plena floración femenina) (Germain *et al.*, 1999), por lo tanto estas últimas si fueron receptivas al polen aplicado de forma manual. Al respecto, González *et al.* (2008), quienes al realizar aplicaciones de polen manualmente en concentraciones de 25 y 50 %, obtuvieron un mayor rendimiento en comparación al testigo sin aplicación. En otro estudio, realizado por Tarango (2012), se encontró que cuando las fuentes de polen están en un radio menor a 50 metros, el rendimiento aumenta en un 20 %.

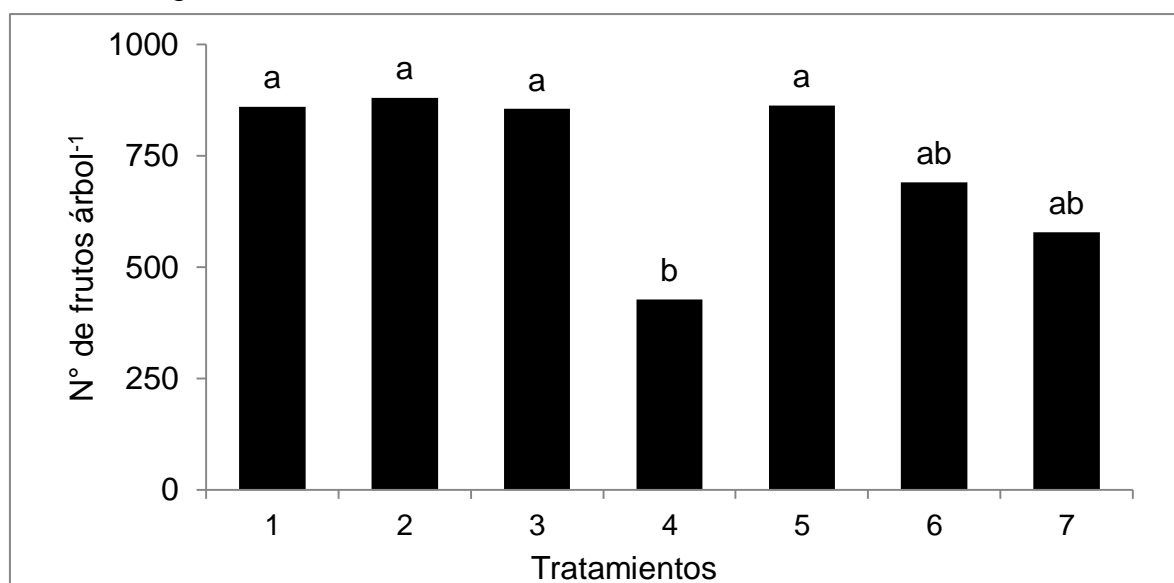
Efecto de los diferentes tratamientos en el número de frutos

Aplicaciones de cianamida hidrogenada en concentraciones de 1,5 y 2 % (54 DAB) y 2 % (47 DAB) producen un mayor número de frutos, aunque no presentan diferencias significativas ($P>0,05$) con el tratamiento testigo ni con el que presentó aplicación de polen (Figura 5). Los resultados obtenidos concuerdan con Wood (1993), quien al aplicar cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones en nogal cultivar Western no observó efectos significativos en el número de frutos. Resultados similares obtuvo también Arreola *et al.* (2005), quienes al aplicar cianamida hidrogenada en concentración de 2 %, no encontraron diferencias significativas en el número de frutos. Sin embargo la tendencia de mayor número de frutos en los tratamientos con aplicaciones de cianamida hidrogenada en concentraciones de 1,5 y 2 % (54 DAB) y 2 % (47 DAB) se puede atribuir, según Tarango (2001), a que aplicaciones en dosis bajas de cianamida hidrogenada mejoran la brotación lateral. El que un árbol tenga más brotes laterales significa más área foliar y más puntos de fructificación, lo que conlleva a un mayor número de frutos. Esto coincide con Arreola *et al.* (2005), quienes al aplicar cianamida hidrogenada en una concentración del 2,5 %, encontraron una tendencia de mayor número de frutos respecto al testigo sin aplicación, lo que se asocia, al mayor número de brotes laterales fructíferos emitidos.

El tratamiento 4 (CH 2 %; 36 DAB) ocasionó una disminución en la cantidad de frutos ($P\leq 0,05$) en relación a los demás tratamientos con cianamida

hidrogenada (Figura 11). Esto se puede atribuir según Lobos (2014), a que la aplicación de cianamida hidrogenada 30 días antes de brotación solo genera la uniformidad de esta. Sin embargo, fue estadísticamente similar al tratamiento testigo. Semejante resultado obtuvieron Arreola *et al.* (2005), al evaluar la cantidad de frutos en pecano, no alcanzando diferencias significativas al aplicar una concentración de cianamida hidrogenada al 2,5 % 30 días antes de brotación respecto al tratamiento sin aplicación.

