

Universidad Nacional de Río Negro

Ingeniería Agronómica

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Efecto de la aplicación de boro
foliar sobre la fructificación y
producción del avellano en el Valle
Inferior de Río Negro.

Alumna

Rocío A. Robol

Director

Dario M. Martin

Co-Director

Gastón E. Fuente

Viedma, Río Negro. 12 de octubre de 2021

A mis padres, Jenny y Mario.

A mis hermanos, Emiliano, Ángeles y Avril.

A mi abuela, Blanca.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Río Negro por abrirme sus puertas para transitar esta hermosa carrera de manera satisfactoria y lograr convertirme en profesional.

A mis directores de tesis, Darío Martín y Gastón Fuente, por brindarme las herramientas necesarias para la realización de este trabajo, por su dedicación y acompañamiento.

A la empresa Reibs SRL., a través de Nelson Pfund, por facilitar la realización del ensayo experimental en la parcela A14, cediendo parte de sus plantas productivas.

Al INTA Valle Inferior por permitir el uso de sus instalaciones para el secado, pesaje y acopio de muestras.

A la técnica Silvia Gallo por brindar su ayuda en muchas de las actividades realizadas.

A mi familia por el apoyo y la confianza que me dieron durante todos estos años, sin ellos no hubiese sido posible este gran logro.

A Maximiliano, por su amor incondicional, su compañía y por motivarme en cada paso que di; a su familia por hacerme sentir una más de ellos y siempre estar para lo que necesité.

A mis amigos, con quienes me encontré al transitar la vida universitaria, por sus consejos y por cada momento compartido.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	8
Características del avellano	8
Requerimientos climáticos y edáficos	13
Requerimientos nutricionales.....	14
Características comerciales.....	16
Situación mundial	16
Situación nacional	18
HIPÓTESIS	21
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
METODOLOGÍA DE TRABAJO	22
Área de estudio.....	22
Sitio experimental	25
Diseño experimental y tratamientos.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
Caída de frutos y frutos vacíos	31
Producción y calidad de fruta.....	33
Número de flores y seguimiento de floración	40
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXO	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Envés de hojas cv. Tonda di Giffoni.....	9
Figura 2. Flor femenina en estado receptivo del cv. Tonda di Giffoni.	10
Figura 3. Amentos elongados del cv. Tonda di Giffoni.....	10
Figura 4. Frutos reunidos en infrutescencia cv. Tonda di Giffoni	11
Figura 5. Fruto vacío con el involucro adherido cv. Tonda di Giffoni.....	12
Figura 6. Ciclo fisiológico del avellano	13
Figura 7. Países con mayor superficie implantada con avellanos. Año 2019	17
Figura 8. Evolución de la producción de avellanas con cáscara en el mundo.	17
Figura 9. Principales países productores de avellanas con cáscara. Años 2020 - 2021	18
Figura 10. Imagen satelital del Valle Inferior del Río Negro.	23
Figura 11. Precipitación y temperaturas medias en el VIRN. (Serie 1965 – 2008)	24
Figura 12. Lugar del ensayo experimental. Plantación comercial de avellanos	25
Figura 13. Precipitación y temperaturas medias en el VIRN. Años 2019-2020.....	26
Figura 14. Mochila pulverizadora a combustión	27
Figura 15. Aplicación foliar de B en el ensayo experimental.	28
Figura 16. Flores en diferentes etapas de maduración.	31
Figura 17. Cantidad de frutos promedio por rama en dos fechas de conteo en cada tratamiento.	32
Figura 18. Porcentaje de rendimiento al descascarado en cada tratamiento.....	34
Figura 19. Peso de fruto con cáscara en cada tratamiento	35
Figura 20. Tamaño de fruto en cada tratamiento.	37
Figura 21. Frecuencia de tamaño de fruto (mm) por tratamiento.	38
Figura 22. Disposición de frutos en la rama por tratamiento	40
Figura 23. Período de la fase de flor receptiva en cada tratamiento.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de frutos vacíos por planta en cada tratamiento.	32
Tabla 2. Producción total estimada en cada tratamiento.	33
Tabla 3. Peso de pepita en cada tratamiento.....	36
Tabla 4. Índice de redondez de fruto en cada tratamiento	39
Tabla 5. Número de flores por rama en cada tratamiento.....	41

RESUMEN

La producción de avellanos es una de las principales actividades frutícolas del Valle Inferior del Rio Negro (VIRN). Un problema en la mayoría de las plantaciones es la baja productividad. Uno de los factores que más incide en la producción de esta especie es la nutrición mineral, que debe ser óptima si se aspira a alcanzar rendimientos cercanos a los máximos posibles y de calidad. En este contexto, la literatura recomienda la fertilización con boro (B) para mejorar el cuaje y por ende la producción del avellano. Por lo expuesto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de la aplicación foliar de B, en dos momentos del cuaje, sobre la fructificación y producción del avellano cv. 'Tonda di Giffoni'.

Se realizó un ensayo experimental en el que se evaluaron 3 tratamientos: T1: aplicación foliar de B en el estado fenológico de fruto completamente desarrollado; T2: aplicación foliar de B al inicio de cuaje y T0: testigo sin tratar. El diseño experimental utilizado fue bloques completos aleatorizados, se emplearon 18 parcelas (árboles) con seis repeticiones por tratamiento. Se aplicó el fertilizante BORANDO® a una dosis de 500 ppm. Los parámetros evaluados fueron: número de frutos caídos, producción, número de frutos vacíos, peso y tamaño de fruto con y sin cáscara, índice de redondez, y rendimiento al descascarado. Además, se registraron el número de flores y las fases de la floración femenina de la temporada siguiente.

Entre los resultados obtenidos no se registraron frutos caídos en T0 mientras que en T1 y T2 la caída fue insignificante. La producción y el número de frutos vacíos no fueron afectados estadísticamente por los tratamientos, aunque se observó una tendencia de mayor rinde en T2. Las plantas tratadas registraron frutos con cáscaras de mayor tamaño, destacándose T2. A su vez, T2 obtuvo los frutos de mayor peso respecto de los restantes tratamientos. El peso de la pepita no mostró diferencias entre tratamientos. El rendimiento al descascarado fue mayor en T0 probablemente por la baja carga frutal de los árboles. El número de flores fue similar entre los tratamientos. En relación a la fenología del cultivo se apreció un adelantamiento mínimo del inicio y la plena floración en las plantas tratadas.

La fertilización de B foliar puede ser un complemento eficiente de abastecimiento dirigido en el avellano. En este estudio los resultados más promisorios se obtuvieron en T2 al encontrarse frutos uniformes, de mayor peso y tamaño, características deseables por el productor y/o la industria. Se recomienda la continuidad del presente trabajo para validar o alcanzar resultados aún más consistentes.

Palabras claves: avellano, boro, calidad, fertilización, floración, rendimiento, Valle Inferior de Río Negro.

INTRODUCCIÓN

Características del avellano

El avellano pertenece al género *Corylus*, del orden Fagales, familia Betuláceas, el cual comprende unas 20 especies, entre arbustiva y arbóreas (Mehlenbacher, 1991). La especie más cultivada por sus frutos es *Corylus avellana* L., comúnmente llamado avellano europeo (Rolka *et al.*, 2014).

Es una especie originaria de la Mesopotamia, área geográfica del actual Irán, Irak y Turquía. Actualmente se encuentra muy difundido en el sur de Europa, alrededor del Mediterráneo (en Italia y España), en Asia alrededor del Mar Negro, en Turquía, y en el noroeste de Estados Unidos, en la parte occidental de los estados de Oregón y Washington. No obstante, en los últimos años el cultivo del avellano ha experimentado un fuerte desarrollo en el hemisferio sur, destacándose el crecimiento de la superficie plantada en Chile, y las posibilidades productivas de Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Argentina (Rolka *et al.*, 2014). Esta especie se caracteriza por su amplia adaptabilidad a condiciones edafoclimáticas (Ellena, 2018).

Es un árbol con crecimiento tipo arbustivo, con ramas de color marrón claro grisáceo que nacen en forma alternada e inserta sobre un plano respecto al eje principal. A nivel del cuello la planta produce numerosos rebrotes o hijuelos que presentan elevado vigor. En pleno desarrollo, dependiendo de la variedad, alcanza una altura de 3 - 4 metros, sin embargo, conducido en un solo eje puede alcanzar 4 - 6 metros de altura (Ellena y Sandoval, 2013).

Las hojas son simples, alternas, con un largo entre 5 - 10 cm, redondeadas, acorazonadas en la base y terminadas en punta larga y estrecha, con el margen aserrado y presentan pilosidad en la cara inferior, los nervios muy marcados y más o menos rugosos. El pecíolo es muy corto y las estípulas son oblongas, obtusas, verdes y caducas (Ellena, 2018) (figura 1).



Figura 1. Envés de hojas cv. Tonda di Giffoni
Fuente: Producción propia

El avellano tiene una biología floral característica; es diclino monoica, es decir, que las flores masculinas y femeninas son unisexuales y se encuentran dentro de una misma planta, agrupadas en inflorescencias. Las masculinas se agrupan en amentos y las femeninas en glomérulos (Ellena, 2013).

Presenta una marcada dicogamia, por lo cual existe una separación temporal en la maduración de los órganos sexuales, y protandra según el cultivar y las condiciones meteorológicas del año. Es autoincompatible y presenta una marcada interincompatibilidad. La autoesterilidad hace estrictamente necesaria la asociación con variedades polinizadoras para lograr rendimientos satisfactorios. Por ello, se deben establecer en un mismo sitio, diversas variedades genéticamente compatibles con la variedad principal y que florezcan de manera simultánea. La polinización es anemófila pero, de modo complementario, también se puede recurrir al empleo de la polinización asistida mediante aplicación de formulados tanto líquidos como en seco (Germain, 1974; citado por Ellena y Sandoval, 2013).

Las flores femeninas se encuentran usualmente ubicadas en yemas terminales o secundarias. En su conjunto el glomérulo posee de 7 a 10 flores femeninas, en invierno se reconocen al momento de la floración, cuando en los extremos de cada glomérulo aparecen los estigmas de color rojo vivo (figura 2) (Martin y Gallo, 2016).



Figura 2. Flor femenina en estado receptivo del cv. Tonda di Giffoni.
Fuente: Producción propia

Las flores masculinas están dispuestas en amentos cilíndricos, colgantes, amarillentos, de 4 a 6 cm de longitud cuando maduran y ubicados hacia la parte externa del brote (figura 3) (Ellena, 2018).



Figura 3. Amentos elongados del cv. Tonda di Giffoni
Fuente: Producción propia

La inducción floral femenina ocurre normalmente más tarde que la masculina, desde enero a principios de febrero. La organización fisiológica de los glomérulos prosigue durante los meses de febrero, marzo y abril, estando todas las flores formadas a principios de mayo. Durante el mes de diciembre se produce la diferenciación de los amentos (Ellena, 2018).

La polinización se produce en el invierno, es estrictamente anemófila, y puede verse afectada por la ocurrencia de días lluviosos o con niebla durante ese

período (Germain y Sarraquigne, 2004; Rovira, 2014). El tiempo de receptividad es de aproximadamente un mes y la cantidad de granos de polen, que desprenden las flores permite que ocurra la polinización (Thompson, 1979; Ellena, 2013).

Una vez realizada la polinización el proceso se detiene y no se produce la fecundación hasta que se alcanzan temperaturas cálidas. Para que se retome este proceso (aproximadamente 4 meses después de la polinización) los tubos polínicos reinician su crecimiento y se produce la fecundación efectiva (Rovira y Aletà, 2012).

