

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
ORIHUELA

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL



INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS FOLIAR Y DIAGNÓSTICO
NUTRICIONAL EN ALMENDRO
TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor: Pedro Pérez Burillo

Tutor/es: Juan José Martínez Nicolás

REFERENCIAS DEL TRABAJO FINAL DE CARRERA

Identificaciones:

Autor: Pedro Pérez Burillo.

Título: Interpretación de análisis foliar y diagnóstico nutricional en almendro.

Director del T.F.G.: Juan José Martínez Nicolás.

Año: 2017.

Titulación: Grado en Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental.

Palabras Clave:

Especie vegetal: Almendro (*Prunus dulcis* Mill.).

Varietades: Ferraduel, Ferragnés, Garrigues.

Termino municipal: Albacete (Catilla-La Mancha) y la Región de Murcia.

Tratamiento: Estadístico.

Otras palabras específicas: Análisis foliar, DRIS, CND.

Otros Datos:

Nº de citas bibliográficas: 35

Nº de fotografías: 2

Nº de gráficas: 13

Nº de tablas: 32

Nº de figuras: 19

RESUMEN

Para realizar una buena fertilización, es necesario conocer los niveles de cada nutriente que necesita la planta para establecer un valor óptimo. Para ello lo más habitual es realizar análisis foliares y disponer de métodos para su interpretación, como pueden ser los tradicionales mediante Rangos de Normalidad, o métodos más sofisticados como el DRIS y el CND entre otros.

En este trabajo se han facilitado 288 análisis de tres variedades de almendro como son Ferraduel, Ferragnes y Garrigues. El muestreo se realizó quincenalmente entre mayo y septiembre, por lo que se ha podido determinar el periodo óptimo para tomar las muestras. A partir de estos análisis se han obtenido las tablas de Rangos de Normalidad y las Normas DRIS y CND para las variedades Ferraduel, Ferragnes y Garrigues.



ABSTRACT

To perform a good fertilization, it is necessary to know the levels of each nutrient that the plant needs to establish an optimum value. For this, the most common is to perform foliar analysis and have methods for its interpretation, such as the traditional ones through ranges of normality, or more sophisticated methods such as DRIS and CND among others.

In this work 288 analyzes of three varieties of almond tree have been facilitated, such as Ferraduel, Ferragnes and Garrigues. Sampling was carried out biweekly between May and September, so that it was possible to determine the optimal period to take the samples. From these analyzes the tables of Normality Ranges and the DRIS and CND Norms for the Ferraduel, Ferragnes and Garrigues varieties have been obtained.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mi tutor Juan José Martínez Nicolás por su tiempo dedicado, ayuda y conocimientos aportados para realizar el trabajo.

También agradecer la colaboración de un antiguo alumno como es Helenio Giménez.

A mi familia, la cual me ha apoyado en estos años de carrera maravillosos y decir que sois un ejemplo a seguir.

Por último quiero acordarme de mis compañeros de clase y agradecerles los momentos vividos.



ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Importancia económica del Almendro	1
1.2. Aspectos generales del cultivo	10
1.2.1. Situación taxonómica	10
1.2.2. Descripción morfológica	10
1.2.2.1. Árbol.	10
1.2.2.2. Raíces.	10
1.2.2.3. Hojas.	10
1.2.2.4. Flores.	10
1.2.2.5. Fruto.	11
1.2.3. Fisiología del árbol.	11
1.2.3.1. Período juvenil.	11
1.2.3.2. Período de entrada en producción.	12
1.2.3.3. Período de plena producción.	12
1.2.3.4. Período de vejez.	12
1.2.4. Patrones de almendro.	13
1.2.4.1. Franco de almendro.	13
1.2.5. Variedades de almendro	14
1.2.5.1. Ferragnés.	14
1.2.5.1. Ferraduel.	15
1.2.5.2. Garrigués.	15
1.3. Requerimientos nutricionales del almendro	19
1.3.1. Estados fenológicos del almendro.	19
1.3.2. Criterios de fertilización	21
1.4. Diagnóstico de nutrición	22
1.4.1. Análisis foliar	22
1.4.1.1. Métodos de muestreo.	22
1.4.1.2. Interpretación del análisis foliar.	27
2. Objetivos	31
3. Materiales y métodos	33
3.1. Selección de parcelas	33
3.2. Material vegetal	33
3.3. Toma de muestras	33
3.4. Periodos de estabilidad y rangos de normalidad	34
3.5. Índice de desviación estándar (IDS)	35
3.6. Obtención de las Normas DRIS y CND	36
3.6.1. Normas DRIS	36
3.6.2. Normas CND.	38
3.7. Parámetros estadísticos empleados	40
3.7.1. Estadística básica.	40

3.7.2. Normalidad-----	43
3.7.3. Discriminación de varianzas-----	43
4. Resultados y discusión-----	48
4.1. Análisis de la varianza y contraste de rango múltiple-----	48
4.2. Elección de la época de muestreo-----	49
4.3. Rangos de Normalidad-----	51
4.3.1. Variedad Ferraduel.-----	51
Tabla 19. Rangos de Normalidad. Variedad Ferraduel-----	51
4.3.2. Variedad Ferragnes.-----	52
Tabla 20. Rangos de Normalidad. Variedad Ferragnes-----	52
4.3.3. Variedad Garrigues.-----	52
Tabla 21. Rangos de Normalidad. Variedad Garrigues-----	52
4.4. Normas DRIS y CND-----	54
4.4.1. Normas DRIS.-----	54
4.4.2. Normas CND.-----	58
5. Conclusiones-----	62
6. Bibliografía-----	64
7. Anexos-----	68
7.1. Niveles de nutrientes para las diferentes quincenas-----	68
7.1.1. Variedad Ferraduel.-----	68
7.1.2. Variedad Ferragnes.-----	71
7.1.3. Variedad Garrigues.-----	74
7.2. Nutrigramas de interpretación de Normas DRIS-----	77
7.2.1. Variedad Ferraduel.-----	77
7.2.2. Variedad Ferragnes.-----	78

INTRODUCCIÓN



1. Introducción

El almendro es uno de los cultivos más importantes en el secano español, especialmente en la zona del mediterráneo y llegando hasta el interior de la península. Actualmente este cultivo tiene buenas perspectivas económicas, pues se está incentivando su implantación en cultivo de regadío. El coste de producción del almendro es bajo comparado con otros frutales ya que no requiere insumos en grandes cantidades y tiene una gran adaptabilidad a condiciones extremas, ocupando suelos que normalmente no son aptos para otros cultivos, y además, al ser un fruto seco, se puede almacenar en buenas condiciones durante un largo período de tiempo.

Su origen se establece en las Regiones montañosas de Asia Central (Kurdistán, Turquestán, Afganistán e Irán). Llegó a la península con los fenicios y se propagó con los romanos (GARCIA Guardiola).

1.1. Importancia económica del Almendro

A nivel mundial, el Almendro tiene una producción muy concentrada donde su foco productivo se encuentra en la región oeste de Estados Unidos, en el Estado de California, gracias a la tecnificación del cultivo y su gran extensión cultivable disponible.

Su producción ha ido creciendo a lo largo de los años, mientras que la superficie de cultivo se mantienen e incluso llegando a bajar en algunas zonas. Esto se debe a la creación de nuevas variedad más productivas y con características mejoradas, que permiten obtener mayores rendimientos.

A continuación se muestran una serie de gráficas que marcan la evolución y la distribución del cultivo del Almendro en el mundo.