Figura 11. Efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fecha de aplicación, sobre el número de frutos cosechados por árbol de nogal cultivar Chandler.



Tratamientos con la misma letra no representan diferencias estadísticas según prueba de Duncan ($P > 0,05$).

Tratamiento 1: (CH 1,5 %; 54 DAB), Tratamiento 2: (CH 2 %; 54 DAB), Tratamiento 3: (CH 2 %; 47 DAB), Tratamiento 4: (CH 2 %; 36 DAB), Tratamiento 5: (Polen), Tratamiento 6: (Solo cobre), Tratamiento 7 (Testigo).

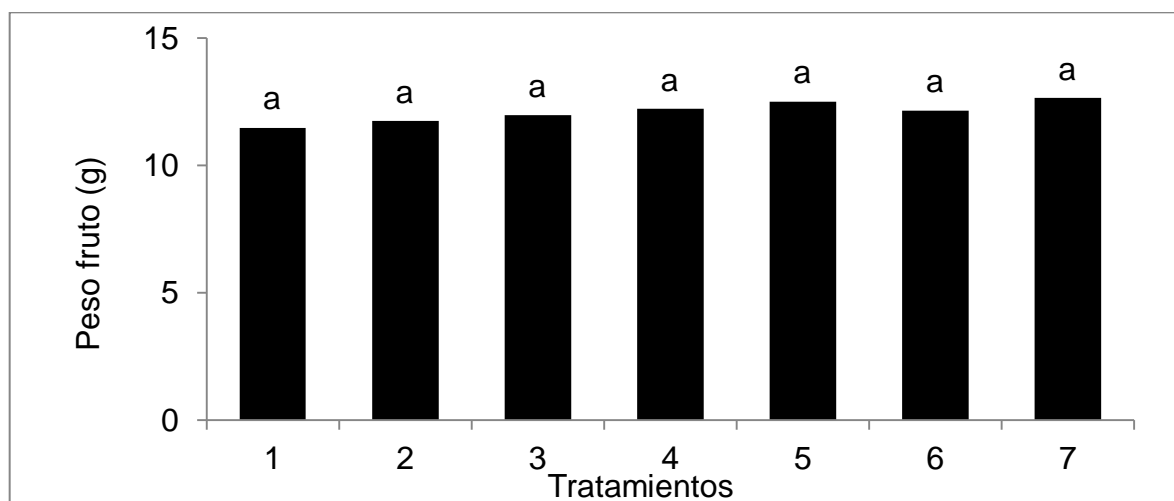
El tratamiento 5 (polen) aunque ocasionó un mayor porcentaje de aborto floral respecto al tratamiento 2 (CH 2 %; 54 DAB) (Figura 9), no influyó en el número de frutos por árbol (Figura 11). Esto se relacionó a la mejor sincronización floral (Figura 1) y a la aplicación de polen manual que cubrió el 40 % de las flores en sus estados receptivos (Ff_2) (Germain *et al.*, 1999), logrando un mayor porcentaje de cuaja final. Al respecto, Lemus *et al.* (2010), sostienen que huertos con un porcentaje de polinizantes adecuado, que tengan la capacidad de emitir polen en

el momento que el estigma de la flor este receptivo, mejorará la cuaja de frutos. Esto concuerda con Brauchi (2003), quien comparó el aborto de flores con diámetro mayor a 7 mm causado por falta de polen, en un huerto con polinizantes y otro sin polizantes, encontrando un 3,6 y 9,4 % de aborto, respectivamente.

Efecto de los diferentes tratamientos en el peso del fruto (g)

Los diferentes tratamientos no provocaron diferencias significativas ($P>0,05$) en el peso de frutos (Figura 12). El tratamiento 7 (testigo) en comparación con los tratamientos 1 (CH 1,5 %; 54 DAB), 2 (CH 2 %; 54 DAB), 3 (CH 2 %; 47 DAB) y 4 (CH 1,5 %; 36 DAB) ocasionó un 9,2; 7,1; 5,47 y 3,5 % mayor peso unitario de nueces respectivamente, pero este mayor peso no resultó significativo.

Figura 12. Efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen, cobre y fecha de aplicación, sobre el peso de frutos (g) en nogales cultivar Chandler.



Tratamientos con la misma letra no representan diferencias estadísticas según prueba de Duncan ($P>0,05$).

