

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL ZONA ATLÁNTICA



TESIS DE GRADO
FENOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE ALMENDRO
(*Prunus amygdalus*) EN EL VALLE INFERIOR DE RÍO NEGRO

CARRERA
LICENCIATURA EN GESTION DE EMPRESAS AGROPECUARIAS

AUTOR
Téc. Sup. en Prod. Agr. Nicolás E. Recachuck

DIRECTOR
Lic. Amelia Chorolque

CO-DIRECTOR
Lic. Darío Martin

VIEDMA, RÍO NEGRO 2024

PREFACIO

Esta tesis se presenta como parte del requisito parcial para obtener el título de grado de Licenciado en Gestión de Empresas Agropecuarias, en el Centro Universitario Regional Zona Atlántica, de la Universidad Nacional del Comahue. Para lo cual se llevó a cabo la evaluación de variedades de almendros (*Prunus amygdalus*) de floración tardía y autofértiles en el Valle Inferior del río Negro. El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2022-2023, en el establecimiento experimental del INTA (Parcela A 14), ubicado en el Valle Inferior.

AGRADECIMIENTOS

"Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional del Comahue por brindarme acceso a recursos, instalaciones y materiales necesarios para llevar a cabo la formación académica.

A profesores y profesoras que tuve a lo largo de la carrera que supieron transmitir su conocimiento. A mi directora de tesis Lic. Amelia Chorolque por su orientación experta, su apoyo constante y sus valiosas sugerencias que han enriquecido este trabajo.

Agradezco a mi familia y amigos por su paciencia y motivación durante todo este proceso.

Por último, al INTA y la EEA Valle Inferior con sus áreas internas implicadas a la temática como la de fruticultura, por brindar información y el espacio necesario para el desarrollo de la tesis”.

ÍDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.2. Utilidad, origen y expansión del cultivo..... | 4 |
| 1.3. El cultivo del Almendro (<i>Prunus amygdalus</i>) a nivel mundial..... | 5 |
| 1.4. El cultivo del Almendro (<i>Prunus amygdalus</i>) en Argentina..... | 6 |
| 1.4.1. Consumo en la Argentina..... | 8 |
| 1.5. Encuadre taxonómico <i>Prunus amygdalus</i> | 8 |
| 1.5.1. Características botánicas de <i>Prunus amygdalus</i> | 9 |
| 1.6. Ciclo fisiológico del almendro (<i>Prunus amygdalus</i>)..... | 11 |
| 1.6.1. Diferentes fases de la vida del árbol | 11 |
| 1.6.2. Ciclo anual de crecimiento del almendro..... | 11 |
| 1.7. Requerimientos climáticos y edáficos | 14 |
| 1.7.1. Clima..... | 14 |
| 1.7.2. El Almendro y las heladas | 15 |
| 1.7.3. Suelo | 16 |
| 1.8. Aspectos generales del cultivo | 17 |
| 1.8.1 Variedades utilizadas en la Argentina..... | 17 |
| 1.8.2. Plantación y sistema de conducción | 17 |
| 1.8.3. Principales plagas y enfermedades | 18 |
| 1.8.4 Principales labores culturales..... | 20 |
| 1.9. Descripción del área de estudio | 23 |
| 2. HIPÓTESIS..... | 25 |
| 3. OBJETIVOS..... | 25 |

| | |
|---|----|
| 3.1. Objetivo general | 25 |
| 3. 2. Objetivos específicos | 25 |
| 4. METODOLOGÍA | 26 |
| 4.1. Descripción del sitio de estudio..... | 26 |
| 4.2. Registro de variables ambientales | 27 |
| 4.3. Labores culturales en los almendros..... | 28 |
| 4.4. Seguimiento de la fenología floral de almendros | 29 |
| 4.5. Maduración del fruto en planta..... | 30 |
| 4.6. Caracteres biométricos (cuantitativos) del fruto..... | 30 |
| 4.7. El crecimiento vegetativo anual | 32 |
| 4.8. Análisis de los datos | 33 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 34 |
| 5.1. Seguimiento de la fenología floral del almendro..... | 34 |
| 5.2. Maduración del fruto en la planta..... | 36 |
| 5.3. Caracteres biométricos (cuantitativos) del fruto..... | 38 |
| 5.3.1. Cantidad de frutos por planta para cada variedad | 39 |
| 5.3.2. Porcentaje de frutos con “pelón” cerrado a cosecha | 40 |
| 5.3.3. Peso de frutos por planta para cada variedad..... | 40 |
| 5.3.4. Peso promedio del fruto para cada variedad | 41 |
| 5.3.5. Tamaño del fruto..... | 42 |
| 5.3.6. Peso de la semilla..... | 44 |
| 5.3.7. Tamaño de la semilla | 45 |
| 5.3.8. Rendimiento al descascarado..... | 46 |
| 5.4. Crecimiento vegetativo anual | 47 |
| 5.4.1 Crecimiento de área seccional del tronco | 47 |
| 6. CONCLUSIONES | 49 |

| | |
|----------------------|----|
| 7. BIBLIOGRAFÍA..... | 51 |
|----------------------|----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Producción mundial de almendras sin cascara..... | 5 |
| Figura 2. Porcentajes de participación de los principales productores a nivel mundial..... | 6 |
| Figura 3. Árbol de <i>Prunus Amygdalus</i> | 9 |
| Figura 4. A. Flor del almendro. B. Partes de la flor del almendro. | 10 |
| Figura 5. Fruto de almendro con y sin mesocarpo. | 11 |
| Figura 6. Curva sigmoidea de crecimiento de fruto | 13 |
| Figura 7. Ciclo anual de Almendro hemisferio sur | 14 |
| Figura 8. Imagen satelital del Valle Inferior de Rio Negro..... | 24 |
| Figura 9. Parcela A14 de la estación experimental INTA Valle Inferior..... | 26 |
| Figura 10. Variaciones de las temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones | 28 |
| Figura 11. Cultivares de almendro bajo riego gravitacional por surco. | 29 |
| Figura 12. Escala de fenología floral de almendro..... | 29 |
| Figura 13. Tamaño de la semilla con cáscara (A) y sin cáscara (B)..... | 31 |
| Figura 14. Calibre de precisión digital. | 32 |
| Figura 15. Balanza Digital “Ohaus Scout Pro” | 32 |
| Figura 16. Sectores de medición para determinar el crecimiento vegetativo anual. .. | 33 |
| Figura 17. Estados fenológicos del almendro | 35 |
| Figura 18. Almendras con apertura de mesocarpo..... | 37 |
| Figura 19. Promedio de cantidad de frutos por planta para las variedades Marinada, Mardía y Penta | 39 |
| Figura 20. Porcentaje de frutos con pelón cerrados para las variedades Marinada, Mardía y Penta. | 40 |
| Figura 21. Peso promedio de frutos por planta para las variedades Marinada, Mardía y Penta..... | 41 |
| Figura 22. Tamaño del fruto para las variedades Marinada, Mardía y Penta..... | 43 |
| Figura 23. Forma de la almendra..... | 44 |
| Figura 24. Peso promedio de la semilla para las variedades Marinada, Mardía y Penta | 45 |
| Figura 25. Tamaño promedio de la semilla para las variedades Marinada, Mardía y Penta | 46 |
| Figura 26. Análisis de crecimiento de área seccional del tronco por variedad. | 48 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Superficie implantada con el cultivo del almendro en Argentina | 7 |
| Tabla 2. Parámetros óptimos para el desarrollo de los almendros. | 17 |
| Tabla 3. Características principales del fruto | 18 |
| Tabla 4. Niveles óptimos de nutrientes en hoja. | 22 |
| Tabla 5. Análisis de suelo correspondiente al lote experimental. | 27 |
| Tabla 6. Escala de maduración de fruto. | 30 |
| Tabla 7. Seguimiento de los estados fenológicos del almendro..... | 35 |
| Tabla 8. Registro del seguimiento de maduración de los frutos. | 37 |
| Tabla 9. Peso promedio por fruto para cada variedad..... | 42 |
| Tabla 10. Rendimiento al descascarado para cada variedad. | 47 |
| Tabla 11. Crecimiento vegetativo anual para cada variedad..... | 47 |

RESUMEN

La creciente demanda de almendras, ha generado un incremento de las plantaciones en áreas no tradicionales de la provincia de Río Negro, principalmente en el Alto Valle, Valle Medio y en menor escala en el Valle Inferior. En los últimos años los programas de mejoramiento genético en el cultivo del almendro, desarrollados en otros países, lograron obtener variedades auto fértiles y de floración extra tardía, los cuales podrían constituirse como una alternativa productiva interesante en la región. Entre los principales problemas en la producción local se detecta, la falta de experimentación relacionados con la incorporación de nuevos materiales que respondan a las condiciones agroclimáticas del Valle Inferior. El objetivo de esta tesis fue realizar el seguimiento fenológico y evaluar el comportamiento agronómico de las variedades de almendros (*Prunus amygdalus*) Marinada, Penta y Mardía de características auto fértiles y de floración extra tardía, en las condiciones agroclimáticas del Valle Inferior de Río Negro. El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2022/23, en el establecimiento experimental del INTA, sobre la colección de variedades que fueron implantadas en el año 2020. El cultivo se condujo de acuerdo a la tecnología normal de la zona de producción. El seguimiento de los estados fenológicos se realizó utilizando la escala descripta por Felipe (1977), también se registró la maduración del fruto en la planta. Se determinó para cada variedad por planta, la cantidad de frutos, el porcentaje de frutos con mesocarpo (pelón) cerrado y el peso. En una muestra de 20 frutos (8 repeticiones para cada variedad) se midió en el fruto y en la semilla el peso, el tamaño y el rendimiento al descascarado. En la evaluación del crecimiento vegetativo anual, se midieron todos los árboles de cada cultivar y las variables registradas fueron: ancho y largo de la planta y también se calculó el Área Seccional del Tronco (AST). Los resultados de los estados fenológicos, determinaron que la floración de las variedades Marinada y Penta inicia antes que la variedad Mardía. Mientras que en la maduración de los frutos en Penta fue más temprana, Marinada intermedia y Mardía fue tardía. En la cantidad y peso de frutos por planta entre las variedades registraron diferencias significativas ($p < 0,0001$ y $p = 0,0001$, receptivamente), siendo mayor en Marinada. En el porcentaje de frutos con el mesocarpo adherido fue mayor en Mardía. En el peso del fruto y de la semilla las tres variedades registraron valores similares. El ancho y el espesor del fruto fue mayor en la variedad Mardía y también el ancho de la semilla. El rendimiento al descascarado fue mayor en la variedad Marinada. En el crecimiento vegetativo anual, el largo de copa fue mayor en Mardía y el AST no se registraron diferencias significativas entre las variedades. Los resultados obtenidos para

la temporada 2022/23 demostraron que las variedades de almendros presentaron diferencias en algunas de sus características fenológicas y agronómicas.

ABSTRACT

The growing demand for almonds has generated an increase in plantations in non-traditional areas of the province of Río Negro, mainly in the Upper Valley, Middle Valley and to a lesser extent in the Lower Valley. In recent years, genetic improvement programs in almond cultivation, developed in other countries, managed to obtain self-fertile varieties with extra late flowering, which could constitute an interesting productive alternative in the region. Among the main problems in local production, the lack of experimentation related to the incorporation of new materials that respond to the agroclimatic conditions of the Lower Valley is detected. The objective of this thesis was to carry out phenological monitoring and evaluate the agronomic behavior of the varieties of almond trees (*Prunus amygdalus*) Marinada, Penta and Mardía with self-fertile characteristics and extra late flowering, in the agroclimatic conditions of the Lower Valley of Río Negro. The study was carried out during the 2022/23 season, in the INTA experimental establishment, on the collection of varieties that were implemented in 2020. The cultivation was conducted according to the normal technology of the production area. The monitoring of the phenological stages was carried out using the scale described by Felipe (1977), the ripening of the fruit on the plant was also recorded. For each variety per plant, the number of fruits, the percentage of fruits with closed mesocarp (pelon) and weight were determined. In a sample of 20 fruits (8 repetitions for each variety), weight, size and peeling yield were measured in the fruit and seed. In the evaluation of annual vegetative growth, all trees of each cultivar were measured and the variables recorded were: width and length of the plant and the Trunk Sectional Area (TSA) was also calculated. The results of the phenological states determined that the flowering of the Marinada and Penta varieties begins before the Mardía variety. While the ripening of the fruits in Penta was earlier, Marinada was intermediate and Mardía was late. In the quantity and weight of fruits per plant between the varieties there were significant differences ($p < 0.0001$ and $p = 0.0001$, respectively), being greater in Marinada. The percentage of fruits with the mesocarp attached was higher in Mardía. In fruit and seed weight, the three varieties recorded similar values. The width and thickness of the fruit was greater in the Mardía variety and also the width of the seed. The husking yield was higher in the Marinada variety. In annual vegetative growth, crown length was greater in Mardía and AST, no significant differences were recorded

between the varieties. The results obtained for the 2022/23 season demonstrated that the almond tree varieties presented differences in some of their phenological and agronomic characteristics.

1. INTRODUCCIÓN

1.2. Utilidad, origen y expansión del cultivo

Las almendras son una importante fuente de alimentación, cuyo uso varía desde el consumo de la semilla en su estado natural, hasta su inclusión como ingrediente principal en productos alimenticios manufacturados. También se pueden tostar en seco, añadirle sal y condimentos, que luego se comercializan en forma de snack. Se pueden obtener derivados oleicos como para la producción cosméticos y extractos para perfumería. Otro uso de la semilla, es la obtención de harina, que se destina para productos de panadería (Özcan, 2011).

En diversas regiones del mundo, el almendro es un importante cultivo oleaginoso y también un componente dietético esencial, que actúa como fuente de energía y compuestos funcionales (Matthäus & Özcan, 2020). Los valores nutricionales y los componentes de las almendras, como el aceite, proteínas, fibra, minerales y componentes bioactivos hacen que éstas tengan una gran importancia industrial.

Existen registros del Almendro (*Prunus amigdalus*) desde hace más de 2000 años a.C. Es una especie originaria de las regiones montañosas de Asia Central, donde se encuentran varias especies silvestres, lo que ha originado cierta controversia sobre su origen. Algunos autores sostienen que es originario de la región Mediterránea (Sanchez & Oliveira, 2005).

Los primeros centros de civilización, en las regiones originales del almendro permitió su adaptación y posterior dispersión a través de la semilla hacia otras regiones, como Persia, Mesopotamia y China, siguiendo las rutas comerciales (Kester, 1991).

En América y Australia, el cultivo no se produce hasta mediados del siglo XIX. Los primeros almendros que se cultivaron en Estados Unidos, procedían de semillas introducidas desde España a través de México, cuando se establecieron las misiones en California. Sin embargo, estos árboles fueron abandonados. El siguiente intento se realizó en 1840 al importarse de Europa algunos almendros que se plantaron en el norte de la costa atlántica, que no tuvo éxito. Finalmente, en 1843, fueron llevados algunos árboles desde la costa Este hasta California (Riquelme, 1993).

Durante el período 1850-1900, se introdujeron almendras a Australia Occidental, Sudáfrica y parte de América del Sur, particularmente Chile y Argentina, en las regiones con similares

condiciones climáticas que California (Kester, 1991).

1.3. El cultivo del Almendro (*Prunus amigdalus*) a nivel mundial

La producción mundial de almendra sin cáscara, en los últimos años ha mantenido un incremento, desde la temporada 2012/13 hasta 2020/21. Sin embargo, en las dos últimas temporadas se produjo una disminución en la producción (Fig. 1). En la temporada 2022/23, la producción de almendras alcanzó 1.477.505 Tn.

