



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Determinación de las fechas de inducción y diferenciación floral mediante la aplicación de fitorreguladores (giberelinas y citoquininas) en avellano europeo cv. *Tonda di Giffoni***

**MEMORIA DE TÍTULO**

**CLAUDIA NICOL NORAMBUENA VÁSQUEZ**

**Talca, Chile  
2023**

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2023



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Determinación de las fechas de inducción y diferenciación floral mediante la aplicación de fitorreguladores (giberelinas y citoquininas) en avellano europeo cv. *Tonda di Giffoni***

**Por**

**CLAUDIA NICOL NORAMBUENA VÁSQUEZ**

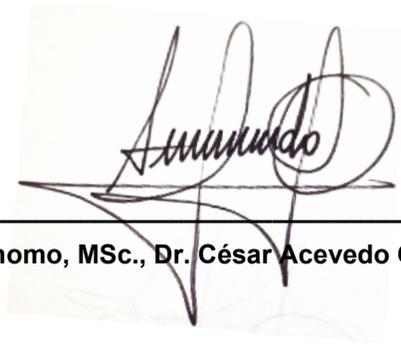
**MEMORIA DE TÍTULO**

**presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de  
INGENIERA AGRONOMA**

**Talca, Chile**

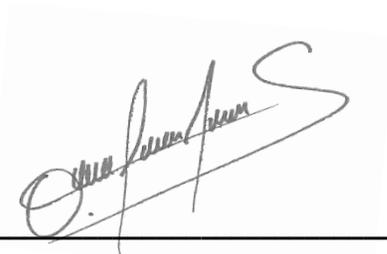
**2023**

**APROBACIÓN:**

A handwritten signature in black ink on a light yellow background. The signature is stylized and appears to read "César Acevedo".

---

**Profesor Guía: Ing. Agrónomo, MSc., Dr. César Acevedo Opazo.**

A handwritten signature in black ink on a light blue background. The signature is stylized and appears to read "Khristopher Ogass".

---

**Profesor Co-guía: Ing. Agrónomo, Dr(c). Khristopher Ogass Contreras.**

**Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: Jueves 27 de abril de 2023.**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a mis padres Viviana y Ángel, por su apoyo y preocupación constante a lo largo de esta carrera, les agradezco enormemente por entregarme las herramientas necesarias para realizar mis estudios que hoy ya culminan, no me hará grande el título de agrónoma, me hace grande los valores que ustedes me inculcaron, la humildad y resiliencia ha sido parte de la mejor formación que he recibido en estos 23 años.

Agradezco a Pedro Vega, un buen compañero de carrera, y un extraordinario compañero de vida, gracias por tu cariño e incondicionalidad, junto a mis amigos lograron que esta etapa universitaria fuera una experiencia inolvidable. Le doy las gracias a mi hermana Constanza, por apoyarme en todo momento, y por darme el regalo más lindo que es mi adorada sobrina Pascal.

Agradecida de los trabajadores de la Sociedad Agrícola y Ganadera El Diamelo, y trabajadores de la agrícola en donde realicé mi práctica obrera, en especial a Don Rodrigo Varas, y Don Reginaldo Q.E.P.D., quienes me entregaron su cariño, respeto y admiración, gracias por creer en mí y ser parte de mi formación profesional.

Mi gratitud a don Fernando Guerrero por su apoyo y colaboración durante el último proceso de mi tesis, quién entregó lo mejor de sí para lograr con éxito mi memoria.

## ABSTRACT

The European hazelnut crop in Chile has had a significant increase in the productive area in recent years, ranking as the sixth country in leading world production. This increase brings with it new challenges for the agronomic management of the crop with the objective of increasing the 2.8 tons per hectare produced during the season. An important pillar for agronomic management is the knowledge of the phenological stages of this crop, the induction and floral differentiation of European hazelnut in Chile have not been defined in the agroclimatic conditions in which we find ourselves today, nor in cultivars that lead the production in our country.

The use of hormones during the floral induction processes has been studied by fruit growing, among which the use of gibberellins and cytokinins, inhibiting and promoting floral induction, respectively. In this trial, the effect of the application of the two phyto regulators mentioned above on the floral induction of European hazelnut was evaluated, in addition to determining by histological cuts the floral differentiation in European hazelnut, in order to determine the dates on which both processes occur.

Foliar applications of gibberellins at a dose of 100 ppm and cytokinins at a dose of 15 ppm were made on nine different dates between November 2021 to March 2022, plus a control without application. In each treatment, flowering density was quantified by counting the number of glomeruli per shoot and the number of flowers per glomerulus. Histological cuts were made on shoot of the same crop collected during 7 dates between December 2021 and March 2022.

The results indicate that these phyto-regulators, as in several fruit trees have a role in the flowering process, gibberellins inhibit and cytoquinins promote induction and floral differentiation in European hazelnut. Gibberellin applications decreased the number of glomeruli, the date with the highest sensitivity to this phyto-regulator was January 20. Cytoquinine applications failed to differentiate, so the process date could not be determined by applying this phyto regulator. After the applications of these phyto-regulator, only the number of glomeruli showed differences, with no differences in the number of flowers per glomerulus. Through the histological cuts it could be determined that the floral primordia begin to differentiate during January 11, becoming totally differentiated the first days of February, supporting the results obtained previously.

**Keywords:** induction, differentiation, phyto regulator, gibberellins, cytoquinins.

## RESUMEN

El cultivo de avellano europeo en Chile ha tenido un importante incremento en la superficie productiva en los últimos años, que lo han ubicado como el sexto país en liderar la producción mundial. Este incremento trae consigo nuevos desafíos en el manejo agronómico del cultivo con el fin de aumentar las 2,8 toneladas por hectárea que se producen en la temporada. Un pilar importante para el manejo agronómico es el conocimiento de las etapas fenológicas de este cultivo, la inducción y diferenciación floral de avellano europeo en Chile no han sido definidas en las condiciones agroclimáticas en las que hoy nos encontramos, ni en cultivares que lideran la producción en nuestro país.

El uso de hormonas en los procesos de inducción floral ha sido estudiado por la fruticultura, destacando entre ellas el uso de giberelinas y citoquininas, inhibiendo y promoviendo, respectivamente la inducción floral. En este ensayo se evaluó el efecto de la aplicación de los dos fitorreguladores antes mencionados sobre la inducción floral de avellano europeo, además de determinar mediante cortes histológicos la diferenciación floral en avellano europeo, con el fin de determinar las fechas en que ocurren ambos procesos.

Se realizaron aplicaciones foliares de giberelinas en dosis de 100ppm y citoquininas en dosis de 15ppm en nueve fechas distintas entre noviembre 2021 a marzo 2022, más un control sin aplicación. En cada tratamiento se cuantificó la densidad de floración, contabilizando el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulo. Se realizaron cortes histológicos en yemas del mismo cultivo recolectadas durante 7 fechas comprendidas entre diciembre 2021 a marzo 2022.

Los resultados indican que estos fitorreguladores al igual que en varios frutales tienen un rol en el proceso de floración, las giberelinas inhiben y citoquininas promueven la inducción y diferenciación floral en avellano europeo. Las aplicaciones de giberelinas disminuyeron el número de glomérulos, la fecha con mayor sensibilidad a este fitorregulador fue el 20 de enero. Las aplicaciones de citoquininas no lograron diferenciarse por lo que no se pudo determinar la fecha del proceso mediante la aplicación de este fitorregulador. Tras las aplicaciones de estas fitohormonas solo el número de glomérulos presenta diferencias, no se lograron encontrar diferencias en el número de flores por glomérulo. A través de los cortes histológicos se pudo determinar que los primordios florales comienzan a diferenciarse durante la fecha 11 de enero, estando totalmente diferenciados los primeros días de febrero, respaldando los resultados anteriormente obtenidos.

**Palabras claves:** Inducción, diferenciación, fitorregulador, giberelinas, citoquininas.

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1	Hipótesis.....	3
1.2	Objetivo general .....	3
1.3	Objetivos específicos.....	3
<b>2.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1	Avellano europeo en Chile y el mundo .....	4
2.2	Características generales del cultivo .....	5
2.3	Principales problemáticas de producción del avellano.....	7
2.4	Alternancia de la producción .....	7
2.5	Inducción y diferenciación floral .....	8
2.6	Fitohormonas .....	9
2.7	Fitohormonas y su influencia sobre la inducción floral.....	10
2.7.1	Giberelinas en la inducción floral.....	11
2.7.2	Citoquininas en la inducción floral .....	11
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODO.....</b>	<b>13</b>
3.1	Ubicación y características edafoclimáticas del predio.....	13
3.2	Material vegetal .....	13
3.3	Diseño experimental .....	13
3.4	Mediciones de campo .....	14
3.5	Cortes histológicos .....	14
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>18</b>
4.1	Caracterización climática.....	18
4.2	Análisis de varianza para aplicaciones de giberelinas.....	20
4.3	Análisis de varianza para aplicaciones de citoquininas.....	22

4.4	Análisis de varianza entre hormonas .....	23
4.5	Análisis de multifactorial respecto a la posición de los brotes .....	24
4.6	Análisis histológico .....	25
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>32</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Programación de doce baños realizados en el histoprocador Leica TP 1020. ....	15
Cuadro 2. Tinción azul de Toluidina .....	16
Cuadro 3. Efecto de la aplicación de GA3 sobre el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulos para cada tratamiento. ....	20
Cuadro 4. Efecto de la aplicación de CK sobre el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulos para cada tratamiento. ....	22
Cuadro 5. Efecto de las aplicaciones de giberelinas y citoquinas sobre el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulos para cada tratamiento. ....	23
Cuadro 6. Efecto de la exposición lumínica de los brotes sobre el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulos para cada tratamiento. ....	24

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas medias, máximas, mínimas y precipitaciones mensuales acumuladas durante la temporada entre noviembre 2021 a julio 2022 en San Clemente.....	18
Figura 2. Etapa I. Formación de hojas (h), escamas cerradas, fecha 01/12/21.....	26
Figura 3. Etapa I. Yema en estado vegetativo, no se observan signos de diferenciación, fecha 01/12/21.....	26
Figura 4. Ápice con tendencia vegetativa, formación de hojas (f) y escamas (e) identificado por Dimoulas (1979). 26	
Figura 5. Etapa I. Formación de estructura vegetativas, hojas (h) y escamas (e), fecha 01/12/21.....	26
Figura 6. Formación de las ultimas hojas, zona axial comienza a redondearse, identificada por Dimoulas (1979) .	27
Figura 7. Etapa II. Zona axial (za) comienza a redondearse, escamas (e) y hojas (h) formadas, fecha 15/12/21	27
Figura 8. Primer signo de diferenciación, primordio bracteofloral comienza a diferenciarse, identificada por Dimoulas (1979).....	27
Figura 9. Etapa II. Primordio bracteofloral (bf) diferenciandose de la zona apical, fecha 30/12/2021.....	27
Figura 10. Aparición de los primeros primordios bracteoflorales (bf), correspondiente a la etapa III identificada por Dimoulas (1979).....	28
Figura 11. Etapa III. Primordios bracteoflorales (bf) bien diferenciados de la zona apical (10x) Fecha 11/01/22. ....	28
Figura 12. Formación de los dos primeros rudimentos florales con sus brácteas identificados por Dimoulas (1979). 28	
Figura 13. Etapa III. Rudimentos florales (rf) con sus respectivas bracteas, estructuras diferenciadas de la zona apical de crecimiento, fecha 02/02/22.....	28
Figura 14. Deformación de glomérulos tras aplicación de giberelinas. ....	21
Figura 15. Apertura de brácteas tras aplicaciones de giberelinas.....	21

## 1. INTRODUCCIÓN

En la última década, el avellano europeo (*Corylus avellana* L.) ha experimentado un importante aumento en superficie productiva, ubicándose como el cuarto frutal en importancia a nivel nacional y con mayor tasa de crecimiento en los últimos años (CIREN, 2022). Este fuerte desarrollo en Chile lo ubica como el principal productor del hemisferio sur, alcanzando el sexto lugar a nivel mundial (FAOSTAT, 2020). Su producción se concentra principalmente entre las regiones del Maule a Los Lagos, adquiriendo relevancia en la zona sur de nuestro país, principalmente como alternativa a rubros tradicionales (Ellena *et al.*, 2014). En la región del Maule es el segundo cultivo con mayor superficie alcanzando las 16.956,13 ha, muy por detrás le sigue la región de La Araucanía con 8.437,69 ha y Ñuble con 6558,70 ha, cifras entregadas en el informe del Catastro frutícola (CIREN, 2022).