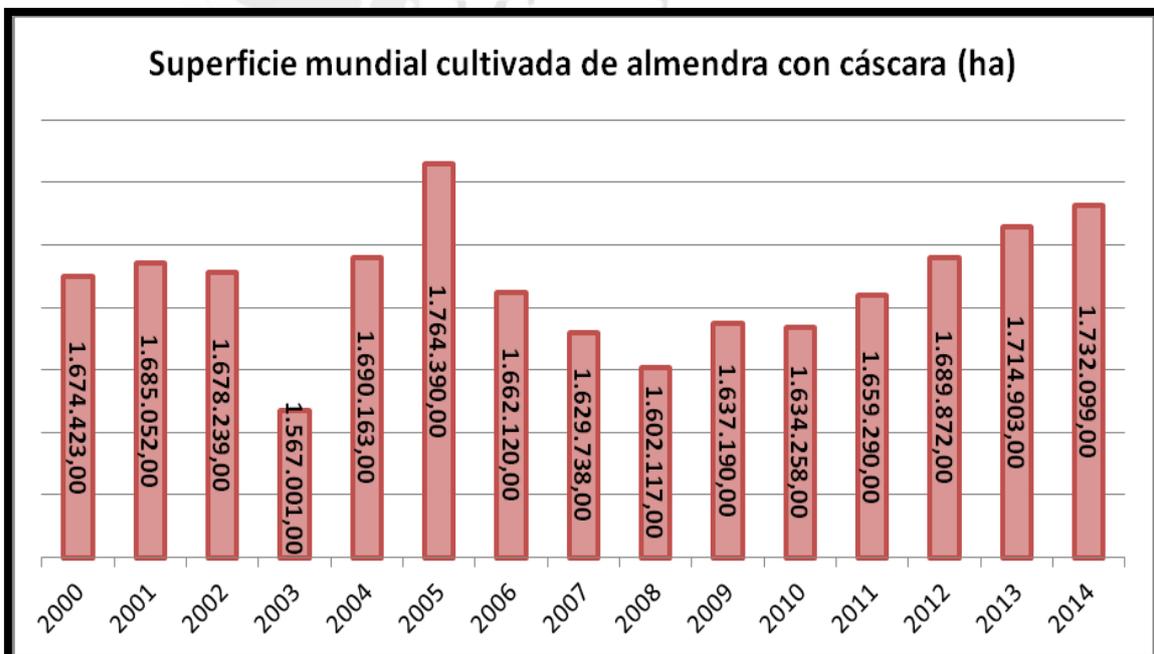
La producción de almendra ha ido incrementándose en este siglo XXI hasta llegar a una producción de 3 millones de toneladas de almendra con cáscara en el mundo, y sin embargo, la superficie de cultivo ha aumentado pero no tan considerablemente como la producción, este dato indica una buena tecnificación del cultivo y una mejora en las variedades que van incorporándose al mercado.

Grafica 1. Producción mundial de almendra con cáscara (Tn)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la F.A.O. (<http://www.fao.org/home/es/>).

Grafica 2. Superficie mundial cultivada de almendra con cáscara (ha)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la F.A.O. (<http://www.fao.org/home/es/>).

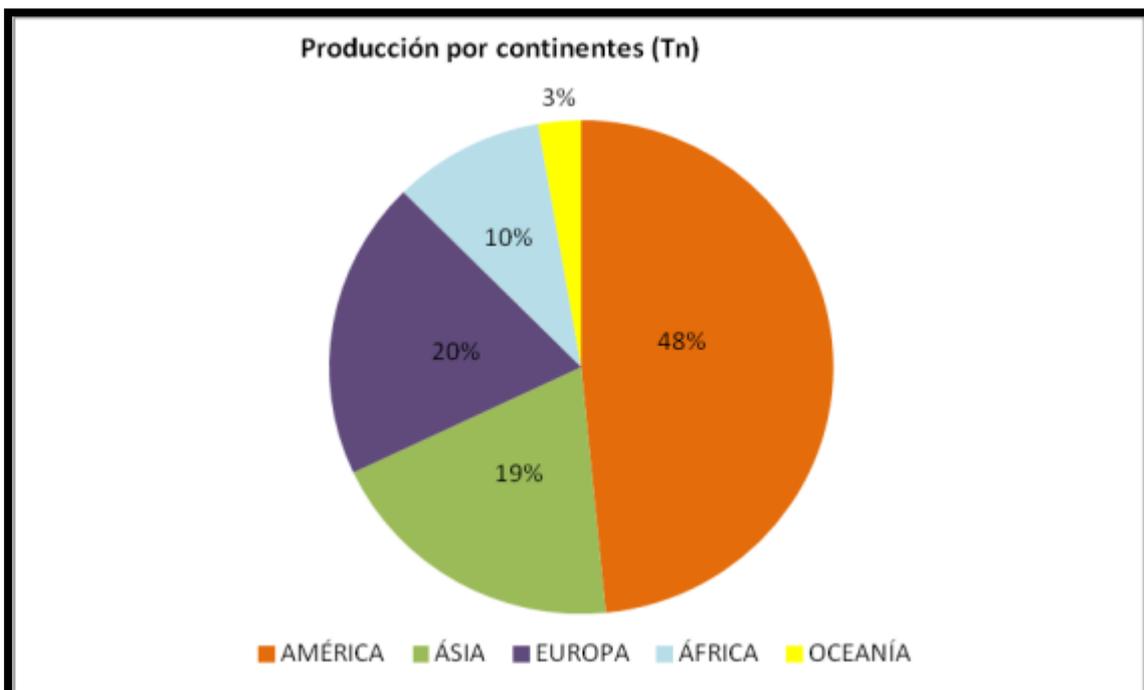
El continente con mayor producción de almendra es América, con casi un millón de toneladas de las cuales el Estado de California copa casi el 100% de la producción. Según la Universidad de California Emeritus. UCCE Kem Country, y a través de un

Introducción

artículo de la revista Fruticultura Profesional 2007, nº 169, el aumento de la producción del almendro en California se debe a varios factores como son que aquellas variedades de baja producción han sido reemplazadas por otras de mayor producción. Otro factor muy importante es la implementación de nuevas estrategias de riego.

El resto del Mundo, poco a poco esta copiando la forma de cultivo que tiene Estados Unidos y la plantación de almendros junto con su producción van creciendo con el paso de los años.

Grafica 3. Producción por continentes (Tn)

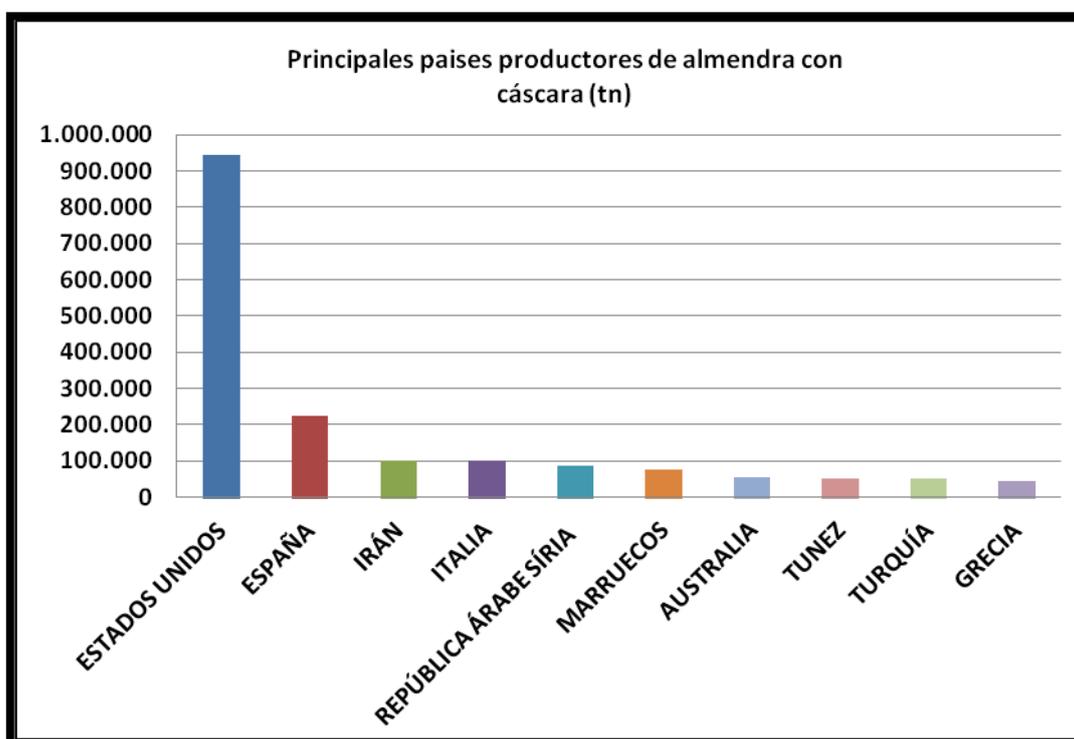


FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la F.A.O. (<http://www.fao.org/home/es/>).

El segundo País con mayor producción de almendra es España con aproximadamente 200.000 toneladas por año, seguido de Irán con 100.000 toneladas por año. Claramente y como hemos comentado, Estados Unidos lidera la producción de almendra en el mundo.