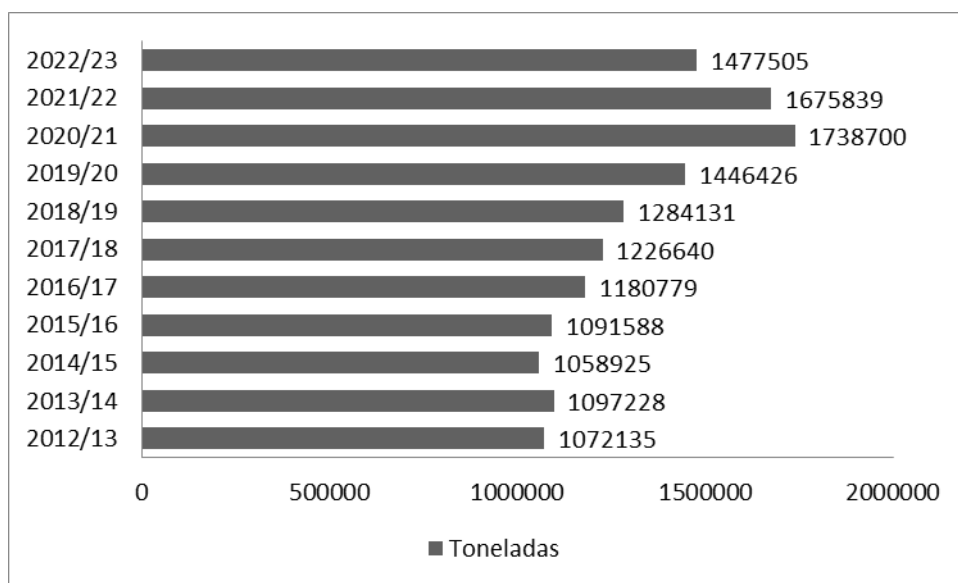


Figura 1. Producción mundial de almendras sin cáscara

Fuente: Consejo internacional de frutos secos (2023).

El primer productor de almendra sin cáscara, a nivel mundial fue Estados Unidos con 1.122.700 Tn. En segundo lugar, Australia con 143.805 Tn y tercero, España con 60.000 Tn, con menor producción Turquía y Portugal (25.000 Tn y 16.500 Tn, respectivamente). Estados Unidos y Australia concentran más del 80 % de la producción (Fig. 2) (Consejo Internacional de Frutos Secos, 2023).

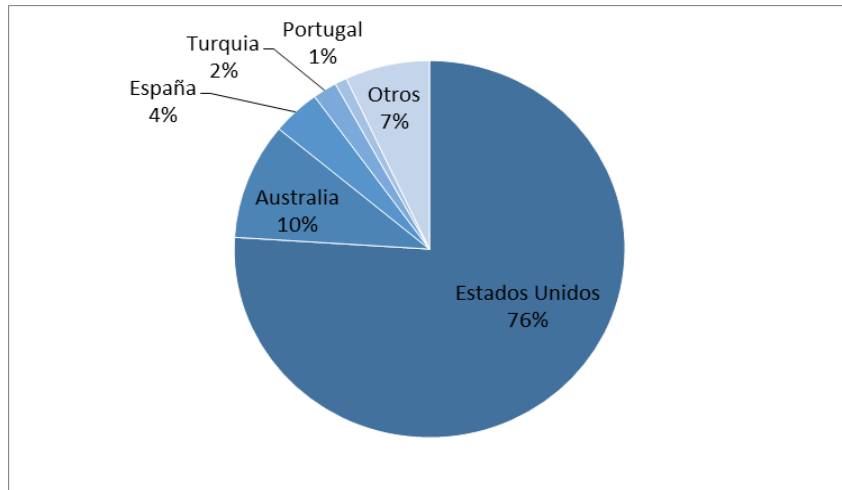


Figura 2. Porcentajes de participación de los principales productores a nivel mundial.

Fuente: Consejo internacional de frutos secos (2023).

En el intercambio comercial, Estados Unidos, el primer exportador de almendras sin cáscara a nivel mundial, con un total de 816.711 Tn, destinadas hacia la Unión Europea, Reino Unido y Alemania. En el segundo lugar, España con un equivalente de 99.481 Tn y tercero Australia con 72.279 Tn (INC, 2022).

Con respecto a las importaciones, India es el principal comprador de almendra con cáscara, con un total de 167.867 Tn, le sigue Alemania, Italia y Reino Unido con 166.000 Tn, China 92,855 Tn (INC, 2022).

1.4. El cultivo del Almendro (*Prunus amigdalus*) en Argentina

La producción de almendra en la Argentina es alrededor de 2.478 Tn anuales (Relevamiento Nacional de Frutos Secos, 2018), con una superficie implantada de 3.326,7 ha (Censo Nacional Agropecuario, 2018), se localizan en áreas tradicionales de las provincias de Mendoza, La Rioja y San Juan. Estas provincias suman más de 87 % de la producción total. Sin embargo, se ha generado un incremento de plantaciones en áreas no tradicionales de Río Negro y Neuquén (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie implantada con el cultivo del almendro en Argentina.

| Provincia | Superficie (ha) |
|------------------|------------------------|
| Mendoza | 2.494,0 |
| San Juan | 314,5 |
| Río Negro | 156,7 |
| San Luis | 116,5 |
| La Rioja | 80,9 |
| Catamarca | 53,2 |
| Neuquén | 46,4 |
| Buenos Aires | 37,5 |
| La Pampa | 24,8 |
| Córdoba | 1,2 |
| Salta | 1,0 |
| Total | 3.326,7 |

Fuente: Censo Nacional Agropecuario (2018).

A nivel nacional, la cantidad de establecimientos productores es de 203, de los cuales 116 se encuentran en Mendoza, mientras que Río Negro cuenta con 32 establecimientos, San Juan con 21 y Neuquén con 14, el resto se reparte entre las otras provincias productoras (Moreno, 2019).

Las primeras experiencias del cultivo de almendro, se realizaron en el año 1961, en INTA EEA San Juan, con cultivares de cáscara blanda y semidura, tales como, Paper Shell, Ne Plus Ultra, Nonpareil, I.X.L., A Gros Fruit, entre otras; destacándose, la adaptación y el rendimiento del cv. Peerles (Andrada, 1975).

La superficie implantada en Argentina tuvo una disminución importante en los años '90, producto de los bajos precios relativos de importación de almendras chilenas y españolas. Además, con la introducción de un gran porcentaje de cultivares de floración temprana, que fueron más afectadas por las heladas primaverales, que generaron pérdidas parciales o totales en la producción y desalentaron la expansión de la superficie (Iannamico, 2015).

En el año 2003 se introdujeron en las distintas estaciones experimentales nacionales variedades españolas obtenida por el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria

(CITA) de Zaragoza, las cuales presentaban cáscaras duras, de floración tardía, auto fértiles, elevada densidad floral, alta capacidad productiva y una mayor resistencia ante las heladas tardías. Todas estas características incrementaron las expectativas de alcanzar mayores rendimientos (Castro & Alday, 2017).

1.4.1. Consumo en la Argentina

El consumo anual de almendra en nuestro país es de 15.000 Tn por año, pero la producción en Argentina no supera las 3.000 Tn. Ante esta situación comercial, el almendro integra un grupo de frutales que no son tradicionalmente cultivados en todas las regiones, aunque tiene una enorme potencialidad por su comportamiento agronómico y buena rentabilidad (Rost & Viana, 2018).

La Balanza Comercial de la producción nacional de almendra es deficitaria, no cubre la demanda interna, por tal motivo se requiere de la importación de otros países. Las importaciones en el año 2018, en promedio, alcanzaron 13.155 Tn por un valor de US\$ 21.937.814. Del volumen total importado, las almendras sin cáscara representan el 96,4 % y con cáscara el 3,6 % restante (Moreno, 2019).

Los principales países proveedores son Chile y EEUU, siendo el primero, el principal proveedor de almendras sin cáscaras con una participación del 75,8 %, el segundo es Estados Unidos con 23,2 % del volumen importado. En el caso de las almendras con cáscaras la situación es la inversa, EEUU es mayor proveedor, seguido por Chile (76,8 % y 23, 2 % del volumen importado, respectivamente) (Moreno, 2019).

1.5. Encuadre taxonómico *Prunus amygdalus*

Según la última clasificación taxonómica de Socias y Company (1998) de género y especie *Prunus amygdalus*, presenta el siguiente encuadre taxonómico:

Clase: Dicotiledóneas.

Subclase: Arquiclamídeas.

Serie de órdenes: Corolianos.

Orden: Rosales.

Familia: Rosáceas.

Subfamilia: Prunoideas.

Género: Prunus.

Especie: *Prunus amygdalus* Batsch.

1.5.1. Características botánicas de *Prunus amygdalus*

El almendro *Prunus amygdalus* es un árbol caducifolio que puede sobrepasar los 10 metros de altura, es longevo y existen registros de ejemplares de más de 120 años, aunque su vida productiva suele situarse entre 30 y 60 años. Los árboles presentan la tendencia a la verticalidad y separarse del eje central, por lo que los árboles son ramificados (Fig. 3).



Figura 3. Árbol de *Prunus Amygdalus*.

Foto del autor.

El tronco como las ramas del almendro tiene una corteza lisa durante los primeros años. Con la edad y el crecimiento en grosor, la corteza se agrieta y se oscurece. En el ramo del año, se distinguen las hojas, dispuestas en espiral. Las formaciones características en el almendro son: ramilletes con abundantes yemas axilares, ramos de madera y chupones. Poseen yemas de madera y yemas de flor. Las yemas axilares suelen ser tres, en el cual la yema central suele diferenciar a yema de flor y las dos laterales suelen ser de madera. Como se trata de una especie monopoidal poseen yemas terminales en los brotes que son siempre vegetativas (Salazar & Malgarejo, 2002).

Las hojas son simples de formas alargadas, peciolo muy marcado, con aspectos generalmente lanceolados con márgenes aserrados. Su color es verde intenso y brillante en el haz y más pálido mate, en el envés (Martinez Serra, 2015).

La raíz del almendro a su inicio es pivotante, pero posteriormente se ramifica y se expande, con una gran capacidad de exploración. El sistema radical es entre 5 y 8 veces el volumen de la copa, presenta crecimiento rápido y es muy eficiente en la absorción de agua y nutrientes (Salazar & Malgarejo, 2002).

Las estructuras de reproducción masculina y femenina se presentan en una misma flor, clasificándose como hermafrodita. Es pentámera con cinco sépalos, cinco pétalos con colores variables entre blanco y rosado o incluso rojizos en algunas variedades (Fig. 4 A).

El número de estambres son entre 20 y 50 y su ovario es único, unilocular o bisemanal (suele tener almendras dobles) y súpero. El estilo, terminado en un estigma, de longitud y forma variables (Fig. 4 B), determina en gran parte la eficiencia de polinización. (González & Palacios, 2022).

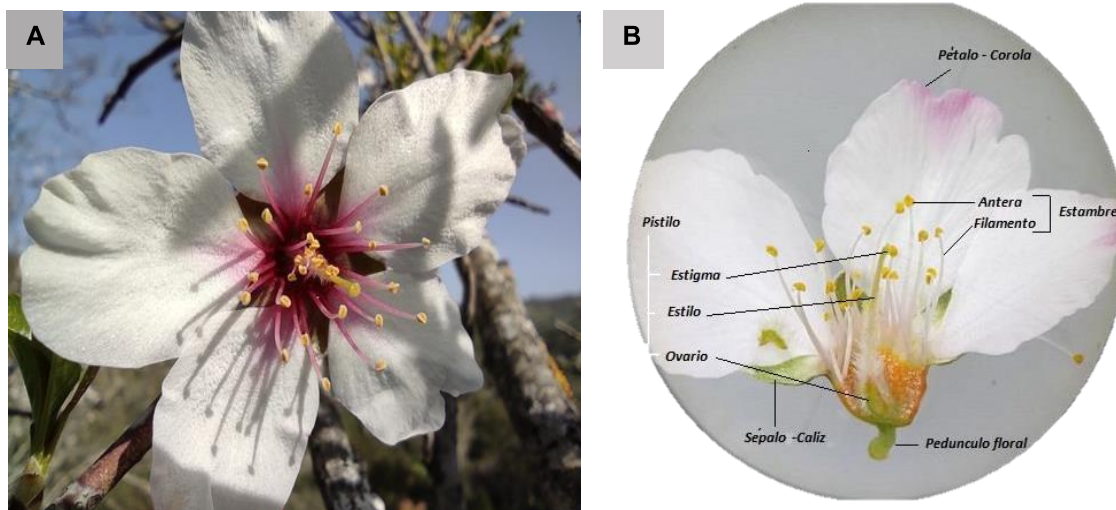


Figura 4. A. Flor del almendro. B. Partes de la flor del almendro.

Fuente A: González & Palacios (2022). Fuente B: Foto del autor

El fruto es una drupa especial, ya que no experimenta la fase de engrosamiento del mesocarpo, en el momento de la madurez éste se seca y cae, dejando libre el endocarpo leñoso, que constituye la cáscara (Kodad, 2006). El peso del fruto varía entre 8 y 20 gramos. El exocarpo y mesocarpo son carnosos, de color verde, pubescente y dehiscente cuando madura. El endocarpo corresponde a la evolución de la parte interna del ovario y leñosa. La parte comestible es la semilla, llamada comúnmente pepita (Saldivar, 2017).



Figura 5. Fruto de almendro con y sin mesocarpio.

Foto del autor.

1.6. Ciclo fisiológico del almendro (*Prunus amigdalus*)

1.6.1. Diferentes fases de la vida del árbol

Según la descripción de Martínez (2015), en el almendro la duración total de la vida del árbol se puede dividir en diferentes etapas:

-Etapa de juventud: comprendida entre el primer año de plantación del árbol y el año en que se desarrollan las primeras flores capaces de fructificar. Las primeras fructificaciones se dan entre los 3 y 5 años desde la implantación, aunque este tiempo está influenciado por el tipo de poda, el tipo de patrón y el cultivar utilizado.

-Etapa de entrada en producción: período comprendido entre la primera fructificación comercial y el año en que el árbol adquiere la máxima productividad, su duración suele oscilar entre 6 a 8 años. En este período el árbol se sigue formando hasta alcanzar su tamaño definitivo, se deberá valorar si es conveniente limitar la cosecha a cambio de conseguir una estructura sólida del árbol.

-Etapa de plena producción: es la fase más larga, entre 25 a 40 años. Su duración se relaciona con el cultivar, el patrón elegido y las labores culturales realizadas por el productor. En este período el árbol adquiere su productividad máxima, donde la producción de flores es abundante y el crecimiento vegetativo muy equilibrado, destinado a la renovación anual.

-Etapa de envejecimiento: en esta etapa el crecimiento vegetativo es de menor intensidad. La producción va decreciendo progresivamente. Se suele prolongar hasta que los costos de producción superan a los beneficios, cuando ocurre esto se suele arrancar la plantación.

1.6.2. Ciclo anual de crecimiento del almendro

El almendro es un árbol caducifolio, tiene un período de reposo y otro de actividad vegetativa, también denominado ciclo vegetativo. Las temperaturas determinan las manifestaciones

externas de cada uno de estos períodos, siendo estas la responsable del desarrollo y la adaptación de las especies a un determinado clima (Pallardy, 2008).

El ciclo vegetativo del almendro presenta una gran variabilidad, oscila entre 220 y 240 días según los cultivares implantados.

Etapas del ciclo anual del almendro:

Reposo invernal: es el período de latencia, también denominado dormancia o reposo, se caracteriza por la suspensión temporal del crecimiento visible, esto no significa que exista una inactividad fisiológica, sino que todas las actividades metabólicas del árbol se desaceleran u ocurren a una menor velocidad (Agustí, 2004). A este proceso, le precede una emigración de las reservas contenidas en las hojas a otras partes del árbol.

En el ciclo anual del almendro, la latencia es la etapa más importante y su finalidad implica la acumulación de horas de frío, que son necesarias para una adecuada ruptura de la dormición e inicio de la brotación. En la mayoría de los cultivares requieren aproximadamente entre 300-600 horas de frío (Castro Salas, 2003), con temperaturas bajo los 7° C durante el invierno para que los árboles broten y produzcan normalmente.

En el Valle Inferior de Río Negro se determinó la disponibilidad promedio de frío invernal donde computaron 1.219 horas de frío en el lapso comprendido entre el 1° de mayo y el 31 de agosto. Este resultado garantiza los requerimientos de horas de frío, tanto para los cultivares de menor requerimiento, como los más exigentes (Del Barrio & Martín, 2011).

Actividad vegetativa: período largo en el que tiene lugar la formación de las hojas, la floración, la fecundación, el crecimiento de los brotes, el desarrollo de la fruta, la formación de los botones florales y la lignificación de los brotes. En el almendro se pueden dividir en las siguientes fases:

-Floración: la época de floración tiene lugar en función de un componente genético y está determinado por las características de cada cultivar, puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas que se prestan en cada zona. Según el seguimiento fenológico realizado por Iannamico, (2015), sobre diferentes cultivares de almendro determinó que el inicio de la floración, está comprendido desde fines de julio hasta principios de septiembre, para el Valle Inferior y Valle Medio del río Negro.