Tratamiento 1: (CH 1,5 %; 54 DAB), Tratamiento 2: (CH 2 %; 54 DAB), Tratamiento 3: (CH 2 %; 47 DAB), Tratamiento 4: (CH 2 %; 36 DAB), Tratamiento 5: (Polen), Tratamiento 6: (Solo cobre), Tratamiento 7 (Testigo).

Se puede deducir, que al existir mayor porcentaje de aborto floral en los árboles del tratamiento 7 (testigo) (Figura 9) se motivó un raleo natural, lo que produjo una tendencia a mayor peso de nueces. Esto concuerda con Sparks (1992), que señaló que el raleo natural da origen a nueces de mayor peso, según parámetros comerciales definidos según Lemus *et al.* (2010). Tarango (2012), agrega que el raleo natural provoca un aumento en el peso de nueces mejorando tamaño y

calidad, además señala que nogales con muchos frutos dan nueces de menor peso. Esto es confirmado por Núñez y Martínez (2012), quienes obtuvieron un peso de nuez de 9,3 g en árboles raleados, comparado con un peso de nuez de 7,4 g en árboles no raleados.

CONCLUSIONES

1. El uso de cianamida hidrogenada en concentración del 2 % 47 días antes de brotación, produce un menor grado de dicogamia al sincronizar la floración masculina y femenina en 12 días, logrando reducir el porcentaje de aborto floral respecto al testigo.
2. Aplicación de cianamida hidrogenada al 2 % 54 días antes de brotación, produce 2 días de sincronización entre los "Peak" de floración masculina y femenina, logrando una disminución en el porcentaje de aborto floral, comparada con aplicaciones de polen y el testigo.
3. La aplicación de cianamida hidrogenada al 2 % 36 días antes de brotación, disminuye el periodo de sincronización entre floración masculina y femenina, lo que origina problemas de polinización, dando como resultado menores rendimientos y número de frutos respecto a los demás tratamientos con cianamida hidrogenada.
4. La aplicación manual de polen, fue un factor importante para cubrir el periodo final de la receptividad femenina, evitando un mayor porcentaje de aborto floral.

REFERENCIAS

1. AGRIMED (Chile). 2017. Atlas agroclimático de Chile. Tomo IV: Regiones del Biobío y de La Araucanía. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
2. Aletá, N. 2003. La mejora genética en la especie *J. regia*. La elección varietal. pp: 29-40. En: Frutales de nuez: mercado y tecnología. Documentos presentados al encuentro realizado en Santiago el 9 de enero de 2002. FIA. Santiago, Chile.
3. Almaguer-Vargas, G., J.R. Espinosa-Espinosa, A. Luna-Contreras y J.C. Paz-Solórzano. 2000. Aplicación de promotores de la brotación en ciruelo

- japonés (*Prunus salicina* Lind.) 'Shiro' y 'Santa Rosa'. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 6(1): 111-115.
4. Arreola, J., R. Jacinto, J.S. Rodríguez y E. Santamaría. 2005. Efecto de la cianamida de hidrógeno en la estimulación de brotes en nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] en la Comarca Lagunera. Rev. Chapingo Ser. Zonas Áridas 4(1): 29-34.
 5. Balzarini, M.G., L. Gonzalez, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo y C.W. Robledo. 2008. InfoStat: software estadístico. Manual del usuario. Versión 2008. Brujas. Córdoba, Argentina.
 6. Brauchi, P.P. 2003. Caracterización del aborto de flores pistiladas en nogal (*Juglans regia*) cv. Serr y reducción mediante la remoción de inflorescencias masculinas. Tesis, Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad Agronomía. Quillota, Chile.
 7. Catlin, P.B. and E.A. Olsson. 1990. Distillate flower abscission of Walnut—'Serr', 'Sunland', 'Howard', and 'Chandler'. HortScience 25(11): 1391-1392.
 8. Germain, E., J.-P. Prunet et A. Garcin. 1999. Le noyer. Centre Technique Interprofessionnel des Fruit et Légumes. Paris, France.
 9. González, C.A. 2006. Descripción anatómica y morfológica del efecto de diferentes concentraciones de polen sobre el aborto de la flor pistilada de los nogales 'Serr' y 'Hartley'. Tesis, Magíster en Ciencias Agropecuarias mención Producción Frutícola. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Postgrado. Santiago, Chile.
 10. González, C., G. Lemus and G. Reginato. 2008. Pistillate flower abscission symptoms of 'Serr' walnut (*Juglans regia* L.). Chilean J. Agric. Res. 68(2): 183-191.
 11. INE (Chile). 2007. Censo agropecuario y forestal 2007 [en línea]. Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. <<https://www.ine.cl/estadisticas/censos/censo-agropecuario-y-forestal-2007>>.[Consulta: 22 agosto 2019].
 12. Jave, H.P. 2012. Importancia de la cianamida hidrogenada en la uniformidad de brotación de *Vitis vinífera* L. var. Gross Colman en Cascas – La

Libertad. Tesis, Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Académico Profesional de Agronomía. Trujillo, Perú.