Un país que está tratando de imitar la idea de Estados Unidos es Australia y que está creciendo de manera exponencial su producción de almendra

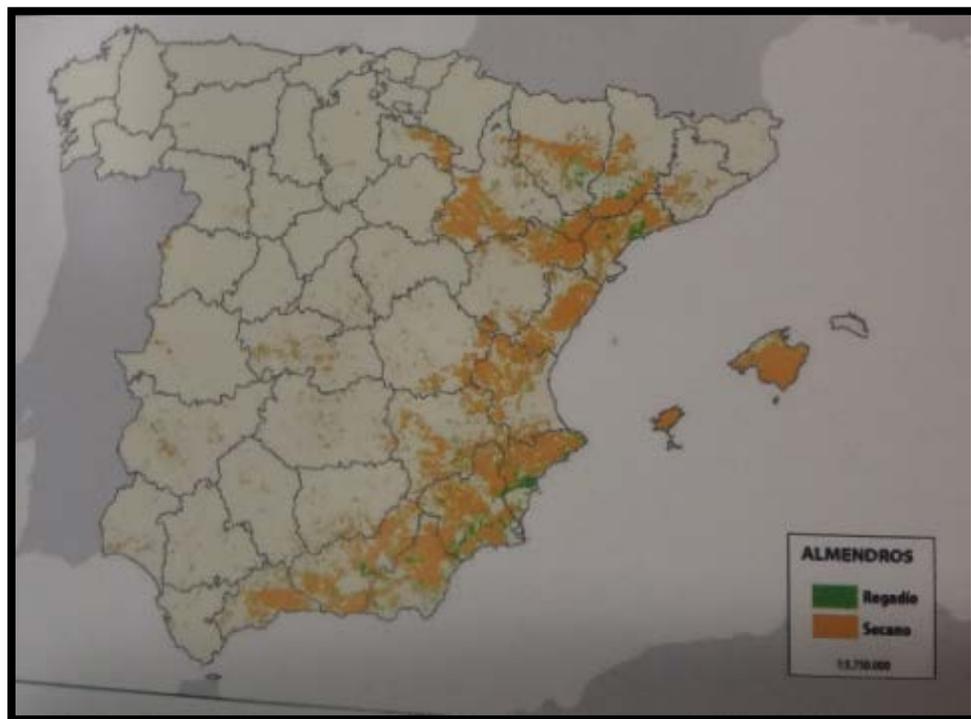
Grafica 4. Principales países productores de almendra con cáscara (Tn)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la F.A.O. (<http://www.fao.org/home/es/>).

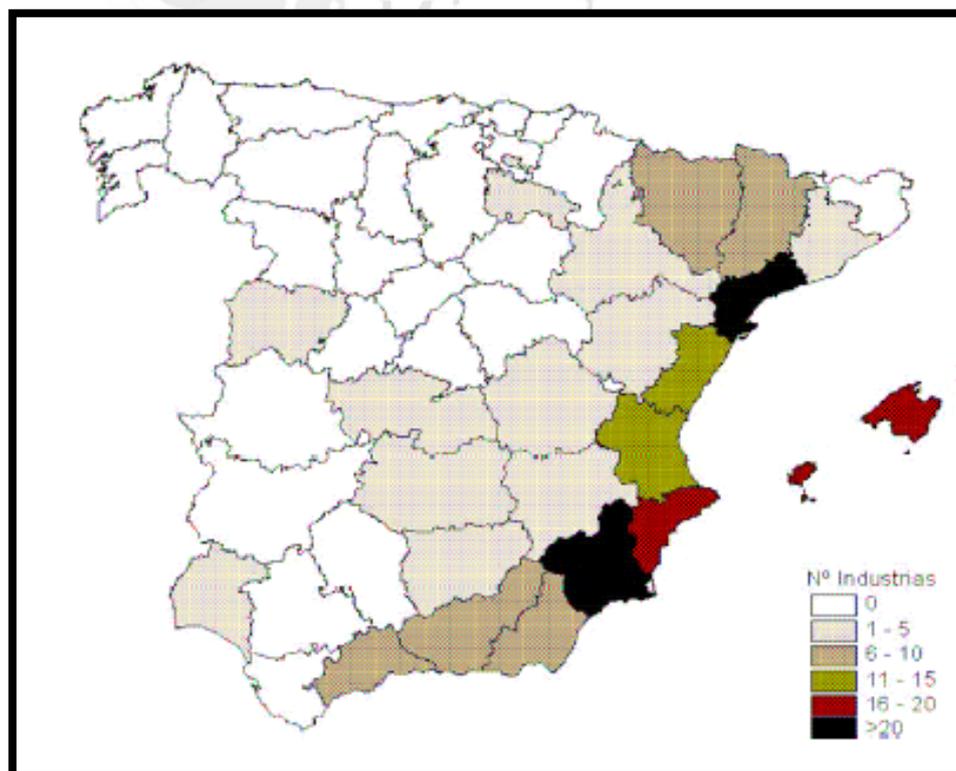
En España la producción de almendra ha ido evolucionando con en el paso de los años, con importantes altibajos como se observa en la Gráfica 5 (se aprecia un descenso en el año 2004 debido a las heladas). Las heladas son el problema principal del almendro y el que ha ido determinando la producción cada año. Respecto a la superficie cultivada en España se observa en la Gráfica 6 como ha ido bajando año tras año, gracias a lo comentado anteriormente como es la tecnificación de los cultivos y la salida de nuevas variedades más productivas. Se está realizando una labor muy importante en la mejora genética de las nuevas variedades como son la autofertilidad, la creación de variedades tardías y extra tardías, y a la vez que sean productivas.

Figura 1. Distribución geográfica del almendro en España



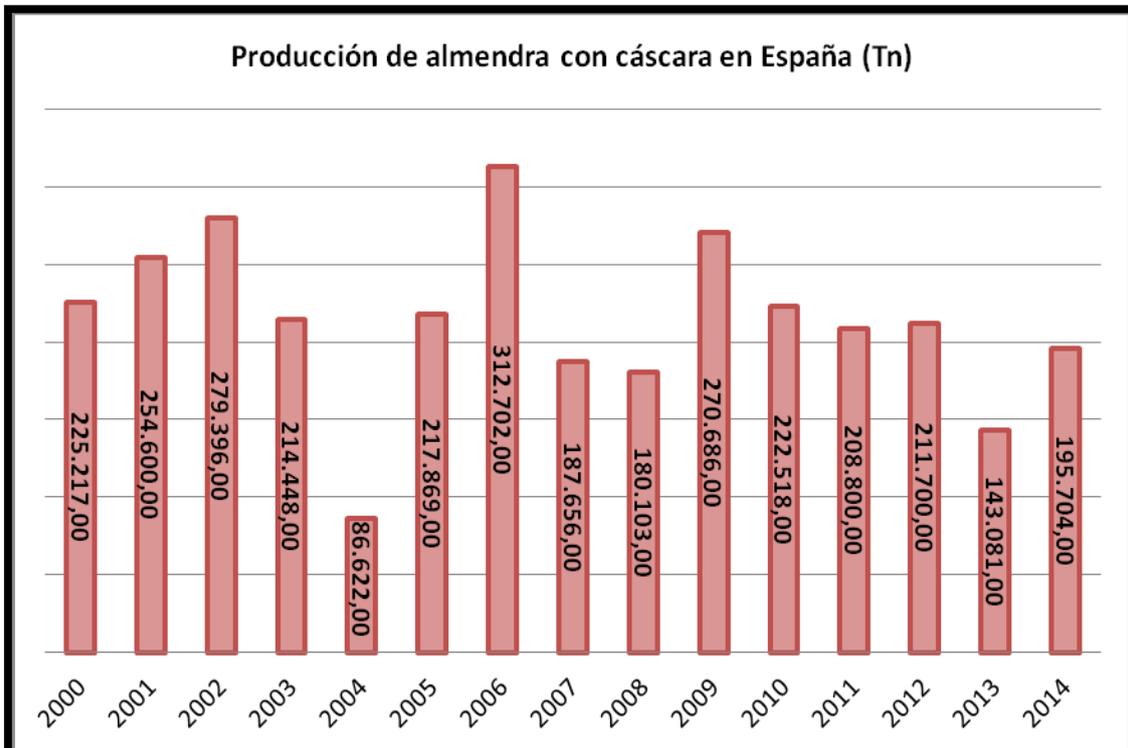
FUENTE: Revista Fruticultura nº 49, 2016.