-Polinización: consiste en la transferencia de granos de polen desde las anteras hasta el estigma de la flor. En el almendro generalmente se realiza por insectos polinizadores (Castro Salas, 2003). El polen del almendro es de maduración rápida en invierno y de bajo a mediano poder germinativo, el tubo polínico es muy sensible a problemas fisiológicos o climáticos. La temperatura óptima para el buen desarrollo del tubo polínico es de 14 a 16° C. La antesis de la flor depende de la temperatura y humedad del ambiente, dura entre 6 a 12 horas (Martinez Serra, 2015).

-Fecundación: se produce aproximadamente entre 2 a 3 días después de la apertura de la flor. La receptividad de los pistilos varía entre 2-3 días según la variedad y las condiciones ambientales. Existen variedades que presentan una mayor longevidad de los óvulos, de más de 9 días, pero el tiempo de crecimiento de los tubos polínicos varía entre 2 y 7 días. Por encima de los 27° C se degeneran los óvulos y por debajo de 12° C se detiene el crecimiento del tubo polínico, siendo temperaturas óptimas entre 18 y 25° C (Martinez Serra, 2015).

-Desarrollo del fruto: el fruto presenta una curva de crecimiento de tipo sigmoidea doble (Fig. 6), donde se observa un momento en que se detiene el crecimiento, como consecuencia de la lignificación de la cáscara, después de este período se retoma la ganancia de peso, para luego continuar con la etapa de senescencia

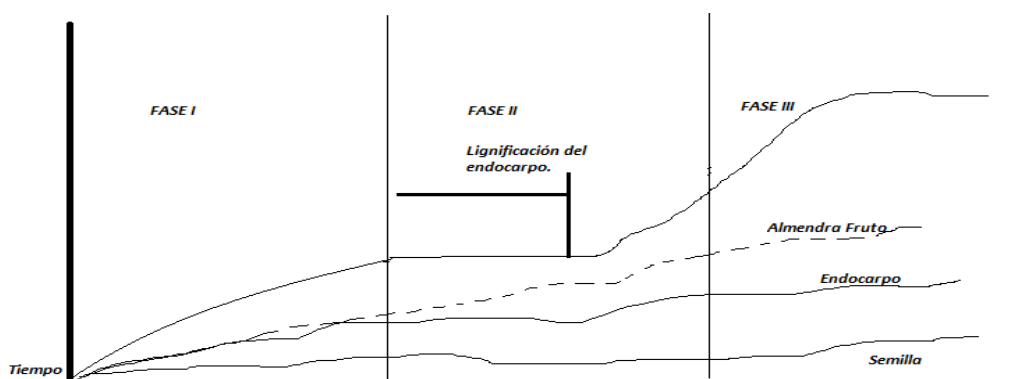


Figura 6. Curva sigmoidea de crecimiento de fruto.

El crecimiento del fruto se divide en tres fases (Fig.6). La primera, se caracteriza por un período de intensa división celular, a partir del cuaje del fruto, que se incrementa en las primeras semanas, se produce el aumento del exocarpo y mesocarpo. La segunda fase se produce la lignificación del endocarpo, la semilla va adquiriendo su tamaño definitivo, ganando peso. La tercera fase, se define como el momento donde la semilla alcanza su tamaño definitivo y adquiere las características organolépticas y finaliza con la fisura del mesocarpo.

El ciclo anual del almendro en el mundo, inicia luego del reposo vegetativo invernal, se manifiesta exteriormente con el hinchamiento de yemas y la consiguiente floración, lo cual ocurre, según en algunos cultivares en Argentina, a partir de julio y finaliza con el desarrollo completo del fruto en el mes de marzo (Fig. 7)

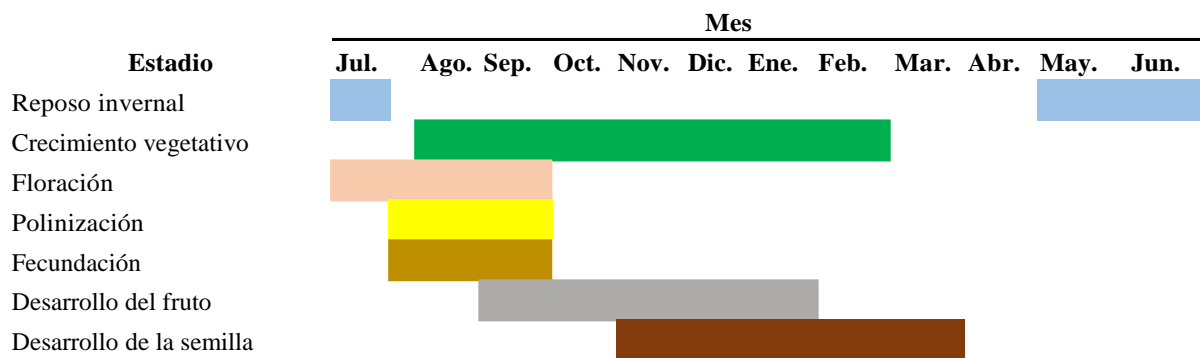


Figura 7. Ciclo anual de Almendro hemisferio sur.

Fuente: Ibáñez & Carrizo (2022).

1.7. Requerimientos climáticos y edáficos

1.7.1. Clima

El almendro es un frutal cultivado de zonas Mediterráneas de clima templados frío y húmedo, con una buena adaptación a los climas cálidos secos (Arquero, 2013). Es una de las especies de menor requerimiento en la acumulación de horas de frío, dependiendo de los cultivares varía entre 300-600 horas, con temperaturas transcurridas por debajo 7° C (Castro Salas, 2003).

Según estudios de (Egea & Ortega, 2003) los resultados indicaron que el tiempo de floración en almendro es principalmente consecuencia de los requerimientos de frío de los diferentes genotipos, siendo los requerimientos de calor los que aportan un efecto menor. Esto es distinto a otros frutales incluidos frutales de frutos secos como el nogal donde la brotación/floración depende de una combinación frío-calor a diferencia del almendro.

El viento puede tener incidencia en los rendimientos, debido a que los vientos superiores a 15 km/hora dificultan los vuelos de las abejas y por lo tanto disminuye la polinización. También, los vientos de mayor intensidad pueden originar rotura de ramas y desprendimiento de flores (Martinez Serra, 2015).

Para la adecuada producción y desarrollo de la vegetación, la luz es un requisito imprescindible, por lo que en árboles mal podados o abandonados aparecerán ramas secas, malformaciones en las flores, baja tasa de cuajado además de la disminución de producción por planta (Martinez Serra, 2015).

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo del almendro varía entre 40-60 %, valores por encima o por debajo, inducen el cierre estomático, afectando negativamente a la actividad vegetativa y reproductiva. También, condiciones de alta humedad favorecen el desarrollo y la incidencia de enfermedades (Arquero, 2013).

El almendro es uno de los cultivos de menores requerimientos hídricos, muy tolerante a la sequía. Se puede producir en secano a partir de un régimen pluviométrico de 300 mm anuales, aunque la rentabilidad se asegura a partir de los 600 mm anuales y la ocurrencia, distribución de las precipitaciones debe coincidir con los momentos críticos del cultivo para asegurarse la producción y rentabilidad (Coniglio, 2008).

1.7.2. El Almendro y las heladas

El almendro (*Prunus amygdalus*) es considerado tradicionalmente como la especie de floración temprana y como consecuencia, el cultivo se ha visto limitado. Las heladas de finales de invierno y principios de primavera pueden dañar e incluso destruir completamente la cosecha de almendras (Castro & Alday 2016; Chaar, 2022; Guillamon & Mañas 2022).

La exposición de los frutales a las bajas temperaturas induce la entrada en dormición que les permite sobrevivir a las condiciones desfavorables del invierno. Una vez que las yemas alcanzaron el estado de endodormición, la subsiguiente exposición de las mismas a las bajas temperaturas desencadena procesos endógenos donde el sistema cambia lentamente, aparece agua libre y la permeabilidad de la membrana conducirá nuevamente a la brotación y el crecimiento primaveral (Chaar, 2022).

En el caso del almendro, después de la ruptura del reposo invernal, las yemas pierden oligosacáridos y aumentan el contenido de materia seca y agua en su interior. En función de este desarrollo, disminuye progresivamente su resistencia al frío, que es proporcional al contenido de carbohidratos, en el caso de las yemas de flor, es mayor este contenido cuando están en pleno reposo invernal, por lo tanto, presentan mayor resistencia (Castro & Alday, 2016).

La sensibilidad al frío aumenta progresivamente hasta que el tamaño de los frutos es de aproximadamente un centímetro, momento de mayor vulnerabilidad del fruto, a partir de ahí, comienzan a ser menos sensibles a las heladas. El fruto, a medida que aumenta el tamaño, adquiere una resistencia progresiva, ya que se forman capas de protección que cubren el embrión, de manera que las heladas para generar daño deben ser más intensas. A medida que avanza el desarrollo del fruto comienza a aumentar el contenido de oligosacáridos, lo que proporciona al fruto una mayor resistencia a las bajas temperaturas (Castro & Alday, 2016; Chaar, 2022). Con una tolerancia variable a las bajas temperaturas, dependiendo del estadio fenológico y la duración e intensidad de las heladas, durante media hora soporta temperaturas de $-3,3^{\circ}\text{C}$ en el estado de botones cerrados, $-2,7^{\circ}\text{C}$ en flores abiertas, y $-1,1^{\circ}\text{C}$ en fruto recién cuajado (Martinez Serra, 2015). Investigaciones realizadas por Masip et al., (2017) en España en el cual evaluaron distintos cultivares, entre los que incluyen a Penta, Marinada y Mardía, señalan que existen diferencias significativas en la tolerancia a las heladas, en la etapa fenológica de fruto cuajado (H), entre los cultivares de almendro europeos, en general, a partir de -3°C el daño ocurre en etapa de fruto cuajado (H) y son necesarios -5°C para producir más del 90% del daño.

1.7.3. Suelo

-Propiedades físicas: el almendro requiere suelos con una profundidad mínima de hasta 1 metro, fundamentalmente con buen drenaje y permeabilidad. Este cultivo es sensible al encharcamiento por asfixia radicular, por lo tanto, se aconseja implantar en suelos francos o franco-arenosos (Iannamico, 2015).

-Propiedades químicas: los parámetros más importantes a tener en cuenta para la implantación del cultivo del almendro son: materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, el pH, relación de carbono/nitrógeno, salinidad, contenido de macronutrientes, conductividad eléctrica y la relación de absorción de sodio (RAS). En la tabla 2, se presentan

los niveles óptimos.

Tabla 2. Parámetros óptimos para el desarrollo de los almendros.

| Parámetros | Nivel óptimo |
|---|---------------------|
| Materia orgánica (%) | 2-2,5 |
| Conductividad eléctrica (CE) | 2,5 |
| Capacidad de intercambio catiónico (CIC) | 6,5-7,5 |
| pH | 5,5-8,5 |
| RAS | Hasta 8 |
| Nitrógeno total (Kjeldahl %) | 0,11-0,2 |
| Relación C/N (%) | 10-12 |

Fuente: Arquero (2013).

1.8. Aspectos generales del cultivo

1.8.1 Variedades utilizadas en la Argentina

Las variedades más utilizadas en el país para la producción de almendras corresponden a las de floración tardía o extra tardía, principalmente con la finalidad de minimizar los riesgos de pérdidas de cosecha ocasionadas por las heladas. Las variedades seleccionadas son: “Guara”, “Terraco”, “Mardía”, “Felisia”, “Marinada”, “Penta”, “Vairo” y “Constanti”.

Los cultivares seleccionados para este trabajo de investigación corresponden a Penta, Marinada y Mardía, todos son de origen español.

Las características del árbol de Penta y Mardía son de porte semiabierto, mientras que Marinada es erguido, la ramificación, en los dos primeros cultivares es moderada y en último cultivar es escasa. El vigor en Penta y Marinada es medio-bajo y en Mardía medio. La floración en los tres cultivares es extra-tardía y también la compatibilidad auto-fértil (Vargas, 2005; Cerbas Fruit, 2023). En la tabla 3 se resumen las principales características del fruto.

Tabla 3. Características principales del fruto

| Parámetros | Variedad | | |
|--------------------------|-----------|-----------|----------|
| | Marinada | Mardía | Penta |
| Cáscara | Dura | Dura | Dura |
| Peso de pepita (semilla) | 1,3 | 0,8 - 1,0 | 1,0 |
| Forma | Acorazada | Acorazada | Alargada |
| Maduración | Media | Temprana | Temprana |
| RD | 31% | 24% | 30% |

Fuente: Vargas (2005); CebasFruit (2023). RD: Rendimiento al descascarado.

1.8.2. Plantación y sistema de conducción

-Plantación: el marco de plantación varía en función de cada zona de producción y la disponibilidad de riego, por lo general en plantaciones sin suministro de riego la densidad es de 7 x 6 o 7x 7 metros y en zonas bajo riego no deben ser inferiores a 6 x 6 metros (Martínez Serra, 2015).

-Sistema de conducción: el sistema de conducción más utilizado en el almendro, es el de vaso, este se compone de un tronco de 40 a 60 centímetros de largo, sobre el cual se habrán de insertar las tres ramas principales (líderes o brazos de la estructura) unidas directamente al tronco en la zona denominada cruz. A lo largo de las primarias se insertan, de forma sistemática, las ramas secundarias y sobre estas las ramas terciarias. Las ramas fructíferas se insertan, principalmente, en las ramas secundarias y terciarias (Martínez Serra, 2015).

1.8.3. Principales plagas y enfermedades

Según los informes técnicos del centro de sanidad y certificación vegetal, (Coniglio, 2008; Lozano & Lomba, 2022) las principales plagas y enfermedades que pueden afectar al cultivo del almendro son:

Homópteros:

- Pulgón verde (*Myzus persicae*): los individuos suelen situarse en el envés de las hojas y poblaciones elevadas, como consecuencia de la forma de alimentación producen enrollamiento de las hojas.
- Pulgón harinoso: (*Hyalopterus amygdali*): los adultos son de un color grisáceo y generan daños similares que el de los pulgones verdes, ambos pueden producir una disminución en el desarrollo vegetativo y en algunas ocasiones defoliaciones.

Hemíptero:

- Falso tigre (*Monosteira unicastata*): el adulto es una chinche pequeña de color pardo amarillento. Su efecto produce en el haz de las hojas una decoloración blanquecina formada por pequeñas manchas. En el envés pueden localizarse excrementos y melaza. La succión de los fotoasimilados provoca un abarquillamiento de las hojas, induciendo un debilitamiento del árbol, pérdida de hojas y disminución de cosecha.

Coleóptero:

- Gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*): el daño importante lo producen las larvas al destruir las raíces y a veces el cuello de los árboles, lo que proporciona una importante pérdida de vigor de las plantas.

Lepidopteros:

- Orugueta (*Aglaope infausta*): los adultos alcanzan un tamaño de unos 20 mm. El cuerpo es pubescente, el tórax es de tonalidad negra con “collar” rojo, las larvas se alimentan de hojas, que pueden llegar a devorar en su totalidad y en ataques severos también son afectados los frutos.
- Anarcia (*Anarsia lineatella*): el daño más importante que produce esta plaga es sobre los brotes apicales. Las larvas de primera generación se alimentan de los brotes tiernos y la segunda generación afecta al fruto, penetrando en su interior y produciendo una caída prematura, que puede ser muy relevante en las plantaciones jóvenes o recién implantadas.
- Grafolita (*Grhapolita Molesta*): Las larvas de la grafolita se alimentan de los brotes tiernos de los almendros. Esto puede causar que los brotes se marchiten, se tuerzan y finalmente mueran. Este daño puede reducir la capacidad del árbol para producir nuevas hojas y flores. El ataque de esta plaga en frutos, se observan pequeñas lesiones en la zona peduncular, producidas por las larvas neonatas y lesiones más severas, con frecuentes exudaciones en cualquier punto del fruto, producidas por larvas provenientes de los brotes. En los dos casos la larva excava la galería en dirección al hueso, donde realiza toda la evolución larvaria. El punto de entrada de las larvas favorece la instalación del hongo *Monilia laxa* que pudre el fruto (Armendariz, 2009).