13. Lannamico, L. 2009. El cultivo de nogal en climas templado-fríos. I Material vegetal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Rio Negro, Argentina.
14. Larrañaga, P. y M.A. Osores. 2019. Catastro frutícola: principales resultados: Región de Ñuble / Julio 2019. ODEPA. CIREN. Santiago, Chile.
15. Lemus, G. 2004. El cultivo del nogal (*Juglans regia*). INIA La Platina. Santiago. Chile.
16. Lemus, G., A. Ibacache, B. Pinilla, F. Riveros, G. Sellés, R. Ferreira, L. Martinez, R. Ruiz, C. Sierra, V. Bianchini, C. Rojas, G. Reginato, A. Albornoz, M. Marin, B. Latorre, E. Gratacos, T. Zaviezo, G. Valdés y J.L. Vial. 2010. Producción de nueces de nogal. Manuales FIA de apoyo a la formación de recursos humanos para la innovación agraria. Fundación para la Innovación Agraria. Santiago, Chile.
17. Lobos, G. 2014. Manejo de la floración del nogal bajo las condiciones de la Provincia de Choapa. Informativo N°44. INIA Intihuasi. La Serena, Chile.
18. Muñoz, M. 2019. Boletín fruta fresca: enero 2019 con información a diciembre 2018 [en línea]. ODEPA, Chile. <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMTRjMGNkNzltNmUwMS00NDg2LTNmYjltNDhiOWRmYzAzZmUxliwidCI6IjMzYjdmNzA3LTZINmYtNDJkMi04ZDZmLTk4YmZmOWZiNWZhMCI6ImMiOjR9>>. [Consulta: 07 agosto 2019].
19. Núñez, J.H. y G. Martínez. 2012. El raleo mecánico en nogal pecanero. En: XIII Simposio Internacional de nogal pecanero 2012. Memoria científica. Septiembre, 2012. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, México.
20. Polito, V.S. and N.-Y. Li. 1985. Pistillate flower differentiation in English walnut (*Juglans regia* L.): a developmental basis for heterodichogamy. Sci. Hortic. 26(4): 333-338.
21. Polito, V.S., K. Pinney, S. Weinbaum, M.K. Aradhya, J. Dangl, Y. Vaknin and

- J.A. Grant. 2006. Walnut pollination dynamics: pollen flow in walnut orchards. *Acta Hort.* (705): 465-472.
22. Sparks, D. 1992. Abnormal flowering in pecan associated with freezing temperature. *HortScience* 27(7): 801-803.
23. Stoller. 2012. Efecto de la aplicación de prostart plus para uniformar brotación de yemas en nogal var. 'Chandler' [en línea]. Stoller, Chile. <http://www.stoller.cl/Ensayos_Competos/E%20RM%20NOGAL,%20PPMA%20CHUCA,%202012.pdf>. [Consulta: 01 agosto 2019].
24. Stolpe, N.B. 2006. Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. Publicaciones del Departamento de Suelos y Recursos Naturales N°1. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía, Chillán, Chile.
25. Tarango, S.H. 2001. Efecto de la cianamida hidrogenada en la fenología del nogal [*Carya illinoensis* (Wang.) K. Koch] variedades Western y Wichita. Folleto Técnico N°6. INIFAP. Delicias, México.
26. Tarango, S.H. 2012. Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. Folleto Técnico N°24. INIFAP. Delicias, México.
27. Wood, B.W. 1993. Hydrogen cyanamide advances pecan budbreak and harvesting. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118(6): 690-693.

APÉNDICES

Apéndice 1. Estados fenológicos del desarrollo vegetativo del nogal desde yema en reposo hasta cuajado de frutos.