El fruto o avellana (figura 4), es un fruto seco indehisciente, comúnmente reunido en infrutescencia o cluster. Es un aquenio globoso-ovoide, cuyo pericarpio leñoso contiene una semilla comestible rica en aceite y otros compuestos como vitaminas, proteínas, fibra, polifenoles, minerales, entre otros (Ellena, 2018). En la planta, cada fruto es contenido por un involucre que encierra alrededor de las 3/4 partes de la nuez para el caso de `Tonda di Giffoni`, siendo una característica que depende del cultivar. En la madurez el involucre se seca y libera la avellana que cae al suelo (Martin, 2015).



Figura 4. Frutos reunidos en infrutescencia cv. Tonda di Giffoni
Fuente: Producción propia

Luego de la fecundación, los frutos crecen rápidamente alcanzando en el transcurso de un mes su tamaño definitivo. El crecimiento de la pepita inicia a

principios de diciembre y también tiene una duración aproximada de un mes. El crecimiento y la lignificación de la cáscara ocurren entre fines de enero y principios de febrero. Inicialmente, los tejidos son ricos en agua, el incremento de materia seca es gradual y constante hasta la cosecha (Ellena, 2013).

El avellano normalmente produce avellanas vacías o vanas (sin presencia de pepita), que se observan desde un mes antes de la cosecha y durante la misma, en un porcentaje que va desde 6 a 10% y las cuales suelen caer con el involucro adherido (figura 5). En los casos más graves las caídas pueden alcanzar el 80% de los frutos formados (Rolka *et al.*, 2014). Las causas son atribuidas a la falta de polinización y/o fecundación, alteraciones cromosómicas, característica varietal, prácticas culturales y temperaturas elevadas (Ellena, 2013).



Figura 5. Fruto vacío con el involucro adherido cv. Tonda di Giffoni
Fuente: Producción propia

En relación al ciclo fenológico del cultivo antes detallado, en la figura 6 se muestra un esquema del mismo para las condiciones del Valle Inferior del Rio Negro (Martin y Gallo, 2016).

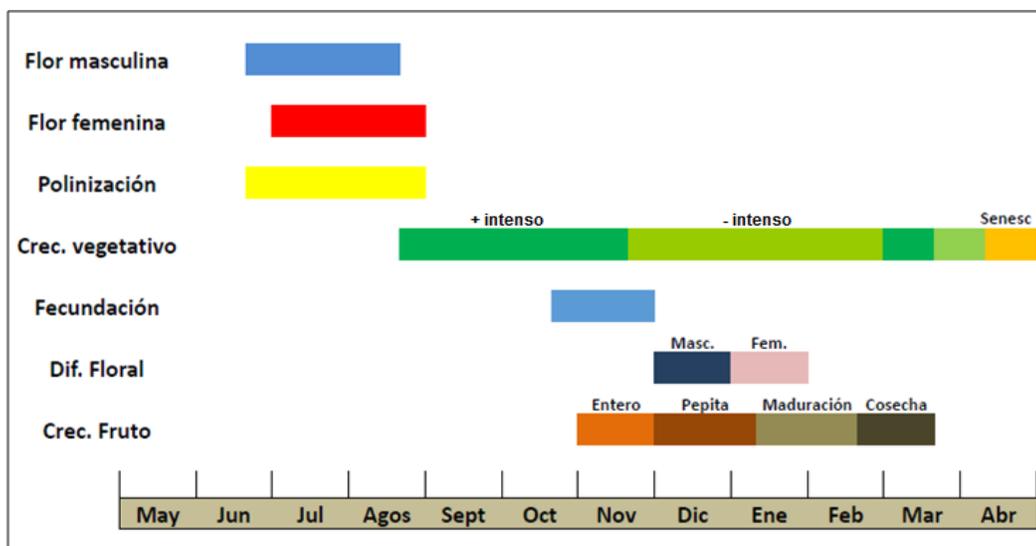


Figura 6. Ciclo fisiológico del avellano
Fuente: Cátedra de Fruticultura II de la UNRN

Requerimientos climáticos y edáficos

El avellano no se adapta bien a condiciones ambientales secas por lo que requiere una pluviometría superior a 800 mm, regularmente distribuidos en primavera-verano (Martin, 2015). Es un fruto seco muy cultivado en zonas mediterráneas de clima templado frío y húmedo, con influencia oceánica.

Las temperaturas medias anuales deben oscilar entre 12 y 16°C dependiendo de la variedad y del estadio fenológico. Las necesidades de frío invernal (temperaturas inferiores a 7°C) dependen de la variedad, por ejemplo, el cv. 'Tonda di Giffoni' requiere entre 170 - 240 horas de frío para la floración masculina y entre 600 – 680 para la femenina (Del Barrio y Martin, 2011).

Las flores femeninas pueden soportar hasta -10°C sin afectarse, mientras que las flores masculinas pueden tolerar hasta -16°C cuando se encuentran en desarrollo y hasta -7°C durante plena floración (Ellena, 2013).

Un período de frío demasiado intenso durante la floración masculina puede detener el alargamiento de los amentos y la emisión de polen, y como consecuencia, se pueden generar dicogamias más marcadas en los cultivares de una zona más fría que en una más templada (Lobos, 1983). Esto implica que la

liberación de polen se puede adelantar tanto que no coincida con la aparición de los estigmas y que simplemente no ocurra la polinización y no exista producción de avellanas (Uslar y Angela, 2006).

En relación al viento, las brisas ligeras favorecen el movimiento del polen, mientras que vientos fuertes en verano aumentan la transpiración, además pueden causar la caída temprana de las avellanas y daños en brotes. Los vientos de gran intensidad también afectan el crecimiento de los avellanos principalmente en sus primeros años al producir doblamiento del eje principal, problemas en la conducción, deformación estructural y muerte de yemas. En zonas con ocurrencia frecuente de vientos es recomendable (previo al establecimiento de las plantas) implementar cortinas corta vientos naturales (especies arbóreas) o artificiales (mallas) (Ellena, 2018).

Las plantas de avellano expresan su potencial productivo en suelos fértiles, de texturas medias, franco arenosa a franco limo arenosa, bien drenados debido a que no tolera asfixia radical. Prefiere una profundidad mínima de 80 cm (Barón *et al.*, 1997).

Prefiere suelos ligeramente ácidos a neutros (pH 6 a 7,5) y con bajos contenidos de sales (conductividad eléctrica menor a 2 dS/m) y calcáreos (menores a 8%) (Martin, 2015).

Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales del avellano básicamente corresponden a macro y micronutrientes, los cuales deben ser suministrados tanto para la fase de formación como en su posterior etapa productiva (Martin y Martinez, 2019). Los elementos que se utilizan en mayores cantidades son el nitrógeno (N), fósforo (P) y el potasio (K). Además, requieren cantidades moderadas de calcio (Ca) y magnesio (Mg). Los microelementos más requeridos son el zinc (Zn), boro (B), manganeso (Mn) y hierro (Fe).

A continuación se describen las principales funciones de los nutrientes requeridos por el avellanos, según Rolka *et al.* (2014):

- El N confiere vigor a la planta, acentúa el desarrollo durante la fase de formación, estimula el desarrollo de ramas largas y favorece la floración y fructificación. Las funciones en las que interviene son: síntesis de aminoácidos, formación de proteínas, coenzimas, ácido nucleico y síntesis de clorofila y ATP (adenosín trifosfato).

- El P influye positivamente en los procesos de fecundación y fructificación y estimula el desarrollo de las raíces. Una fuerte deficiencia puede causar escasa floración y una maduración retardada de los frutos.

- El K favorece la acumulación de sustancias de reserva y el crecimiento de los frutos mejorando sus características cualitativas. Actúa como activador de las enzimas e interviene en las síntesis de ciertos azúcares y proteínas. Asegura en gran parte el equilibrio ácido-base en la célula, favorece la fotosíntesis y disminuye la transpiración. Es muy móvil en la planta y puede, en caso de deficiencia, perder las hojas viejas en beneficio de los brotes en crecimiento.

- El Ca se fija sobre las paredes celulares dándole rigidez e interviene en varios procesos fisiológicos tales como la regulación osmótica, agente antitóxico y coenzima. Un tenor excesivo de este elemento en el suelo bloquea la asimilación del hierro.

- El Mg es un constituyente de la clorofila y exalta numerosas reacciones químicas en los tejidos en crecimiento. Está involucrado en el metabolismo del fósforo y el nitrógeno, en la síntesis de proteína y relacionado con la absorción de agua. El síntoma de carencia es una clorosis que se manifiesta entre las nervaduras de las hojas viejas, reduciendo el crecimiento de la planta.

- El Zn forma parte de la composición de diversas enzimas y participa en la protección de las auxinas, hormona necesaria del crecimiento vegetal. La deficiencia se evidencia con plantas de bajo porte, con la formación de pequeñas hojas y clorosis en hojas jóvenes.

- El Mn es el catalizador en la formación de clorofila y favorece la asimilación de nitrógeno, participa en la reducción de nitratos, y es un activador de varios procesos enzimáticos, necesario para la fotosíntesis y síntesis de proteínas. La deficiencia se manifiesta como una clorosis tenue y generalizada

- El Fe interviene en la formación de clorofila, fotosíntesis y formación de proteína. La carencia se manifiesta por clorosis en las hojas jóvenes, adquiriendo una coloración blanquecina y con vetas verdes.

- El B favorece la diferenciación de las yemas, transporte y acumulación de azúcares, particularmente en su traslado a través de las membranas celulares. Interviene en el proceso reproductivo, influyendo en la germinación del polen y en el desarrollo del tubo polínico, mejorando el cuaje y el rendimiento final del cultivo. Adicionalmente, favorece la actividad meristemática de los ápices de los brotes y de las raíces y en el control de la absorción del calcio.

En primavera - verano el avellano tiene los mayores requerimientos nutricionales para el crecimiento y desarrollo de brotes y frutos, además de la diferenciación de las flores femeninas y masculinas (Rolka *et al.*, 2014). En otoño cumple la función de acumular reservas para la brotación e inicio de crecimiento en primavera (Olsen *et al.*, 2000).

Características comerciales

Situación mundial

Turquía es el país que presenta la mayor superficie implantada a nivel mundial, concentrando el 72,4% de la superficie total (734.409 ha) (figura 9). Le siguen en orden de importancia Italia con 7,8% (79.350 ha) y Azerbaiyán con 4,3% (43.381 ha). Chile se posicionó recientemente en cuarto lugar con un 2,4% (24.437 ha), debido a la gran expansión que tuvo su cultivo en la última década. En los próximos años se espera que este país ocupe los primeros lugares en cuanto a la producción mundial, cuando sus plantaciones aún jóvenes alcancen los máximos rendimientos. En quinto lugar se ubicó Estados Unidos con 2%

(20.230 ha). Estos 5 países concentran el 88,9% de la superficie mundial (FAO, 2021).