Hongos

Moniliosis (*Monililla laxa*): es un hongo que afecta en el periodo de floración, los síntomas que se observan sobre los pétalos son manchas necróticas de coloración parda. Las flores quedan fuertemente adheridas a sus brotes y cuando el fruto consigue cuajar quedan deshidratados.

Mancha Ocre (*Polystigma ochraceum*): este hongo produce daños sobre las hojas del almendro. Inicialmente se observan manchas de color amarillento, luego rojizo y finalmente pardo negruzcas de más de un centímetro de diámetro.

Cribado (*Stigmina carpophila*): inicialmente se presenta como manchas circulares de color verde claro, a medida que avanza en los tejidos afectados, estos se necrosan y luego se desprenden de sus inserciones. Ataques severos de este hongo pueden producir caída de los frutos.

Roya (*Tranzschella pruni-spinosae*): los síntomas se presentan en el haz de las hojas y se observa un gran número de pequeñas manchas, mientras que en el envés se localizan las pústulas, de color marrón que contienen las esporas. El patógeno sobrevive como esporas en hojas caídas o como micelio en ramas infectadas.

Xanthomonas: la infección se manifiesta con pequeñas manchas de color verde pálido que posteriormente evolucionan a necrosis oscuras, visibles tanto en el haz como en el envés y frecuentemente sobre el nervio central o zona apical del limbo (punto de goteo). Los síntomas en las almendras son muy característicos y se presentan inicialmente como manchas oscuras y hundidas en el mesocarpio, siendo también muy frecuente la aparición de exudados (Bielsa, 2014).

Las principales plagas observadas en la región Norpatagónica, en los almendros son: Arañuela parda (*Bryobia rubrioculus*), Arañuela roja común (*Tetranychus urticae* Koch), Grafolita (*Cydia molesta*), Piojo de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*) y con respecto a las enfermedades; la Bacteriosis (*Xanthomonas arboricola*), Viruela (*Coryneum beijerinckii*) y Podredumbre morena (*Monilia* sp.) (De Rossi & Di Masi, 2023).

1.8.4 Principales labores culturales

Poda: tiene como finalidad obtener árboles bien formados y equilibrados, permitiendo una producción constante y abundante en los ciclos productivos de la planta. Su adecuada realización depende de factores tales como características de la variedad, sistema de explotación, marco de plantación, labores, etc., que también intervienen decisivamente en la producción (Martinez Serra, 2015).

En general, son deseables las variedades de almendro de porte medio-erguido e intensidad de ramificación media, que permiten una formación fácil de la estructura de la copa, con un mínimo de intervenciones, además se pueden establecer diferentes tipos de poda en función

de diversos criterios. Teniendo en cuenta el ciclo vegetativo anual:

Poda en verde: se ejecuta en el periodo de actividad vegetativa del árbol (fines de agosto, mediados de febrero). En este tipo de poda solo se interviene en ramas del año (brotes).

Poda de invierno: se realiza cuando el árbol está en reposo vegetativo (Mayo-Agosto). Es la poda propiamente dicha, se interviene realizando cualquier tipo de cortes en las ramas, que permiten un aclareo o rebaje, eliminando total o parcialmente.

Poda de formación: este tipo de poda se aplica desde el primer año de plantación hasta que el árbol alcanza niveles productivos y de desarrollo vegetativo cercanos a los máximos potenciales, que el caso del almendro se sitúa en el 5^o-7^o año. En este período es necesario realizar anualmente poda en verde y de invierno. La poda en verde se hará cuando los brotes tengan una longitud superior a los 30-50 cm. En la intervención en verde del primer año, en la zona de la cruz se dejarán 4-6 brotes y se eliminarán las brotaciones que surjan por debajo (Martinez Serra, 2015).

Poda de producción: la poda de producción tiene como principales objetivos, renovar sistemáticamente las ramas fructíferas a fin de asegurar una producción abundante de fruta de buen tamaño, favorecer la fructificación lo más cerca posible del tronco o ramas estructurales, reducir el número de yemas de flor para evitar o disminuir la alternancia de cosechas, favorecer la llegada de la luz solar y la ventilación a todas las partes del árbol para la buena formación de las yemas de flor, la coloración de los frutos. (Nekazaritza, 2006).

Fertilización: la fertilización es una de las prácticas culturales que permite aumentar la productividad del almendro. Los principales elementos que se utilizan para la fertilización son: nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K) y en menores cantidades nutrientes secundarios (Calcio, Magnesio, etc). Los requerimientos nutricionales de las plantaciones deben realizarse en función de la extracción de la especie, análisis del suelo y foliar (Sánchez, 1999). En la tabla 4, se presentan los niveles óptimos en hoja para una correcta fertilización.

Tabla 4. Niveles óptimos de nutrientes en hoja.

| Nutriente | Nivel óptimo |
|------------------|---------------------|
| Nitrógeno | 2,2 - 2,5 % |
| Fosforo | 0,1 - 0,3 % |
| Potasio | >1,4 % |
| Calcio | >2 % |
| Magnesio | >0,25 % |
| Boro | 30 - 60 ppm |
| Cobre | >4 ppm |
| Manganeso | >20 ppm |

Fuente: Rufat Lamarca (2007).

Cosecha de almendras: para poder recolectar las almendras, es necesario que el fruto haya adquirido todas las características organolépticas producto de la maduración. Aunque existe un pequeño consumo de almendra verde, la mayoría se comercializan en seco. La recolección de las almendras es un proceso que se puede separar en 4 fases:

-Derribo de frutos del árbol: se realiza de forma manual (cañas, vibradores manuales, peines vibradores, etc.) o de mecánica (vibrador de inercia, pinzas y vibrador de sirga).

-Recolección: puede ser manual (toldos y carretillas) o mecánica del árbol (remolques y tendedores de mallas) o del suelo (mediante aspiración o barrido).

-Descortezado: consiste en separar completamente el mesocarpio, dejando libre la superficie de la cáscara o endocarpio, se realiza de forma manual o mecánica mediante una peladora (Martinez Serra, 2015).

-Secado: se realiza de forma natural o forzado en secaderos. (Martinez Serra, 2015). De forma artificial se utilizan corrientes de aire caliente, temperatura entre 32-35° C y se reduce la humedad hasta un 10 % aproximadamente, para la posterior conservación de las almendras (Iannamico, 2015).

Clasificación de la almendra: para la clasificación de los cultivares, según la dureza de la cáscara y su posterior comercialización, existe la tipificación (clasificación según el Decreto Ley 9244163):

a) Almendra cáscara dura: Solo puede romperse con elementos mecánicos. Rendimiento del descascarado: 15 al 30 %.

b) Almendra cáscara semidura: Puede romperse con mucha dificultad sin ayuda de elementos

mecánicos. Rendimiento 30 al 40 %.

e) Almendra cáscara blanda: Puede ser abierta con las manos haciendo presión. Rendimiento 40 al 55 %.

1.9. Descripción del área de estudio

El Valle inferior del río Negro, se encuentra ubicado en la provincia de Río Negro (Argentina) sobre el margen sur del río Negro. Se extiende desde el paraje conocido como Primera Angostura, cercano a la localidad de Guardia Mitre, hasta las cercanías del balneario El Cóndor (sobre la desembocadura del río en el Océano Atlántico), entre los 40° y 41° de latitud sur y los 63° y 64° de longitud oeste. Se extiende en dirección NO-SE, con una longitud de 100 km y un ancho medio de 8 km (Fig. 8) conformando un área de aproximadamente 80.000 hectáreas.

El Proyecto de Desarrollo del Valle Inferior (Ley N° 200 de creación del Instituto de Desarrollo del Valle Inferior del río Negro-IDEVI) se propuso poner bajo riego unas 65.000 hectáreas. Actualmente existen 23.470 hectáreas irrigadas de las cuales 18.316 están empadronadas. El proyecto de desarrollo puso en funcionamiento 524 parcelas (chacras) de tamaño variable. Las más pequeñas, con superficies que oscilan entre 20 y 30 hectáreas, tenían, inicialmente, una orientación productiva horti-frutícola. Otro grupo, de aproximadamente 60 hectáreas tenían un destino tambero, y finalmente las más grandes, ubicadas en suelos de inferior calidad cuyos tamaños oscilan entre 80 y 120 hectáreas, debían dedicarse a ganadería (Rio Negro-IDEVI, 2010; Villegas Nigra, 2018).



Figura 8. Imagen satelital del Valle Inferior de Río Negro.

Fuente: Google Earth.

Los suelos del Valle Inferior de Río Negro se caracterizan por estar en una terraza alta y una planicie aluvial de aspecto bastante uniforme y llano, siendo su topografía plana en general (Masotta, 1970). Según este autor, los suelos de este valle se desarrollaron sobre sedimentos fluvioaluvionales. Presentan un horizonte A, de textura arcillosa a franco arcillosa, con un espesor de 10 cm aproximadamente; un horizonte B2 de color gris oscuro, con textura media a fina, con estructura primaria de tipo prismática media y estructura secundaria en bloque; un horizonte B3 de gran espesor, alcanzando los 40 cm de profundidad, de color parduzco, de textura franco-arcilloso-limosa, muy poroso y constituye el horizonte de acumulación de calcáreo.

El clima es semiárido y mesotermal (Thornthwaite, 1948) las lluvias se distribuyen en forma irregular a lo largo del año, con un promedio anual de 394,2 mm (Musi, 2022). La temperatura media anual varía de 14° C a 16° C. La amplitud térmica media está comprendida entre 13° C y 15° C. Predominan los vientos del oeste; los del cuadrante sur (sureste, sur, suroeste) soplan en verano mientras que las direcciones norte, noreste y este se manifiestan en otoño y primavera según el ministerio de producción y agroindustria de la provincia de Río Negro (MPYA, 2022). El período libre de heladas es de 199 días y las fechas medias de la primera y última helada son el 1 de mayo y el 13 octubre respectivamente. (Serie 1986-2022) (Musi, 2022).

El sector frutícola del Valle Inferior del Río Negro, se caracteriza por la producción de frutos secos, siendo el nogal y el avellano las especies más cultivadas. Las condiciones

edafoclimáticas y la disponibilidad de agua para riego, permiten que estos frutales tengan un mayor crecimiento en superficie y dinamismo en la región. En los últimos años los programas de mejoramiento genético en almendro, desarrollados en otros países, lograron obtener cultivares autofértiles y de floración extra tardía, los cuales podrían constituirse como una alternativa productiva interesante para la región.

Entre los principales problemas de la producción local se detecta, la falta de experimentación relacionados con la incorporación de nuevos materiales que respondan a las condiciones agroclimáticas locales. Todos los factores climáticos tienen una incidencia mayor o menor en la plantación y producción del cultivo, siendo principalmente condicionantes los riesgos de heladas durante e inmediatamente después de la floración. La introducción y uso de nuevas variedades españolas de floración extra tardía como, “*Penta*”, “*Mardía*” y “*Marinada*” podrían presentar ventajas y adaptarse a las condiciones agroclimáticas de la zona.

Debido a que la implantación y posterior producción del almendro requiere de una gran inversión, tanto de insumos como de capital circulante, resulta necesario generar registros e información local, como “puntapié” inicial a investigaciones futuras, sobre uno de los frutos secos más demandado y aceptado como alternativa de consumo en el mundo.

2. HIPÓTESIS

Los cultivares del almendro (*Prunus amygdalus*) difieren entre sus características fenológicas y agronómicas, bajo las condiciones agroclimáticas del Valle Inferior del Río Negro.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar el seguimiento fenológico y evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de almendro, auto fértiles y de floración extra tardía, en las condiciones agroecológicas del Valle inferior de Río Negro.

3. 2. Objetivos específicos

- Realizar el seguimiento de la fenología floral (inicio, plenitud y finalización), inicio y fin de la maduración del fruto.
- Evaluar el crecimiento vegetativo inter anual.
- Determinar el rendimiento productivo de cada variedad.
- Caracterizar la calidad del fruto.

4. METODOLOGÍA

4.1. Descripción del sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2022/23, en el establecimiento experimental del INTA (Parcela A 14), ubicado en el VIRN (40° 47' 45'' de latitud Sur y 63° 03' 42'' de longitud Oeste) (Fig. 9).



Figura 9. Parcela A14 de la estación experimental INTA Valle Inferior. Rectángulo de color rojo señala el sector de fruticultura y el amarillo el área de la colección de variedades de almendro. Fuente: Google Earth.

El lote experimental cuenta con 25 árboles distribuidos en 2 filas, con una superficie aproximada de 120 m², los cuales fueron implantados en el año 2020, con un marco de plantación de 5 m x 5 m. con un sistema de conducción en vaso con 3 o 4 ramas principales. Los materiales de almendro de floración extra tardía evaluados fueron 8 árboles del cultivar “Penta”, 8 de “Mardía” y 9 de “Marinada”. Las variedades fueron injertadas sobre el portainjerto Garnem.

Los suelos del sitio de estudio se caracterizan por ser poco profundos, de textura franco arcilloso a franco arcillo limoso, con un porcentaje de arcilla 38,90 %, limo un 46,77 % y arena un 14,33 %. No presentan problemas de sales solubles y sodio intercambiable hasta

1,20 m de profundidad (Masotta, 1970). Las características edáficas de valor agrícola se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis de suelo correspondiente al lote experimental.

| Variable | Valor |
|---|---------------|
| Conductividad eléctrica | 1,47 dS/m |
| pH | 7,53 |
| Capacidad de intercambio catiónico | 39,13 me/100g |
| RAS | 5,91 % |
| CaCo3 | 0,99 % |
| Materia orgánica | 1,85 % |
| Nitrógeno | 0,10 % |
| Fosforo | 11,65 ppm |
| Potasio | 594,44 ppm |

Fuente: Datos del área de fruticultura EEA INTA Valle Inferior.

4.2. Registro de variables ambientales

Para el registro de las condiciones climáticas de la temporada de estudio, se solicitaron los datos de las variables ambientales a la estación meteorológica del INTA del Valle Inferior. En la figura 10, se presentan los registros de temperatura máxima y mínima, ocurrencia de heladas, cantidad y frecuencia de precipitaciones, para la temporada 2022/23 desde el mes de julio hasta el mes de marzo.

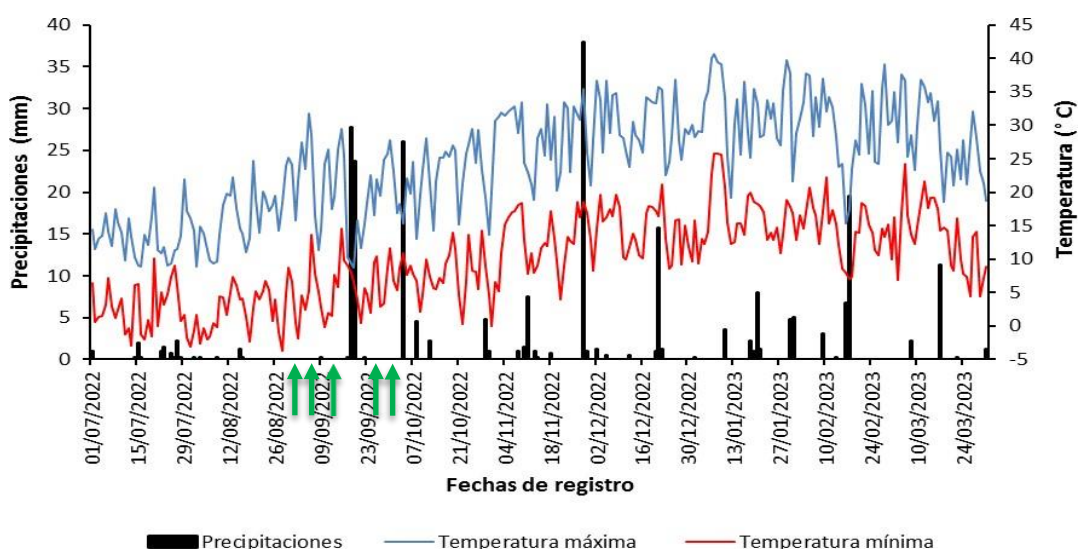


Figura 10. Variaciones de las temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones registradas en el período vegetativo y reproductivo del almendro, durante la temporada 2022/23, en el Valle Inferior del Río Negro. Las flechas verticales de color verde señalan las fechas de las observaciones de los estados fenológicos.