Af	Yema en reposo. De esta forma pasa el invierno, recubierta por escamas.
Af2	Caída de escamas duras. La yema queda protegida por otras escamas poco diferenciadas y semi-membranosas.
Bf	Botón blanco o lanoso. La yema se hincha y aparecen las brácteas subyacentes recubiertas de una pelusa blanquecina.
Cf	Desborre. Aparecen nuevas brácteas y los foliolos terminales de las hojas exteriores.
Cf2	Primeras hojas. La yema se abre y se separan las escamas, brácteas y foliolos.
Df	Separación de las hojas. La yema está totalmente abierta y las primeras hojas se despliegan y separan.
Df2	Principio de foliación. Las primeras hojas están completamente abiertas y erguidas, toman una posición oblicua y dejan aparecer las flores femeninas.
Ef	Aparición de las flores femeninas.
Ff1	Aparecen los estigmas, que empiezan a separarse y pasan de rojo a verde amarillento.
Ff2	Plena floración femenina. Los estigmas se abren. Su color es verde pálido.
Gf	Marchitamiento de los estigmas. Se desecan, pasando del marrón al negro, ya no son receptivos.
I	Cuajado.

Germain *et al.* (1999).

Apéndice 2. Estados de desarrollo de los amentos en nogal desde diferenciación hasta caída.

Amr	El amento se diferencia en verano, adquiriendo un tinte rosado.
Amv	El amento crece ligeramente, alcanzando 0,5 cm. Toma color verde
Amg	El amento deja de crecer para invernar. Toma color grisáceo
Bm	Se reanuda el crecimiento del amento después de pasado el invierno. Comienzan a formarse los granos de polen. La longitud del amento puede llegar a 2 cm: El amento alcanza el grosor de un lápiz. Color verde claro. Los glomérulos de las flores se distinguen bien. Un glomérulo es la estructura donde se encuentra cada flor de la inflorescencia.
Cm	El amento pierde rigidez y se separan los glomérulos
Dm	El amento cuelga, consecuencia de la separación de los glomérulos.
Dm ₂	Los glomérulos están completamente abiertos. Las anteras comienzan a separarse.
Em	Los glomérulos están completamente abiertos. Las anteras comienzan a separarse.
Em ₂	Las anteras finalizan su separación y comienzan a amarillear.
Fm	Total amarillamiento y comienzo de la dehiscencia de las anteras desde la base del amento.
Fm ₂	Dehiscencia total de las anteras y plena emisión de polen.
Gm	Las anteras, ya sin polen, toman un color pardo.
Hm	El amento completamente seco cae.

Germain *et al.* (1999).

Apéndice 3. Resultados obtenidos en análisis estadísticos del efecto de la cianamida hidrogenada en diferentes concentraciones, polen y fecha de aplicación sobre el rendimiento (kg fruta árbol⁻¹) en nogal cultivar Chandler.

Tratamiento	CV ¹	Media	DE ²	Mínima	Máxima
1	8,27	9,88	0,82	8,68	10,41
2	16,84	10,40	1,75	8,63	12,21
3	35,15	10,27	3,61	6,96	13,68
4	24,13	5,21	1,26	3,78	6,84
5	32,44	10,78	3,5	6,16	14,29
6	23,56	8,45	1,99	6,47	10,23
7	29,93	7,32	2,19	4,58	9,94

¹CV: Coeficiente de variación.

²DE: Desviación estándar.

ANEXOS

Anexo 1. Programa de aplicación de fungicidas cúprico temporada 2015-2016 agrícola “Monte Rodeo”.

Condición climática	Fecha	Estado fenológico	Producto comercial	Ingrediente activo	Dosis/ 100 L	L ha ⁻¹	Dosis ha ⁻¹	Maquinaria utilizada
Nublado	29-09-2015	Inicio de brotación	Hidro-cup® WG	Óxido cuproso	200 g	600	1200 g	Pistón
Despejado	08-10-2015	Inicio de floración	Hidro-cup® WG	Óxido cuproso	200 g	650	1300 g	Atomizador
Despejado	14-10-2015	En floración	Nordox® Super 75	Óxido cuproso	130 g	650	975 g	Atomizador
Despejado	24-10-2015	Cuaja	Nordox® Super 75	Óxido cuproso	200 g	750	1500 g	Atomizador
Despejado	02-11-2015	Desarrollo de frutos	Hidro-cup® WG	Óxido cuproso	200 g	750	1500 g	Atomizador
Despejado	14-11-2015	Desarrollo de frutos	Hidro-cup® WG	Óxido cuproso	200 g	750	1500 g	Atomizador
Despejado	29-11-2015	Desarrollo de frutos	Hidro-cup® WG	Óxido cuproso	200 g	750	1500 g	Pulverizador
Parcial/ despejado	21-12-2015	Desarrollo de frutos	Nordox® Super 75	Óxido cuproso	130 g	750	975 g	Pulverizador
Despejado	09-01-2016	Desarrollo de frutos	Nordox® Super 75	Óxido cuproso	130 g	750	975 g	Pulverizador