La producción de avellana europea en Chile se basa principalmente en dos cultivares: Barcelona y Tonda di Giffoni siendo esta última la de mayor importancia productiva, debido a su excelente calidad industrial cuyo mercado en confitería abarca el 90% de la producción mundial, quién ha crecido fuertemente en las últimas temporadas por su elevada calidad (Ellena *et al.*, 2014). El otro 10% se comercializa como snack para el mercado casero, siendo Barcelona uno de los principales cultivares en este mercado (Botta *et al.*, 2019).

Los rendimientos productivos de avellanas en Chile fluctúan entre las 2,8 toneladas por hectárea según las cifras entregadas por CIREN (2022). Estos rendimientos fluctúan con los años y se puede atribuir a la alternancia de producción o comúnmente llamada “añerismo”, la cual se debe a la inhibición de la inducción floral después de una fuerte carga frutal en el año (Goldschmidt y Sadka, 2021).

En avellanos el ciclo de fructificación parte en primavera y verano con la inducción de las yemas y la diferenciación de los órganos florales desde noviembre en adelante, siendo primero para las flores masculinas, y luego para las flores femeninas (Germain, 1994). La floración es inducida por señales endógenas y exógenas las que se inician por vías paralelas. Las vías paralelas de control de la floración son estimuladas por diversas señales externas o internas. Entre las señales externas podemos mencionar la temperatura, el fotoperíodo y el estrés; y entre las señales endógenas podemos indicar la edad de la planta, el contenido hormonal, la carga frutal y el estado nutricional (Goldschmidt y Sadka, 2021).

Distintos autores señalan que la participación hormonal, en particular giberelinas (GA), citoquininas (CK), auxinas, y ácido abscísico (ABA) han sido sugeridas en variados estudios como factores de control de la floración, incidiendo en la producción alterna de árboles frutales en general (Goldschmidt y Sadka, 2021). Las hormonas de mayor estudio en los procesos de inducción y diferenciación frutal

están las giberelinas y citoquininas, evidenciando que las GA bioactivas tienen un efecto inhibitorio sobre los genes y las vías de floración centrales en la manzana (Sharma *et al.*, 2019). Además, tratamientos con ácido giberélico inhiben la diferenciación de los botones florales en una larga lista de especies frutales (Goldschmidt y Samach, 2004). Mientras que los reguladores del crecimiento, ABA y CK, elevarían los niveles de formación de flores en olivos (Baktir *et al.*, 2004). Estos estudios han sido ejecutados en condiciones edafoclimáticas distintas a las de Chile, en nuestro país se desconoce el momento exacto en el que ocurre la inducción y diferenciación floral de avellanos para evaluar el efecto que tendrían estas hormonas en el desarrollo fisiológico.

En Francia se ha estudiado que las flores masculinas se inician antes que las femeninas, Germain y Dimoulas (1979) señalan que en la zona de Burdeos los primeros signos de diferenciación en flores masculinas se observan en yemas a partir de mediados de noviembre, mientras que la inducción de flores femeninas, no se registran hasta finales de diciembre, estudios que concuerdan con las realizados en Italia por Baldini y Pisani (1968).

Investigaciones en la inducción floral (IF) en avellano europeo se remonta a Trotter (1951); Geraci (1968); Baldini *et al.*, (1968); Pisani *et al.*, (1970); Koval (1972); Dimoulas (1979) y Mussano *et al.*, (1983), citados por Germain (1994). Estos trabajos evaluaron las fechas de inducción floral mediante deshoje y posterior medición del retorno floral, sin embargo, es conocido el rol de fitohormonas como giberelinas y citoquininas sobre estas fases fenológicas y cuyos trabajos no han sido realizados en avellano europeo. Dada la importancia que ha adquirido el cultivo del avellano europeo en Chile, se hace indispensable conocer las fechas de inducción y diferenciación floral en las condiciones edafoclimáticas de nuestro país, mediante la aplicación de fitorreguladores como giberelinas (inhibidor de la inducción) y citoquininas (promotor de la inducción), con la finalidad de establecer manejos agronómicos que permitan conocer de mejor manera el fenómeno de alternancia productiva de este frutal.

A continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente trabajo:

## **1.1 Hipótesis**

H1. La aplicación de fitorreguladores como giberelinas permitiría determinar con una alta sensibilidad el periodo de inducción floral de avellano europeo, mediante la medición de un menor retorno floral durante las diferentes fechas de aplicación.

H2. La aplicación de fitorreguladores como citoquininas permitiría determinar con una alta sensibilidad el periodo de inducción floral de avellano europeo, mediante la medición de un mayor retorno floral durante las diferentes fechas de aplicación.

## **1.2 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la aplicación de fitorreguladores como giberelinas y citoquininas sobre la inducción floral y determinar mediante cortes histológicos la diferenciación floral en avellano europeo *cv. Tonda di Giffoni*.

## **1.3 Objetivos específicos**

- I. Evaluar el efecto de la aplicación de giberelinas y citoquininas sobre el retorno floral (inducción floral) en avellano europeo *cv. Tonda di Giffoni*.
- II. Evaluar mediante cortes histológicos la diferenciación floral en avellano europeo *cv. Tonda di Giffoni*.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Avellano europeo en Chile y el mundo**

El cultivo de avellano europeo se concentra principalmente en zonas de clima mediterráneo. Los países del hemisferio norte agrupan la producción mundial de avellano. Dentro de los principales países productores se encuentra Turquía con 684.000 ton, desde lejos le siguen Italia con 84.670 ton, E.E.U.U con 70.310 ton, Azerbaiyán con 67.630 ha, Georgia con 46.000 ton, y en sexto lugar se encuentra Chile alcanzando las 35.291 ton, cifras entregadas por la FAOSTAT para el año 2021.

Según cifras entregadas por la FAO en 2013, Chile se ubica como el principal productor de avellano europeo del hemisferio sur. Según los datos del catastro frutícola 2022, actualmente la superficie nacional de este frutal es de 36.393 hectáreas, distribuidas entre las regiones del Maule y Los Lagos debido a las características edafoclimáticas que requiere su cultivo. La región del Maule concentra la mayor superficie con 16.956,13 hectáreas, seguida por las regiones de la Araucanía y Ñuble con 8.437,69 y 6.558,70 hectáreas, respectivamente. Las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos presentan gran interés por este frutal de nuez, incrementando la superficie establecida, siendo un cultivo considerado clave para el desarrollo de estas tres regiones en sustitución de cultivos tradicionales para estas zonas (Ellena, 2013).

En relación con los cultivares, Tonda di Giffoni lidera la producción nacional, alcanzando las 7.148,3 ha, gracias a su alta calidad ha crecido fuertemente en las últimas temporadas. Barcelona alcanza las 2.745,7 ha debido a su amplia adaptabilidad a diferentes condiciones agroclimáticas de las zonas productoras de nuestro país. El tercer lugar lo ocupa Tonda Gentile de La Lange con 1.107,8 ha, (CIREN, 2022).

## 2.2 Características generales del cultivo

La especie del género *Corylus*, pertenece a la familia de las Betulaceae. Es una especie monoica, en donde encontramos en el mismo árbol flores masculinas y femeninas agrupadas cada una de ellas en inflorescencias. Las flores masculinas están dispuestas en amentos cilíndricos amarillentos que cuelgan de los segmentos apicales de los brotes, son entre 130 a 260 flores apétalas dispuestas helicoidalmente alrededor del eje central, Barbeau (1972) en Dimoulas (1979). Las flores femeninas se encuentran agrupadas en glomérulos escamosos mixtos, esta inflorescencia está compuesta por una parte vegetativa basal que consta de un tallo preformado con 6 a 7 entrenudos, en cada nudo hay una escama protegiendo un contorno floral y un contorno de yema, en la parte superior se encuentra la parte fértil del glomérulo formada por alrededor de 4 brácteas, en las axilas de cada bráctea hay dos flores femeninas las cuales tienen un gineceo bicarpelado (Dimoulas, 1979), terminando en dos estilos cuyos estigmas se caracterizan de color rojo vivo (Botta *et al.*, 2019), los glomérulos se ubican en la terminación de las ramillas laterales o brotes del año (Corte y Sonnati, 2009).

Este frutal de hoja caduca posee un crecimiento arbustivo pudiendo alcanzar entre 2 a 5 metros de altura. Fructifica un aquenio con pericarpio leñoso cubierto por un involucro, el cual puede variar extendiéndose más allá de la nuez a más corto que la nuez, presentando así una gran diversidad genética entre los distintos cultivares de avellano europeo (Akçin y Bostan, 2018). Por su parte, Mehlenbacher (2009) determinó que alrededor de 30 cultivares de este frutal conformarían la base productiva a nivel mundial.

A diferencia del resto de frutales, en avellanos la floración y polinización ocurren en invierno cuando la planta está inactiva, en primavera, septiembre - octubre comienza la emergencia de hojas y le sigue el desarrollo de los brotes, en noviembre - diciembre los frutos comienzan su desarrollo, la fecundación da lugar a finales de diciembre principios de enero, el embrión comienza a desarrollarse en enero - febrero, a finales de febrero ya encontramos nueces maduras, entre marzo - abril las nueces empiezan a caer, finalmente en abril comienza la caída de hoja (Baldwin, 2015).

La inducción floral masculina comienza a mediados de noviembre, más de un mes antes de la inducción floral femenina que ocurriría a finales de diciembre y los primeros días de enero (Dimoulas, 1979), y su comienzo depende de varios factores (Germain, 1994). La diferenciación de los glomérulos puede comenzar desde mediados de enero a los primeros días de febrero (Germain, 1994), fecha en la que se forman los primordios florales. La floración posee una duración de 2 a 4 meses, normalmente entre junio y agosto, y ocurre una vez que se ha roto la latencia de las inflorescencias.

Al momento de la polinización, el ovario se forma y empieza a desarrollarse solo si la flor es polinizada, la fecundación se produce cuatro a cinco meses después de la polinización (Germain, 1994), es decir, el tubo polínico que se formó en la polinización invernal se reactiva en primavera a la espera que el ovulo se forme y poder fecundarlo. Los ovarios abortivos de las flores de avellano son incapaces de convertirse en frutos y están destinados a caer o marchitarse (Lui *et al.*, 2014).

Respecto a los requerimientos térmicos de las estructuras florales del avellano europeo, la acumulación de horas frías requeridas por los amentos son menores a las necesidades de frío de las flores femeninas (Germain, 1994). Estas necesidades oscilan entre las 350-600 horas frías para las flores masculinas correspondientes a temperaturas inferiores a 7°C, en tanto que las flores femeninas varían entre 600-800 horas frío (Mehlenbacher, 1991).