4.3. Labores culturales en los almendros

Poda y formación: en invierno se realizó poda de formación en forma de vaso, seleccionando ramas principales y se despuntaron.

Fertilización y control fitosanitario: la aplicación de fertilizantes se realizó en el suelo, el producto comercial que se utilizó fue NovaTec N-Max, que aporta: Nitrógeno total (N) 24 %, Fosforo (P_2O_5) 5 %, Potasio (K_2O) en base a sulfatos 5 %, Magnesio (MgO) 2 %, Azufre (S) 5 % Boro (B) 0,02 %, Hierro (Fe) 0,06 % y Zinc (Zn) 0,01%. Se aplicó una dosis 200 g por planta en primavera. El control sanitario fue preventivo, se pulverizó con hidróxido de cobre + mancozeb. El Insecticida que se utilizó tuvo una composición de Spinetoram al 25 %).

Riego y control de malezas: se realizaron 8 riegos de tipo gravitacional por surco (Fig. 10) en la temporada y el control de malezas fue de forma mecánica (desmalezadora en el interfilas y desbrozadora en la fila) y también aplicaciones químicas con glifosato en la fila (entre plantas).



Figura 11. Cultivares de almendro bajo riego gravitacional por surco.

Fuente: Foto del autor.

4.4. Seguimiento de la fenología floral de almendros

El seguimiento de los estados fenológicos se realizó utilizando la escala descrita por Felipe (1977) (Fig. 12). El registro de los datos, en el sitio de estudio fue de forma semanal en los tres primeros (2, 8, 15/9), en el cuarto se realizó a los 11 días y el último fue a los 6 días, durante un mes, desde el 02/09/22 hasta el 03/10/22. Las observaciones de los distintos estados fenológicos de cada variedad de almendro, se realizaron al azar, desde yema de invierno (A) hasta fruto tierno (I).

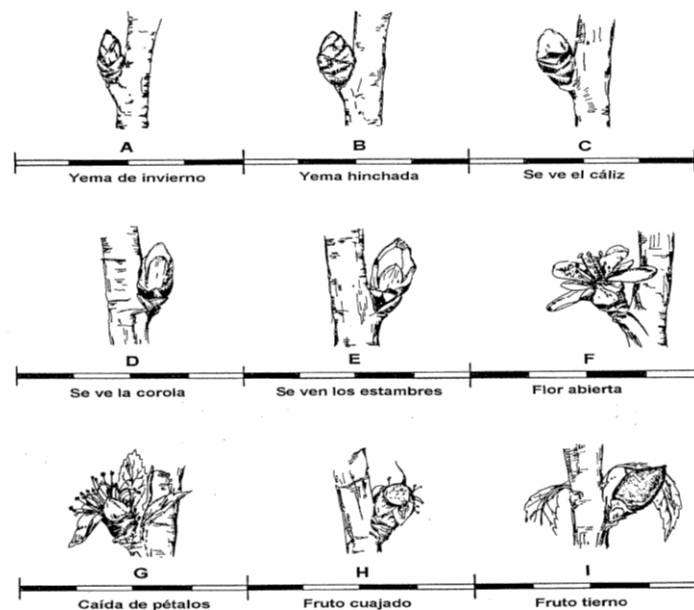


Figura 12. Escala de fenología floral de almendro.

Fuente: Felipe (1997).

4.5. Maduración del fruto en planta

El registro de maduración de fruto en la planta, se evaluó observando la apertura del capote o pelón, durante el transcurso de un mes, desde el 07/02/23 hasta el 22/03/23. El seguimiento se realizó cada 7 días aproximadamente, se utilizó la escala diseñada por el sector de fruticultura de la estación experimental agropecuaria del Valle Inferior, que considera el porcentaje de apertura del total de las muestras recolectadas y establece diferentes escalas (Tabla 6).

Tabla 6. Escala de maduración de fruto.

| Porcentaje de apertura | Categorías |
|----------------------------------|------------|
| Ninguno | 0 |
| 25 % frutos con pelón abierto | 1 |
| 50 % frutos con pelón abierto | 2 |
| 75-99 % frutos con pelón abierto | 3 |
| 100 % frutos con pelón abierto | 4 |

Fuente: Escala realizada por el sector de fruticultura de la EEA INTA Valle Inferior del río Negro.

4.6. Caracteres biométricos (cuantitativos) del fruto

Al finalizar la temporada productiva se cosecharon todos los frutos de cada árbol para cada variedad y se registraron los siguientes parámetros:

- Cantidad de frutos por planta.
- Porcentaje de frutos con pelón cerrado.
- Peso de frutos por planta.

Con los valores obtenidos de cantidad y peso de fruto por planta se realizó el cálculo que se obtendría por hectárea, con una densidad de 400 plantas/ha⁻¹.

Para la caracterización del fruto del almendro se tomaron muestras de 20 frutos por cada árbol y variedad (8 repeticiones), se registraron el peso y el tamaño de la semilla (longitud, ancho y espesor) con y sin cascara (Fig.13 A y B).

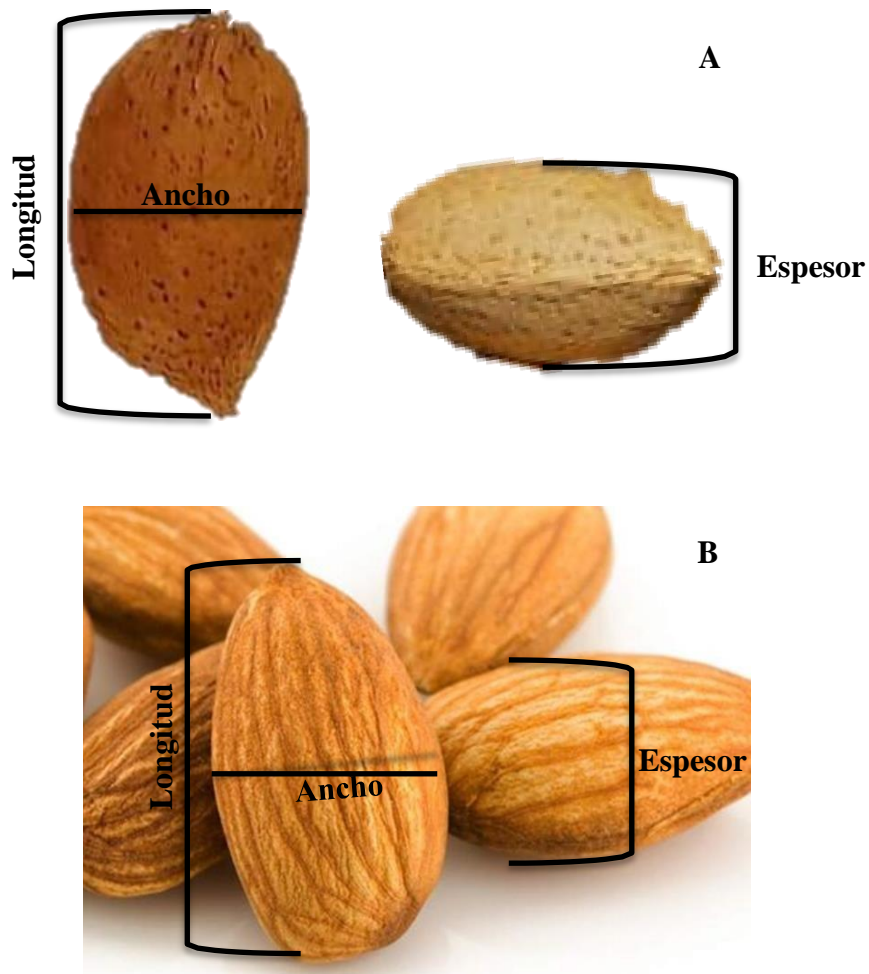


Figura 13. Tamaño de la semilla con cáscara (A) y sin cáscara (B).

También se calculó el rendimiento al descascarado (RD) utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{RD (\%)} = \frac{\text{Peso de la semilla}}{\text{Peso del fruto entero}} \times 100$$

Para registrar el tamaño del fruto y la semilla se utilizó un calibre digital (marca BTA) (Fig.14), de acero inoxidable, con rango de medición hasta los 150 mm.



Figura 14. Calibre de precisión digital.

Fuente: Foto del autor.

Los frutos y las semillas se pesaron en una balanza digital de precisión (marca: Ohaus, serie: Scout pro), con una capacidad máxima de pesaje de 6000 g con plato de acero inoxidable de 165 x 142 mm (Fig. 15)



Figura 15. Balanza Digital “Ohaus Scout Pro”.

Fuente: Foto del autor.

4.7. El crecimiento vegetativo anual

El registro de crecimiento vegetativo anual se realizó un mes después de la cosecha de los frutos (15/ 05/ 2023). Se midieron todos los árboles dentro de cada cultivar. Las variables registradas fueron: ancho y largo de la planta.

El largo se midió desde la altura de inserción de la copa con ayuda de una vara y una cinta métrica (Fig. 16). El ancho se registró a través de la medición de la proyección del mismo en dos direcciones fundamentalmente, norte-sur y este-oeste, tomando como referencia la proyección de los extremos de la misma sobre el suelo (Fig.16).

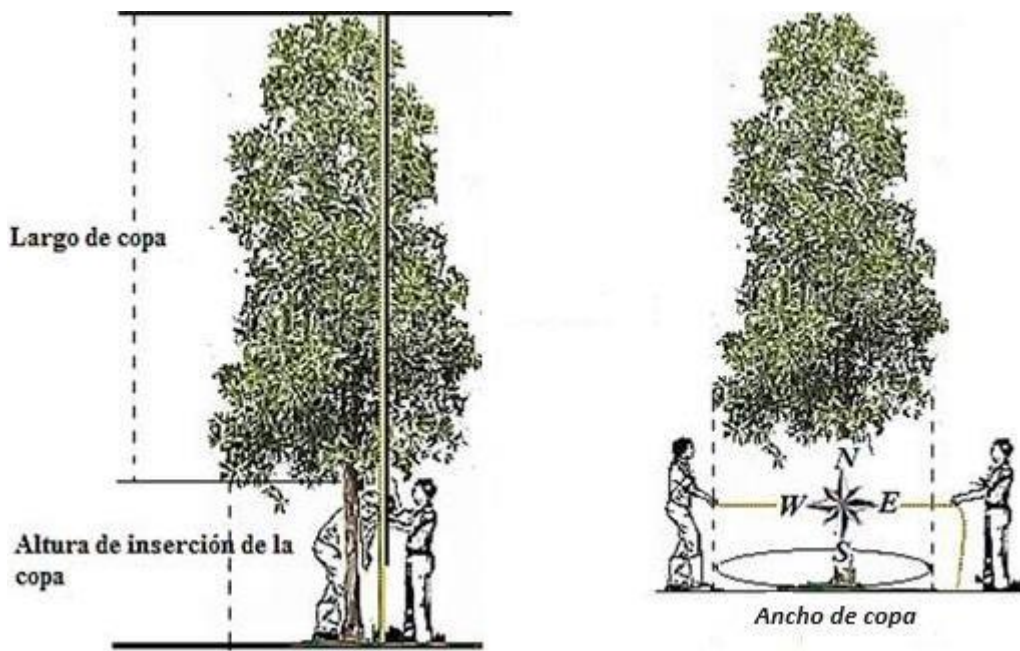


Figura 16. Sectores de medición para determinar el crecimiento vegetativo anual.

Fuente: Albuerne & Perez, (2019).

Para determinar el crecimiento vegetativo anual se evaluó:

- Largo de la copa (m)
- Ancho de la copa (m)
- El crecimiento del tronco/Área seccional del tronco (AST), aplicando la ecuación descrita por Maldera, (2021):

$$\text{AST (cm}^2\text{)} = \pi * (\text{diámetro del tronco}^2) / 4$$

4.8. Análisis de los datos

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y si se registraron diferencias significativas, se comparó las medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico INFOSTAT® (Di Rienzo *et al.*, 2008).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Seguimiento de la fenología floral del almendro

La fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente en función de las estaciones y que tienen relación con el clima y con el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar. Se trata de una disciplina descriptiva y de observación que requiere de un método y precisión en el campo (De Cara García y Ruiz, 2008).

La fase fenológica es un fenómeno biológico observable que constituye un cambio o transformación de tipo morfofisiológico, que sucede en un período de tiempo, generalmente en días o semanas. Las fases o estados observadas tradicionalmente son: brotación, floración, fructificación y maduración, cambio de color y caída de hojas, etc. La fenología de las plantas está fuertemente controlada por el clima (Cosmulescu *et al.*, 2022) y el uso de las escalas fenológicas (Ibañez *et al.*, 2022).

La fenología del almendro, principalmente las etapas de floración y cuajado, son procesos claves para determinar el rendimiento, ya que la ocurrencia de condiciones climáticas adversas durante estas etapas críticas, tiene un mayor impacto en la producción (Lorite *et al.*, 2020; Arroyo *et al.*, 2022). En la tabla 7, se presentan los resultados del seguimiento de los estados fenológicos de las variedades de almendro bajo estudio, durante la temporada 2022/23, según la escala de Felipe (1977). En el primer registro (2/9), las variedades Marinada y Penta presentaron un estado más avanzado que Mardía, donde se observaron los estambres (Fig. 17 E). En los siguientes registros las diferencias en los estados fenológicos se mantuvieron entre las variedades. En el último registro (3/10), la variedad Marinada finalizó con el estadio de fruto tierno (Fig. 17 I), mientras que Mardía con fruto cuajado (Fig. 17 H), y Penta con los estados de fruto cuajado y tierno (Fig. 17 H I). En el seguimiento fenológico realizado por Ibañez *et al.*, (2022), sobre una colección de variedades de almendro de floración tardía, determinaron que la variedad Marinada presentó el estado de flor abierta entre la segunda y la tercera semana del mes de septiembre, para las condiciones climáticas de la provincia de San Juan.

Tabla 7. Seguimiento de los estados fenológicos del almendro, registrados durante la temporada 2022/23, en el Valle Inferior del río Negro.

| Variedad | Fechas de registro | | | | |
|-----------------|--------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2/9/2022 | 8/9/2022 | 15/9/2022 | 27/9/2022 | 3/10/2022 |
| Marinada | E | F | G | H-I | I |
| Mardía | B | E-F | F | G | H |
| Penta | E | F | F-G | H | H-I |



B: Yema Hinchada



E: Se ven los estambres



F: Flor abierta



G: Caída de pétalos



H: Fruto cuajado



I: Fruto tierno

Figura 17. Estados fenológicos del almendro, registrados durante la temporada 2022/23, en el Valle Inferior del río Negro, para las variedades Marinada, Mardía y Penta.

Iannamico (2015), registró las fechas de inicio y fin de floración promedio en el Alto Valle de Río Negro (Allen) (1978/2014), sobre una colección de variedades de

almendro y determinó que la variedad *Mardía* inicia la floración el 14 de septiembre y finaliza el 29 de septiembre. Si bien, los resultados obtenidos por este autor corresponden a condiciones agroclimáticas distintas a las de Valle Inferior, pero son antecedentes orientativos de la región y este trabajo demuestra que el inicio de la floración sucedió antes de la fecha comunicada. Los datos obtenidos de una sola temporada son orientativos o una base de registros para futuras observaciones fenológicas.

Los resultados obtenidos bajo las condiciones climáticas de la temporada 2022/23, en el Valle Inferior, permiten inferir que la floración de las variedades en estudio se produce entre los meses de septiembre y octubre. Las variedades más tempranas en florecer son *Marinada* y *Penta*, y la más tardía la variedad *Mardía*.