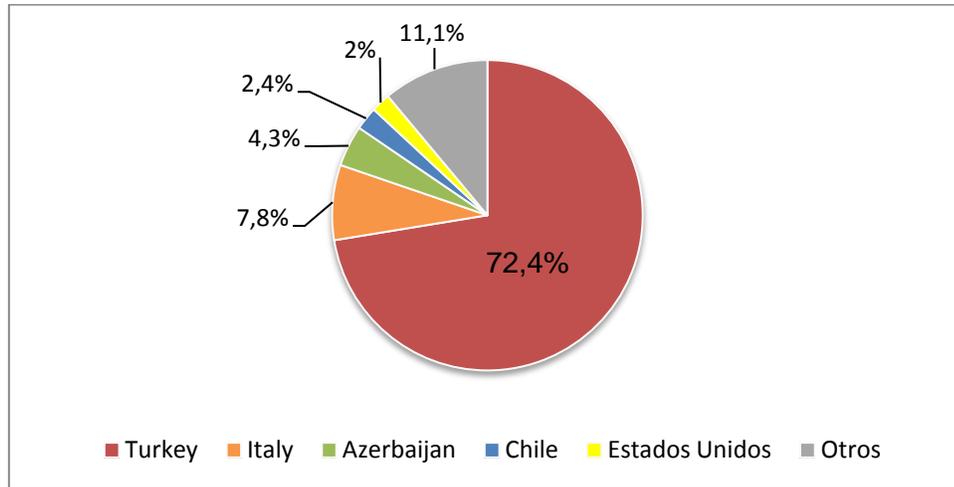


Figura 7. Países con mayor superficie implantada con avellanos. Año 2019
Fuente: Producción propia en base a datos de FAO, 2021

El avellano es un fruto seco cultivado en numerosos países del mundo a lo largo de los siglos y en los últimos años, al igual que otros frutos secos, ha adquirido una importancia especial debido a que la demanda crece constantemente a un ritmo mayor que la producción (Iglesias, 2020). En el período 2010 - 2019 la producción mundial se incrementó de 874.243 a 1.154.496 t. (figura 7) (FAO, 2021).

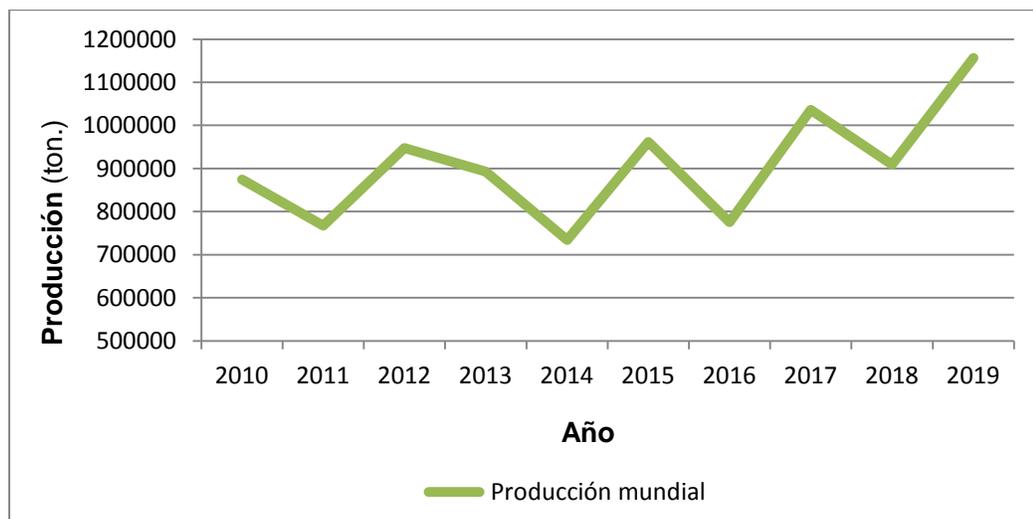


Figura 8. Evolución de la producción de avellanas con cáscara en el mundo.
Fuente: Producción propia en base a datos de FAO, 2021

El mayor productor mundial es Turquía que concentró en los años 2020 - 2021 el 62% de lo producido mundialmente (320.000 t.) (figura 8). Le siguieron Italia con 15% (75.200 t.), Estados Unidos con 4,4% (22.600 t.), Azerbaiyán con 4,1% (21.000 t.) y Chile con el 3,8% (20.200 t.). Estos 5 países concentran el 89,3% de la producción mundial (INC, 2021).

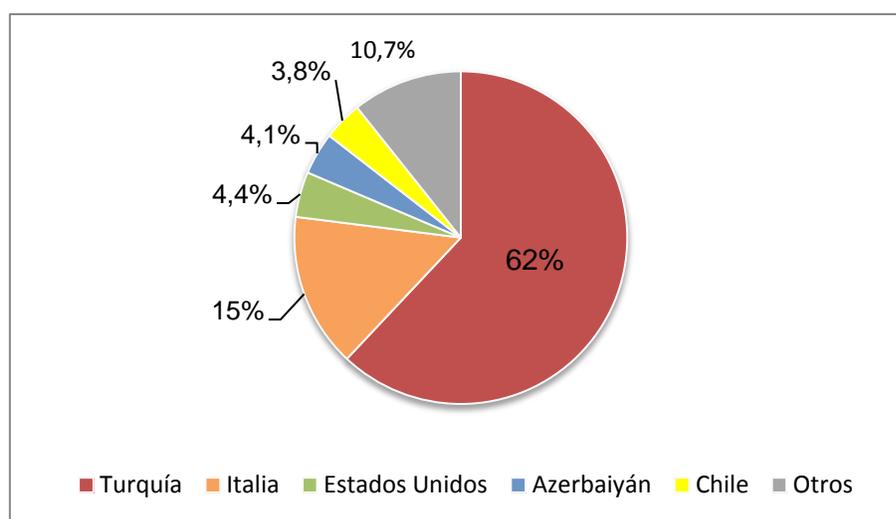


Figura 9. Principales países productores de avellanas con cáscara. Años 2020 - 2021
Fuente: Producción propia en base a datos de INC, 2021

Situación nacional

El avellano no existe en estado silvestre en la Argentina. Fue introducido por inmigrantes turcos, italianos y españoles a principios del siglo XIX y durante mucho tiempo su cultivo no se desarrolló a escala comercial (Gallo, 2018).

El VIRN es la principal zona productora de avellano en el país y, junto con el nogal, transformaron a la producción de frutos secos en la actividad frutícola local y regional de mayor crecimiento (Del Barrio y Martín, 2011). En la actualidad, la superficie plantada con avellanos en el VIRN es de 690 ha (Sánchez, 2020).

Los suelos implantados con avellanos en la región son en general de textura fina, (suelos franco-arcillosos, franco-arcillo-limosos o limo-arcillosos), alcalinos (pH de 7,4 a 8,2) y sin problemas de salinidad. Respecto de su fertilidad, están escasamente provistos de fósforo, moderadamente provistos de materia

orgánica y nitrógeno, y bien provistos de potasio (Martín, 2014). El cultivo debe ser suplementado con aportes hídricos a través del riego (Martin, 2015).

El principal factor meteorológico que condiciona la producción en la zona son las heladas muy tardías (fines de octubre). El grado del daño dependerá de la intensidad y duración de dicho evento meteorológico. En esta región se han registrados mermas importantes en la producción por heladas de -2 °C y de 2 horas de duración (Martin, 2015).

Con el objetivo de mejorar las condiciones de sequedad ambiental de la zona, ocasionadas por los vientos calurosos y secos del verano, se colocan cortinas forestales (Martin, 2015), utilizándose especies de hoja caduca (álamos) ya que no interfieren en la circulación del aire durante el período invernal, época en que se produce la polinización (anemófila) de esta especie (Gallo, 2016).

Las variedades más cultivadas en el VIRN son `Tonda de Giffoni´ y `Barcelona´. La primera es de origen italiano, presenta excelente aptitud para la industrialización por su facilidad de pelado y apropiadas condiciones organolépticas. El árbol es de vigor medio, de crecimiento cerrado, lo que permite una mayor densidad de plantación. La segunda es una variedad de origen francés, principalmente utilizada para consumo de mesa. El árbol es muy vigoroso y de crecimiento semicerrado (Martin, 2015). Presenta un fruto subesférico, de tamaño medio, que pesa 2,8g. La cáscara es de espesor medio, color habano, ligeramente estriado y con dos surcos longitudinales. La pepita es de tamaño medio a pequeño, pesa 1,4g y la presencia de fibras es media. Tiene muy buena facilidad de pelado para el tostado y un rendimiento al descascarado (relación entre el peso de la semilla y el fruto con cáscara) del 45 al 47%. Es sensible a heladas tardías y es la principal variedad cultivada en el VIRN (Rolka *et al.*, 2014).

La producción nacional en el 2020 rondó las 650 t. con cáscara. Las avellanas se destinan principalmente a la exportación a través de la empresa Ferrero Corilicola S.A instalada en el VIRN, la cual compra y exporta la producción

propia y de terceros. En el 2020 esta empresa exportó a Chile 430 t. de fruta con cáscara (Martín, 2021).

En el país, las avellanas no son un producto de consumo masivo como las nueces y las almendras, sin embargo, la producción que se destina al mercado interno no alcanza para satisfacer la creciente demanda. Se comercializa mayormente avellanas sin cáscara, envasadas en bolsas plásticas herméticas o al vacío, a través de distribuidores, principalmente de Buenos Aires y de la zona andina de Río Negro, en su mayoría vinculados con dietéticas, chocolaterías, heladerías, confiterías y panaderías (Alder *et al.*, 2018).

Uno de los principales problemas en la mayoría de las plantaciones es el bajo rendimiento obtenido si se lo compara con los de otros países productores. Varios autores mencionan que la fertilización es una práctica agronómica muy importante a considerar en el cultivo de avellano dado que debe ser equilibrada u óptima si se aspira a alcanzar producciones cercanas a los máximos posibles, constantes y de buena calidad (Corte *et al.*, 2009; Özenç y Özenç, 2009).

Habitualmente los productores avellaneros del VIRN llevan a cabo programas de fertilización basados en aplicaciones de fertilizantes macronutrientes, sin tener en cuenta las necesidades nutricionales de los micronutrientes considerados esenciales. En este sentido, la literatura recomienda la fertilización con B para mejorar la producción y calidad de la fruta del avellano, aunque los resultados de estos estudios son controvertidos, probablemente porque responden a las condiciones de cada sitio y/o ensayo (Shrestha *et al.*, 1987; Bignami *et al.*, 1999; Carvalho *et al.*, 2000; Tous *et al.*, 2004).

Como ya se mencionó, el B es un nutriente que interviene en el proceso reproductivo, influyendo en la germinación del polen y en el desarrollo del tubo polínico, mejorando el cuaje y el rendimiento final del cultivo. Es absorbido por las plantas principalmente bajo la forma de ácido bórico H_3BO_3 no disociado, fundamentalmente mediante los mecanismos de flujo de masas (65%) y difusión (32%). Este micronutriente es relativamente poco móvil en el interior de las

plantas, y los contenidos son superiores en las partes basales respecto a las partes más altas de las plantas, especialmente si el B está en exceso (Vera, 2001).

Uno de los factores que influye marcadamente en la disponibilidad de B es pH alto del suelo. Los síntomas de deficiencia se manifiestan con una distorsión de hojas y cambios en su textura, pudiendo causar una muerte regresiva de las puntas de los brotes (Reyes y Lavín, 2014).

HIPÓTESIS

1. La aplicación foliar de B reduce la caída anticipada de frutos en planta y la cantidad de frutos vacíos.
2. La aplicación foliar de B mejora el rendimiento y la calidad comercial de la fruta del avellano.
3. La aplicación foliar de B mejora el retorno de la floración al siguiente año.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la aplicación foliar de B, en dos momentos del cuaje, sobre la fructificación y producción del avellano cv. `Tonda di Giffoni`.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar el efecto sobre la caída de frutos y la cantidad de frutos vacíos.
2. Evaluar el efecto sobre el rendimiento y calidad comercial de la fruta (tamaño, peso y rendimiento industrial).
3. Estudiar el efecto sobre la floración del año siguiente.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el VIRN, zona ubicada en la ribera del río del mismo nombre, en el Este de la provincia de Río Negro (Argentina). El valle se extiende en dirección NO-SE entre los 40° 36' - 40° 48' de latitud Sur y 63° 00' - 63° 30' de longitud Oeste con una longitud de 100 km y un ancho medio de 8 km (figura 10).