Las raíces se expanden más horizontal que verticalmente, desarrollándose en los primeros 10 a 50 cm de profundidad (Berasategui, 1997). El mayor desarrollo vegetativo del avellano europeo, tanto aéreo como radical se observa en suelos profundos de origen volcánico (trumaos) de la zona sur de nuestro país. Por su parte suelos menos profundos y compactados (arcillosos, graníticos) con incluso condición de asfixia radical, perjudicaría negativamente la absorción y traslocación de los nutrientes (Ellena, 2013). De esta manera, la producción en suelos pobres y poco profundos acompañados de un descuido productivo generaría un crecimiento de brotes cortos e improductivos que gatillarían en una producción bienal o añerismo (Erdogan, 2018).

Durante los procesos fisiológicos hay variables ambientales que tienen un papel fundamental para este cultivo, como la intercepción de la luz durante el proceso de fotosíntesis de las hojas (Tombesi *et al.*, 2015) y la temperatura del aire junto con el déficit de presión de vapor de agua durante la actividad productiva de las hojas (Hogg *et al.*, 2000), además se ha estudiado que el avellano europeo es altamente sensible al déficit hídrico, debido a su baja capacidad de regulación estomática (Catoni *et al.*, 2017).

### **2.3 Principales problemáticas de producción del avellano**

La biología floral del avellano presenta autoesterilidad y dicogamia, no existe una sincronización entre la liberación del polen y la receptividad del estigma de la misma variedad, lo que obliga a utilizar variedades polinizadoras para alcanzar un rendimiento adecuado (Olsen *et al.*, 2000). Se recomienda el uso de polinizadores compatibles que tengan nueces de forma redonda, ya que la polinización cruzada generaría un conjunto de flores mucho mayor, lo que resultaría en mayores rendimientos (Erdogan, 2018).

En el sur de Chile, dependiendo de los cultivares, una inadecuada polinización puede generar entre 6-10% de frutas vanas (Ellena, 2013), este porcentaje es influenciado además por la falta de poda, ya que evita la renovación de madera frutal, sumado a un déficit hídrico y nutricional, bajas temperaturas y baja iluminación reduce el número de yemas productivas y cuaja del fruto (Dimoulas, 1979). Por otro lado, elevadas precipitaciones durante la fecundación se relacionan con un alto porcentaje de frutas vanas ya que abundantes lluvias podrían lavar los estigmas provocando la plasmóptosis de los granos de polen (Ellena, 2013). Estos pequeños granos de polen son fácilmente transportados por el viento, un clima lluvioso o brumoso prolongado puede impedir la adecuada polinización (Erdogan, 2018).

### **2.4 Alternancia de la producción**

La alternancia productiva se caracteriza por la obtención de volúmenes de cosechas fluctuantes en el tiempo, años con alta carga frutal se conoce como año “on”, seguido de años con baja carga frutal conocidos como año “off”. El origen a esta tendencia natural se presenta en variados cultivos. En manzanos (Lobos y Yuri, 2006), establecieron que mientras mayor es la cantidad de frutos en un árbol, mayor será la cantidad de giberelinas liberadas y, por ende, mayor la inhibición de la inducción floral para la siguiente temporada, concordando con lo afirmado por Goldschmidt y Sadka (2021).

Del mismo modo, en paltos y cítricos se ha estudiado que este fenómeno se debe a una producción reducida de flores en primavera después de un año abundante durante la cosecha, esto se debe al tiempo que los frutos permanecen en el árbol, dado que los frutos ejercen un efecto inhibitorio sobre el crecimiento vegetativo, disminuyendo los niveles de carbohidratos en tallos y hojas. Así, bajos niveles de estas sustancias serían desfavorables, ya que reduciría el número de brotes y por tanto disminuiría el número de flores que se pueden formar (Fichet, 2021; Moss, 1971; Muñoz-Fambuena *et al.*, 2012).

El uso de los reguladores de crecimiento es la estrategia para reducir la floración en el año de mayor producción. Schmidt *et al.* (2010) señalaron que la aplicación externa de GA durante los años "off" evita una inducción floral excesiva, atenuando el ciclo de producción bienal. En paltos, se han realizado aplicaciones de GAs, disminuyendo significativamente la floración en los años de mayor producción y aumento la producción de brotes vegetativos, esto se refleja en el aumento en la floración en el año de menor producción (Dussan, 2014).

Es importante entender que, en frutales el éxito reproductivo y la productividad se rigen principalmente por el evento central que es la floración regular, siendo esta condición el principal motivo de estudio en especies que presentan alternancia de producción (Sharma *et al.*, 2019). El avellano europeo es un frutal considerado con alternancia productiva (Azarenko *et al.*, 2005; Roversi y Ughini, 2006; Behyan y Marangoz 2007), sin embargo, en la actualidad se desconocen los factores asociados a los años de alta y baja productividad. Al respecto, Hampson *et al.*, 1997 citado en Azarenko *et al.*, 2005 señala que el manejo de la luz en un huerto de avellanas es uno de los factores clave para asegurar una producción anual más estable. Los niveles reducidos de luz en el dosel reducen el rendimiento, la calidad de la nuez y la densidad de flores femeninas y amentos para el año siguiente. Reforzando la idea de la luz sobre la densidad de flores, se ha demostrado que las podas realizadas en verano para favorecer la infiltración de la luz disminuyen la producción bienal (Silvestri *et al.*, 2021).

## **2.5 Inducción y diferenciación floral**

La inducción floral es el proceso mediante el cual las yemas, originalmente vegetativas, realizan cambios metabólicos para transformarse en yemas florales (Yuri *et al.*, 2002). La diferenciación floral es el proceso que sigue a la inducción y corresponde al desarrollo de las estructuras florales al interior de la yema inducida, que luego darán origen a la flor. La producción de fruta depende directamente del número de yemas florales que la planta logre formar, es por ello la importancia de ambos procesos.

A simple vista las yemas vegetativas de avellano son muy similares a sus yemas mixtas, Dimoulas (1979) describió dos particularidades morfológicas que ayudan en la identificación de estas, primero señala que ambas yemas en su tallo preformado constan de 10-11 nudos, la diferencia de ambas yemas radica en que el número de hojas preformadas en una yema vegetativa es de 10 a 11, y solo 6 a 7 en un glomérulo donde las 4 hojas superiores son remplazadas por 4 brácteas florales. Luego describe que las cuatro brácteas florales con sus dos flores correspondientes están dispuestas en hélice, formándose en planos diferentes a las escamas y hojas de la parte vegetativa del glomérulo.

La inducción de flores masculinas de avellano ocurre un mes antes que la inducción de las flores femeninas (Germain, 1994; Santos y Silva 1994; Trotter, 1951). La duración de estos procesos corresponde a un periodo de tres o cuatro semanas para la inducción floral femenina, mientras que la inducción de flores masculinas duraría de dos a tres semanas, según lo expuesto por Germain (1994), el mismo autor indica que la inducción femenina depende de factores tales como el nivel de luz recibido por los brotes de un año durante la temporada de crecimiento anterior, del vigor y origen de estos. Dimoulas (1979) indica que los brotes originados de glomérulos, fructificados en sus extremos, al año siguiente presentan muchas menos inflorescencias, que brotes originados de yemas vegetativas.

Escasos estudios en diversas zonas geográficas sobre inducción y diferenciación en avellano europeo suelen tener resultados contradictorios, Cerasi (1968) indica que la iniciación de las flores femeninas comenzó entre la segunda y tercera semana de noviembre y continuó hasta fines de diciembre. En Italia, Baldini y Pisani (1968) señalan que la inducción floral femenina se produce entre el 15 de diciembre y el 15 de enero y precede en aproximadamente un mes a la aparición de los primeros signos de diferenciación de las flores femeninas que solo son detectables a finales de enero o principios de febrero.

Los órganos florales crecen lentamente hasta la floración que ocurre en invierno. Los periodos de floración dependen de las características genéticas de las variedades, pero además dependen de las relaciones climáticas como requerimiento de horas frío, por lo cual el manejo de huertos en Chile no se puede basar en el resultado de experiencias realizadas en otras regiones climáticas del mundo. Así, se requiere de un conocimiento local sobre el proceso de inducción y diferenciación en el cv. Tonda di Giffoni en las condiciones agroclimáticas específicas de nuestro país.

## **2.6 Fitohormonas**

Las fitohormonas son hormonas vegetales sintetizados por la propia planta a muy bajas concentraciones, que integran los estímulos externos, gatillan respuestas fisiológicas y de desarrollo de las plantas, se sintetizan en diferentes lugares de la planta (Garay et al., 2014), mientras que los fitorreguladores o reguladores de crecimiento son sustancias de naturaleza química que afectan la función de diferentes tipos celulares, tejidos u órganos. Las fitohormonas más caracterizadas son auxinas, citoquininas (CK), giberelinas (GA), ácido abscísico (ABA) y etileno.

El uso de fitohormonas se utiliza tanto para fruticultura como para la agricultura en general, provocando respuestas positivas en los cultivos, tales como alargamiento del raquis de vides, aumento del tamaño de las bayas de la vid y arándanos (Quilambaqui, 2003; Sáez, 2016), acelera la germinación en manzanos, aumenta la floración en paltas y estimula el enraizamiento en mora, también se ha estudiado en cerezos, arándanos y en vid de mesa, afectando la coloración de fruta pudiendo inhibirla o promoverla, retrasando o adelantando respectivamente el momento de cosecha debido a la concentración de giberelinas (Sáez, 2016).

El uso de reguladores de crecimiento en algunas ocasiones puede variar sus resultados, debido a la variabilidad interna y externa de cada planta (variedad, patrón, clima, tipo de suelo). Sin embargo, el uso de estos productos en la fruticultura chilena ha llegado a ser indispensables para la obtención de fruta con calidad de exportación.

## **2.7 Fitohormonas y su influencia sobre la inducción floral**

La participación de algunas hormonas, en particular GA, la auxina ácido indol acético (IAA), ABA y CK, en el control de la floración de los árboles frutales en general, y en particular en la producción alterna, ha sido sugerida en muchos estudios. Sin embargo, las hormonas que más se repiten en estudios de inducción y diferenciación frutal son las giberelinas y citoquininas.

Las giberelinas (GA) tienen como principal efecto fisiológico controlar la elongación celular (Benavente, 1983). La mayoría de los experimentos diseñados para investigar el efecto de las GA sobre la inducción floral se han realizado mediante aplicaciones de hormonas exógenas. Estos tratamientos generalmente redujeron la inducción floral en varias especies de árboles (Bangerth, 2009; Goldschmidt y Sadka, 2021; Ionescu *et al.*, 2017). El ácido giberélico o GA3 son giberelinas que se obtienen industrialmente por procesos de fermentación, éstas simularían el efecto fisiológico de las giberelinas que poseen las plantas (Agustí, 2003). Por otra parte, se ha demostrado que la aplicación de citoquininas (CK) promovería la inducción floral en varias plantas monocárpicas y policárpicas (Bangerth, 2009). Se ha demostrado además que las auxinas y citoquininas promueven el crecimiento apical de las plantas (Villanueva *et al.*, 2013).

En el cultivo de avellanos es incierto el efecto que tienen estas hormonas vegetales sobre los procesos de inducción y diferenciación floral, existe poca literatura sobre las respuestas de este cultivo frente a la aplicación de fitohormonas. Sin embargo, se ha estudiado en variados cultivos los efectos tras aplicaciones de citoquininas y giberelina, apoyando la hipótesis de este estudio.