Al comparar las temperaturas mínimas (menores a 0 °C) registradas con las observaciones fenológica, se registraron dos eventos de heladas (2/9 y 10/9, Fig. 10) y los valores que se registraron fueron -1,9 °C y -0,2 °C. Estas ocurrencias de heladas podrían haber provocado daños en las variedades *Marinada* y *Penta*, que presentaron un estadio más avanzado que *Mardía* (Tabla 7). Diversas investigaciones han indicado la sensibilidad del cultivo del almendro a las heladas. Felipe (1988) reportó graves pérdidas en la producción a una temperatura de -2,5 °C, Kodad et al. (2010), reportaron daños causados por temperaturas entre -2 y -3 °C durante la etapa de floración, mientras que Snyder y Connell (1996) y Miranda et al. (2005), indicaron los períodos de mayor sensibilidad a los eventos de heladas y registrando un 100 % de daños a temperaturas alrededor de -5 y -3,8 °C durante la floración y el cuajado, respectivamente. Existen diferencias significativas en la tolerancia a las heladas, en la etapa fenológica “H”, entre los cultivares de almendros europeos, para producir más del 90 % del daño, en esta etapa son necesarios -5 °C (Masip *et al.*, 2017).

5.2. Maduración del fruto en la planta

A diferencia de otras especies del género *Prunus*, el fruto del almendro es una drupa que no presenta un engrosamiento del mesocarpo en la última fase del desarrollo del fruto. Este está formado por tres partes: exocarpo, mesocarpo y endocarpo. En el proceso de madurez, el mesocarpo se separa longitudinalmente por la sutura ventral, dejando al descubierto el endocarpo (Fig. 18.) La separación entre estas estructuras ocurre cuando

el fruto alcanza la maduración (Felipe, 2000).



Figura 18. Almendras con apertura de mesocarpo.

Fuente: Foto del autor.

En la tabla 8, se presentan los resultados de las observaciones realizadas sobre la apertura del pelón (mesocarpo). Las variedades Marinada y Penta iniciaron con categoría 2 (50 % con pelón abierto), mientras que Mardía registró esta categoría en la cuarta fecha de observación (9/3). Sin embargo, la variedad Penta presentó un mayor porcentaje de apertura del pelón en la tercera observación (2/3) (75-99 % con pelón abierto), esta categoría se mantuvo hasta la última observación.

Tabla 8. Registro del seguimiento de maduración de los frutos durante la temporada 2022/23, en el Valle Inferior del río Negro.

| Variedad | Fechas de registro | | | | | |
|-----------------|--------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | 7/2/2023 | 24/2/2023 | 2/3/2023 | 9/3/2023 | 16/3/2023 | 22/3/2023 |
| Marinada | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| Mardía | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| Penta | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Escala de maduración del fruto: 0: pelón cerrado; 1:25 % pelón abierto; 2: 50 % pelón abierto; 3:75-99 % pelón abierto y 4: 100 % pelón abierto.

Si bien, la variedad Penta registró una mayor precocidad en la maduración, las variedades Marinada y Mardía se diferenciaron por presentar un mayor porcentaje de apertura del pelón al finalizar la etapa de maduración (Tabla 8).

Investigaciones realizadas por Gonzales y Palacios (2023), en España, determinaron que la variedad Penta presenta una maduración temprana en comparación con otras variedades. Vargas (2010), caracterizó a la variedad Marinada de maduración intermedia. Los resultados obtenidos en la temporada productiva 2022/23, permiten demostrar que la maduración de los frutos fue más temprana en la variedad Penta, intermedia en Marinada, y más tardía en Mardía. Estos resultados preliminares indican la existencia de una cierta variabilidad en la duración de la maduración de la almendra.

Por lo general, las explotaciones de pequeñas superficies prefieren que las variedades maduren en fechas similares y las grandes explotaciones que sea de manera escalonada, para favorecer las labores de cosecha y postcosecha (Vargas y Romero, 2007).

5.3. Caracteres biométricos (cuantitativos) del fruto

El estudio de las variables cuantitativas del fruto nos permite identificar las características productivas que presentan las diferentes variedades del almendro en condiciones agroclimáticas de una determinada localidad y obtener datos que permitan caracterizar los parámetros más exigentes para la comercialización y la rentabilidad en la producción. Las variables más importantes son: tamaño, peso, el rendimiento al descascarado del fruto, el rendimiento por hectárea y la entrada en producción.

Existe una variabilidad de los parámetros del fruto entre las diversas variedades, por la gran diversidad genética (Szikriszt *et al.*, 2011; Sana *et al.*, 2021) y el potencial productivo está determinado por su adaptación a las condiciones edafoclimáticas (Montesinos *et al.*, 2021). La producción de almendras en los últimos años se ha incrementado por diferentes factores. En primer lugar, por la innovación varietal, con nuevos portainjertos, variedades autofértiles y floración tardía. El segundo aspecto ha sido la evolución en las técnicas de manejo del cultivo: nuevos sistemas de conducción, marcos de plantación, poda, mecanización en la recolección, mejora en la fertilización y riego, control de plagas y enfermedades. La innovación varietal ha permitido que el cultivo se desplace a zonas no tradicionales de producción como el Valle Inferior de Río Negro, por lo tanto, es importante la caracterización de los principales parámetros de calidad y rendimiento del cultivo. A continuación, se describen los principales resultados obtenidos de las variables agronómicas de las variedades Marinada, Mardía y Penta.

5.3.1. Cantidad de frutos por planta para cada variedad

Los resultados obtenidos del promedio de frutos por planta para cada variedad, registraron diferencias significativas entre variedades ($p < 0,0001$) (Fig. 19), obteniendo mayor número de frutos la variedad Marinada (121 frutos/planta) seguido de Penta (44 frutos/planta) y menor cantidad en la variedad Mardía (9 frutos/planta).

Al momento de la recolección de los frutos, la colección de variedades tenía tres años de implantadas, con estos resultados demuestran que la variedad Marinada inicia su producción antes que las otras variedades y obtiene la primera cosecha que podría ser comercial. Teniendo en cuenta una densidad de plantación media-alta (5 m x 5 m, 400 plantas/hectárea) se obtendría una mayor cantidad de frutos por hectárea (48.400 frutos/ha). La productividad de un monte de almendro es variable y depende de diversos factores, principalmente del manejo nutricional e hídrico, sanidad, poda y conducción. El inicio de producción comienza en el segundo año de implantación. Mientras que la primera cosecha comercial importante es al tercer año (en plantaciones de alta densidad y con la implementación de prácticas de manejo adecuadas) (Iannamico, 2015).

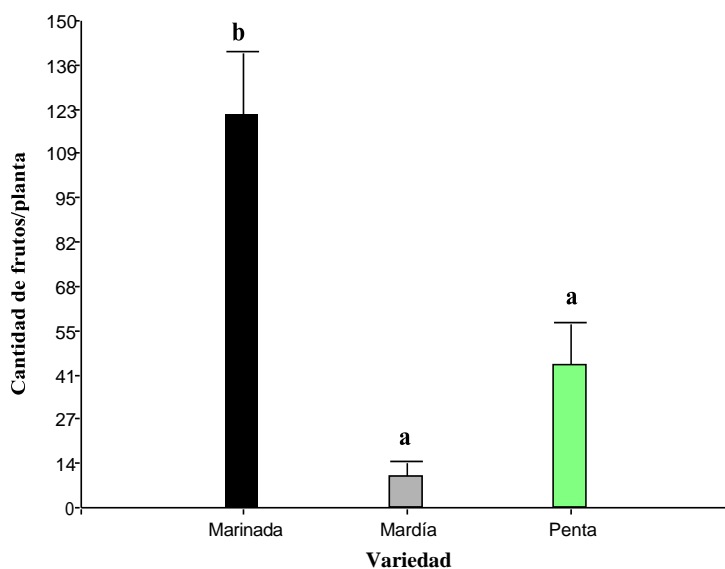


Figura 19. Promedio de cantidad de frutos por planta para las variedades Marinada, Mardía y Penta, registrados en la temporada 2022/23, en el Valle Inferior del río Negro. Las barras con letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

5.3.2. Porcentaje de frutos con “pelón” cerrado a cosecha

En la figura 20, se presenta los resultados de porcentaje de frutos con mesocarpo (pelón) adherido, total o parcialmente con la sutura abierta. La variedad Mardía registró un mayor porcentaje, mientras que en Marinada y Penta los valores fueron similares. Esta variable registrada es importante para organizar las diversas etapas de postcosecha como el despelonado y el tiempo de secado.

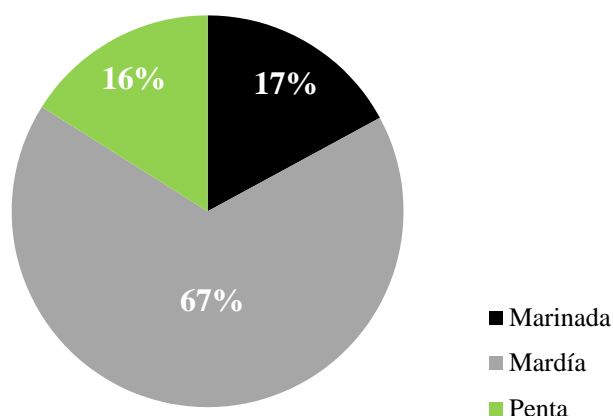


Figura 20. Porcentaje de frutos con pelón cerrados registrados en temporada 2022/23 en el Valle Inferior del río Negro, para las variedades Marinada, Mardía y Penta.

5.3.3. Peso de frutos por planta para cada variedad

En la figura 21, se presentan los resultados obtenidos del peso de los frutos por planta para cada variedad en la temporada productiva 2022/23, en el Valle Inferior del río Negro. La variedad Marinada registró el mayor peso de frutos (331 g/planta), presentando diferencias significativas ($p = 0,0001$) con las variedades Mardía (40 g/planta) y Penta (136 g/planta). Datos obtenidos por Vargas *et al.* (2005), en plantas reinjertadas después de dos años, obtuvieron un promedio de 1.670 g/planta para la variedad Marinada. Sin embargo, Ibañez *et al.* (2022) registró valores inferiores para esta variedad (70 g/planta), en plantaciones de tres años de edad.

La escasa producción de frutos en las variedades Mardía y Penta, puede deberse al efecto de las bajas temperaturas ambientales sobre las estructuras florales (Ortega *et al.*, 2004; Sorkheh *et al.*, 2018), a las interacciones genéticas entre el cuaje y la caída de frutos (Lordan *et al.*, 2021) y/o a otros factores fisiológicos y ambientales. La variedad

Marinada, según los resultados obtenidos en este trabajo, inicio primero la floración y estuvo más expuesta a las heladas, sin embargo, obtuvo un mayor peso y cantidad de frutos por planta. Si bien, estos datos corresponden a una sola temporada de evaluación, podrían existir otros factores morfológicos o fisiológicos a indagar en futuras investigaciones sobre la susceptibilidad a bajas temperaturas y al daño de tejidos.

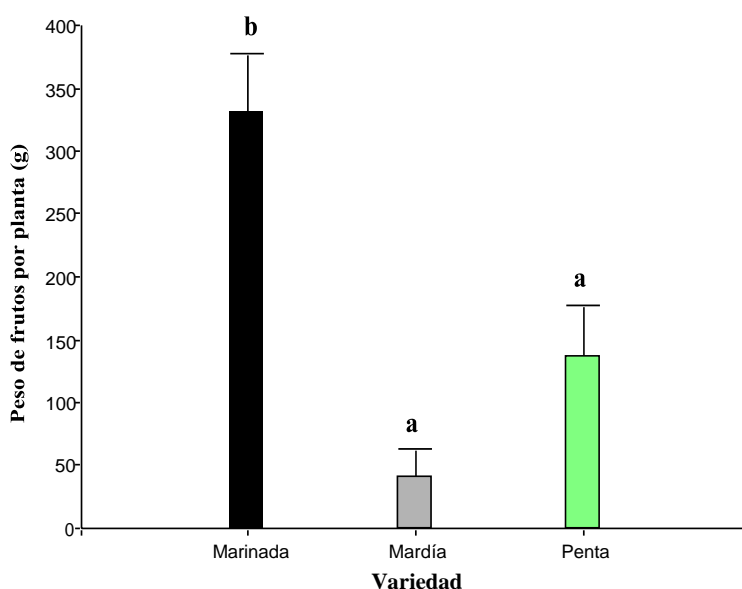


Figura 21. Peso promedio de frutos por planta para las variedades Marinada, Mardía y Penta, registrados en la temporada 2022/23, en el Valle Inferior del río Negro. Las barras con letras distintas indican diferencias según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Los rendimientos por hectárea que se obtendrían, según el peso por planta para cada variedad, con una densidad de 400 plantas (5 m x 5 m), serían de: Marinada 132 kg, Penta 54 kg y Mardía 16 kg.

5.3.4. Peso promedio del fruto para cada variedad

Los resultados del peso por fruto no registraron diferencias significativas ($p = 0,1833$) entre las variedades (Tabla 9). En otras investigaciones reportaron valores superiores para la variedad Marinada (4,3 g) (Vargas y Romero, 2007) y Mardía (5,13 g) (Alonso Segura *et al.*, 2014). Para la variedad Penta se reportaron valores similares a los resultados obtenidos en esta tesis (3,11 g) (Elguea Blanco, 2015).

Tabla 9. Peso promedio por fruto para cada variedad registrados en temporada 2022/23 en el Valle Inferior del río Negro.

| Variedad | Peso promedio por fruto (g) |
|-----------------|------------------------------------|
| Marinada | 3,34 ± 0,78 a |
| Mardía | 3,78 ± 0,45 a |
| Penta | 3,18 ± 0,42 a |

Columnas con letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$). \pm = desvío estándar.

5.3.5. Tamaño del fruto

El tamaño y la forma de la almendra con cáscara es de gran importancia en el proceso de selección por su correlación con el tamaño y la forma de la semilla (Sepahvand *et al.*, 2015). La forma del fruto y de la semilla presenta un rango de variabilidad, desde redondo a largo y se considera una característica varietal (Kodad, 2006; Demir *et al.*, 2019).

Los resultados de la caracterización del fruto se presentan en la figura 22. El análisis estadístico realizado sobre la longitud del fruto determinó que entre variedades no se registraron diferencias significativas ($p = 0,5332$), los valores fueron similares (Marinada: 3,35 cm, Penta: 3,36 cm y Mardía: 3,45 cm). Sin embargo, el ancho del fruto fue mayor en la variedad Mardía (2,28 cm), presentado diferencias con Marinada y Penta ($p = 0,0204$). Para la variedad Mardía se reportó una longitud de 3,55 cm y un ancho de 2,63 cm (Alonso Segura, 2014). En el espesor del fruto, se registraron diferencias entre las variedades ($p = 0,0183$), Mardía registró el mayor valor (1,71 cm) mientras que el menor lo obtuvo Penta (1,52 cm).

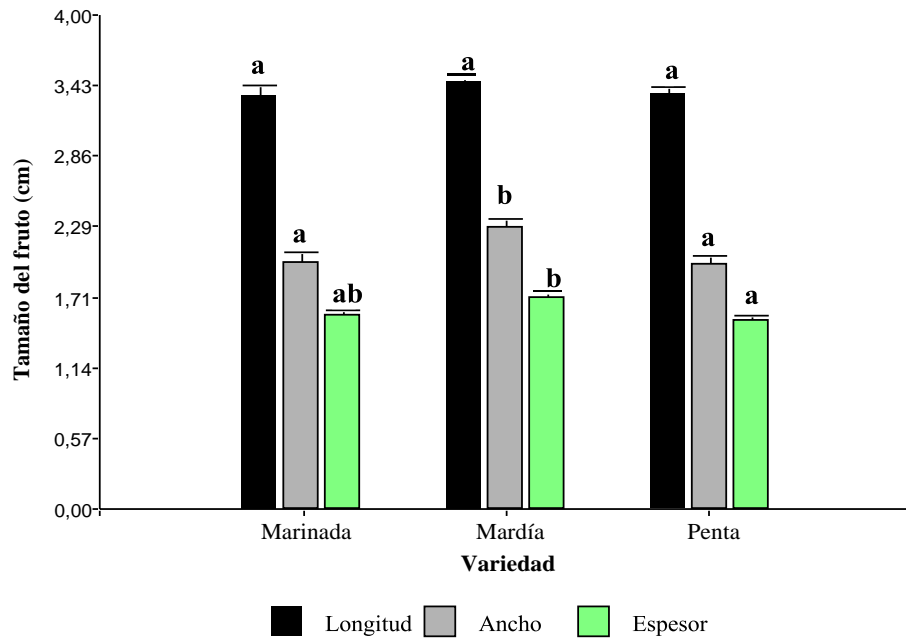


Figura 22. Tamaño del fruto para las variedades Marinada, Mardía y Penta, registrados en la temporada 2020/23 en el Valle Inferior del río Negro. Las barras con letras distintas indican diferencias según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Con respecto a la forma del fruto, la variedad Marinada y Mardía fue acorazado, mientras que la variedad Penta alargado (Fig. 23), característica similar fueron reportados por Vargas (2005) y Celada Carmona (2021).