Figura 2. Número de industrias de almendra en España



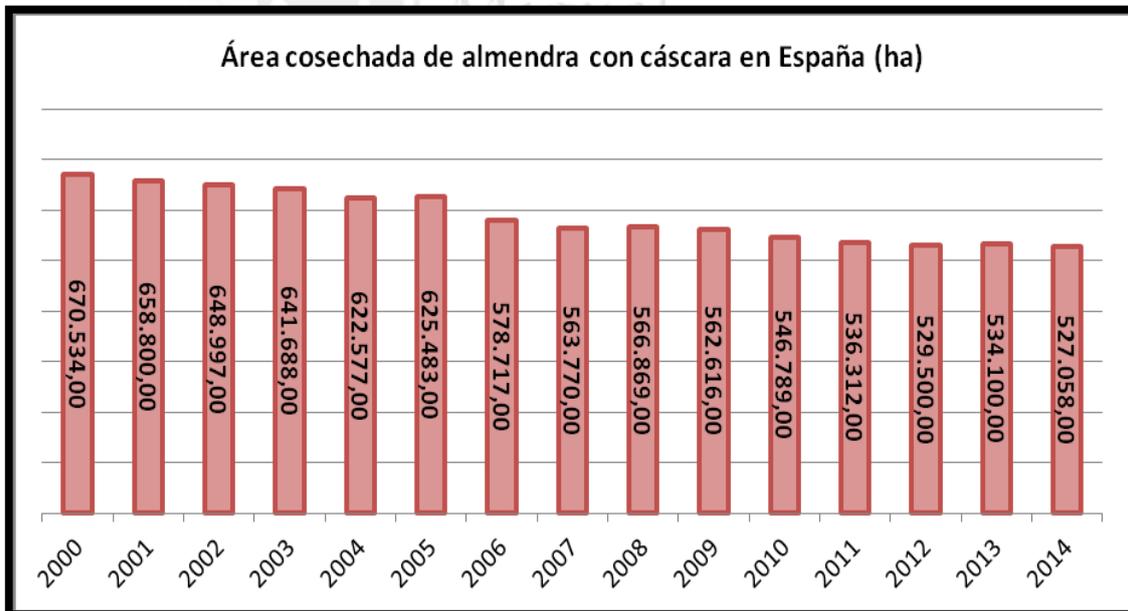
FUENTE: Agrupación de exportadores de almendra y avellana de España (Junta de Andalucía, 2016).

Grafica 5. Evolución de la producción de almendra en España (Tn)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la F.A.O. (<http://www.fao.org/home/es/>).

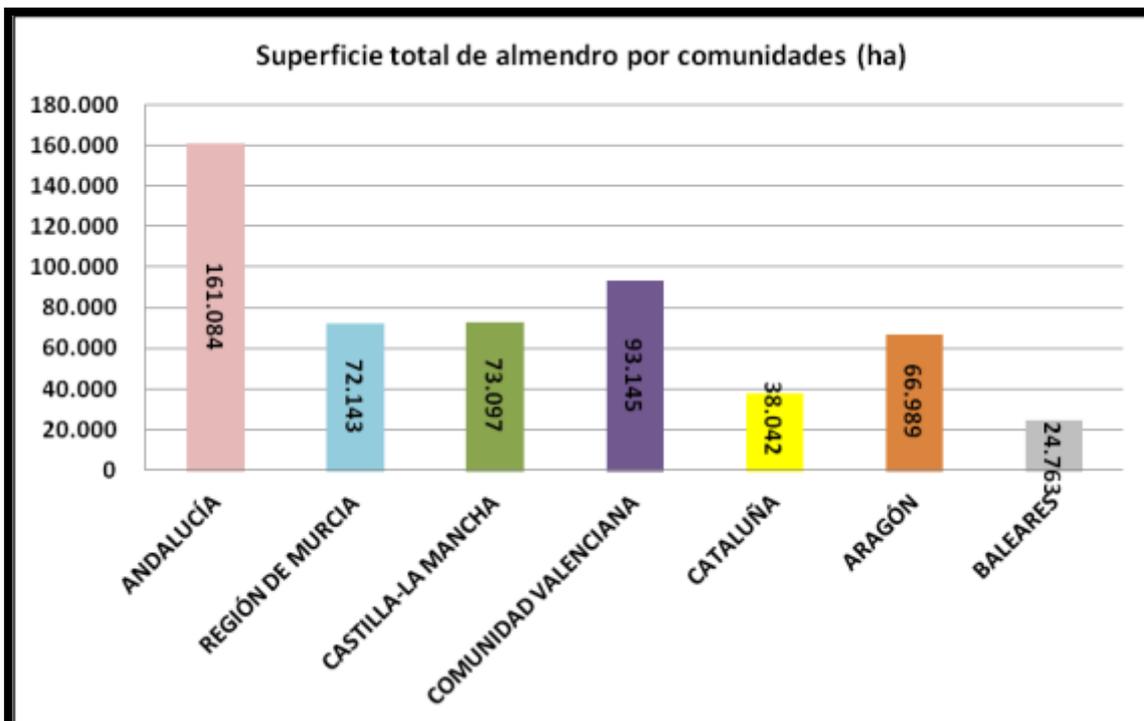
Grafica 6. Superficie cultivada de almendra en España (ha)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la F.A.O. (<http://www.fao.org/home/es/>).

La comunidad autónoma con mayor superficie de cultivo de almendro en España es Andalucía con cerca de 160.000 hectáreas, seguida de la Comunidad Valenciana con 93.000 hectáreas, Región de Murcia y Castilla-la Mancha con 73.000 hectáreas aproximadamente.

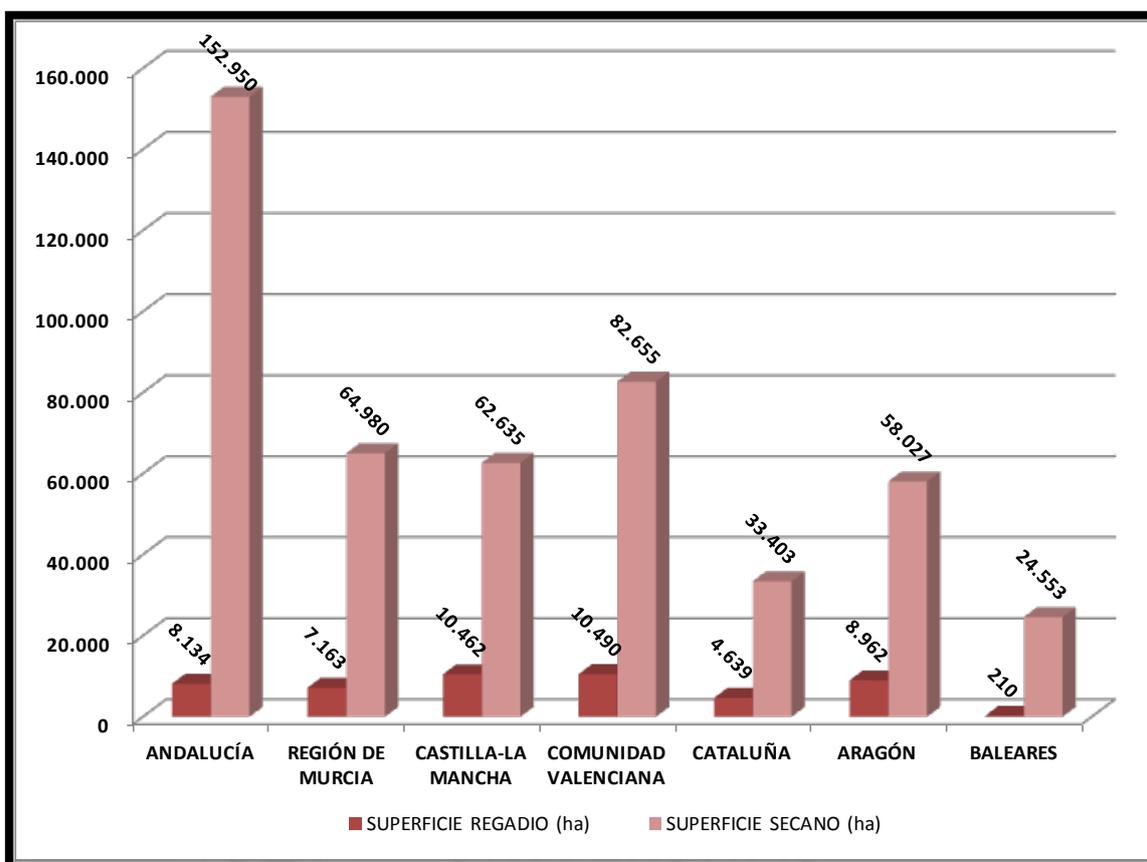
Grafica 7. Superficie total de almendro en españa por comunidades (ha)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>, 2015).

Del total de superficie cultivada en España de almendros, un porcentaje muy bajo se encuentra en sistema de riego, mientras que la mayor parte del cultivo se establece en secano. En la Gráfica 8 se muestra claramente esta situación, la relacion superficie/producción es baja respecto a otros países y es debido a que la mayoría de plantaciones se encuentran en secano. Este problema se puede revertir ya que tenemos todas las condiciones necesarias como son las nuevas variedades y porta-injertos, diseño de plantación, el sistema de riego y la fertilización adecuada.