Topográficamente presenta una llanura con suave pendiente hacia el mar y una altitud media de 4 msn, con depresiones que no sobrepasan los 2 metros (Miñón *et al.*, 2013).

La zona agrícola bajo riego del VIRN se encuentra localizada en el denominado proyecto IDEVI (Instituto de Desarrollo del Valle Inferior), que corresponde a un área de 18.500 ha sistematizada para el riego superficial y organizada en explotaciones cuya superficie varía entre las 30 y 120 ha (IDEVI, 2010). Las producciones que se desarrollan son, en importancia decreciente, forrajes (mayormente alfalfa y pasturas consociadas), frutales principalmente de frutos secos, cereales (maíz y avena); cebolla, zapallo y horticultura diversificada. Las actividades ganaderas de importancia son el engorde de vacunos y ovinos en pasturas irrigadas.



Figura 10. Imagen satelital del Valle Inferior del Río Negro.

Fuente: www.earth.google.com/

De acuerdo con Thornthwaite (1948), el clima de la región es semiárido, mesotermal con pequeño a nulo exceso de agua y baja eficiencia térmica estival.

Papadakis (1960) por su parte, lo clasifica como “peripampeano semiárido casi marítimo”. Por su latitud y como consecuencia de su cercanía al mar, presenta un régimen térmico moderado por efecto marítimo. La temperatura media anual es de 14,1°C, la temperatura máxima media anual es de 20,9°C, registrándose en los meses de enero, febrero y diciembre las temperaturas medias máximas más elevadas. La temperatura mínima media anual es de 7,9°C, ubicándose en los meses de junio, julio y agosto los valores menores del año (figura 11).

El promedio de días libres de heladas meteorológicas es de 199 días, siendo la fecha media de la primera helada el 1 de mayo, y la fecha media de la última el 13 de octubre (Martín, 2009). En los últimos años se han registrados mayor frecuencia de heladas hacia fines del mes octubre, las cuales afectan el normal desarrollo de los frutales. En este sentido, Fernández Long *et al.* (2016) han observado un corrimiento del período con heladas hacia la primavera. Por otro lado, la necesidad de frío invernal de los frutales de hoja caduca es

normalmente satisfecha, alcanzando valores superiores a las 1.200 horas (Rodríguez y Muñoz, 2020).

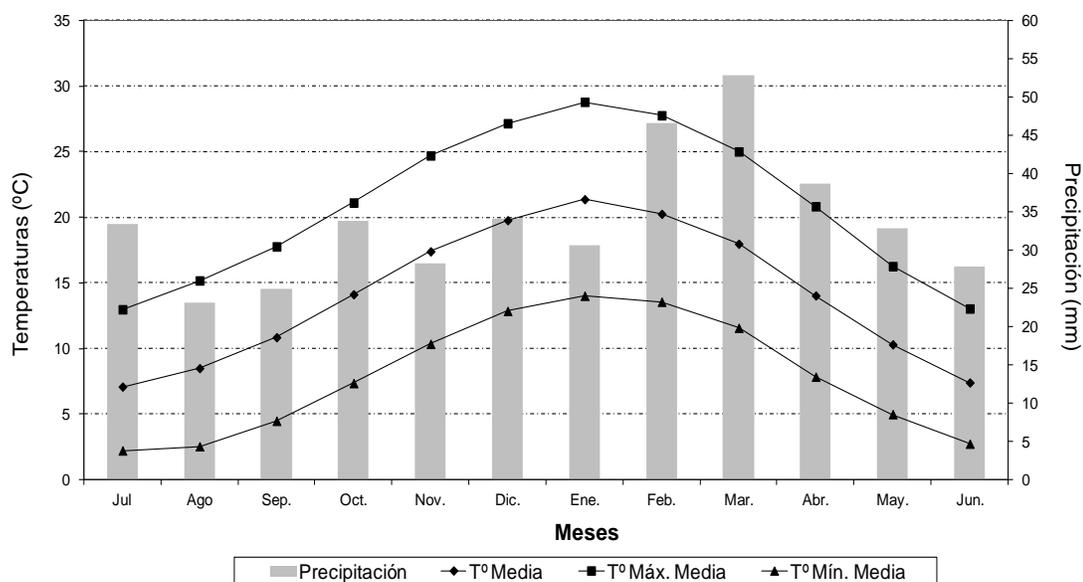


Figura 11. Precipitación y temperaturas medias en el VIRN. (Serie 1965 – 2008)
Fuente: Estación Experimental de la EEA Inta Valle Inferior de Río Negro

La precipitación media anual es de 408 mm, con variaciones interanuales entre 196 mm (2008) y de 697 mm (2000). Estacionalmente el régimen de precipitaciones es primavero-estival, concentrándose el 65% de las lluvias. Sin embargo, la distribución no es homogénea, ya que en los meses de diciembre y enero no superan los 65 mm. La evapotranspiración (ETP) anual calculada según las fórmulas sugeridas por Blaney-Criddle (1962), Thornthwaite (1948) y Turc (1961), es de 1037 mm, 1058 mm y 1009 mm respectivamente. El déficit hídrico o necesidad de riego según la ETP calculada mediante Blaney-Criddle (1962) y las precipitaciones es de unos 650 milímetros anuales. Las precipitaciones no cubren las necesidades hídricas de los cultivos en ninguno de los meses, acentuándose el déficit en el periodo estival.

La región se caracteriza por tener altos valores de radiación global. El promedio de heliofanía o insolación en el Valle es de 2.693 horas al año, los valores más altos se producen en primavera-verano hasta mediados de otoño. El

viento se presenta durante todo el año, con velocidades que van desde un rango moderado hasta muy fuerte en determinadas épocas del mismo. De octubre a febrero se registran los vientos de mayor intensidad, siendo la dirección predominante del Oeste. En ocasiones, la violencia de los vientos asume características ciclónicas, dejando secuelas en los cultivos leñosos como caída de frutos y ruptura de ramas. La existencia de cortinas forestales es imprescindible como barrera de contención de los vientos hasta límites tolerables para los cultivos, las mismas se deben orientar de manera tal que protejan los sectores considerados de mayor intensidad y frecuencia.

Sitio experimental

El ensayo experimental se llevó a cabo durante la temporada 2019/2020 sobre una plantación de avellanos ubicada en la parcela A14 en el VIRN (40° 46' 36" de latitud Sur y 63° 06' 54" de longitud Oeste). Se trabajó con plantas del cv. 'Tonda di Giffoni', de nueve años de edad, plantadas a 5 m entre filas y 4 m entre plantas, formadas o conducidas en multieje, y regadas de manera gravitacional por melga (figura 12). La plantación comercial está constituida con un 16% de polinizadores compuesto por los cultivares 'Nocchione', 'Mortarella' y 'Tonda Gentile Romana'.



Figura 12. Lugar del ensayo experimental. Plantación comercial de avellanos

Fuente: Producción propia.

Los suelos del sitio de estudio pertenecen a la serie Juncal, caracterizados por ser poco profundos, de textura franco arcilloso a franco arcillo limoso, bien dotado de materia orgánica en superficie, de consistencia friable y moderadamente bien drenado. No presentan problemas de sales solubles y sodio intercambiable hasta 1,20 m de profundidad (Masotta, 1970).

Durante la temporada de estudio, la plantación recibió las labores culturales habituales para el control de rebrotes, malezas y plagas. Se realizaron 6 riegos a lo largo de la temporada y se aportaron abonos fertilizantes Novatec® N (dosis 350 g pl⁻¹ a fines de septiembre) y Novatec® N-Max (dosis de 420 g pl⁻¹ a principios de noviembre).

Las condiciones de temperaturas y precipitaciones durante el ciclo del estudio se registraron a través de la estación meteorológica (Davis Vantage VUE®; Estados Unidos) del INTA Valle Inferior (figura 13). En términos generales, las condiciones climáticas de la temporada 2019-2020 fueron normales, dando lugar a un buen desarrollo del cultivo.

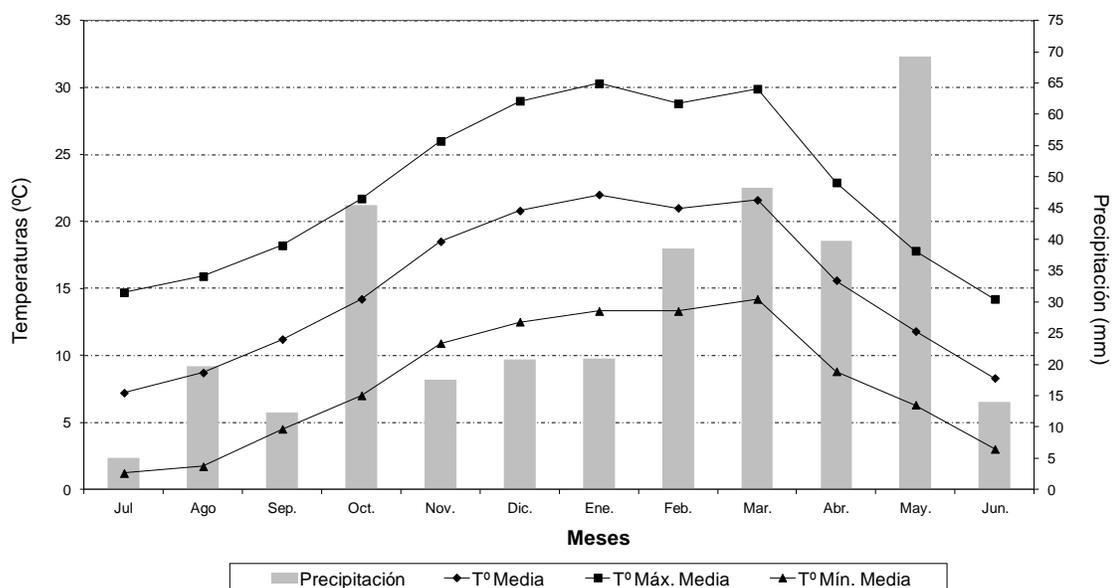


Figura 13. Precipitación y temperaturas medias en el VIRN. Años 2019-2020
Fuente: Estación Experimental de la EEA Inta Valle Inferior de Río Negro.

Diseño experimental y tratamientos

Se realizaron los siguientes tratamientos:

- T0: Árbol sin tratar (testigo).
- T1: Aplicación foliar de B el día 13/11/2019 en estado fenológico de fruto completamente desarrollado, considerada como primera fecha de aplicación (PFA).
- T2: Aplicación foliar de B el día 28/11/2019 en estado fenológico de inicio de cuaje, considerada como la segunda fecha de aplicación (SFA).

El diseño experimental fue realizado en bloques completamente aleatorizados con seis repeticiones por tratamiento, siendo cada árbol una unidad experimental. Se dejó una línea de árboles en la hilera y una línea de árboles entre hileras como bordura.

Se utilizó el fertilizante comercial BORANDO[®] 15 a una dosis de 500 ppm. El mismo es un fertilizante líquido altamente concentrado en B, soluble en agua, indicado para la corrección mineral en cultivos frutales. Su composición es 10.97% B, 4.8% N, aguas y 100% coadyuvantes c.s.p. Las aplicaciones se realizaron con una mochila pulverizadora a combustión (figura 14), mojando las hojas y frutos hasta el punto de goteo (figura 15).