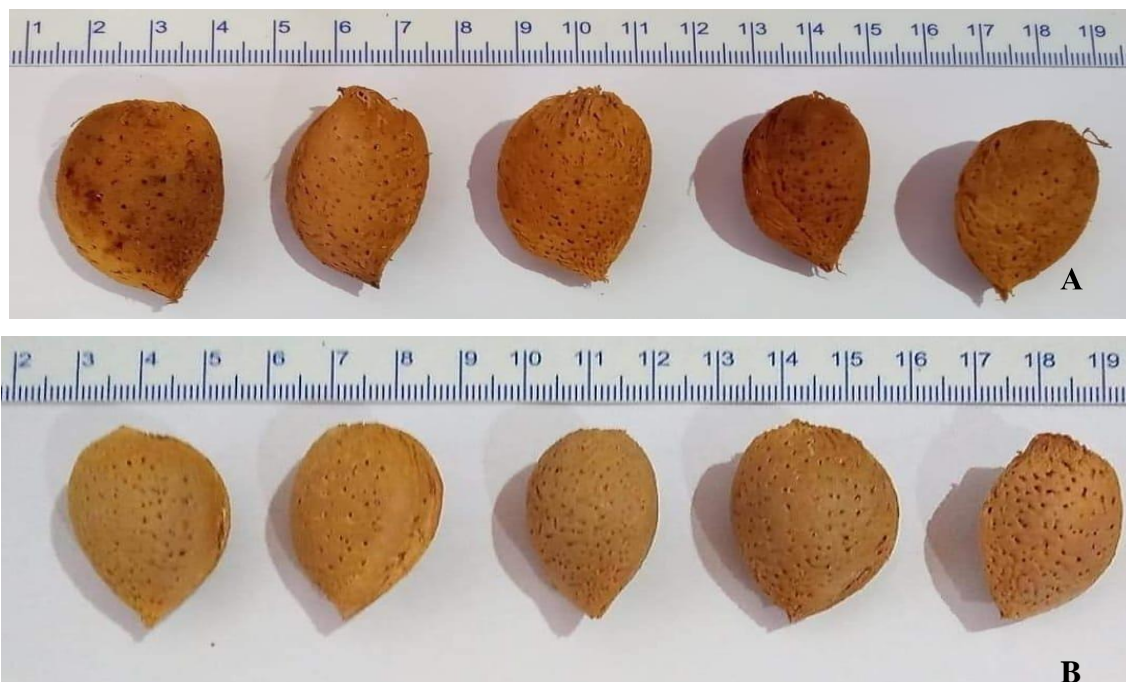




Figura 23. Forma de la almendra, variedad Marinada (A) y Mardía (B) acorazada, variedad Penta (C) alargada. Fotos del autor.

5.3.6. Peso de la semilla

La parte comestible de la almendra es la pepita o semilla y sus parámetros físicos definen las características comerciales. Por ello, una gran parte de las investigaciones se dedicaron a registrar la forma, peso promedio y el tamaño de la semilla (Vargas *et al.*, 2008; Arquero, 2013; Holland *et al.*, 2016; Ibañez *et al.*, 2022; Namozov and Yuldashov, 2023).

En la figura 24 se presentan los resultados del peso de la semilla, para la temporada 2022/2023. Los análisis estadísticos no registraron diferencias significativas ($p = 0,3041$) entre las variedades, los valores fueron similares: Marinada 1,20 g, Mardía 1,27 g y Penta 1,13 g. Resultados similares fueron reportado por Arquero (2013) (Marinada: 1,30 g, Mardía: 1,20 g y Penta: 1,00 g), mientras que Ibañez *et al.*, (2022) registraron un peso promedio inferior de semilla (1,08 g) en la variedad Marinada. Para Mardía Alonso Segura (2014) registró un peso de 1,51 g, (Lipan *et al.*, 2022) 1,54 g y para la variedad Penta 1,24 g. López Fuster y Peña de la Fuente (2019), reportaron valores entre 0,8-1 g para las variedades Mardía y Penta.

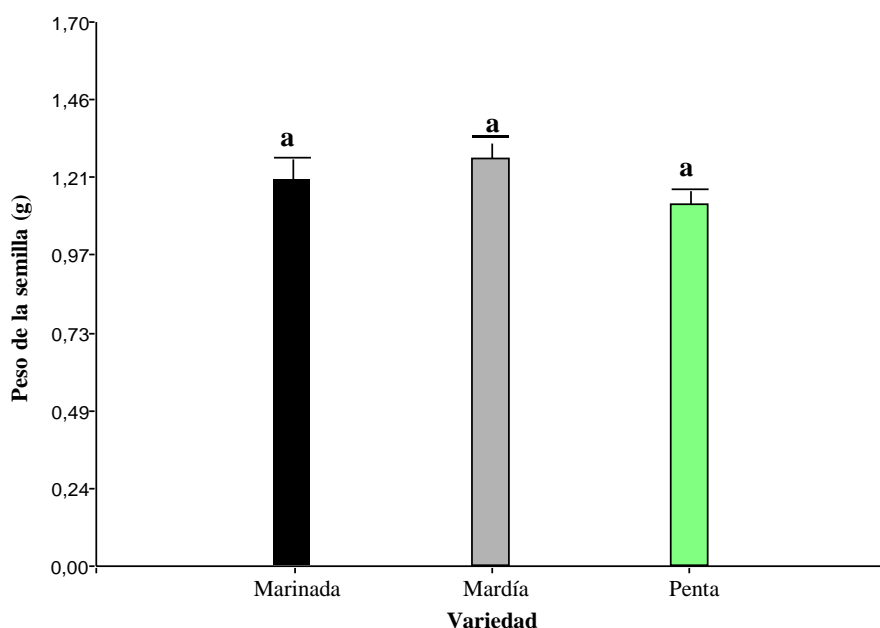


Figura 24. Peso promedio de la semilla para las variedades Marinada, Mardía y Penta, registrados en la temporada 2022/23, en el Valle Inferior del río Negro. Las barras con letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

5.3.7. Tamaño de la semilla

Los resultados del tamaño de la semilla fueron similares para las variables longitud y espesor (Fig. 25). Los análisis estadísticos realizados sobre estos parámetros no registraron diferencias entre las variedades (longitud de la semilla $p = 0,5154$; espesor de la semilla $p = 0,3280$). La longitud de la semilla que registró Marinada fue 2,28 cm, Mardía 2,35 cm y Penta 2,29 cm. Lipan *et al.*, (2022), registraron valores similares para Penta y Marinada (2,21 cm y 2,36 cm, respectivamente) y Alonso Segura, (2014) para la variedad Mardía registro 2,59 cm. Los valores del espesor de la semilla de las variedades oscilaron entre 0,84-0,86 cm.

El ANOVA realizado sobre los datos del ancho de la semilla registraron diferencias entre las variedades ($p = 0,0114$), siendo mayor en Mardía (1,34 cm), mientras que en Marinada y Penta fueron similares (1,19 cm) (Fig. 25). En la caracterización del ancho de la semilla, se han reportado para la variedad Marinada 1,56 cm, para Mardía 1,65 cm y en Penta 1,27 cm (Alonso Segura, 2014; Lipan *et al.*, 2022).

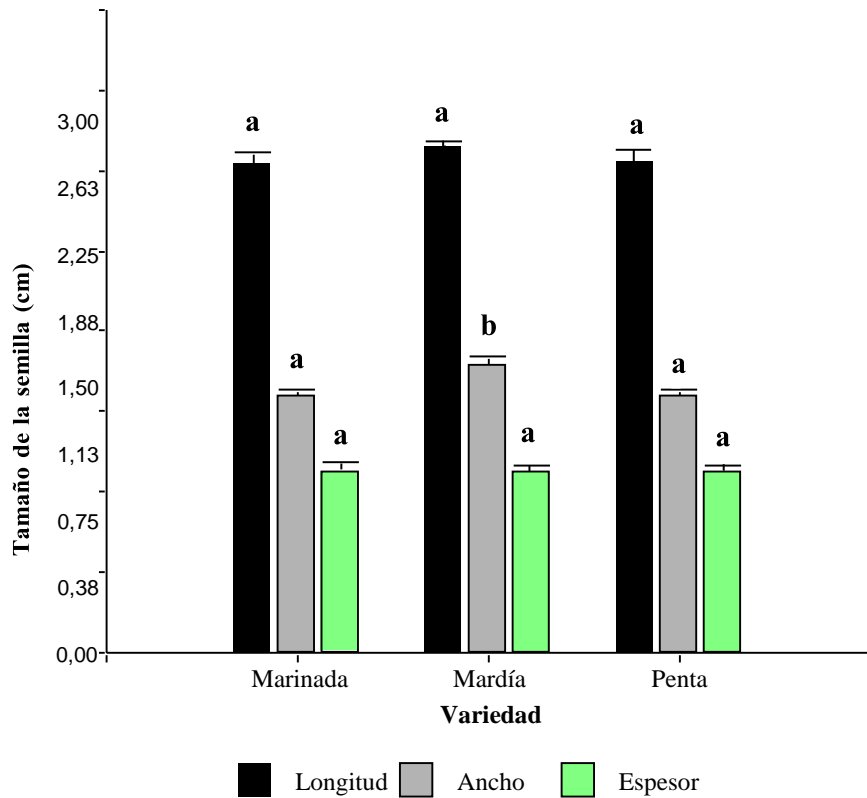


Figura 25. Tamaño promedio de la semilla para las variedades Marinada, Mardía y Penta, registrados en la temporada 2022/23 en el Valle Inferior del río Negro. Las barras con letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

5.3.8. Rendimiento al descascarado.

El rendimiento al descascarado es un parámetro de calidad del fruto que tiene mucho interés por la utilización de la materia prima en la industria, para los procesos de manipulación y transformación de la semilla. El rendimiento es la relación entre el peso de la almendra con cáscara y el peso de la semilla entera que contiene y este valor es inversamente proporcional a la dureza de la cáscara, distinguiéndose entre variedades de cáscara dura y cáscara blanda.

Los resultados obtenidos del rendimiento al descascarado en la temporada 2022/23, no registraron diferencias significativas entre las variedades ($p = 0,4303$). Sin embargo, Marinada presentó una tendencia a registrar un mayor rendimiento (Tabla 10). Valores inferiores fueron reportados para la variedad Penta (27 %) (Dicenta *et al.*, 2017; Celada Carmona, 2021) y las variedades Marinada y Mardía (31 %, 24 %, respectivamente) (Romero *et al.*, 2017; Celada Carmona, 2021).

Tabla 10. Rendimiento al descascarado para cada variedad, registrados en temporada 2022/23 en el Valle Inferior del río Negro.

| Variedad | Rendimiento al descascarado (%) |
|-----------------|--|
| Marinada | 37,39 ± 7,15 a |
| Mardía | 33,77 ± 2,61 a |
| Penta | 35,77 ± 3,35 a |

Columnas con letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$). ±= desvío estándar.

5.4. Crecimiento vegetativo anual

Los resultados de los análisis estadísticos realizado sobre la variable ancho de copa, no registraron diferencias significativas entre las variedades ($p = 0,3793$), valores similares presentaron Marinada, Mardía y Penta. En el largo de la copa, se observaron diferencias entre las variedades ($p = 0,0379$), siendo menor en Penta (2,23 m) y mayor en Mardía (2,75 m) (Tabla 11).

Tabla 11. Crecimiento vegetativo anual para cada variedad, registrados en temporada 2022/23 en el Valle Inferior del río Negro.

| Variedad | Parámetros de crecimiento vegetativo | |
|-----------------|---|-------------------|
| | Ancho de copa (m) | Largo de copa (m) |
| Marinada | 2,60 ± 0,55 a | 2,59 ± 0,28 ab |
| Mardía | 2,69 ± 0,34 a | 2,75 ± 0,31 b |
| Penta | 2,34 ± 0,61 a | 2,23 ± 0,54 a |

Columnas con letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$). ±= desvío estándar.

5.4.1 Crecimiento de área seccional del tronco

El Área Seccional del Tronco (AST), es un factor que debe considerarse para planificar el manejo cultural de las plantaciones de almendros. Es un parámetro que se correlaciona con la producción, cuando este aumenta se produce un incremento en la producción del árbol. En la figura 26, se presenta los resultados obtenidos del AST, entre las variedades no registraron diferencias para este parámetro ($p = 0,1117$). Valores superiores fueron reportados por Ibañez et al. (2022) para la variedad Marinada.

En esta investigación, Marinada registró una tendencia de mayor crecimiento, lo cual podría explicar las diferencias registradas en el peso de frutos por planta respecto de las otras variedades (Fig. 21). Vargas *et al.*, (2010), describen que las variedades Marinada, Tarraco y Vairo registraron un buen crecimiento vegetativo, son árboles vigorosos y de precoz entrada en producción.

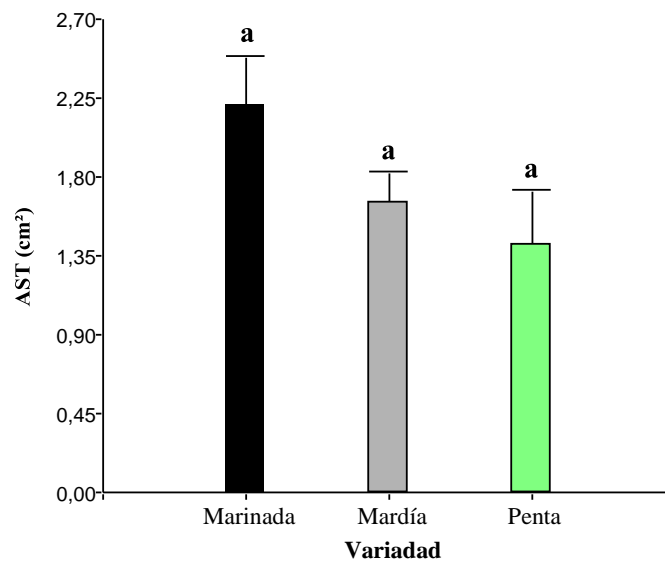


Figura 26. Análisis de crecimiento de área seccional del tronco por variedad, registrados en la temporada 2022/23 en el Valle inferior del río Negro. Las barras con letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

6. CONCLUSIONES

La implantación del cultivo de almendro requiere de un elevado costo de inversión a corto y largo plazo, el rendimiento y la calidad del producto final depende ampliamente del material (variedad) utilizado, de las labores culturales empleados y principalmente de las condiciones climáticas. En este sentido la elección de los materiales que respondan bien a las condiciones agroclimáticas locales es fundamental para el logro de buenos resultados económicos.

Es importante para el productor disponer de datos experimentales que le permitan seleccionar variedades de mejor comportamiento o que registren menos daños ante la ocurrencia de heladas tardías (fines del invierno y principio de la primavera), que limitan la expansión de la producción del almendro en el Valle Inferior del río Negro.

En el seguimiento de los estados fenológicos de las variedades consideradas de floración extra-tardía se producen entre los meses de septiembre y octubre, inicia y finaliza antes la etapa de floración en las variedades Marinada y Penta (inicia:02/9 y finaliza:15/09), coincidiendo con la ocurrencia de heladas primaverales que podrían generar daños sobre sus estructuras florales. Mientras que, la floración de Mardía fue más tardía (inicia: 08/09 y finaliza: 27/09) y sus estructuras florales podrían estar menos expuestas a las heladas. En el cuajado del fruto también se observó el mismo comportamiento entre las variedades, siendo un aspecto relevante a considerar con la frecuencia de las heladas tardías registradas en el Valle Inferior.

En la maduración de los frutos, las variedades Marinada y Penta fueron más precoces en la apertura del pelón y finalizaron con un mayor porcentaje de pelón abierto. La variedad Mardía presentó un mayor porcentaje a cosecha con mesocarpo (pelón) adherido total o parcialmente al fruto. Este comportamiento sería desfavorable para los procesos de postcosecha (despelsonado y tiempo de secado).