Gráfica 8. Superficie cultivada de regadio y secano por comunidades en España (ha)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>, 2015).

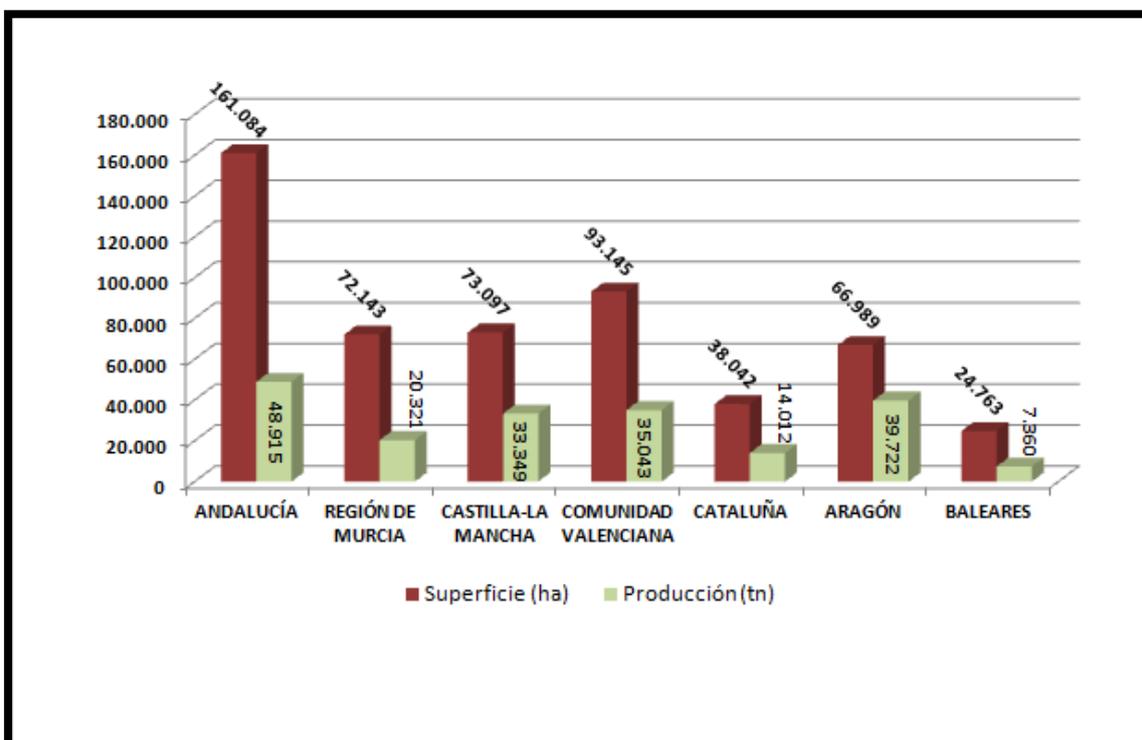
La diferencia en el rendimiento obtenido (kg/ha) de almendra en un cultivo de secano y otro de regadio es sustancial, llegando a superar los 1000 kg/ha de diferencia.

Tabla 1. Rendimiento. Superficie en producción (kg/ha).

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SUPERFICIE EN PRODUCCIÓN (Kg/ha)	
	SECANO	REGADÍO
ANDALUCÍA	300	1.315
REGIÓN DE MURCIA	202	1.169
CASTILLA-LA MANCHA	443	1.376
COMUNIDAD VALENCIANA	287	1.253
CATALUÑA	337	877
ARAGÓN	533	1.323
BALEARES	450	1.510

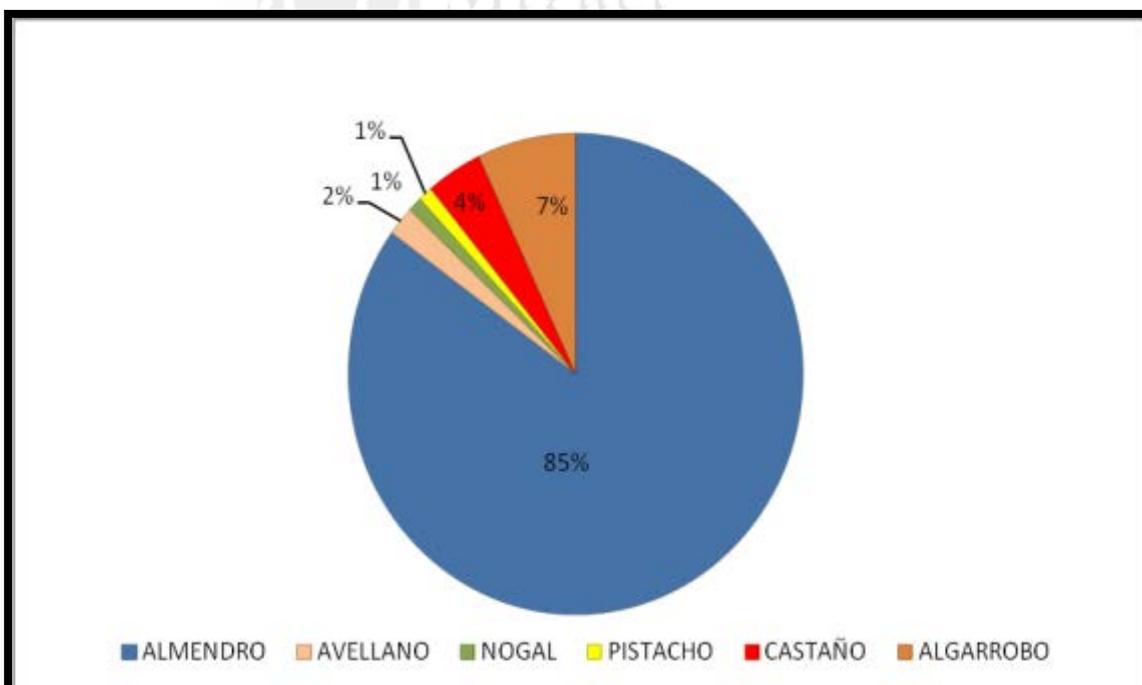
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>, 2015).

Gráfica 9. Superficie y producción de almendro por comunidades autónomas (ha y tn)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>).

Gráfica 10. Superficie de frutos con cáscara en España (ha)



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de estadística MAGRAMA (2008-2012).

1.2. Aspectos generales del cultivo

1.2.1. Situación taxonómica

Tabla 2. Encuadre taxonómico

Grupo	Angiospermas
Clase	magnoliopsidas
Orden	rosales
Familia	Rosaceae
Subgénero	Amygdalus
Género	<i>Prunus</i>
Especie	<i>dulcis</i>

FUENTE: Libro El Almendro. Manual Técnico, 2004.

1.2.2. Descripción morfológica

1.2.2.1. Árbol.

Árbol de tamaño medio-grande de 3-4 metros de altura según cultivares, tiene diferentes portes. Es un árbol de rápido crecimiento, rústico y longevo, llegando a vivir alrededor de 70 a 85 años.

1.2.2.2. Raíces.

La raíz del almendro es pivotante, es decir, está formada por un eje principal que crece hacia abajo. tiene pocas raíces principales con muchas ramificaciones. Una profundidad de 0,75-1 metro.

1.2.2.3. Hojas.

Tiene las hojas lanceoladas, bordes dentados y la longitud del peciolo es variable.

1.2.2.4. Flores.

Flor rosácea, completa y pentámera, estambres libres (20-40), pistilo anormal, varios pistilos en la misma flor (almendras con la base soldada).

Fotografía 1. Flor de almendro



FUENTE: <https://es.pinterest.com>

1.2.2.5. Fruto.

Es una drupa especial con un peso de 8-20 gramos (algunas hasta 40 gramos). Tiene el exocarpio verde y pubescente, el mesocarpio blanco-verdoso y el endocarpio es la cáscara. La parte comestible es la pepita.

1.2.3. Fisiología del árbol.

1.2.3.1. Período juvenil.

Es el tiempo que transcurre entre la plantación y la primera floración. En esta época el árbol tiene un porte arbustivo con ramos delgados, frágiles y hojas pequeñas. Este período puede ser más o menos largo dependiendo de la variedad y de los factores externos. Durante esta fase el árbol se desarrolla intensamente. Esta fase se caracteriza por la incapacidad productiva, la ausencia de vello, tallos espinosos y hojas lobuladas.