### 2.7.1 Giberelinas en la inducción floral

Las giberelinas endógenas (producidas y liberadas por las semillas del fruto) son hormonas altamente inhibitoras de la inducción floral en numerosos frutales de hoja caduca. Mientras mayor es la cantidad de frutos cuajados en un árbol, mayor será la cantidad de GA liberada, por ende, mayor la inhibición de la inducción floral para la siguiente temporada, estas investigaciones han sido realizadas en manzanos (Lobos y Yuri, 2006; Sharma *et al.*, 2019).

Fichet (2021), señala que en paltos las giberelinas son inhibitoras de la diferenciación floral, por lo tanto, bloquear momentáneamente su síntesis en brotes, permitiría la formación de yemas florales. Muñoz-Fambuena *et al.*, (2012) observaron que aplicaciones de GA3 sobre cítricos (en el hemisferio norte) reduciría significativamente la intensidad de la floración, concordando con los estudios realizados en naranjas dulces por Tang *et al.*, (2021) y mangos (Wilkie *et al.*, 2008) donde aplicaciones exógenas de GA3 inhibirían la floración al promover el desarrollo vegetativo de los meristemas apicales de los brotes.

En olivos, aplicación de GA3 durante los periodos de inducción y diferenciación floral habría reducido significativamente la producción de frutas por árbol. Aplicaciones posteriores no habrían logrado resultados, ya que la mayoría de las inflorescencias ya se encontraban desarrolladas. Adicionalmente, se ha comprobado que el efecto inhibitorio de las GA3 estaría relacionado con la carga frutal, la que es regulada por la intensidad de la floración que se induce en el árbol. De este modo, huertos con alternancia severa deberían aplicar mayores concentraciones de GA3 que inhibiría parte de la floración durante un año “on” en comparación con un huerto con alternancia moderada (Sáez, 2016).

### 2.7.2 Citoquininas en la inducción floral

En experimentos a gran escala realizados durante varios años en manzanos en Europa, demostraron que la inducción floral se vería favorecida después de la aplicación de CK sintéticas y endógenas (Bangerth, 2009). La aplicación externa de citoquininas promueve la floración, elevando los niveles de formación de flores en *Arabidopsis* (Goldschmidt y Sadka, 2021), olivos (Baktir *et al.*, 2004), y vides (Ramírez, 2001).

Las aplicaciones exógenas de citoquininas han permitido mejorar la producción frutícola generando un mayor número de flores por planta, mejorando la calidad de flor (diferenciación floral), y mejorando la cuaja en paltos, ya que aplicaciones de esta hormona promueve la formación del meristema apical floral (Fichet y Beyá-Marshall, 2020). Estudios realizados por Lovatt (2019), en donde aplicó citoquinina con un transporte inhibidor de auxina en árboles de palto antes del crecimiento de los brotes vegetativos y antes de la brotación de primavera promovieron de manera significativa el retorno floral (inducción de flores en paltos).

### **3. MATERIALES Y MÉTODO**

#### **3.1 Ubicación y características edafoclimáticas del predio**

El ensayo fue realizado en Avellanos del Maule, localidad de Peumo Negro, comuna de San Clemente, Región del Maule (35.445442° Sur - 71.414034° Oeste).

El valle de San Clemente presenta un clima mediterráneo templado cálido con lluvias invernales, la Red Agrometeorológica de INIA (2021) establece que la temperatura media del aire medida en la Estación INIA San Clemente durante el año 2021 fue de 14,3 °C, alcanzando un promedio de temperaturas mínimas y máximas de 7,1°C y 21,5°C, respectivamente, la precipitación acumulada en esa comuna durante el año 2021 fue de 489,4 mm. Para la temporada agrícola 2019-2020 la localidad de Peumo negro registro una temperatura máxima de 34,4°C y una mínima de -2,2°C, datos entregados por el Programa de Gestión Hídrica temporada 2015-2020 (CITRA). El tipo de suelo donde está ubicado el ensayo presenta una textura franco-arcillosa de 80 a 90 cm de profundidad efectiva, perteneciente a la serie de suelo San Clemente.

#### **3.2 Material vegetal**

Para el estudio fueron utilizadas plantas de avellano europeo correspondiente al cultivar Tonda di Giffoni de 7 años, establecidos en un marco de plantación de 5 x 3 m, con un 30% de polinizantes distribuidos en bloques de manera lineal. El sistema de riego corresponde a riego por goteo con doble línea con una distancia entre goteros de 50 cm cuyo caudal es de 2,2 L/h. El manejo del huerto incluyendo el programa de fertilización, control de plagas y enfermedades, labores de poda entre otros, están alineadas a las practicas estándar de este frutal para la zona centro sur de Chile.

#### **3.3 Diseño experimental**

Para determinar la época de inducción floral en avellano se realizaron aplicaciones foliares de reguladores de crecimiento como giberelinas de tipo GA3 y citoquininas del tipo Tidiazurón, en dosis de 100ppm y 15ppm respectivamente. Al respecto, se realizaron 9 tratamientos (cada tratamiento corresponde a una fecha de aplicación) más un control con 5 repeticiones por tratamiento, con una planta por tratamiento, dejando una planta y una hilera borde. Estos tratamientos se realizarán desde inicio de fecundación (noviembre) hasta comienzo de caída de fruta (marzo) con una frecuencia de aplicación cada 15 días.

### **3.4 Mediciones de campo**

Durante el periodo de floración se seleccionaron 12 brotes homogéneos entre 15 a 20 cm de longitud por planta para evaluar y cuantificar la densidad de floración, se contabilizó el número de yemas por brote y el número de flores por glomérulos, esta medición se realizó en ambas caras de la planta, brotes con posición sur y norte, las cuales reciben menor horas luz al día y más horas luz respectivamente.

Se seleccionaron 4 brotes por cada tratamiento, con la finalidad de contabilizar el número de flores por glomérulos con la ayuda de una lupa estereoscópica Stemi 305, en donde dos estigmas caracterizados por su color rojo vivo corresponden a una flor.

Para la diferenciación floral, se recolectaron en promedio 7 yemas florales durante 7 fechas comprendidas entre los meses de diciembre a marzo de la temporada 2021-2022 para realizar el análisis histológico.

### **3.5 Cortes histológicos**

Las yemas recolectadas se conservaron antes de la observación en una solución fijadora de FAA compuesta por 80% de alcohol a 100°, 10% de ácido indol acético y 10% de formalina al 40%.

1. Micro disección: Con la ayuda de un microscopio Leica EZ4HD se eliminaron las escamas superficiales de las yemas dejándolas más desnudas.
2. Encasetamiento: Las yemas se envolvieron en gasa humedecida con FAA y se colocaron en el cassette histológico, 3 a 4 yemas cada cassette con su respectiva rotulación.

3. Deshidratación e impregnación: Se preparo una solución de alcohol al 70% para lavar las muestras y sacar los restos de la solución FAA. Las muestras encasetadas se colocan en el histoprocesador de carrusel Leica TP 1020, el cual consta de 12 estaciones con soluciones de alcoholes en ascendencia, xilol y parafina, a continuación, se detalla el programa utilizado en el histoprocesador.

Cuadro 1. Programación de doce baños realizados en el histoprocesador Leica TP 1020.

Solución	Tiempo
Alcohol 75%	45m
Alcohol 85%	1h
Alcohol 96%	1h
Alcohol 96%	1h 20m
Alcohol absoluto	1h
Alcohol absoluto	1h
Alcohol absoluto	1h 30m
Xilol	1h
Xilol	1h
Xilol	1h 30m
Parafina	2h
Parafina	2h 20m

4. Centro de inclusión: deshidratadas e impregnadas las muestras, se elaboraron los tacos de cortes en el centro de inclusión de placa fría Leica EG1150 H, con la ayuda de un molde metálico y la base del cassette.
5. Corte: con un Microtomo Rotatorio Leica se realizó un desgaste para aproximar la muestra lo más cerca a la imagen que se deseó observar, posterior a esto, en 5 $\mu$  se cortó la muestra en 3 niveles. Para adherir la muestra vegetal a la placa se utilizó una solución proteica en base a albúmina.

6. Tinción: Se realizaron dos pruebas para obtener el colorante más apropiado, se probó la tinción hematoxilina/eosina y la tinción azul de Toluidina, siendo esta última la más apropiada ya que las muestras permanecieron un periodo prolongado en la solución FAA. Las muestras fueron pasando por 19 baños continuos con agitación, para luego permanecer en la solución Xilol de montaje, a continuación, se detalla el procedimiento de la tinción.

Cuadro 2. Tinción azul de Toluidina

Solución	Tiempo
Xilol I	10 min
Xilol II	10 min
Alcohol absoluto I	10 min
Alcohol absoluto II	10 min
Alcohol 96°	10 min
Alcohol 80°	10 min
Alcohol 50°	10 min
Agua destilada	5 min
Azul de Toluidina 0,5%	12 seg
Agua destilada I	10 seg
Agua destilada II	10 seg
Agua destilada III	10 seg
Alcohol 96°	10 seg
Alcohol absoluto I	10 seg
Alcohol absoluto II	10 seg
Alcohol/Xilol	1 min
Xilol I	2 min
Xilol II	5 min
Xilol Montaje	

7. Montaje: Las muestras fueron cubiertas con una resina sintética que cumple la función de adherencia y transparencia, luego se cubrió con el cubreobjetos para su posterior observación al microscopio.
8. Fotografía de cortes: Con un microscopio Leica ICC50 W se fotografiaron los cortes más representativos de las etapas fenológicas.

### **3.6 Análisis estadísticos**

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), mediante un modelo lineal generalizado, asumiendo que los datos no se distribuyeron normal ya que existen una alta variabilidad entre las plantas. Para estandarizar y hacer comparables los tratamientos, se utilizó como variable cuantitativa el número de yemas por brote. Finalmente, con el objetivo de definir diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, se realizó la prueba de comparación múltiple de HSD-Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Para el análisis de los datos se utilizó el software Statgraphics Centurion XIX.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron distintos tipos de análisis con la finalidad de evaluar la interacción de diferentes variables productivas, como número de glomérulo y flores por tratamiento, efecto de aplicaciones de hormonas, y número de glomérulos en relación con la exposición de luz en los brotes. Además, se realizó una caracterización climática de la temporada con la finalidad de descartar posibles eventos climáticos que pudieran interferir con el normal desarrollo del estudio.

### 4.1 Caracterización climática

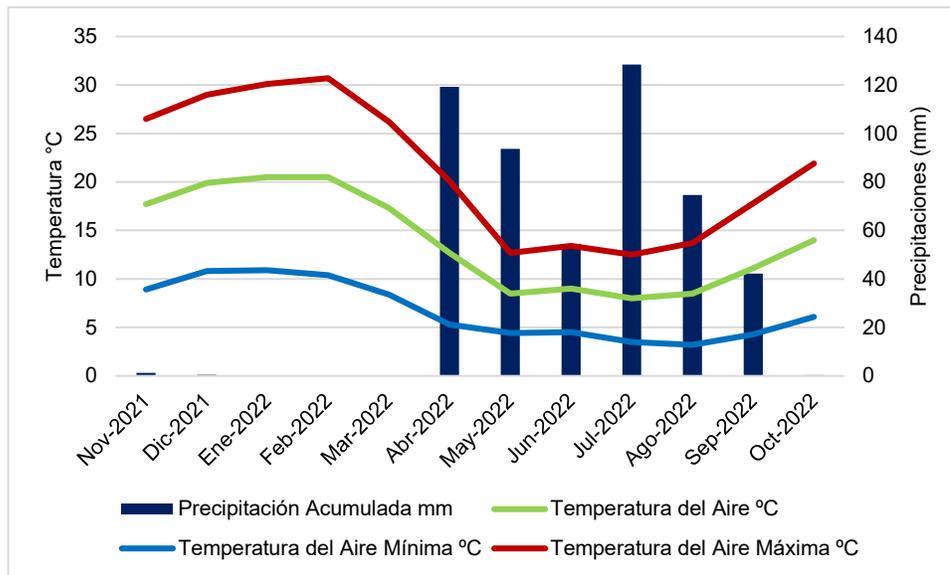


Figura 1. Temperaturas (eje primario) medias, máximas, mínimas y precipitaciones mensuales acumuladas (eje secundario) durante la temporada entre noviembre 2021 a octubre 2022 en San Clemente. Fuente: Red agrometeorológica de INIA.