Figura 14. Mochila pulverizadora a combustión
Fuente: www.mercadolibre.com.ar

La tasa de aplicación se determinó con la siguiente fórmula (Homer *et al.*, 2010):

$$Q = TRV * Va * i$$

Donde: Q: tasa de aplicación (L ha⁻¹); TRV: volumen de vegetación (m³ ha⁻¹), Va: volumen de líquido por unidad de volumen de árbol (L m⁻³); y i: índice de ajuste de densidad foliar (0,7 a 1).

$$\text{Siendo el TRV} = \frac{e * H * 10.000}{A}$$

Donde: e: espesor de la fila de árboles (m); H: altura de la fila de árboles (m); y A: distancia entre filas (m);

Siendo Va: 0.0937 (volumen empírico de agua, en litros, contenido en 1m³ de copa) y el índice de ajuste de densidad foliar a 1.

$$Q = \frac{3 * 2 * 10.000 * (0.0937) * 1}{5}$$

$$Q = 1124,4 \text{ l ha}^{-1} / 500 \text{ pl.} = \mathbf{2.25 \text{ l pl}^{-1}}$$



Figura 15. Aplicación foliar de B en el ensayo experimental.
Fuente: Producción propia.

Para evaluar la caída de frutos, en el mes de diciembre (fase de cuaje) se marcaron dos ramas en cada árbol o parcela experimental y se contabilizó el número de frutos de cada rama. A principio de febrero, previo a la caída natural de la fruta, se contabilizó nuevamente los frutos presentes en cada rama. Luego, se calculó el número de frutos caídos mediante la diferencia en el número de frutos entre las dos fechas de medición.

Además, en las mismas ramas se registró la disposición de los frutos, discriminando por tipo de infrutescencia:

Tipo 1: un fruto por infrutescencia.

Tipo 2: dos frutos por infrutescencia.

Tipo 3: tres frutos por infrutescencia.

Tipo 4: cuatro frutos por infrutescencia.

Tipo 5: cinco frutos por infrutescencia.

Tipo 6: seis frutos por infrutescencia.

Tipo 7: siete frutos por infrutescencia.

Para evaluar los parámetros productivos y de calidad, a fines de febrero se recolectó la producción total por planta, y se tomó una muestra de 50 frutos por parcela experimental para analizar los siguientes parámetros:

- Tamaño de fruto con cáscara o entero:
 - o Con un calibre graduado en milímetros se midió el largo, alto y ancho.
- Peso del fruto con cáscara y de la semilla
 - o Se pesó el fruto con cáscara y luego la semilla contenida en su interior (en gramos con un decimal).
- Rendimiento al descascarado
 - o Mediante la relación peso de pepita y peso de fruto con cáscara, utilizando la siguiente fórmula: $(\text{peso de pepita} \times 100) / \text{peso de fruto con cáscara}$.

- Índice de redondez
 - o Mediante la relación altura y diámetro, utilizando la siguiente fórmula:
(ancho + largo (espesor)) / (2*altura).
- Porcentaje de frutos defectuosos (semilla arrugada, deforme, con incidencia de enfermedades)
 - o Se le retiró la cáscara a cada fruto con un partidor y se contó el número de semillas defectuosas (arrugadas). Luego se dividió el resultado anterior por el total de frutos de la muestra y se obtuvo el porcentaje de frutos defectuosos.

Para determinar el porcentaje de frutos vacíos, como otro parámetro productivo, se contabilizó la totalidad de frutos sin semilla del total de frutos cosechados por tratamiento.

Para analizar el efecto sobre la floración de la temporada siguiente, se realizaron observaciones fenológicas de la floración femenina siguiendo las referencias de Bergougnoux *et al.* (1978). Las observaciones se efectuaron sobre dos ramas o brotes de cada árbol de manera semanal, desde mediados de junio hasta mediados de septiembre del 2020. Se consideró el inicio de floración cuando el 20% de la rama se encontró en la fase de estigmas receptivos (figura 16.1). El 50% representó la plenitud (figura 16.2) y se estableció el fin de la fase cuando todas las flores presentaron el 80% de los estigmas necrosados (figura 16.3). Asimismo, se registró en cada rama marcada el número de flores femeninas.



Figura 16. Flores en diferentes etapas de maduración.
 1; Punta roja; 2; Flor receptiva; 3; Estigmas necrosados.
Fuente: Producción propia

No se pudo evaluar el efecto sobre el cuajado de fruto de la temporada siguiente debido a una helada intensa ($-6,5^{\circ}\text{C}$) y de larga duración, ocurrida el 3 de octubre del 2020, que dañó completamente las flores.

Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico INFOSTAT® (Di Rienzo *et al.*, 2008). Los datos fueron sujetos a un análisis de varianza (ANOVA) y las medias fueron comparadas usando el test de Tukey con un nivel de significación del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caída de frutos y frutos vacíos

Respondiendo a la primera hipótesis planteada, *la aplicación foliar de B reduce la caída anticipada de frutos en planta y la cantidad de frutos vacíos*, se observó que las plantas del testigo no presentaron caída de frutos entre el día 18 de diciembre de 2019 y el 05 de febrero de 2020 frente a las plantas tratadas, las cuales presentaron una caída insignificante (figura 17). Esta diferencia mínima fue compensada con una mayor cantidad de frutos por ramas en las plantas tratadas. Es probable que la cantidad de frutos por ramas esté relacionada con un mayor número de frutos cuajados.

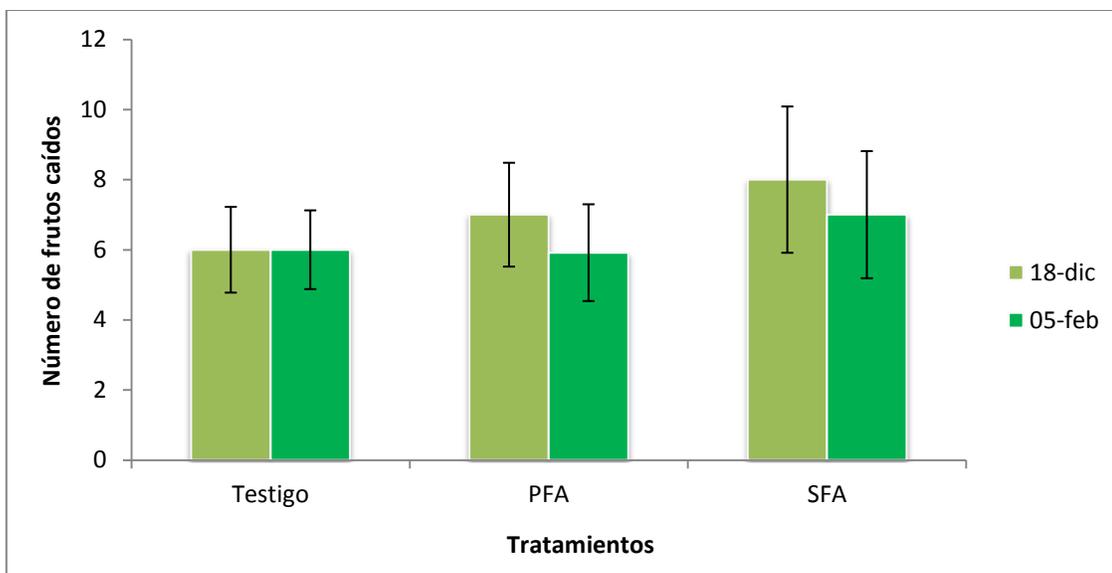


Figura 17. Cantidad de frutos promedio por rama en dos fechas de conteo en cada tratamiento.
 Valor medio \pm DE. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Con respecto a los frutos vacíos, la experiencia mostró que el tratamiento PFA presentó el mayor porcentaje de frutos vacíos (12,2%) (Tabla 1.), versus el testigo que obtuvo el menor valor (8,3%). A pesar de esta diferencia, el análisis estadístico demostró que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 1. Porcentaje de frutos vacíos por planta en cada tratamiento.
 Valor medio \pm DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Tratamientos	Frutos vacíos (%)
Testigo	8,3 \pm 3,29 a
PFA	12,2 \pm 3,58 a
SFA	10,9 \pm 4,2 a

Los resultados hallados en este ensayo son similares a los obtenidos por Silva *et al.* (2003) quienes mostraron una tendencia a un aumento de frutos vacíos en plantas tratadas con B foliar, aunque no se vio afectada significativamente por el momento de aplicación ni por la dosis utilizada (realizaron 3 aplicaciones de 300, 600 y 900 ppm de B). Sin embargo, Solar y Stampar (2000) reportaron que la aplicación combinada de B + Zn reduce el número de frutos vacíos en comparación con un testigo sin tratar.

Producción y calidad de fruta

Respondiendo a la hipótesis 2, *la aplicación foliar de B mejora el rendimiento y la calidad comercial de la fruta del avellano*, la producción fue mayor en plantas correspondientes a la SFA, con un total de 1486,8 kg ha⁻¹, mientras que las plantas sometidas a la PFA obtuvieron la producción más baja (1216,3 kg/ha) (Tabla 2.). A pesar de esto, las diferencias de producción no fueron estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 2. Producción total estimada en cada tratamiento.
Valor medio ± DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Tratamientos	Producción (kg ha ⁻¹)
Testigo	1354,9 ± 199.4 a
PFA	1216,3 ± 134.7 a
SFA	1486,8 ± 429.1 a

Erdogan y Aygun (2009) reportaron respuesta positiva en la producción de frutos del cv. `Tombul´, con aplicaciones foliares de B (300 y 600 ppm) entre el 15 y 18 de noviembre (mayo en el hemisferio norte) en la región oriental del Mar Negro de Turquía. Sin embargo, Ferrán *et al.* (1997) en Portugal y Silva *et al.*

(2003) en España no encontraron aumento de producción en plantas tratadas con B foliar.

En la figura 18 se presentan los datos de rendimiento al descascarado de los distintos tratamientos. Se observa que el tratamiento testigo obtuvo el mayor rendimiento al descascarado, alcanzando un 44.4%, seguido por el tratamiento PFA con 43%, y finalmente, el tratamiento SFA que presentó el menor valor (42,9%). La estadística demostró que existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el testigo y los tratamientos con aplicación.

Es probable que el mayor rendimiento al descascarado en el tratamiento testigo se deba al menor tamaño de fruto respecto de los otros tratamientos. En este sentido, en un ensayo de poda en almendros se observó que los frutos más pequeños presentaron mayor rendimiento al descascarado respecto de los frutos más grandes (Varó *et al.*, 2019).

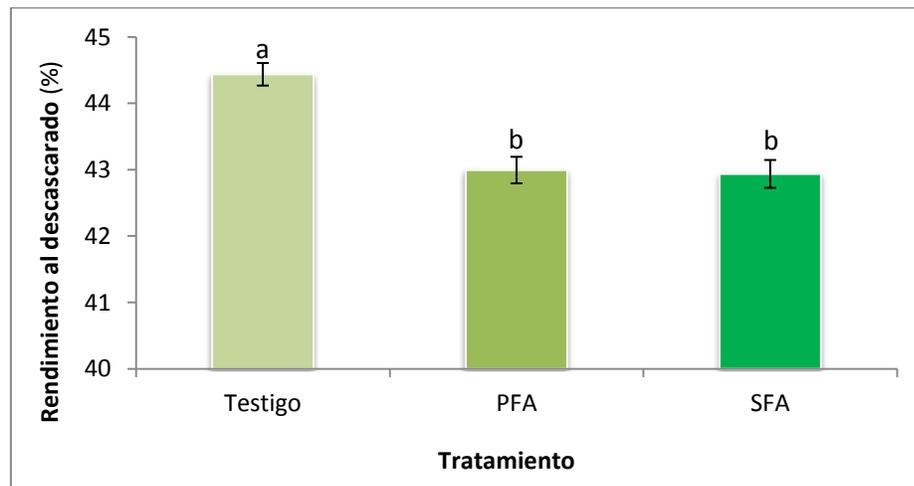


Figura 18. Porcentaje de rendimiento al descascarado en cada tratamiento. Valor medio \pm DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación).