Al analizar las características cuantitativas de las tres variedades se determinó que Marinada registró un mayor peso y cantidad de frutos por planta y su rendimiento potencial en por hectárea sería mayor al tercer año de su implantación. Es importante nuevamente destacar, que esta variedad inicio antes la floración y que la ocurrencia de heladas podría haber generado una menor producción, pero los resultados demostraron

lo contrario. Podrían existir otros factores o características propias del material vegetal que permita disminuir los daños ocasionado por las heladas.

En los parámetros comparativos del fruto, en el peso las tres variedades registraron valores similares. El tamaño, ancho y espesor fue mayor en la variedad *Mardía*, mientras que la longitud fue similar entre las variedades.

El peso de la semilla fue similar entre variedades, mientras que el tamaño y el ancho de la variedad *Mardía* mostro mayor valor, siendo este un carácter demandado por el mercado y/o industria.

La variedad *Marinada* registró el mayor rendimiento al descascarado, que los reportados por otros autores, lo que la posiciona como una opción atractiva para la comercialización sin cáscara o para la industria.

En el crecimiento vegetativo anual, la variedad *Mardía* registró un largo de copa mayor que las otras variedades. En el crecimiento del área seccional del tronco los valores fueron similares para las tres variedades.

En este trabajo ha quedado demostrado que, bajo las condiciones climáticas de la temporada 2022/23 del Valle Inferior, las tres variedades de almendros de floración extra-tardía presentaron diferencias en algunas de sus características fenológicas y agronómicas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada en esta tesis. La variedad *Marinada* presenta atributos distintivos que podrían ser valiosos para futuras investigaciones referidos a caracteres productivos, fenológicos y como una propuesta diferente a las variedades utilizadas tradicionalmente en la inserción de este cultivo en el Valle.

Como conclusión final, tanto el tesista como los directores consideran importante expresar que es necesario investigaciones que inviertan tiempo y recursos en evaluar el cultivo del almendro, porque puede representar una alternativa de diversificación productiva interesante para la región en estudio.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso Segura, J. M., Kodad, O., Espada Carbó, J. L., & Andreu Lahoz, J. (2014). Nut size and blooming time in almond. https://citarea.cita-aragon.es/bitstream/10532/2604/1/2014_170.pdf
- Agustí, M. (2004). *Fruticultura* (2da. Ed.). Mundi-Prensa. 1- 449.
- Álvaro Gonzales, J. (2019). Fertibox-Analisis agrícolas. Recuperado el 29 de Mayo de 2023, de Fertibox-Analisis agrícolas: <https://www.fertibox.net/single-post/raspsi>
- Andrada, H. (1975). Adaptación del almendro en la provincia de San Juan. Estación Experimental Agropecuaria San Juan. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 1-11.
- Arroyo, F. T., Herencia, J. F., & Capote, N. (2022). Phenology, growth, and yield of almond cultivars under organic and conventional management in southwestern Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 20(3), e0901-e0901. <https://doi.org/10.5424/sjar/2022203-18828>
- Arquero, O. y Parra, M.A., (2013). Manual Cultivo de Almendros. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. 1-81. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Manual_del_almendro.pdf
- Barbaro, L., & Karlanian, M. (2019). Importancia del Ph y la conductividad eléctrica (CE) en sustratos para plantas. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Censo Nacional Agropecuario. (2018). INDEC. Argentina. Buenos Aires.
- Castro Salas, J. (2003). El cultivo del almendro <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/32108/NR10489.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, V., & Alday, S. (2017). Reporte sobre el efecto de helada tardía en el rendimiento de almendro variedad Guara. Pocito: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Castro, V., & Borghi, C. (2018). Evaluación de cultivares de almendros autofértiles "Guara" y "Marinada" bajo un sistema de producción moderno en el departamento de Pocito San Juan. Pocito: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- CebasFruit. (2023). Variedades de almendro de cebasfruit. Espinardo, España.

<https://cebasfruit.com/almendros/>

- Celada Carmona, M. (2021). Plantación de almendros en ecológico, en Olías del Rey (Toledo) 8, 5 ha (Master dissertation, Agronomica).
- Chaar, E. (2022). Determinación de los requerimientos térmicos otoño-invernales en el almendro (*Prunus amygdalus* Batch). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.1-12.
<https://revistasacademicas.uco.mx/index.php/agropecuaria/article/view/425/316>
- Coniglio, M. (2008). Frutos secos: El cultivo del almendro "Una actividad alternativa". Area de Fruticultura. Revista Agronegocios de la Facultad. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- Demir, B., Sayinci, B., Çetin, N., Yaman, M., & Çömlek, R. (2019). Shape discrimination of almond cultivars by Elliptic Fourier Descriptors. *Erwerbs-Obstbau*, 61(3), 245-256. <https://doi.org/10.1007/s10341-019-00423-7>
- De Rossi, R., Di Masi, S., Fernández, D., Gallina, M. (2023). Guías de plagas y enfermedades observadas y agroquímicos registrados para su control en ocho cultivos frutícolas de la Patagonia norte. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Consejo internacional de frutos secos (2023). Estadísticas de Frutos Secos. Londres.
- Del Barrio, R., & Martin, D. (2011). Aptitud agroclimática del Valle Inferior de Río Negro para los cultivos de avellanos y nogal. Viedma: Revista Pilquen.
- Dicenta, F., Ortega, E., Martínez-Gómez, P., Sánchez-Pérez, R., Martínez-García, P. J., Cremades, T., & Egea, J. (2010). Almond breeding programme in CEBAS-CSIC, in Murcia (Spain). *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires*
- Elguea Blanco, J. A. (2015). Variedades de almendro. *Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente Sección de Transferencia e Innovación Agraria. Méditerranéens*, (94), 215-219.
- FAO. (2021). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
<https://www.fao.org/home/es#:~:text=La%20FAO%20trabaja%20con%20gobiernos,millones%20de%20personas%20padezcan%20hambre.>
- Felipe, A. I. (1988). Observaciones sobre comportamiento frente a heladas tardías en almendro. *Rep, EUR 11557*,123-130.
- Felipe, A. (2000) El Almendro. I El Material Vegetal. Tárrega (Lleida), España. INTEGRUM. 2000.

- Ferran, F., & Lastiri, S. (2011). Diseño y Evaluación de proyectos Agroindustriales "Producción de Almendros". La Pampa.
- García, J. A., & Ruiz, C. (2008). Adaptación del código BBCH a la observación fenológica de la AEMET. Acta de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española, (30). <https://pub.ame-web.org/index.php/JRD/article/view/2207/2417>
- Gamarra, C., & Isabel, L. (2015). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. Asunción.
- González, M., & Palacios, M. (2022). Morfología del almendro: detalles de floración. Obtenido de Synergynuts: <https://synergynuts.upct.es/almendro/flor-floracion-almendro/>
- Guillamón, J., Egea, J., & Mañas, F. (2022). Risk of extreme early frosts in almond . Horticulturae, 8(8), 687.
- Holland, D., Bar-Ya'akov, I., Hatib, K., & Birger, R. (2016). 'Matan', a new self-compatible almond cultivar with high-quality kernel and good yield. HortScience, 51(3), 302-304.
- Iannamico, L. (2015). Cultivo de almendro. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 1-7.
- IDEVI. (2010). El proyecto. Nota en página web institucional del instituto de Desarrollo del Valle Inferior.
- Ibañez, A., & Carrizo, J. (2022). Fenología y características agronómicas de almendros en una zona árida. Catamarca.
- Egea, J., Ortega, E., Martínez-Gómez, P., & Dicenta, F. (2003). Chilling and heat requirements of almond cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany*, 50(1), 79-85.
- Kaster, D. (1990). Almonds (Prunus). Acta Hort, 290: 699-758.
- Kaster, D. (1991). Almonds, genetic resources of temperate fruit and nut crops, 290: 701-760.
- Kodad, O., y Socias i Company, R. (2005). Daños diferenciales por heladas en flores y frutos y criterios de selección para la tolerancia a heladas en el almendro, (4), 349-363. https://citarea.cita-aragon.es/bitstream/10532/1160/1/10532-1065_10.pdf

- Kodad, O. (2006). Criterios de selección y evaluación de nuevas obtenciones autocompatibles en un programa de mejora genética del almendro (*Prunus amygdalus* Batsch). Tesis de Posgrado. Zaragoza.
- Kodad, O., Alonso, J. M., i Martí, A. F., Oliveira, M. M., & i Company, R. S. (2010). Molecular and physiological identification of new S-alleles associated with self- (in) compatibility in local Spanish almond cultivars. *Scientia horticulturae*, 123(3), 308-311.
- Leon Moreno, C. (2000). Propiedades de los suelos. *Corpoica*. 1-18. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17747>
- López Fuster, P., & Peña de la Fuente, M. (2019). El almendro. Guía práctica de cultivo. Ediciones Mundi-Prensa. 43-48.
- Lipan, L., Romero, A., Echeverria, G., Maldonado, M., Company, T., Escalona, J. M., ... & Miarnau, X. (2022). Native versus Modern Almond Cultivars of Mallorca Island: From Biodiversity to Industrial Aptitude and Fruit Quality. *Agronomy*, 12(8), 1933. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081933>.
- Lorite, I. J., Cabezas-Luque, J. M., Arquero, O., Gabaldón-Leal, C., Santos, C., Rodríguez, A., ... & Lovera, M. (2020). The role of phenology in the climate change impacts and adaptation strategies for tree crops: a case study on almond orchards in Southern Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 294, 108142.
- Lozano, C., & Lomba, R. (2022). Plagas y enfermedades del almendro. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal de Aragón. 1-18. <https://citarea.cita-aragon.es/citarea/handle/10532/6225>
- Martinez Serra, V. (2015). Evaluación de tratamientos fungicidas en el almendro. [Trabajo Final de Grado, Escola Tecnica Superior D'Enginyeria Agronomica I del Medi Natural]. Valencia. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54203/SERRA%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20tratamientos%20fungicidas%20en%20almen dro%20para%20la%20protecci%C3%B3n%20de%20heridas%20de%20poda%20of....pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Masip, D., Torguet, L., Batlle, I., Alegre, S., & Miarnau, X. (2017, November). Almond

- fruit tolerance to frost temperatures in new Spanish cultivars. In VII International Symposium on Almonds and Pistachios 1219 (pp. 67-72).
- Masotta, H. (1970). Reconocimiento detallado de suelos con fines de riego en el área de influencia del canal secundario. Instituto de Desarrollo del Valle Inferior. IDEVI. Estación Experimental de Riego Y Cultivos. 98.
- Matthäus, B., & Özcan, M. (2020). Quantification of sterol contents in almond (*Prunus amygdalus* L.). *Iran. J. Chem, Chem. Eng. Research Article* Vol, 39(2).
- Miranda, C., L.G. Santesteban and J.B. Royo (2005). Variability in the relationship between frost temperature and injury level for some cultivated almonds *Prunus* species, *Hort. Sci.*, 4(2): 357-361.
- Montesinos, Á., Thorp, G., Grimplet, J., & Rubio-Cabetas, M. J. (2021). Phenotyping almond orchards for architectural traits influenced by rootstock choice. *Horticulturae*, 7(7), 159. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070159>
- Moreno, P. (2019). Cadena de valor de la almendra. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca de la nación. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen%20Cadena_2019_ALMENDRA.pdf
- MPYA. (2022). Estrategia provincial para el sector agropecuario (EPSA). Viedma: Dirección de programas y proyectos sectoriales y especiales.
- Musi S, C. (2022). Caracterización de climática del Valle inferior de Río Negro. Informe Climático. Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior del Río Negro. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12467/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAValleinferior_Musi_Datos_climaticos_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Namozov, J., & Yuldashov, Y. (2023). Study on morphological parameters of the sweet almond nut (*Amygdalus communis* L.). In *E3S Web of Conferences* (Vol. 434, p. 03030). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403030>
- Nekazaritza, S. (2006). Poda de producción de frutales de pepita. Vizcaya: Departamento de agricultura. 1-10. https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO2/Temas/Pdf/agricultura/publicaciones/ca_Poda_produccion_frutales_pepitas.PDF?hash=00d6b3dde335a839c439490348aa3204

- Ortega, E. G. E. A. J., Egea, J., & Dicenta, F. (2004). Effective pollination period in almond cultivars. *HortScience*, 39(1), 19-22. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.1.19>
- Özcan, M. (2011). Characteristics of some almond kernel and oils. *Sci Hortic*. 127: 330-333.
- Pallardy, D. (2008). Reproductive growth. *Physiology of woody*. San Diego: Academic Press, p. 87-106.
- Perez, L. (1998). El cultivo del almendro. Michoacan: Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.
- Riquelme, F. (1993). Caracterización morfológica del almendro (*Amygdalus communis*). (Vol 6). Universidad de Castilla La Mancha.
- Romero, A. (2007). El almendro. Dossier tecnic.
- Romero, A., Batlle, I., & Miarnau, X. (2017, November). Almond physical traits affected by rootstocks in 'Marinada' cultivar. In VII International Symposium on Almonds and Pistachios 1219 (pp. 31-36). <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.2.535>
- Rosane, G. (2021). Potencialidad agroclimática de la provincia de La Pampa-Argentina para la producción de almendros de floración tardía. La Pampa.
- Rost, A., & Viana, C. (2018). Almendros: las ventajas que ofrece este cultivo y los cuidados que requiere. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina
- Rufat Lamarca, J. (2007). Fertilización del almendro. Cataluña: IRTA.
- Salazar, D., & Malgarejo, P. (2002). El cultivo del almendro. Madrid: Madrid A. Madrid Vicente Mundi Prensa.
- Saldivar, P. (2017). El almendro (*Amygdalus communis*). El cerrillo.
- Sana, S., Akhter, N., Amjum, F., Khan, S. G., & Akram, M. (2021). Genetic diversity in almond (*Prunus dulcis*).
- Sanchez, A., & Oliveira, M. (2005). S-alleles in self-compatible *Prunus webbii*. *Cah. Options Mediterr.* 63: 147-142.
- Sanchez, G. (2021). Introducción a nuevas variedades de almendro. Valle de Tulum. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Sepahvand, E., Khadivi-Khub, A., Momenpour, A., & Fallahi, E. (2015). Evaluation of

an almond collection using morphological variables to choose superior trees. *Fruits*, 70(1), 53-59. <https://doi.org/10.1051/fruits/2014044>

- Sorkheh, K., Azimkhani, R., Mehri, N., Chaleshtori, M. H., Halász, J., Ercisli, S., & Koubouris, G. C. (2018). Interactive effects of temperature and genotype on almond (*Prunus dulcis* L.) pollen germination and tube length. *Scientia horticulturae*, 227, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.037>
- Snyder, R.L., & Connell, J.H. (1996). Frost protection. In W.C. Micke (Ed.), *Almond production manual* (pp. 155–166). Berkley: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources
- Szikriszt, B., Hegedűs, A., & Halász, J. (2011). Review of genetic diversity studies in almond (*Prunus dulcis*). *Acta Agronomica Hungarica*, 59(4), 379-395.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, 38(1): 55-94.
- Vargas, F., Romero, M., Clavé, J., Vergés, J. Santos J. y Batlle, I. (2005). Nuevas variedades de almendro IRTA: ‘Vayro’, ‘Marinada’, ‘Constantí’ y ‘Tarraco’. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) Departament d’Arboricultura Mediterrània, Centre de Mas Bové. 1-2.
- Vargas, F., Romero, M., Clavé, J., Vergés, J., Santos, J., & Batlle, I. (2008). ‘Vayro’ ‘Marinada’, ‘Constantí’, and ‘Tarraco’ almonds. *HortScience*, 43(2), 535-537. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.2.535>
- Vargas, F.J., Romero, M.A., Clavé, J. & Batlle, I. (2010). Important traits in IRTA's new almond cultivars. *Australian Nut Grower* 24, 15-18.
- Villegas Nigra, M. (2018). Estrategia, innovación y nueva ruralidad en el Valle de Viedma (Rio Negro-República Argentina). *Territorios y producción en el noroeste de la Patagonia*. 48-49. ISBN 978- 987 -42-6628-6.
- Zelmer, H., & Lui, E. (2018). Los indicadores de desempeño como aporte a la gestión de riego: Estudio de canal secundario VII del Valle Inferior de Rio Negro. *Jornadas Patagónicas de Acceso y Gestión del Agua en la Agricultura Familiar, Neuquén*.