La figura 1 muestra el periodo de la temporada 2021-2022, que considera los estados fenológicos del avellano desde fecundación de los frutos (noviembre) hasta el desarrollo de los ovarios (octubre) en el hemisferio sur. La figura muestra la evolución de las temperaturas mínimas, medias, y máximas además de la pluviometría acumulada durante este periodo, las cuales no presentan eventos climáticos adversos en el desarrollo fenológico normal del cultivo.

El cultivo de avellano se ve favorecido por veranos que no sean excesivamente calurosos y secos, tolerando temperaturas máximas de 35 a 36°C (Murray, 2016). Condiciones de alta temperatura durante la época de inducción floral, generaría un daño foliar severo provocando un estrés en toda la planta, que induciría desordenes fisiológicos como deformación de flores masculinas (Messina, 2021). En San Clemente las temperaturas máximas mensuales están dentro del rango óptimo durante los meses estivales. La inducción floral ocurre con temperaturas menores al umbral de tolerancia. En febrero se registró el promedio de temperatura más alto de la temporada, sin embargo, esta condición no superó en ningún momento el umbral de 35°C, por lo que las temperaturas registradas no alcanzaron a influir negativamente en el proceso de inducción floral.

Las temperaturas mínimas se mantienen casi constantes durante el periodo de otoño e invierno, en este último periodo el avellano se encuentra en floración. Desde mayo a septiembre las mínimas se posicionaron bajo los 5°C, las temperaturas más bajas se observan durante los meses de julio y agosto. Sin embargo, el cultivo de avellano tolera muy bien las bajas temperaturas en esta etapa de floración.

Las temperaturas medias en los meses de verano se mantienen en torno a los 20°C, posteriormente en invierno no descienden por debajo de los 7°C, obteniendo un promedio de 13.9°C. El rango de adaptación del cultivo a las condiciones climáticas es amplio, las temperaturas medias óptimas están entre 12° y 16°C (Ellena, 2013) por lo cual, las temperaturas medias alcanzadas en San Clemente fueron adecuadas para el cultivo de avellano, no afectando ni el crecimiento ni el desarrollo.

Con relación a las precipitaciones, parte de la primavera y el verano no presentaron eventos de lluvia, concentrándose principalmente durante los meses de abril, mayo y julio. Sin embargo, los milímetros acumulados están muy por debajo del requerimiento hídrico del cultivo presentando 800 mm distribuidos entre primavera y verano. El avellano es un frutal sensible al déficit hídrico dada su baja capacidad de regulación estomática. Así, en condiciones de estrés ve afectada de manera significativa la formación de brotes y la diferenciación de yemas florales (Griceri, 2013), siendo el periodo crítico entre octubre a febrero, coincidiendo con el periodo de cuaja, desarrollo de frutos y diferenciación floral, lo que hace indispensable una estrategia de manejo hídrico sin estrés.

## 4.2 Análisis de varianza para aplicaciones de giberelinas

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de GA3 sobre el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulos para cada tratamiento. Los valores promedios y desviación estándar seguidos por letras distintas indican diferencias estadísticas significativas para la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD  $p \leq 0,05$  (significancia  $p \leq 0,05$ ).

Tratamiento	N° glomérulos/brote	N° flores/glomerulo
Testigo	2.55 ± 1.62 a	8.13 ± 0.89
08-nov	2.51 ± 2.1 a	7.93 ± 0.79
23-nov	1.87 ± 1.83 ab	8.31 ± 0.56
06-dic	1.88 ± 1.5 ab	8.47 ± 0.41
21-dic	1.88 ± 1.35 ab	8.82 ± 0.86
05-ene	1.53 ± 1.39 bc	8.90 ± 1.3
20-ene	1.05 ± 0.88 c	8.35 ± 0.44
04-feb	1.34 ± 1.30 bc	7.80 ± 1.1
21-feb	1.62 ± 1.34 bc	7.39 ± 0.52
07-mar	1.70 ± 1.1 bc	7.88 ± 0.74
Valor-p GLM	0.0000	0.0648
Valor-p ANDEVA	0.0000	0.1201

La aplicación de GA3 realizadas en distintas fechas tiene un efecto significativo entre los tratamientos para la variable de número de glomérulos por brote. Sin embargo, la media del número de flores por glomérulo no mostró diferencias estadísticas durante las distintas fechas de aplicación, y el modelamiento de los datos no fue significativo.

La fecha correspondiente a la aplicación del 20 de enero fue la que presentó el menor número de glomérulo, con un promedio de 1,05 glomérulos por brote, diferenciándose estadísticamente más del tratamiento testigo, obteniendo este tratamiento un 41% más de glomérulos por brote en comparación a la aplicación realizada el 20 de enero. En la mayoría de las aplicaciones de giberelinas, salvo la fecha más temprana (primeros de noviembre), se obtuvo un menor número de glomérulos por brote, es decir, las aplicaciones de GA inhibieron la inducción floral. Durante las aplicaciones realizadas desde el 23 de noviembre en adelante se evidencia una disminución significativa en el número de glomérulos por brote, indicando así que la inducción floral estaría ocurriendo a partir de esta fecha (finales de noviembre).

Germain (1994) establece que la inducción de flores femeninas ocurre a finales de diciembre, Dimoulas (1979) establece que la inducción femenina ocurre a fines de diciembre y los primeros diez días de enero tras estudios realizados en Francia, concordando con estudios realizados en Italia por Baldini *et al.* (1968). La diferencia con los resultados realizados en Europa es de aproximadamente un mes, y posiblemente se deba a la precocidad de los cultivares en estudio, y al aumento de las temperaturas a nivel mundial, ya que corresponden a ensayos realizados hace más de 20 años.

El modelo desarrollado no es significativo para el número de flores por glomérulos, además no se observan diferencias estadísticas entre las distintas fechas de aplicación de GA3 para el número de flores. Sin embargo, desde la fecha 04 de febrero en adelante se observa una disminución en el número de flores, siendo la fecha 21 de febrero la que presentó el menor número de flores por glomérulo con un valor promedio de 7.39, es decir aplicaciones de GA3 más tardías obtienen un menor número de flores dentro de cada glomérulo. Respaldando la influencia de GA3 sobre la diferenciación floral, se evidencia que las aplicaciones de giberelinas realizadas desde el 05 de enero en adelante provocaron una malformación de algunos glomérulos, siendo estos más evidentes con las aplicaciones más tardías (figura 14). A su vez, las yemas de estas mismas fechas de aplicación presentaron signos de apertura de brácteas anticipadas durante el mes de junio, quedando expuestas a daños por heladas (figura 15). Dimoulas (1979), establece que durante la segunda quincena de enero el ápice, cuyo material celular acaba de aumentar considerablemente, entra rápidamente en fase reproductiva, para luego en febrero, los contornos florales ya estarían bien formados, y comienzan a organizarse.



Figura 14. Deformación de glomérulos tras aplicación de giberelinas.



Figura 15. Apertura de brácteas tras aplicaciones de giberelinas.

Respecto a la dosis utilizada, aplicaciones de giberelinas en concentraciones de 100 ppm presentó un efecto inhibitorio sobre la inducción floral en manzanos (Lobos y Yuri, 2006). Por su parte, Southwick y Glozer (2000), indicaron que aplicaciones de 75 a 100 ppm, son capaces de reducir entre un 25 a 50% el número de flores por ramilla en nectarinos.

#### 4.3 Análisis de varianza para aplicaciones de citoquininas

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de CK sobre el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulos para cada tratamiento. Promedios y desviación estándar seguida de letras distintas indican diferencias significativas en la prueba de comparación de Tukey HSD  $p \leq 0,05$ . (valor-  $p \leq 0,05$  significativo).

Tratamiento	N° glomérulos/brote	N° flores/glomerulo
Testigo	2.71 ± 1.83	8.64 ± 0.84
08-nov	2.39 ± 1.56	7.94 ± 1.46
23-nov	2.65 ± 1.72	8.10 ± 0.27
06-dic	2.70 ± 1.59	7.70 ± 0.69
21-dic	2.87 ± 1.45	7.95 ± 0.87
05-ene	2.26 ± 1.60	8.15 ± 1.56
20-ene	2.51 ± 1.50	8.41 ± 0.66
04-feb	2.27 ± 1.48	8.40 ± 0.34
21-feb	2.31 ± 1.27	8.02 ± 0.59
07-mar	2.18 ± 1.86	7.96 ± 0.88
Valor-p GLM	0.0000	0.7518
Valor-p ANDEVA	0.1243	0.8788

Las aplicaciones de CK realizadas en distintas fechas no presentaron diferencias estadísticas significativas para el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulo. Ambos promedios no lograron superar estadísticamente el número de glomérulos y flores del tratamiento testigo.

El tratamiento que obtuvo mayor número de glomérulos fue la aplicación realizada el 21 de diciembre con 2.87 glomérulos, cercanas a las fechas de aplicación del 23 de noviembre y 06 de diciembre en donde se observa el comienzo de la inhibición de glomérulos tras la aplicación de GA3.

El testigo es quien obtuvo mayor número de flores, promediando 8.64, seguido por la fecha del 20 de enero, en donde se obtuvieron 8.41 flores en promedio, coincidiendo esta última fecha con la mayor inhibición en el número de glomérulos tras la aplicación de GA3. Ninguna de las aplicaciones de CK logró aumentar el número de flores por sobre el testigo.

Aplicaciones de citoquininas en distintas fechas, no mostraron diferencias significativas en el número de glomérulo y numero de flores. Bangerth (2009), señala que bajas concentraciones de CK no tendrían efecto sobre la inducción floral, las concentraciones altas promueven sólo el desarrollo vegetativo, por lo tanto, sólo las concentraciones medias de CK produciría un efecto en la inducción floral. En ciruelos, aspersiones de CK en dosis de 100 ppm aumentó el diámetro de ovario y el grosor de la pared del ovario en la yema floral (Alvarado *et al.*, 2000), mejorando así la diferenciación. Por lo cual sería recomendable realizar este estudio a distintas dosis de citoquininas con el objetivo de encontrar diferencias estadísticas.

#### 4.4 Análisis de varianza entre hormonas

Cuadro 5. Efecto de las aplicaciones de giberelinas y citoquinas sobre el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulos para cada tratamiento. Promedios y desviación estándar seguido de letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de comparación de Tukey HSD  $p \leq 0,05$ . (valor- $p \leq 0,05$  significativo).