Ferrán *et al.* (1997) no observaron aumento en el rendimiento al descascarado en frutos de plantas de avellanos tratadas con B foliar, concluyen que posiblemente fue por el bajo contenido de B en hojas y una fertilización deficiente en general. Contrariamente, Serdar *et al.* (2005) obtuvieron un mayor

rendimiento al descascarado en las plantas que recibieron una combinación de B con Zn a dosis de 150 y 300 g por planta.

En cuanto al peso del fruto con cáscara, expresó su mayor valor en plantas de SFA con un peso promedio de 3,43 g (figura 19). El menor valor de esta variable se obtuvo en los frutos correspondientes al testigo (3,33 g). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la SFA respecto a los tratamientos restantes. Sin embargo, los pesos hallados en los 3 tratamientos fueron mayores a los publicados para esta variedad (Ellena *et al.*, 2013; Rolka *et al.*, 2014), posiblemente a causa de la edad de los árboles que aún se encontraban en etapa juvenil.

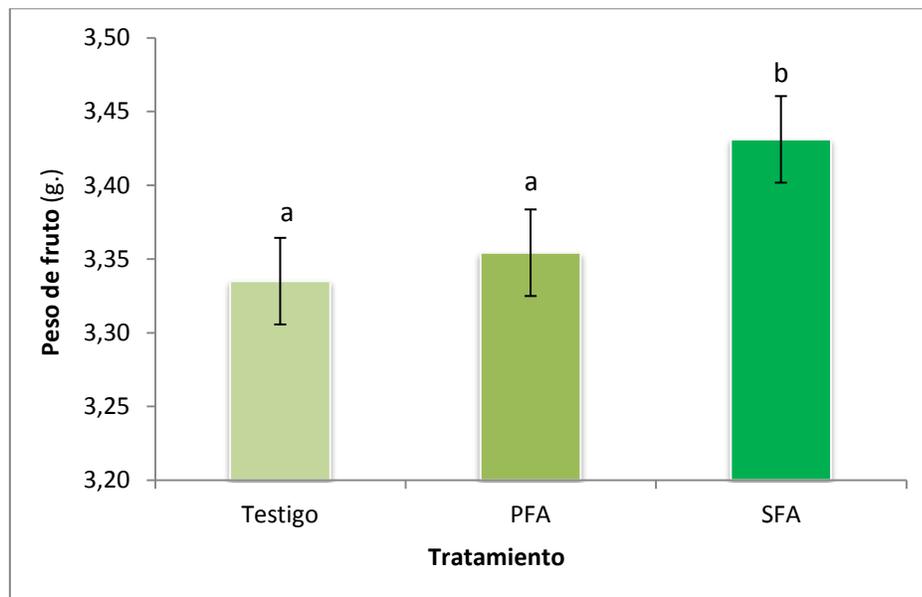


Figura 19. Peso de fruto con cáscara en cada tratamiento
Valor medio \pm DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Estos resultados obtenidos concuerdan con los de Silva *et al.* (2003) quienes observaron una mejora del peso del fruto cuando se aplicó B foliar durante el período de rápido crecimiento de la pepita (150 a 170 días después floración) con dosis de 600 y 900 ppm. Ferrán *et al.* (1997) también mostraron una respuesta similar en frutos del cv. `Negret´.

Serdar *et al.* (2005) también encontraron una respuesta positiva a la fertilización con B combinado con Zn, logrando incrementar el peso del fruto cuando se aplicaron estos minerales tanto por suelo como por hojas. A pesar de esto, Meriño –Gergichevic *et al.* (2021) no obtuvieron diferencias significativas en el peso del fruto en plantas fertilizadas vía foliar con B + Zn en dos combinaciones de dosis frente a un testigo.

Por otra parte, el peso de la pepita fue mayor en el tratamiento testigo (1,48 g), mientras que el menor peso se obtuvo en PFA (1,44 g) (Tabla 3.). Sin embargo, estas diferencias de peso no fueron estadísticamente significativas.

Tabla 3. Peso de pepita en cada tratamiento.
Valor medio \pm DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Tratamientos	Peso pepita (g)
Testigo	1,48 \pm 0.19 a
PFA	1,44 \pm 0.20 a
SFA	1,47 \pm 0.18 a

Solar y Stampar (2000) mencionan que la fertilización con B no influye en las características de la pepita, en cv. ‘Tombul’, aunque sugieren estudiar otros nutrientes como el potasio (Painter y Hammer, 1964; Okay *et al.*, 1987) y el zinc (Solar y Stampar, 2001) para lograr una respuesta. Meriño – Gergichevic *et al.* (2021) no encontraron diferencias significativas en el peso de la pepita de plantas tratadas con B + Zn foliar respecto al testigo. Sin embargo, Serdar *et al.* (2005) observaron en dos años de ensayo que la aplicación combinada de B + Zn, mejora las características de la fruta de las variedades turcas ‘Tombul’ y ‘Cakildak’ respecto al tratamiento.

Shrestha (1986) observó en avellano que el B se distribuyó de igual manera entre la pepita y la cáscara al fertilizar las hojas con este micronutriente. A su vez, no encontró diferencias en el destino del B respecto al testigo.

En la figura 20 se exponen los valores de tamaño del fruto para los 3 tratamientos. La SFA y la PFA presentaron frutos de mayor tamaño con valores medios de 20,05 mm y 19,93 mm respectivamente, diferenciándose estadísticamente ($p < 0,05$) del testigo cuyo valor medio fue de 19,65 mm. Entre la PFA y SFA no se encontraron diferencias significativas.

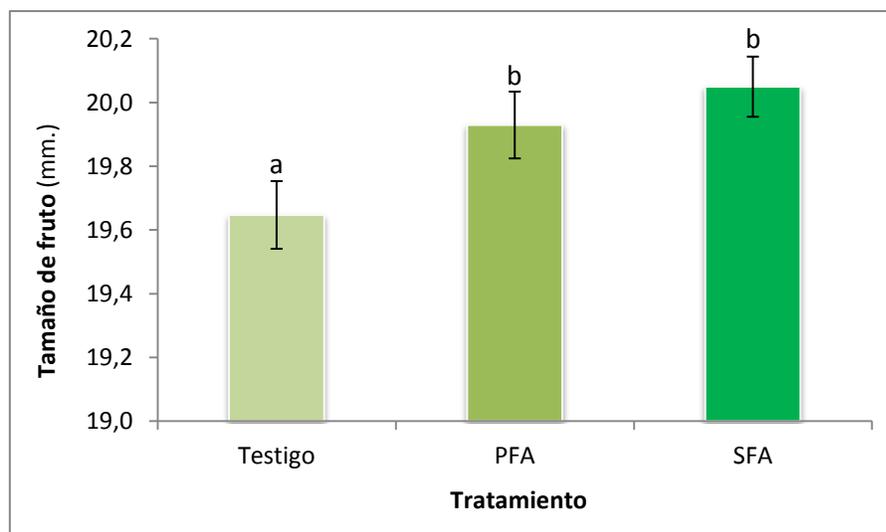


Figura 20. Tamaño de fruto en cada tratamiento.
Valor medio \pm DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Según la distribución de frecuencia del tamaño del fruto, se observó que la mayoría se encontraron dentro del rango 20 - 22 mm. En la SFA se obtuvo mayor cantidad de frutos del rango 20 - 22 mm y menor del rango 18 - 20 mm en relación a la PFA y el testigo. Del mismo modo el tratamiento PFA en relación al testigo. Por otro lado, el tratamiento SFA no presentó frutos menores a 18 mm (figura 21).

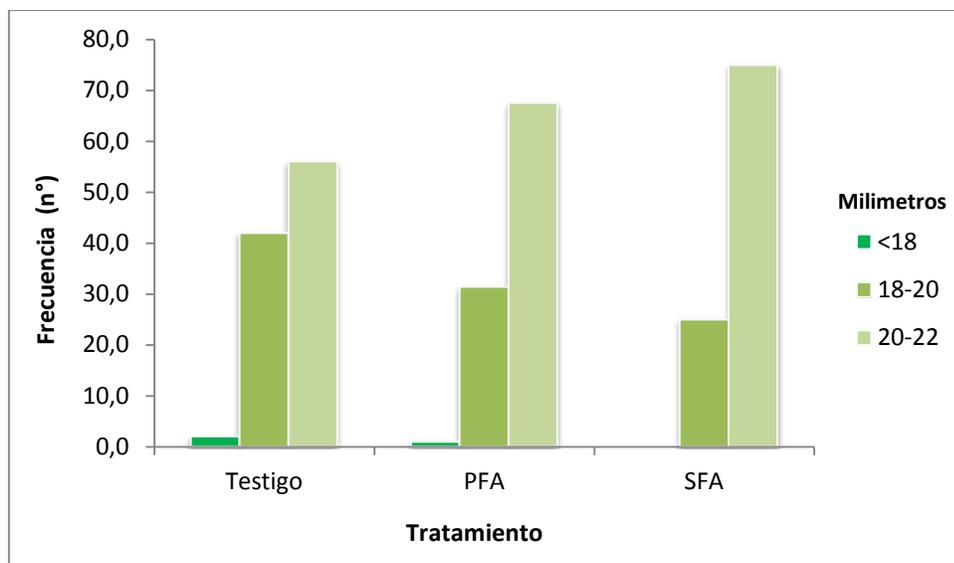


Figura 21. Frecuencia de tamaño de fruto (mm) por tratamiento. Valor medio. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Resultados similares obtuvieron Carvalho *et al.* (2000) al estudiar el efecto de la fertilización foliar con B en tres concentraciones, 300, 600 y 900 mg l⁻¹ de Solubor® aplicadas en dos fechas (a 80 y 100 días después de la plena floración), al obtener frutos más grandes en las plantas tratadas con la dosis de 600 mg l⁻¹ en la primera fecha la aplicación. En cambio, Tous *et al.* (2004), no observaron cambios positivos en el tamaño del fruto tras aplicaciones con Solubor® y Solubor® + quelato de hierro en noviembre y diciembre (mayo y junio en el hemisferio norte), aunque hallaron un aumento significativo en el tamaño del grano. Por otra parte, Meriño – Gergichevic *et al.* (2021) tampoco encontraron diferencias significativas en el tamaño del fruto con cáscara con aplicación de B + Zn, sin embargo, lograron un aumento en el diámetro de la pepita en comparación con el testigo.

El índice de redondez más alto se presentó en los frutos del tratamiento testigo, dando un índice de 1, es decir, frutos más redondos versus los restantes tratamientos (tabla 4). Los frutos correspondientes a la SFA presentaron un índice menor (0,99), dando la pauta de frutos más alargados. Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Los valores obtenidos son característicos para TDG, que promedia un índice de redondez de 1 (Ellena, 2013).

Tabla 4. Índice de redondez de fruto en cada tratamiento
Valor medio \pm DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Tratamientos	Índice de redondez
Testigo	1 \pm 0.05 a
PFA	1 \pm 0.05 a
SFA	0,99 \pm 0.05 a

La redondez de la avellana es un objetivo buscado en los programas de mejoramiento, debido a la industria exige frutos redondos para facilitar su manipulación, descascarado, y blanqueado de la pepita (Mehlenbacher, 1991).

Finalmente se observó que el tratamiento testigo fue el único que presentó frutos defectuosos, alcanzando un valor del 2% sobre el total. En este sentido, Shrestha (1986) observó una disminución en el número de frutos defectuosos (con manchas marrones, arrugados y vacíos) al aplicar B en avellano.

En la figura 22 se observa la disposición de los frutos (unitarios y en infrutescencia), por rama en los tres tratamientos. El testigo presentó una disposición de frutos más pareja, con mayor cantidad de infrutescencias de tipo 3, 4 y 5 en comparación con el resto de los tratamientos. En las plantas tratadas se presentó más cantidad de tipo 1 y 2 en relación con el testigo.