1.2.3.2. Período de entrada en producción.

En este período se produce la entrada en fructificación. El árbol continúa su crecimiento intenso a la vez que empieza a florecer y fructificar, de manera que la floración aumenta progresivamente cada año.

La fecha de floración es una característica importante ya que la mayoría de variedades tradicionales españolas son de floración temprana o semitemprana, por lo que el problema principal que tiene el almendro en éste tipo de variedades son las heladas, especialmente en las zonas del interior de la península. En cambio, las variedades tardías tienen como ventaja, además de evitar heladas, abrir sus flores en una época con buenas temperaturas y favorecer la actividad de las abejas.

La duración de la floración suele durar alrededor de un mes, diferenciándose primero el cáliz, a continuación la corola forma un capullo alargado, y al abrirse, salen las anteras de los estambres quedando la flor abierta (GARCIA Guardiola).

1.2.3.3. Período de plena producción.

Esta fase puede denominarse estado o período adulto. Se caracteriza por la reducción del vigor y por un abundante fructificación. En esta fase, el árbol mantiene un equilibrio ya que mantiene el crecimiento necesario para renovar la madera productiva y para originar nuevas formaciones manteniendo una producción estable. Durante esta fase el árbol alcanza su máximo desarrollo.

Período de producción decreciente durante este período disminuye la intensidad del crecimiento vegetativo, es el final del período de máxima producción. También disminuye la producción, hay zonas del árbol donde no se renueva la madera, quedando improductivas (GARCIA Guardiola).

1.2.3.4. Período de vejez.

En esta etapa disminuye considerablemente la fructificación y la copa se reduce progresivamente, llegando a la muerte natural del árbol (GARCIA Guardiola).

1.2.4. Patrones de almendro.

El patrón utilizado en España tradicionalmente ha sido el franco de almendro, tanto dulce como amargo. En los últimos años, el empleo del patrón de almendro amargo ha desaparecido y se mantiene, pero con una importancia mucho menor, el de almendro dulce. Actualmente el patrón franco se ha sustituido por los híbridos de almendro x melocotonero, siendo el más habitual el GF-677. En el trabajo llevado a cabo, las tres variedades estudiadas estaban injertadas sobre un patrón franco de almendro (Junta de Andalucía, 2016).

1.2.4.1. Franco de almendro.

Tradicionalmente el patrón utilizado en España ha sido el franco de almendro, tanto dulce como amargo. La principal virtud de estos patrones es su rusticidad. Por el contrario, presentan como inconvenientes la falta de homogeneidad, su menor vigor y productividad y su alta sensibilidad a la asfixia radicular (Junta de Andalucía, 2016).



Tabla 3. Características del patrón franco de almendro.

	Compatibilidad	Muy buena
Comportamiento vegetativo	Homogeneidad	Media
	Vigor	Medio
	Longevidad	Muy alta
Comportamiento agronómico frente a condiciones ecológicas adversas	Sequía	Muy resistente
	Encharcamiento	Muy sensible
	Asfixia radicular	Muy sensible
	Caliza	Muy resistente
	Armillaria	Sensible
Comportamiento agronómico frente a enfermedades de suelo	Agrobacterium	Sensible
	Podredumbre cuello	Sensible
	Nematodos	sensible

FUENTE: Manual del Almendro (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía, 2013).

1.2.5. Variedades de almendro

En el mercado existe una amplia gama de variedades de almendro. En este trabajo se van a estudiar tres variedades, dos de origen francés (Ferraduel y Ferragnés) y una de origen español (Garrigues). A continuación se describen estas tres variedades.

1.2.5.1. Ferragnés.

La variedad Ferragnés es de origen francés y es un cruce de Cristomorto por Ai realizado en 1960 en la Estación de la Grande Ferraduel (INRA), en Francia.

Introducción

Como características es un árbol de alto vigor, de porte vertical y ligeramente abierto, muy productivo y de gran adaptabilidad, la almendra es de cáscara blanda. Es de floración tardía y tiene una entrada en producción media-rápida (FELIPE J, A. 2000).

La flor es blanca de tamaño medio. Florece en ramilletes de mayo y chifonas.

El fruto es semimollar, sin almendras dobles, con un rendimiento alto. La semilla es alargada, ligeramente rugosa y algo apuntada, de tegumentos color marrón claro. Tiene un peso medio de entre 1,4-1,7 gramos.

En suelos de secano presenta vecería. La poda es sencilla al tener poca ramificación, pero al ser un árbol muy vigoroso es difícil de controlar su vegetación (FELIPE J, A. 2000).

1.2.5.1. Ferraduel.

Es una variedad hermana de Ferragnés, obtenida también como híbrido de Cristomorto por Ai en 1960 en la Estación de la Grande Ferrade, siendo muy útil como polinizadora. Es de floración tardía, de la misma época que Ferragnés (FELIPE J, A. 2000).

El árbol es de porte medio, muy ramificado (mucho más que Ferragnés).

La fructificación es sobre ramos mixtos y chifonas. El fruto es duro, forma amigdaloides, sin pepitas dobles y maduración algo tardía. Tiene un rendimiento medio pero en años secos, el rendimiento baja considerablemente.

Tiene una rápida entrada en producción. En secanos áridos se muestra muy alternante (FELIPE J, A. 2000).

1.2.5.2. Garrigués.

Es de origen Español, de la Región de Murcia. Es una variedad de rápida entrada en producción, árbol de gran vigor, porte erecto y abundante ramificación. Tiene una alta productividad en zonas costeras de regadío (FELIPE J, A. 2000).

Introducción

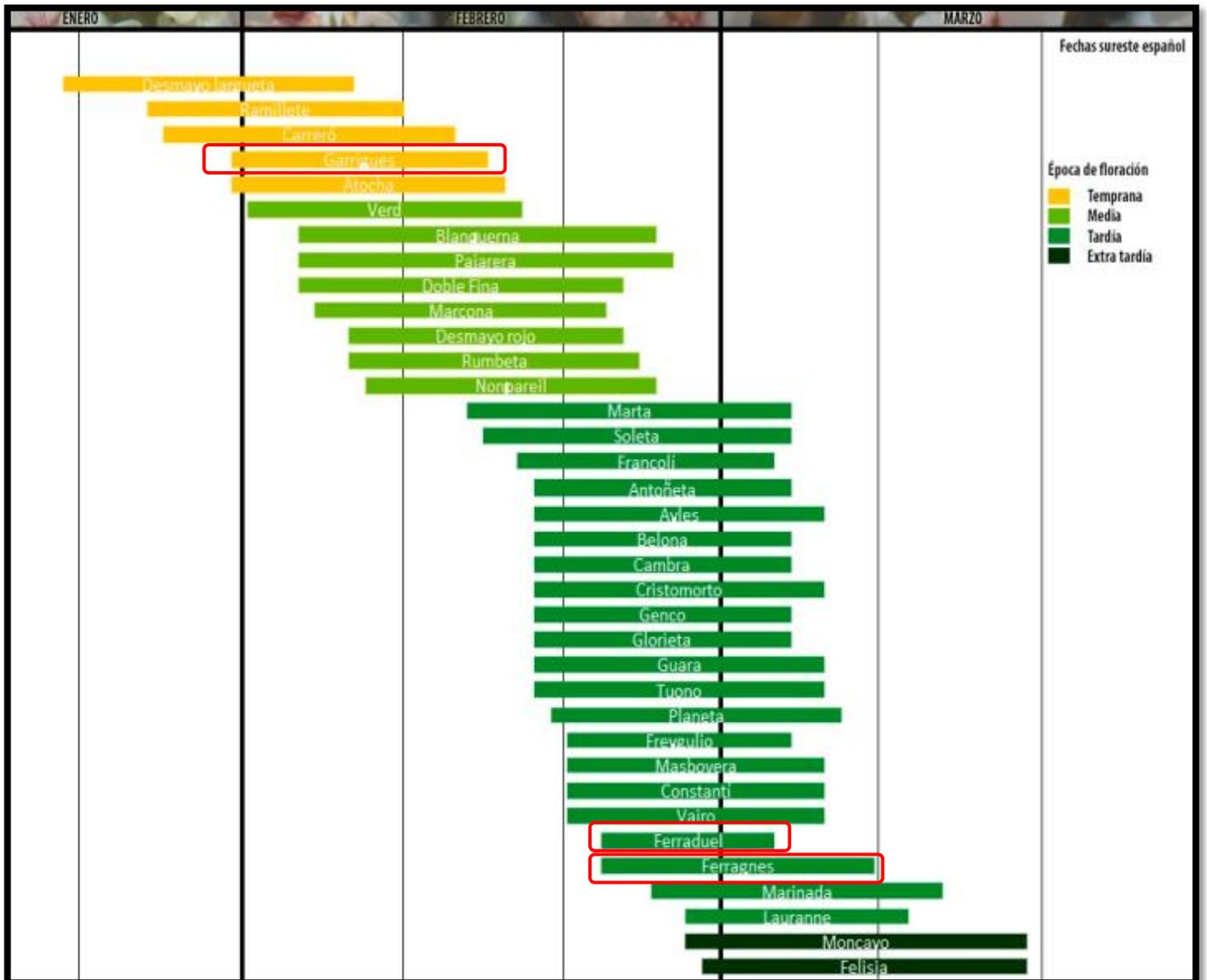
Tiene una época de floración media, intensidad de floración abundante y escalonada. Flor grande y blanca.