Fitohormona	N° glomérulos/brote	N° flores/glomérulo
GA3	1.89 ± 1.59 a	8.20 ± 0.87
CK	2.39 ± 1.66 b	8.12 ± 0.87
Valor-p GLM	0.0000	0.0483
Valor-p ANDEVA	0.0000	0.6460

El modelo desarrollado fue significativo para ambas variables. La aplicación de fitohormonas tiene un efecto sobre el número de glomérulos por brote no así para el numero de flores por glomérulo, en donde no se observaron diferencias estadísticas entre las hormonas, ambas aplicaciones obtienen un promedio similar de flores por glomérulo.

La aplicación de citoquinina fue el tratamiento que obtuvo el mayor número de glomérulos por brote, diferenciándose estadísticamente de la hormona giberelina, obteniendo promedios de 1.89 y 2.39 glomérulos por brote, respectivamente. Por lo tanto, aplicaciones de GA3 inhibirían el proceso y las aplicaciones de CK promoverían la inducción y posterior diferenciación floral.

Los resultados obtenidos tras las aplicaciones de estas dos fitohormonas coinciden con los resultados obtenidos en varios estudios. El papel de GA en la iniciación de botones florales es principalmente inhibitorio en plantas leñosas (Pharis y King, 1985). Al respecto, Hoad (1983) informó sobre la inhibición de la inducción de flores después del tratamiento con GA3 en melocotón, albaricoque, almendra, cereza dulce y manzana. Por otro lado, la aplicación de citoquininas cumple un papel fundamental en el proceso de inducción y diferenciación floral. Asimismo, la formación del meristema apical floral es promovido por citoquininas, en varias especies como tomate, pepino, vides y manzano (Fichet, 2021).

Las aplicaciones de fitohormonas no lograron diferenciar estadísticamente el número de flores en ningún análisis realizado. Al respecto, es importante señalar que el conteo de flores requiere de una gran precisión visual, debido a que algunos de los estigmas están ocultos entre las escamas del glomérulo (Beyhan, 1993), aumentando el error experimental a diferencia del conteo de glomérulos los cuales son más fácil de observar.

#### 4.5 Análisis de multifactorial respecto a la posición de los brotes

Cuadro 6. Efecto de la exposición lumínica de los brotes sobre el número de glomérulos por brote y número de flores por glomérulos para cada tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de comparación de Tukey HSD  $p \leq 0,05$ . (valor- $p \leq 0,05$  significativo).

	N° glomérulos
<b>A: Tratamientos</b>	
CK	2.49a
GA	1.79b
Valor-p	0.0000
<b>B: Posiciones N/S</b>	
N	2.17
S	2.11
Valor-p	0.5358
<b>Interacción AB</b>	
Valor-p	0.3670

Se observan diferencias estadísticas significativas en el número de glomérulos de cada fitohormona aplicada. Sin embargo, no se observan diferencias en la posición de los brotes, es decir, no se registraron diferencias entre los brotes con mayor exposición a luz en el día (norte) y los con menor exposición a luz (sur). La interacción entre ambos factores no fue significativa, brotes con menor exposición a luz y con aplicaciones de efecto inhibitor GA3 no lograron diferenciarse estadísticamente de brotes con mayor exposición a luz.

Los resultados obtenidos con relación a la posición de los brotes dentro del árbol difieren del estudio realizado por Dimoulas (1979), quien observó una influencia muy positiva de la luz sobre la inducción floral femenina. Para ramas de longitud equivalente, se encontraron que aquellas ubicadas a la sombra del follaje tienen de una a dos veces menos inflorescencias que aquellas bien iluminadas, esta disminución en el potencial reproductivo del avellano también fue confirmada por Kempler *et al.* (1994), Hampson *et al.* (1996) y Tombesi *et al.* (2015).

Los brotes seleccionados corresponden a brotes apicales de las ramas quienes presentan longitudes mayores, estos brotes independientes a la orientación que tengan siempre tendrán mayor cantidad de luz, ya que se encuentran en las partes altas de los brotes. Painter y Hartman (1957-1958) citados por Dimoulas (1979), indican que el número de inflorescencias aumenta a medida que aumenta la longitud de la rama, mientras que ramillas cortas de menos de 15,6 cm de largo son muy poco floríferas.

La falta de luz y bajas temperaturas causan una reducción en el número de yemas reproductivas, por el contrario, el aumento de estas condiciones dentro de los límites adecuados favorece la cuaja y la formación de avellanas, (Ellena, 2013). No obstante, estas variaciones en la intensidad de la luz afectan cuantitativamente la iniciación floral, puede que no sea un estímulo inductivo en estos casos, sino un factor secundario que esté relacionado con la producción de asimilados y su efecto sobre el crecimiento (Wilkie *et al.*, 2008).

#### **4.6 Análisis histológico**

Durante el desarrollo de las yemas recolectadas entre diciembre 2021 a marzo 2022 se pudieron distinguir tres diferentes etapas de desarrollo, una primera etapa de desarrollo vegetativo, una segunda etapa de transición y una tercera etapa de desarrollo reproductivo.

- I. Durante los primeros días de diciembre, el meristema apical no presenta signos de diferenciación, domina el crecimiento vegetativo. Se están formando las escamas y hojas de la base vegetativa (Dimoulas, 1979).

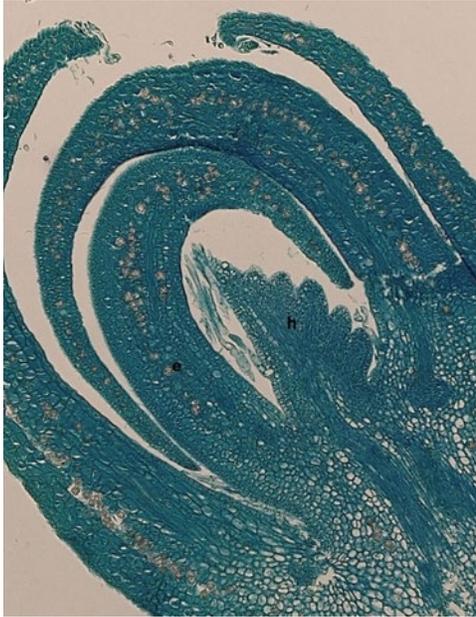


Figura 2. Etapa I. Formación de hojas (h), escamas cerradas, fecha 01/12/21. (10x)



Figura 3. Etapa I. Yema en estado vegetativo, no se observan signos de diferenciación, fecha 01/12/21. (10x)

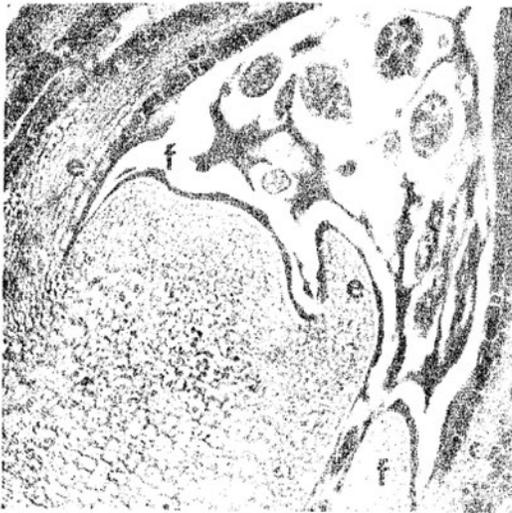


Figura 4. Ápice con tendencia vegetativa, formación de hojas (f) y escamas (e) identificado por Dimoulas (1979).

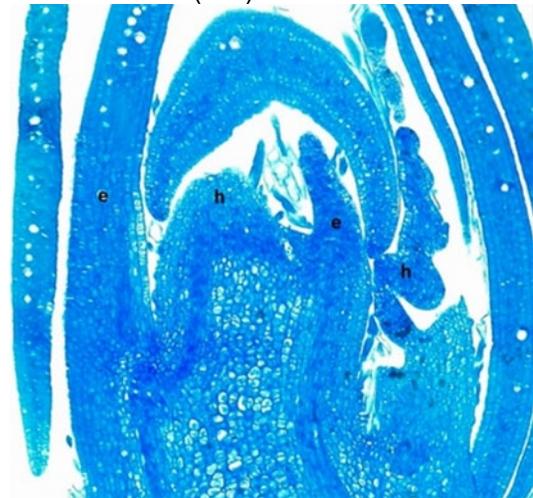


Figura 5. Etapa I. Formación de estructura vegetativas, hojas (h) y escamas (e), fecha 01/12/21. (4x).

- II. Durante la última quincena de diciembre el ápice después de haber formado nudos y las hojas entran en una fase de transición donde el crecimiento vegetativo se desvanece y la zona axial comienza a redondearse (Dimoulas, 1979). Aparecen los primeros signos de diferenciación.

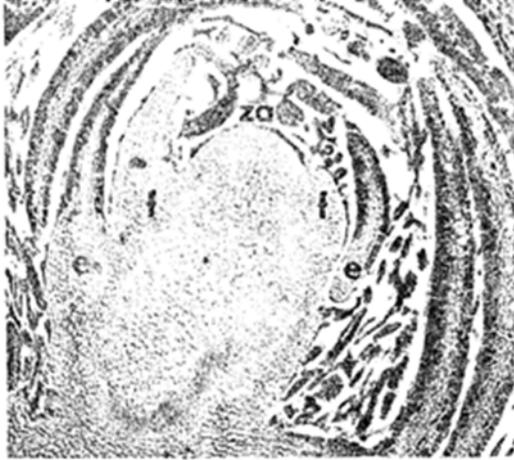


Figura 6. Formación de las últimas hojas, zona axial comienza a redondearse, identificada por Dimoulas (1979).

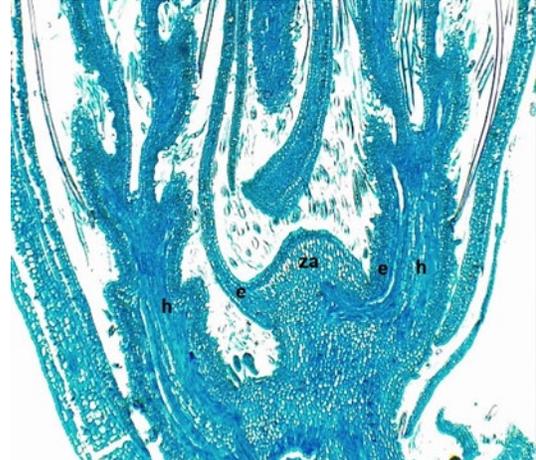


Figura 7. Etapa II. Zona axial (za) comienza a redondearse, escamas (e) y hojas (h) formadas, fecha 15/12/21. (4x)



Figura 8. Primer signo de diferenciación, primordio bracteofloral comienza a diferenciarse, identificada por Dimoulas (1979).

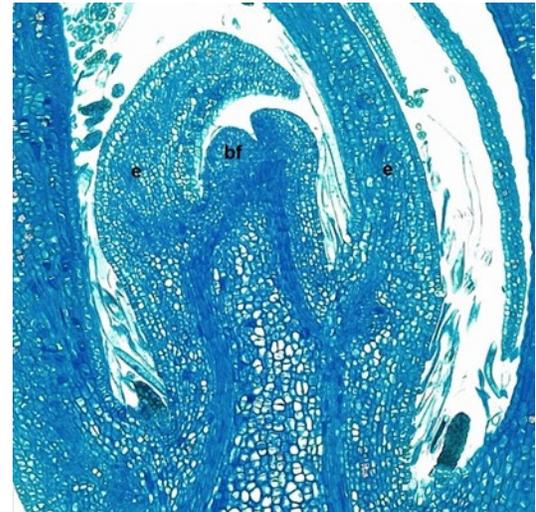


Figura 9. Etapa II. Primordio bracteofloral (bf) diferenciándose de la zona apical, fecha 30/12/2021. (10x)

- III. El material celular del ápice aumento considerablemente, entrando en fase reproductiva (Dimoulas, 1979), evidenciado por la fecha 11/01/22. Los primordios bracteoflorales aparecen lateralmente siguiendo una hélice. Durante el 02/02/22 se evidencia que el ápice reproductivo desarrollo las primeras brácteas y los correspondientes rudimentos florales.