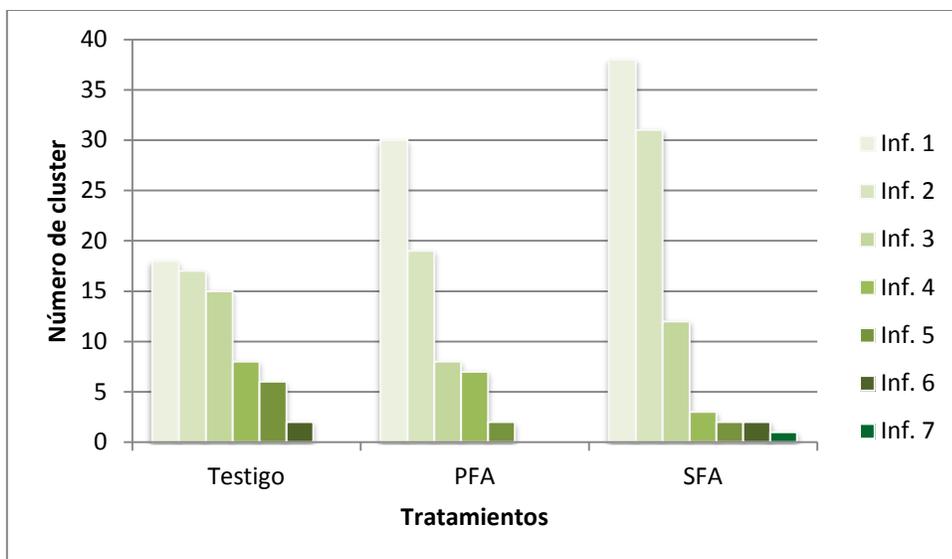


Figura 22. Disposición de frutos en la rama por tratamiento
Valor medio. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

El mayor tamaño y peso de los frutos desarrollados de manera individual o en infrutescencia baja posiblemente se deba a que los asimilados de la planta se distribuyen en menos cantidad de frutos. Esto podría explicar el mayor tamaño y peso de los frutos obtenidos en las plantas tratadas, principalmente, en SFA. Contrariamente, el mayor rendimiento al descascarado de los frutos del tratamiento testigo podría estar relacionado al menor tamaño de los frutos originados en infrutescencias mayores, ya que presentan menor capacidad de llenado, y, por ende, una relación peso de pepita / peso de fruto con cáscara mayor.

Número de flores y seguimiento de floración

Respondiendo a la hipótesis 3, *la aplicación foliar de B mejora el retorno de floración al siguiente año*, el mayor número de flores se obtuvo en el tratamiento testigo con un promedio de 19 flores por rama. Las plantas de PFA presentaron el menor valor, siendo de 17 flores por rama. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 5.)

Tabla 5. Número de flores por rama en cada tratamiento
 Valor medio \pm DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

Tratamientos	Nº flores/rama
Testigo	19 \pm 7.6 a
PFA	17 \pm 4.8 a
SFA	18 \pm 4.8 a

De manera similar, Solar y Stampar (2000) no hallaron diferencias en el número de flores femeninas por ramas en plantas tratadas con fertilización foliar de B + Zn versus las plantas sin fertilizar, estos autores observaron mayor cantidad de flores femeninas en árboles sin tratar. Presentaban un 10% más de flores femeninas que las plantas tratadas con la dosis más alta y casi el mismo número que las tratadas con la dosis menor. Esto puede deberse al menor rendimiento obtenido año anterior de los árboles sin tratar.

En la figura 23 se muestra esquematizado el período de la fase de flor receptiva en cada tratamiento. Las plantas tratadas fueron las primeras en iniciar esta fase (18/07/2020), mientras que las plantas testigo lo comenzaron más tarde (22/07/2020). La finalización de la fase de flor receptiva ocurre primero en el tratamiento testigo (08/08/2020), seguido de la PFA (09/08/2020) y por último la SFA (10/08/2020). Si bien se observó, en las plantas tratadas, un adelantamiento mínimo en las fechas de inicio de floración y plena flor receptiva respecto al testigo, es probable que esta diferencia sea aún menor debido a la metodología de observación, que consistió en un registro semanal.

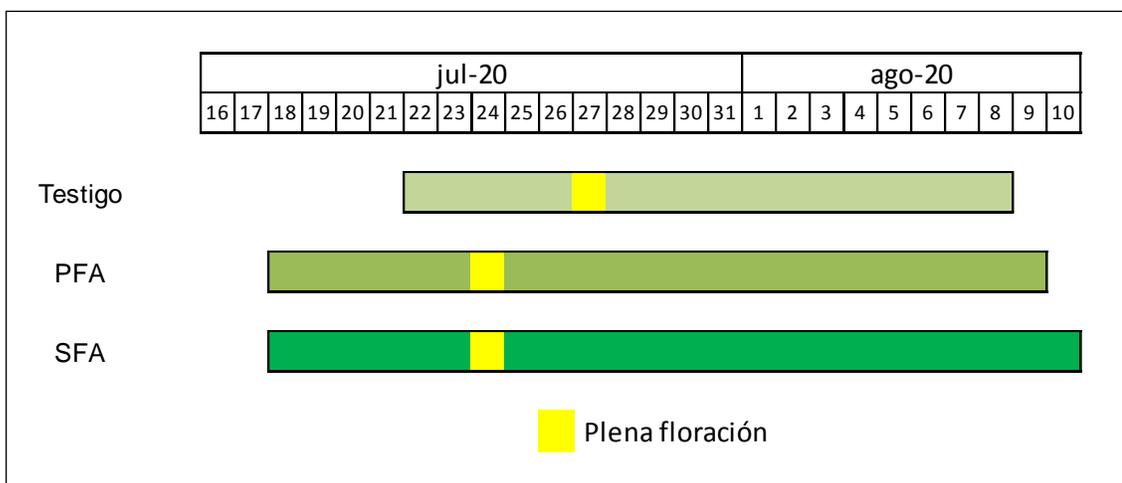


Figura 23. Período de la fase de flor receptiva en cada tratamiento. Valor medio \pm DS. PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

CONCLUSIONES

Estos resultados nos permitieron concluir que la aplicación de B aumenta la producción, debido al aumento de peso y tamaño de fruto con cáscara con mayores frecuencias de tamaños grandes de fruto, compensando la mayor cantidad de frutos caídos con la mayor cantidad de frutos por rama.

Lo anterior se contrapone con menores rendimientos al descascarado y menor peso de pepita en los tratamientos fertilizados respecto al testigo.

El número de flores femeninas medidas en la temporada anterior fue similar entre tratamientos. Se apreció un adelantamiento mínimo del inicio y la plena floración en las plantas tratadas.

La fertilización de B foliar puede ser un complemento eficiente de abastecimiento dirigido en el avellano. En este estudio los resultados más promisorios se obtuvieron en el tratamiento SFA al encontrarse frutos uniformes, de mayor peso y tamaño, características deseables por el productor y/o la industria.

Se recomienda la continuidad del presente trabajo para validar o alcanzar resultados aún más consistentes. Se sugiere, además, estudiar el efecto de la aplicación de B en el porcentaje del cuaje.

BIBLIOGRAFÍA

Alder, M., Bouhier, R. A., Cariac, G. E., Carusso, G., Di Nardo, Y., Fuente, G. E.,...y Villegas Nigra, H. M. (2018). Territorios y producción en el noreste de la Patagonia.

Barón, Li., Riggert, C., Stebbins, R y Bell, S. (1997). El cultivo del avellano europeo (*Corylus avellana*). Chile Hortofrutícola 45 (8): 33 – 35. En: Uslar, S., & Angela, M. (2006). Evaluación de los polinizantes Azul y Blanco en el cultivar Barcelona de avellano europeo (*Corylus avellana* L., Betulaceae).

Bergougnoux, F., y Germain, E. (1978). *Le noisetier; production et culture* (No. 634.54 B4).

Bignami, C., De Salvador, R.F., e G. Strabbioli. (1999). Aspecti agronomici e prospettive di valorizzazione della corilicoltura nel Lazio, *Rvista de Frutticoltura e di Ortofloricoltura N° 11*: 16-27. En: Ellena, M. (2018). El avellano europeo en Chile. Una década de recopilación e investigación. *Colección Libros INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.

Blaney, HF y Criddle, WD (1962). Determinación del uso consuntivo y los requerimientos de agua de riego (No. 1275). Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

Carvalho, J. L. R. S., Silva, A. P., Santos, A., y Borges, O. M. P. (2000). Effects of foliar boron sprays on yield and nut quality of `Segorbe´ and `Fertile de Coutard´ hazelnuts, In V International Congress on Hazelnut 556 (pp. 299-302).

Corte, M., Botta, R., Valentini, N., Me, G. i Ghirardello, D., (2009). Fertilizzazione del nocciolo: risultati di un'indagine quinquennale per l'ottenimento di produzioni di qualità, *Ricerca applicata in coricoltura*, Cresop 17-25.

Del Barrio, R. A., y Martín, D. M. (2011). Aptitud Agroclimática del valle inferior del río Negro para los cultivos de avellano y nogal. *Pilquen-Sección Agronomía*, (11), 2.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., González, L. A., Tablada, E. M., & Díaz, M. D. P. (2008). *Estadística para las ciencias agropecuarias* (No. 630.21 E79e). Córdoba, AR: Edit. Brujas.

Ellena, M., (2013). Avellano Europeo: establecimiento y formación de la estructura productiva, *Boletín INIA*, 274, 93 pp.

Ellena, M., y P. Sandoval. (2013). Organografía. p. 27-48. In Ellena, M. (ed.) Avellano europeo: establecimiento y formación de la estructura productiva. *Boletín INIA N°274*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Ellena, M., Sandoval, P., y Gonzalez, A. (2013). Avellano Europeo establecimiento y formación de la estructura productiva.

Ellena, M. (2018). El avellano europeo en Chile. Una década de recopilación e investigación. *Colección Libros INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.

Erdogan, V. y A. Aygun, (2009). Effect of foliar boron application on fruit set in “Tombul” hazelnut, VII International Congress on Hazelnut, Acta Hort. (ISHS) 845:331-336.

FAO. Faostat. StatalDatabase. Disponible en: <http://www.faostat.fao.org/faostat>
Acceso: 31/07/2021

Fernández-Long, M. E., Barnatán, I., Dominici, C., & Murphy, G. (2016). Información agroclimática de las heladas en la Argentina: generación y uso. *Meteorológica*, 41(2), 7-31.

Ferrán, X., Tous, J., Romero, A., Lloveras, J., y Pericon, J. R. (1997). Boron does not increase hazelnut fruit set and production, *HortScience*, 32(6), 1053-1055.

Gallo, S. L. (2016). Influencia de factores meteorológicos, varietales y culturales sobre la producción de avellanas del valle inferior del río negro. Análisis de casos (Doctoral dissertation).

Gallo, S. L. (2018). Producción de avellanas en el Valle Inferior del Río Negro. *Anuario Pilquen. Sección Divulgación Científica*, 1(1), 1-13.

Germain, E., Leglise, P., et G. Froidefond. (1974). Le bouturage du noisetier (*Corylus avellana* L.) CTIFL-Doc 43: 1-8.

Germain, E. y Sarraquigne, J.P., (2004). Le noisetier, Centre Technique Interprofessionnel des FruitsetLégumes, Intitut National de la Recherche Agronomique, association Nationale des Producteurs de Noisette, París, France 296p.

Homer, I., Olivet, J., & Riquelme, J. (2010). Regulación de equipos pulverizadores. *Magdalena y colaboradores. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Argentina. Área de comunicaciones del INTA Alto Valle*, 121-132.