Fructifica sobre ramilletes de mayo y chifonas. Es una variedad muy precoz. El fruto es de cáscara dura, de forma redondeada. Tiene un rendimiento medio, no presenta semillas dobles, es de fácil recolección y despellejado.

No tolera la sequía o la falta de humedad. En zonas del interior es muy castigada por las heladas y la producción en secano es muy baja, por lo tanto es una variedad muy adaptada a su zona de origen (FELIPE J, A. 2000).



Figura 3. Época de floración de las diferentes variedades de almendro en el sureste Español.

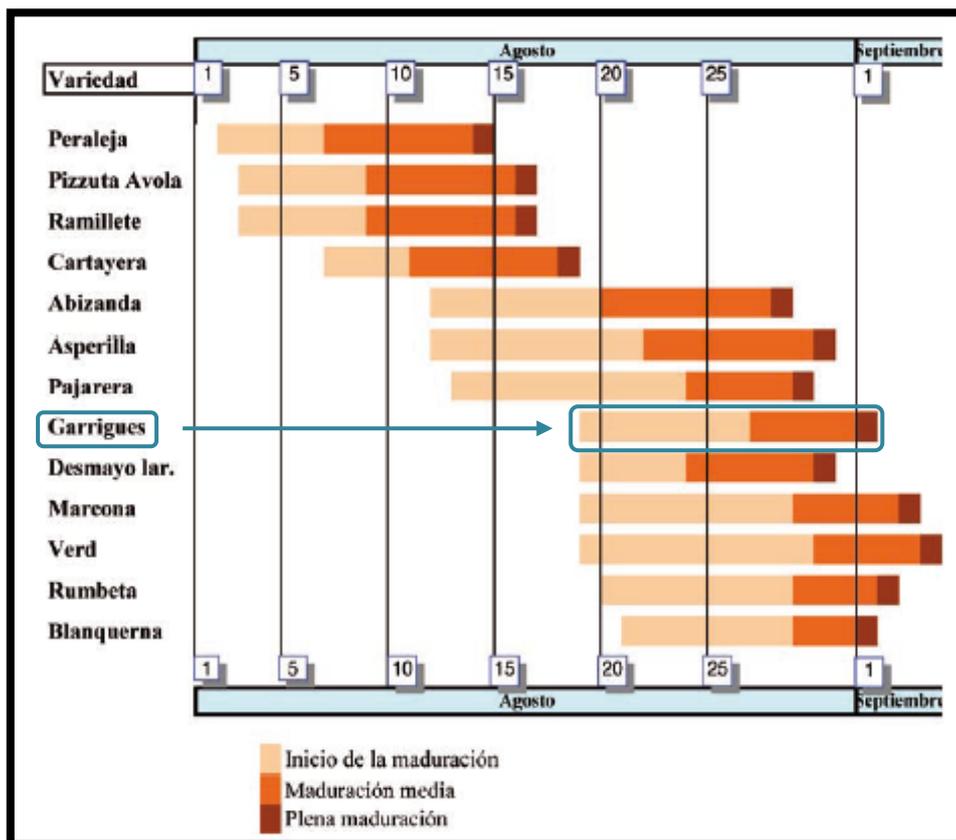


FUENTE: Blog Agrológica, 2013.


 Variedades de floración temprana:
 Garrigues

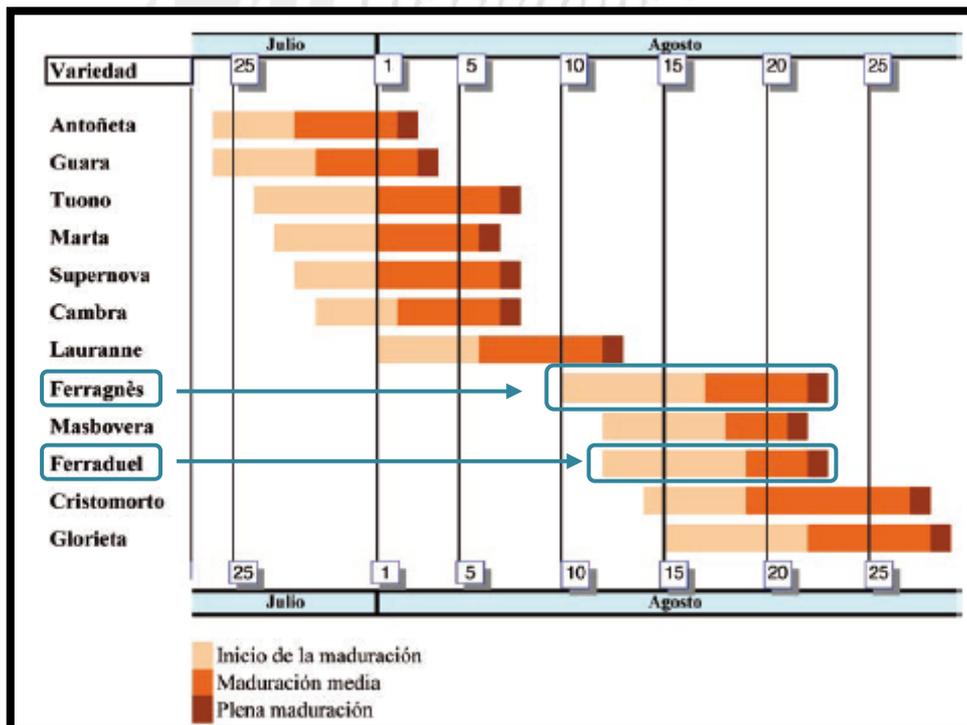

 Variedades de floración tardía:
 Ferraduel
 Y Ferragnes

Figura 4. Fechas de maduración de las principales variedades de floración extratemprana y temprana



FUENTE: Manual del Almendro (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía, 2013).

Figura 5. Fechas de maduración de las principales variedades de floración tardía.



FUENTE: Manual del Almendro (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía, 2013).

1.3. Requerimientos nutricionales del almendro

La fertilización tiene como objetivo satisfacer los requerimientos nutritivos de la planta cuando estos no son aportados en cantidades necesarias por el suelo. Las necesidades nutritivas varían según la edad y estado fenológico del árbol.

1.3.1. Estados fenológicos del almendro.

A continuación se muestran los principales estados fenológicos del almendro con las definiciones de cada uno de ellos (FELIPE, 1977). Estos estados hacen referencia a momentos concretos del desarrollo de una yema de flor, la apertura de la flor y, una vez polinizada, su posterior evolución, crecimiento y maduración del fruto. Todos ellos se suceden durante el transcurso de un período anual de vegetación en la vida de un almendro (MUNCHARAZ Pou, M. 2004).

- **A-** Botón florar en reposo, yema de invierno.
- **B-** Botón hinchado. La yema se hincha produciéndose un progresivo aumento de tamaño
- **C-** Aparece el cáliz. El botón sigue aumentando de tamaño y alargándose; se hacen visibles los sépalos.
- **D-** Aparece la corola. Al seguir el aumento del botón, se van separando los sépalos para dar paso a la corola cuyos pétalos permanecen todavía cerrados.
- **E-** Los sépalos comienzan su apertura por el ápice dejando ver los estambres cerrados y el estigma. Estado de muy breve duración en cada botón.
- **F-** Flor abierta. Los pétalos se despliegan completamente, se produce la dehiscencia de los estambres liberando al polen
- **G-** Caída de pétalos. Al mismo tiempo el estilo y los estambres se marchitan y desecan.
- **H-** Fruto cuajado. El ovario fecundado aumenta rápidamente de tamaño, provocando la rotura del cáliz hasta su total desprendimiento.
- **I-** Fruto joven. Fase de rápido crecimiento del fruto.