Figura 10. Aparición de los primeros primordios bracteoflorales (bf), correspondiente a la etapa III identificada por Dimoulas (1979).

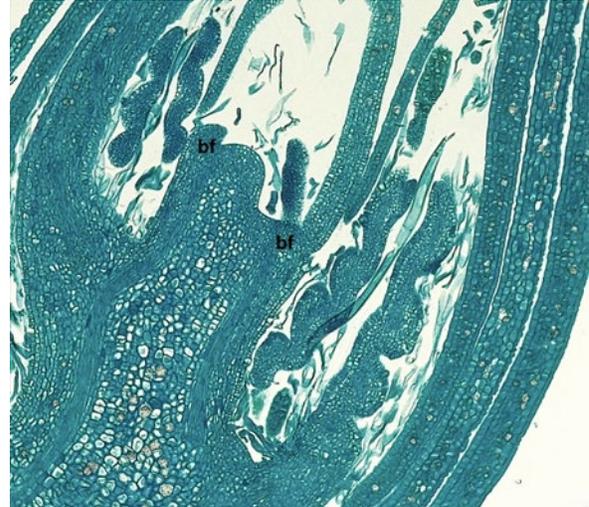


Figura 11. Etapa III. Primordios bracteoflorales (bf) bien diferenciados de la zona apical, fecha 11/01/22. (10x)

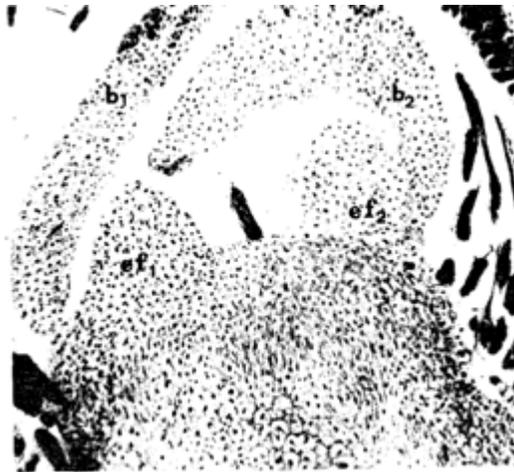


Figura 12. Formación de los dos primeros rudimentos florales con sus brácteas identificados por Dimoulas (1979).

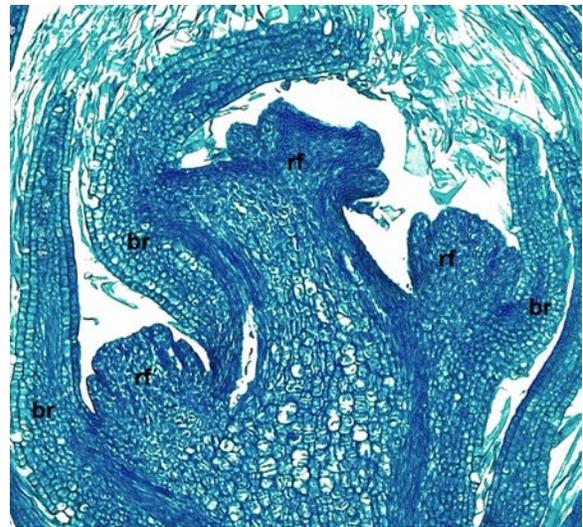


Figura 13. Etapa III. Rudimentos florales (rf) con sus respectivas brácteas, estructuras diferenciadas de la zona apical de crecimiento, fecha 02/02/22. (10x)

Dimoulas (1979) indicó que los primeros signos de diferenciación de glomérulos son difíciles de observar, debido a la analogía estrecha entre las estructuras de las inflorescencias y las yemas vegetativas. Sin embargo, cuando el meristema apical comienza a redondearse, se observan fácilmente la diferenciación de los tejidos y como estos comienzan a formar protuberancias que darán origen a los meristemas bracteoflorales y posteriores rudimentos florales.

Se debe tener en cuenta que las 7 yemas en promedio recolectadas en cada fecha, no todas se diferenciaron ya que algunas correspondieron a yemas vegetativas y sólo algunas se convertirán en inflorescencias, por lo que hace necesario realizar un estudio con una mayor cantidad de muestras. La mayor diversidad de muestras ayudará también a seleccionar yemas de un tamaño similar, permitiendo encaseter yemas del mismo grosor, para realizar un corte más preciso en el centro del meristema donde se quiere observar la diferenciación. Dimoulas (1979) en su estudio observó yemas recolectadas semanalmente, en este estudio las muestras están recolectadas cada 15 días, lo que no permite tener una secuencia fotográfica más constante.

## 5. CONCLUSIONES

Las aplicaciones de giberelinas en distintas fechas permitieron determinar la fecha de inducción floral en avellano europeo cv Tonda di Giffoni al disminuir el número de glomérulos en comparación con el tratamiento testigo, inhibiendo así el proceso de inducción floral, el cual se determinó desde finales de noviembre para el cv Tonda di Giffoni bajo condiciones de clima mediterráneo de la zona centro sur de nuestro país.

Las aplicaciones de citoquininas no registraron un efecto significativo sobre el número de glomérulo por brote, ni flores por glomérulo, no se pudo determinar con alta sensibilidad la fecha de inducción en avellano europeo. Sería recomendable trabajar con distintas dosis de aplicación para evaluar el efecto a distintos niveles y poder así encontrar diferencias.

Por su parte, la fecha de aplicación del 20 de enero registra una gran reducción en el número de glomérulos florales en comparación al testigo, en esta misma fecha se obtiene el mayor número de flores por glomérulos tras la aplicación de citoquininas, aunque no se diferenció estadísticamente de las demás fechas. Tras la aplicación de giberelinas se evidencia que los glomérulos comienzan a disminuir desde fines de noviembre, la fecha de mayor sensibilidad corresponde al 20 de enero, el análisis histológico respalda esta información con la observación de los primeros signos de diferenciación durante el 11 de enero, por lo cual la inducción floral comenzaría fines de noviembre y se mantendría durante diciembre, mientras que la diferenciación floral comenzaría en enero, 20 de enero fecha clave de diferenciación hasta febrero en donde ya se podría encontrar flores diferenciadas al interior del glomérulo, coincidiendo con las etapas de fecundación del fruto (noviembre), llenado de fruto (diciembre y enero) y maduración del fruto (febrero). En pleno llenado de fruto los glomérulos estarían induciéndose y diferenciándose, concluyendo así que este proceso fisiológico se vería afectado ya que los recursos de la planta, se irían al sumidero más fuerte que corresponde al fruto, en desmedro del sumidero más débil que sería la yema, este fenómeno posiblemente pueda dar respuesta a la producción alterna del avellano y sería interesante seguir evaluando la relación del proceso fenológico de llenado de fruto sobre el proceso fisiológico de inducción floral.

El número de glomérulos para este estudio varía solamente con la aplicación de fitohormona y no con la exposición a luz que estos tengan, debido a que los brotes seleccionados correspondieron a brotes apicales, los cuales independiente a la orientación (norte-sur) presentan buena exposición a la luz.

La aplicación de estas fitohormonas solo influye sobre el número de glomérulos por brote y no sobre el número de flores por glomérulo, el cual, para ambas fitohormonas promedia entre 7 y 8 flores dentro de cada glomérulo, estando dentro del rango estudiado de flores que van entre 6 y 8 flores.

Sería interesante realizar este estudio teniendo en cuenta el año de producción en el cual se encuentran (on/off), con el fin de estimar la variación del número de glomérulos hacia una producción más estable en el tiempo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. 2003. Citricultura. Segunda edición. Madrid, España: Ediciones Mundiprensa. 422p.
- Akçin, Y., Bostan, S.Z. 2018. Variations in some traits affecting yield in different hazelnut cultivars. *Acta Horticulturae*. 1226: 149-152 DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1226.21.
- Alvarado, H., Rodríguez, J., Calderón, G., y Cárdenas, E. 2000. El thidiazurón, la brotación floral y las dimensiones del ovario en ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) "shiro". *AgroSciences*, 34(3), 321-327.
- Azarenko, A.N., McCluskey, R.L. and Chambers, W.C. 2005. Does canopy management help to alleviate biennial bearing in 'ennis' and 'montebello' hazelnut trees in Oregon. *Acta Horticulturae*. 686: 237-242. DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.31.
- Baktir, I. Ulger, S. and Kaynak, L. 2004. Relationship of Seasonal Changes in Endogenous Plant Hormones and Alternate Bearing of Olive Trees. *Horticultural Science*. 39 (5): 987-990.
- Baldini, E. Pisani, PL 1968. Attuali conoscenze sui principali aspetti della biologia florale del nocciuolo. *Atti del Convegno Nazionale di Studi sul Nocciuolo*. Viterbo. 285-283.
- Baldwin, B. 2015. The growth and productivity of hazelnut cultivars (*Corylus avellana*) In Australia. Final Thesis Doctor of Philosophy Faculty of Rural Management University of Sydney. <https://ses.library.usyd.edu.au/handle/2123/12892>.
- Bangerth, K.F. 2009. Floral induction in mature, perennial angiosperm fruit trees: Similarities and discrepancies with annual/biennial plants and the involvement of plant hormones. *Scientia Horticulturae*. 122(2): 153-163. DOI: 10.1016/j.scienta.2009.06.014.
- Benavente, E. 1983. Giberélico en Sultanina. *Aconex*. 5: 5-6.
- Berasategui, I. 1997. El avellano en la Argentina. INTA Valle Inferior. Convenio Provincia de Río Negro – INTA IDEVI- Ediciones INTA.
- Beyhan, N., 1993. Bazı O"nemli Fındık C<sub>3</sub> esitlerinin C<sub>3</sub> içek Gelisim Safhaları ve C<sub>3</sub> içek Biyolojileri U"zerinde Bir Aras\_tırma, O.M.U" . Fen Bilimleri Enstitu"su" Doktora Tezi, 175 pp.
- Beyhan, N., Marangoz, D. 2007. An investigation of the relationship between reproductive growth and yield loss in hazelnut. *Scientia Horticulturae*, 113(2), 208-215.
- Botta, R., Molnar, T. J., Erdogan, V., Valentini, N., Marinoni, D. T., & Mehlenbacher, S. A. 2019. Hazelnut (*Corylus* spp.) Breeding. In J. AlKhayri & D. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops*. 157–219.
- Catoni, R., Gratani, L., Bracco, F., and Granata, M.U. 2017. How water supply during leaf development drives water stress response in *Corylus avellana* saplings. *Scientia Horticulturae*. 214: 122-132. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.11.022.
- Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA). Descripción agroclimática de San Clemente, Programa de Gestión Hídrica. Universidad de Talca.