IDEVI. (2010). El proyecto. Nota en página web institucional del Instituto de Desarrollo del Valle Inferior. <http://www.idevi.rionegro.gov.ar/> (último acceso 28/03/2021).

Iglesias, I. (2020). El avellano: situación actual y nueva propuesta productiva en alta densidad. *Revista de fruticultura*, (75), 6-51.

International Nut and Dried Fruit – INC (2021). “*Nuts and Dried fruits statistical yearbook 2020 / 2021*”. España.

Lobos, W. (1983). El avellano europeo, una nueva alternativa frutícola. Investigación y Progreso Agropecuario (IPA) Carillanca 2 (1): 18 – 21.

Martin, D. (2009). Estadísticas climáticas del Valle de Viedma. Información técnica N° 27. Año 4, N° 9. EEA Valle Inferior-Convenio Pcia. de Río Negro-INTA. Ediciones INTA. 80 pp.

Martin, D. M. (2014). El avellano en Argentina [diapositivas de PowerPoint]. III seminario internacional de frutos secos de la Patagonia. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/documentos/iii-seminario-internacional-de-frutos-secos-de-la-patagonia>

Martin, D. (2015). El avellano en la Argentina: “Manejo y tecnologías para la producción”. EEA Valle Inferior-Convenio Pcia. de Río Negro-INTA. Ediciones INTA.

Martin, D. M., y Gallo, S. L. (2016). *Fenología del avellano*. EEA Valle Inferior.

Martin, D. M., y Martínez, R. M. (2019). *Aplicación de diferentes dosis de urea foliar en el cultivo de avellano (Corylus avellana L.) en el Valle Inferior de Río Negro* (Doctoral dissertation).

Martin, D. (2021). Los frutos secos se posicionan en los valles norpatagónicos. *INTA informa*

Masotta, H. (1970). Reconocimiento detallado de suelos con fines de riego en el área de influencia del canal secundario VII, Valle Inferior del río Negro. Viedma, Argentina. Estación Experimental IDEVI. Serie técnica N° 5. 98 pp.

Mehlenbacher, S. A. (1991). Hazelnuts (Corylus). *Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops* 290, 791-838.

Meriño-Gergichevich, C., Luengo-Escobar, A., Alarcón, D., Reyes-Díaz, M., Ondrasek, G., Morina, F., y Ogass, K. (2021). Combined spraying of boron and zinc during fruit set and premature stage improves yield and fruit quality of European hazelnut cv. Tonda di Giffoni. *Frontiers in Plant Science*, 12.

Miñón, D. P.; R. A. Barbarossa y J. J. Gallego. (2013). Producción de forraje de gramíneas y sus variedades en valles regados de Patagonia Norte. Información técnica N° 34. Año 7-N° 16. EEA Valle Inferior-Convenio Pcia. de Río Negro-INTA. Ediciones INTA. 68 pp.

Olsen, J.L., Sanchez, E.I. and Righetti, T.L. (2000). Absorption and distribution of isotopically labeled nitrogen in the hazelnut tree following ground and foliar applications. In V International Congress on Hazelnut 556 (pp. 437-444).

Özenç, N. y Özenç, B., (2009). Determination of deficiency symptoms of some plant nutrition elements in hazelnut in water culture systems, *Acta Horticulturae*. 845: 337-342.

Papadakis, J. (1960). Clima y ecología. Plan de desarrollo agrícola del Valle de Viedma. Anexo I Consejo Agrario Nacional. Italconsult. Roma.

Reyes, M., y Lavín, A. (2014). Avellano Europeo (*Corylus avellana* L.). *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.

Rodriguez, A. B., y Muñoz, A. R. (2020). Análisis climático de Valle Medio y Río Colorado: caracterización agrometeorológica y cartografía de suelos. Ediciones INTA.

Rolka J. P., Ferracuti, W. A., Martin D. M. (2014). Manual de pautas tecnológicas para la producción de avellanos en Río Negro. INTA EEA Valle Inferior del Río Negro. Cap. 5.

Rovira, M. (2014). Fisiología de la Reproducción del avellano [diapositivas de PowerPoint]. Especialización Universitaria en Frutos Secos, UNCo-UNRN. Viedma, 2014. Argentina.

Rovira, M y Aletà, N. (2012). *Corylus avellana* L. En: Producción y manejo de semillas y plantas forestales. Tomo I. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (España). pp. 394-405.

Sanchez, E. E. (2020). *Programa Nacional Frutales. Superficie ocupada por plantaciones frutales en el país y cambios en su estructura productiva*. Ediciones INTA.

Serdar, U., Horuz, A., y Demir, T., (2005). The effects of B-Zn fertilization on yield, cluster drop and nut traits in hazelnut. *J. Biol. Sci*, 5, 786-789.

Shrestha, G. K. (1986). Relationship of boron to reproduction in hazelnut (*Corylus avellana* L.).

Shrestha, G. K., Thompson, M. M., y Righetti, T. L., (1987). Foliar-applied boron increases fruit set in Barcelona hazelnut, *Journal of the American Society for Horticultural Science* (USA).

Silva P, A., Rosa, E., y Haneklaus, S. H., (2003). Influence of foliar boron application on fruit set and yield of hazelnut, *Journal of plant nutrition*, 26(3), 561-569.

Solar, A., y Stampar, F., (2000). Influence of boron and zinc application on flowering and nut set in 'Tonda di Giffoni' hazelnut, In V International Congress on Hazelnut 556(pp. 307-312).

Thompson, M.M. (1979). Genetics of incompatibility in *Corylus avellana* L. Theor. Apply. Genet. 55:29-33.

Thorntwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, 38(1), 55-94.

Tous, J., Romero, A., Plana, J., Sentis, X., Ferrán, J., (2004). Effect of nitrogen, boron and iron fertilization on yield and nut quality of Negret hazelnut trees, In VI International Congress on Hazelnut 686 (pp. 277-280).

Turc, L. (1961). Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. *Ann. Agron.*, 12, 13-49.

Uslar, S., y Angela, M. (2006). Evaluación de los polinizantes Azul y Blanco en el cultivar Barcelona de avellano europeo (*Corylus avellana* L., Betulaceae).

Varó, P; Navarro, J y Gálvez, R. (2019). Productividad de nuevas variedades de almendro en el campo de Cartagena. Informe anual de resultados.

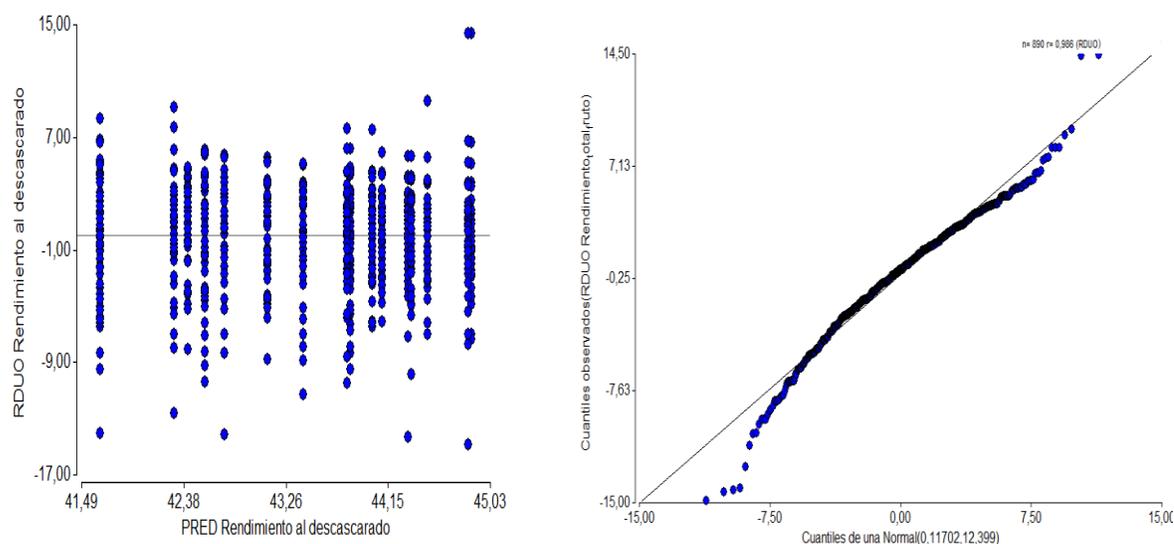
Vera, A. L. A. (2001). El boro como nutriente esencial. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (155), 36-47.

ANEXO

ANEXO 1: Medias y gráficos de “residuos vs predichos” - “Q-Q Plot” para rendimiento al descascarado.

<i>Error: 15,8744</i>		<i>gl: 876</i>	
Tratamiento	Medias	E.E	Tukey
Testigo	42,94	0,23	A
PFA	43,00	0,23	A
SFA	44,44	0,23	B

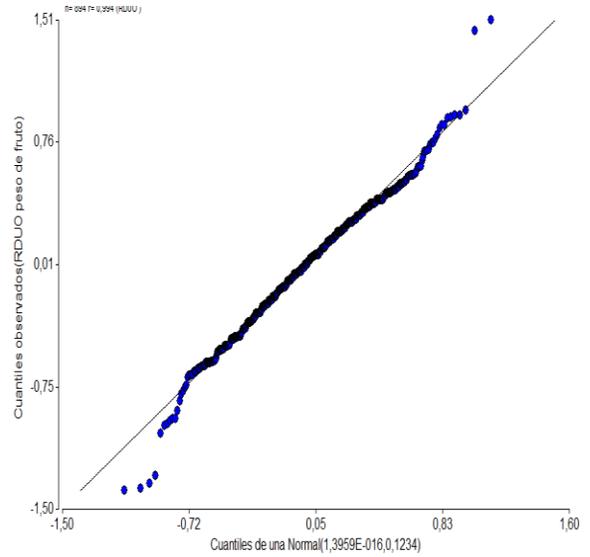
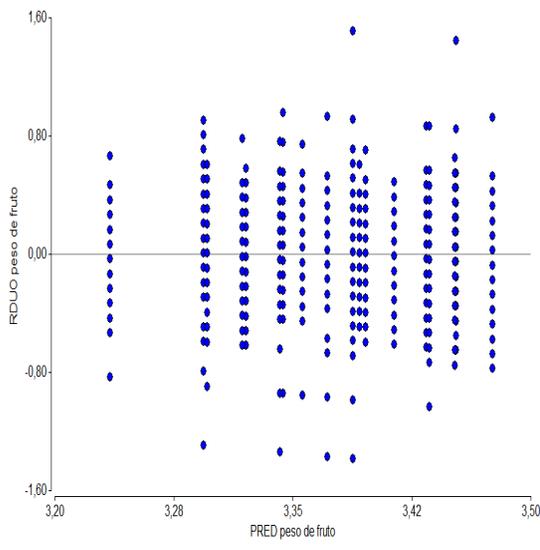
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
 PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)



ANEXO 2: Medias y gráficos de “residuos vs predichos” - “Q-Q Plot” para peso de fruto.

<i>Error: 0,1258</i>		<i>gl: 876</i>	
Tratamiento	Medias	E.E	Tukey
Testigo	3,33	0,02	A
PFA	3,45	0,02	A
SFA	3,43	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
 PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)



ANEXO 3: Medias y gráficos de “residuos vs predichos” - “Q-Q Plot” para tamaño de fruto.

Error: 0,0103 gl: 876

Tratamiento	Medias	E.E	Tukey
Testigo	1,96	0,01	A
PFA	1,99	0,01	B
SFA	2,01	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
PFA (Primera Fecha de Aplicación) – SFA (Segunda Fecha de Aplicación)