- Cerasi, G. 1968. Ricerche sulla differenziazione delle gemme della cultivar di nocciolo cv. "S. Maria di Gesù". *Frutticoltura*, 10: 881-891.
- CIREN. 2022. "Catastro Frutícola Principales Resultados - Región del Maule /septiembre 2022". Oficina de estudios y políticas agrarias ODEPA.
- Corte, M., Sonnati, C. 2009. La coltivazione del nocciolo in Alta Langa Linee. Guida per una corilicoltura sostenibile. Dipartimento Colture Arboree (DCA) – Università di Torino. Pubblicazione realizzata dalla Comunità Montana Alta Langa. Regione Piemonte. Italia. [https://mdata.it/upload/gesnew/CresoRicerca\\_335emb\\_02.pdf](https://mdata.it/upload/gesnew/CresoRicerca_335emb_02.pdf)
- Dimoulas, I. 1979. Etude de diversos aspectos de la reproducción sexuée chez le noisetier (*Corylus avellana* L.). Tesis doctoral, Univ. de Burdeos II. 162 págs.
- Dussan, C. 2014. Técnicas de inducción floral como mecanismo para la programación de cosechas de aguacate Hass producidos en la zona marginal alta cafetera. Thesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2524>
- Ellena, M. 2013. Avellano europeo: Establecimiento y formación de la estructura productiva. *Boletín INIA N°274*, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile, 202 p.
- Ellena, M., Sandoval, P., Gonzalez, A., Jequier, J., Contreras, M. and Grau, P. 2014. Chilean hazelnut situation and perspectives. *Acta Horticulturae*. 1052: 329-342 DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1052.46.
- Erdogan, V. 2018. Hazelnut production in Turkey: current situation, problems, and prospects. *Acta Horticulturae*. 1226: 13-24. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1226.2.
- Fichet, T. 2021. Reguladores de crecimiento para el control de giberelinas en la floración, cuaja y área foliar en palto. *Especial paltos. Red agrícola*. Pág. 26-30 [En Línea] Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68247/NR42655.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el 4 de junio de 2022.
- Fichet, T., Beyá-Marshall, V. 2020 ¿Pueden las citoquininas de síntesis ayudar a mejorar la producción en paltos? *Nutrición. Redagricola. Departamento Producción Agrícola. Facultad Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile*. [En Línea] Recuperado de: <https://www.redagricola.com/cl/pueden-las-citoquininas-de-sintesis-ayudar-a-mejorar-la-produccion-en-paltos/>. Consultado el 4 de junio de 2022.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2020. *FAO Statistics*. [En Línea] Recuperado en: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Consultado el 03 de mayo de 2022.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2021. *FAO Statistics*. [En Línea] Recuperado en: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Consultado el 04 de febrero de 2023.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). 2013. *Agronoticias FAO*. [En Línea] Recuperado de <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/495406/>. Consultado el 3 de marzo de 2022.

- Garay-Arroyo, A., de la Paz Sánchez, M., García-Ponce, B., Álvarez-Buylla, E., y Gutiérrez, C. 2014. La Homeostasis de las Auxinas y su Importancia en el Desarrollo de Arabidopsis Thaliana. REB. Revista de educación bioquímica, 33(1): 13-22. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-19952014000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-19952014000100003&lng=es&tlng=es). Consultado el 28 de junio de 2022.
- Germain, E. 1994. The reproduction of hazelnut (*corylus avellana* L.): A review. Acta Horticulturae. 351: 195-210. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.351.19
- Germain, E., Dimoulas, J., 1979. La physiologie de la reproduction chez le noisetier *Corylus avellana* L. connaissances actuelles 104eme Congr Nat Soc. Souvantes Bordeaux, Sciences fasc II., pp 435-446.
- Goldschmidt, E., Sadka, A. 2021. Yield Alternation: Horticulture, Physiology, Molecular Biology, and Evolution. Horticultural Reviews. 48 (8): 363-418.
- Goldschmidt, E., and Samach, A., 2004. Aspects of flowering in fruit trees. Acta Horticulturae. 653: 23-27.
- Griceri, C. 2013. La coltivazione del nocciolo. Manuale pratico. Consorzio di Ricerca e Sperimentazione per l'Ortofrutta Piemontese. [http://www.chianchia.it/files/GUIDA\\_ALLA\\_COLTIVAZIONE\\_DEL\\_NOCCIOLO.pdf](http://www.chianchia.it/files/GUIDA_ALLA_COLTIVAZIONE_DEL_NOCCIOLO.pdf).
- Hampson, CR, Azarenko, AN y Potter, JR. 1996. Tasa fotosintética, alteración del componente de floración y rendimiento en avellana en respuesta a diferentes ambientes de luz. Horticultural Science 121(6): 1103-1111.
- Hoad G. 1983. Hormonal regulation of fruit-bud formation in fruit trees. Acta Horticulturae 149:13–24.
- Hogg, E.H., Saugier, B., Pontailier, J., Black, T.A., Chen, W., Hurdle, P.A., and Wu, A. 2000. Responses of trembling aspen and hazelnut to vapor pressure deficit in a boreal deciduous forest, Tree Physiology. 20: 725–734. DOI: 10.1093/treephys/20.11.725.
- Ionescu, I., Møller, B. and Sánchez-Pérez, R. 2017. Chemical control of flowering time. Experimental Botany. 68(3) 369–382. DOI:10.1093/jxb/erw427.
- Kempler, C., Kabaluk, TI y Toivonen, MAP 1994. Los efectos de la poda y la densidad de árboles en la fisiología de la hoja y el rendimiento de la avellana. Acta Horticulturae 351:481-487.
- Liu, J., Zhang, H., Cheng, Y., Wang, J., Zhao, Y., and Geng., W. 2014. Comparison of ultrastructure, pollen tube growth pattern and starch content in developing and abortive ovaries during the progamic phase in Hazel. Plant Science. DOI: 10.3389/fpls.2014.00528.
- Lobos, G. J. Yuri. 2006. Inducción y diferenciación floral de cuatro cultivares de Manzano en Chile. Agricultura Técnica. 66(2): 141-150.
- Lovat, C. 2019. Annual bearing in avocado and citrus. Presentación seminaria Redagricola. Departamento of Botany & Plant Sciences. University of California. [En Línea]. Recuperado de:

[https://www.redagricola.com/cl/assets/uploads/2019/06/7\\_carol\\_lovatt\\_2019.pdf](https://www.redagricola.com/cl/assets/uploads/2019/06/7_carol_lovatt_2019.pdf). Consultado el 4 de junio de 2022.

- Mehlenbacher, S. A. 1991. Chilling requirements of hazelnut cultivars. *Scientia Horticulturae*, 47(3-4), 271-282.
- Mehlenbacher, S.A. 2009. Genetic resources for hazelnut: state of the art and future perspectives. *Acta Horticulturae*. 845: 33-38. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.845.1.
- Messina, B. 2021. Claves para el establecimiento de un huerto de avellano europeo. *Redagícola Chile*. <https://www.redagricola.com/cl/claves-para-el-establecimiento-de-un-huerto-de-avellano-europeo/>.
- Moss, Gl. 1971. Effects of fruit on flowering in relation to biennial bearing in sweet orange (*Citrus sinensis*). *Horticultural Science*. 46(2):177-184. DOI: 10.1080/00221589.1971.11514396.
- Muñoz-Fambuena, N., Mesejo, C., González-Mas, M.C., Iglesias, D., Primo-Millo, E., and Agustí, M. 2012. Gibberellic Acid Reduces Flowering Intensity in Sweet Orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] by Repressing CiFT Gene Expression. *Plant Growth Regulation*. 31: 529–536. DOI: 10.1007/s00344-012-9263-y.
- Murray, R. 2016. Guidelines for Growing Hazelnuts in New Zealand Bulletin 1: An introduction to growing hazelnuts in New Zealand. Hazelnut Growers Association of NZ. Ministry for Primary Industries Sustainable Farming Fund and the NZ Tree Crops Association. <https://tararuacropping.files.wordpress.com/2016/08/hazelnut-bulletins-1-5.pdf>
- Olsen, J.L., Mehlenbacher, S.A., and Azarenko, A.N. 2000. Hazelnut Pollination, *HortTechnology horttech*, 10(1) : 113-115. DOI : 10.21273/HORTTECH.10.1.113
- Pharis RP, King RW. 1985. Gibberellins and reproductive development in seed plants. *Annual Review of Plant Physiology* 36 : 517–568.
- Quilambaqui, JC. 2003. El efecto de las fitohormonas en la fruticultura. *Facultad de ciencias pecuarias y agroindustriales. La Granja*. 2: 29-30.
- Ramirez, M. 2001. Variabilidad de la producción en olivo (*olea europaea* L.). Relación entre alternancia, floración, vigor y productividad. Córdoba, España. Universidad de Cordoba, Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos y de montes.
- Red Agrometeorológica de INIA. 2021. Estación INIA San Clemente. Recuperado de <https://agrometeorologia.cl/RD>. Consultado el 28 de junio de 2022.
- Roversi, A., and Ughini, V. 2006. Effect of alternate bearing on the mineral nutrition in hazelnut. In *V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants* 721 (pp. 77-82).
- Sáez, 2016. Usos de giberelinas de síntesis en la fruticultura chilena. Ingeniero agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Santos, A. Silva, P. 1994. Dichogamy and flowering periods of eleven hazelnut varieties in northern portugal - eight years of observations. *Acta Horticulturae*. 351: 211-214 DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.351.20.

- Schmidt, T., McFerson, J., Elfving, D.C. and Whiting, M. 2010. Practical gibberellic acid programs for mitigation of biennial bearing in apple. *Acta Horticulturae*. 884: 663-670. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.884.89.
- Sharma, N., Singh, S.K., Mahato, A.K., Ravishankar, H., Dubey, A.K., and Singh, N. 2019. Physiological and molecular basis of alternate bearing in perennial fruit crops. *Scientia Horticulturae*. 243: 214–225.
- Silvestri, C., Bacchetta, L., Bellincontro, A. and Cristofori, V. 2021. Advances in cultivar choice, hazelnut orchard management, and nut storage to enhance product quality and safety: an overview. *J Sci Food Agric*. 101: 27-43. DOI: 10.1002/jsfa.10557.
- Southwick, S.M. and K. Glozer. 2000. Reducing flowering with gibberellins to increase fruit size in stone fruit trees: applications and implications in fruit production. *HortTechnology* 10(4) : 744–751.
- Tang, L., Singh, G., Dewdney, M., and Vashisth, T. 2021. Effects of Exogenous Gibberellic Acid in Huanglongbing-affected Sweet Orange Trees under Florida Conditions – I. Flower Bud Emergence and Flower Formation. *Scientia Horticulturae*. 56(12): 1531-1541.
- Tombesi, S., Palliotti, A., Poni, S, and Farinelli, D. 2015. Influence of light and shoot development stage on leaf photosynthesis and carbohydrate status during the adventitious root formation in cuttings of *Corylus avellana* L. *Frontiers in Plant Science*. Vol 6. DOI=10.3389/fpls.2015.00973.
- Trotter, A. 1951. 11 nocciuolo (*Gorytus*). D. Alighieri SA ed., Roma, Nápoles, Città di Castello. 166 págs.
- Villanueva, F., Ávila, M, Mansilla, A., Abades, S, y Cáceres, J. 2013. Efecto de auxinas y citoquininas en el cultivo de tejido de *ahnfeltia plicata* (hudson) fries, 1836 (*ahnfeltiales*, rhodophyta) de la región de magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia*. 41(1): 99-111. DOI: 10.4067/S0718-686X2013000100009.
- Wilkie, J., Sedgley, M., Olesen, T., 2008. Regulation of floral initiation in horticultural trees. *Experimental Botany*. 59: 3215–3228. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern188>.
- Yuri, J., Lobos, G. y Lepe, V. 2002. Pomáceas. *Boletín técnico. Universidad de Talca*. 2 (5): 1-4.