Introducción

- **J-Fruto desarrollado.** Ha alcanzado, prácticamente, el tamaño definitivo y se produce la lignificación del endocarpio (hueso) y la formación de los cotiledones.
- **K-Fruto dehiscente.** La semilla está madura, se inicia la dehiscencia del mesocarpio (envoltura verde carnosa).
- **L-Madurez.** Fase de desecación gradual del mesocarpio y pedúnculo. Se produce la capa de abscisión entre el fruto y pedúnculo, que facilitará el desprendimiento.

Fotografía 2. Sucesivos estados fenológicos del almendro mediante dos escalas (Baggiolini y BBCH).



FUENTE: Libro El Almendro, parte I, El material vegetal (Felipe, 1977).

1.3.2. Criterios de fertilización

A continuación se muestra una tabla representativa de los criterios de abonado de restitución para el almendro.

Tabla 4. Criterios de abonado de restitución para el almendro

Elemento nutritivo	Producción 1000 kg/ha		Producción 4000 kg/ha	
	extracción	aporte fertilizante	extracción	aporte fertilizante
Nitrógeno	10-20	30	40-80	90
Fósforo	1,5-2,5	20	6-10	50
Potasio	13-15	40	52-60	100
Calcio	1,5-2,5		6-10	
Magnesio	0,8-1,0	20	3,2-4,0	50
Hierro	0,4-0,6		1,6-2,4	
Manganeso	0,04-0,006		0,16-0,24	
Zinc	0,1-0,3		0,4-0,12	

FUENTE: junta de Andalucía. Manual del Almendro (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía, 2013).

Tabla 5. Fechas de aplicación de fertilizantes por fertirrigación en plantaciones de almendro en producción

Fecha	Fertilizante (riqueza)	Dosis
Enero: 1º quincena	Ácido fosfórico (54% P ₂ O ₅)	150 g/árbol
Enero: 2º quincena	Solución nitrogenada (32% N)	250 g/árbol
Febrero	Nitrato potásico (13-0-46)	100 g/árbol
Marzo: 1º quincena	Nitrato potásico (13-0-46)	150 g/árbol
Marzo: 2º quincena	Nitrato amónico (33,5% N)	350 g/árbol
Abril	Nitrato amónico (33,5% N)	350 g/árbol
Mayo	Nitrato potásico (13-0-46)	150 g/árbol
Junio	Nitrato amónico (33,5% N)	250 g/árbol
Julio	Nitrato potásico (13-0-46)	150 g/árbol
Agosto	Nitrato amónico (33,5% N)	150 g/árbol
Septiembre	Solución nitrogenada (32% N)	150 g/árbol
Octubre: 1º quincena	Nitrato potásico (13-0-46)	150 g/árbol
Octubre: 2º quincena	Solución nitrogenada (32% N)	200 g/árbol
Noviembre	Ácido fosfórico (54% P ₂ O ₅)	75 g/árbol
Diciembre	Ácido fosfórico (54% P ₂ O ₅)	150 g/árbol

FUENTE: Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete, 2014.

La fertilización en almendro se realiza, fundamentalmente, mediante aportes al suelo o por aplicaciones foliares. La forma tradicional y más empleada actualmente es la aplicación directa al suelo. El fertilizante aportado pasa a la solución del suelo de la que será absorbido por las raíces. Este sistema es el que presenta menor eficiencia, expresada como porcentaje de elemento absorbido por la planta respecto al total aplicado (JUNTA DE ANDALUCÍA. 2013).

Para mejorar la eficiencia del abonado al suelo habrá que seguir unos criterios o recomendaciones de aplicación. El abonado se debe hacer cuando el árbol tenga actividad vegetativa y, por lo tanto, con mayor capacidad de absorción de nutrientes, siendo recomendado fraccionar la aplicación en dos o tres momentos a lo largo del período vegetativo (JUNTA DE ANDALUCÍA. 2013).

Mediante la fertilización foliar el abonado es aplicado mediante pulverización, en forma de solución nutritiva a la copa del árbol, siendo absorbido por las hojas. Este sistema está especialmente recomendado para el aporte de micronutrientes (JUNTA DE ANDALUCÍA. 2013).

Actualmente se considera que el plan anual de fertilización de los cultivos leñosos se ha de basar en el diagnóstico del estado nutritivo de la planta, determinado mediante el análisis foliar. El análisis foliar es el mejor método para diagnosticar el estado nutritivo del árbol. Permite detectar niveles bajos de nutrientes, antes de que se den deficiencias. El resultado del análisis foliar se ha de comparar con los niveles críticos de cada uno de los elementos nutritivos (JUNTA DE ANDALUCÍA. 2013).

1.4. Diagnóstico de nutrición

1.4.1. Análisis foliar

1.4.1.1. Métodos de muestreo.

- Toma de muestras foliares.

El análisis tiene lugar siguiendo una serie de pasos que se inician con el muestreo en el campo, continúan con la preparación de la muestra y el análisis de laboratorio y

terminan con la interpretación. Cada paso es igualmente importante para que esta técnica de diagnóstico sea exitosa (POVEDA Escandell, MD. 2004).

La muestra debe colocarse dentro de una superficie uniforme respecto a variedad, edad, tipo de suelo, manejo, apariencia, etc., la que se denominará unidad de muestreo, que por lo general corresponde a una parte de esta superficie (POVEDA Escandell, MD. 2004).

○ Selección de la zona de muestreo y de los árboles a muestrear.

La muestra ha de ser representativa del estado nutricional medio de la parcela, por lo que se divide esta en zonas más o menos homogéneas. Se seleccionan los árboles al azar entre el conjunto del arbolado que presenta el estado medio de desarrollo de la parcela, procurando escoger aquellos suficientemente distribuidos y que no se concentren en una determinada zona (se hace un muestreo en zig-zag), evitando los que se sitúen en los márgenes de la parcela, los extraordinariamente vigorosos, los de escaso crecimiento, los que hayan estado sometidos a tensiones de humedad, de temperatura o de sequía, al igual que los que presenten cualquier anomalía vegetativa, ataques de gomosis o podredumbre del cuello de la raíz (*Phytophthora sp.*), incidencia fuerte de plagas, algún tratamiento fitosanitario reciente (POVEDA Escandell, MD. 2004).

○ Tipo de hojas y época de muestreo.

Las hojas para los análisis procederán de brotes vegetativos de primavera. El muestreo debe efectuarse cuando las hojas de la brotación tengan una edad de 5 a 7 meses. El criterio a seguir es el siguiente (POVEDA Escandell, MD. 2004):

- Las hojas proceden de ramas sin fruto, por lo tanto apenas tienen pérdida de elementos nutritivos, ya que no han de ceder nutrientes a los frutos.
- Los brotes vegetativos son los de primavera.

Introducción

- Los brotes vegetativos suelen ser más abundantes en la planta que los fructíferos, y además los arboles jóvenes y los que tienen baja o escasa cosecha apenas poseen brotes con fruto.
 - Los brotes vegetativos de primavera son los responsables de la floración del año siguiente, por lo que el estudio del nivel de nutrientes en sus hojas es muy importante porque indican el nivel de reservas de la planta.
- o Situación de las hojas.

Normalmente, la situación de los brotes de los que se toman las muestras foliares, están situados aproximadamente, a la mitad de la altura del árbol y orientados en la dirección de los cuatro puntos cardinales. Las hojas se tomarán a la altura de la cabeza en arboles adultos, y a media altura (altura del pecho) en árboles jóvenes. Se tomaran la cuarta o quinta hoja comenzando por el extremo del brote. Se tomaran entre 4 y 8 hojas por árbol y de orientaciones incluyendo los cuatro puntos cardinales. El numero de arboles muestreados oscila de 25 a 30, según el tamaño de la parcela y el numero normal de hojas por cada muestra será de 100 a 120. El tamaño de las hojas será normal, ni excesivamente grandes ni pequeñas (POVEDA Escandell, MD. 2004).

Con este tipo de muestreo lo que se intenta es poner de manifiesto las divergencias, si las hay, entre la concentración de nutrientes en hoja y la productividad del árbol (POVEDA Escandell, MD. 2004).

Las muestras se guardan en bolsas de papel poroso perforado, para permitir la evaporación de la humedad y evitar así, una posible podredumbre de las hojas. En el sobre va indicada toda la información necesaria acerca de la parcela y de la muestra (POVEDA Escandell, MD. 2004).

Una vez realizado el muestreo las hojas sufren un proceso de preparación y clasificación ante de ser enviadas al laboratorio.

Introducción

- Preparación de las muestras foliares, envío de estas al laboratorio y obtención de datos analíticos.

Las muestras han de ser enviadas, lo más rápidamente posible, al laboratorio donde se realizara el análisis foliar, pero, antes de ser enviadas, las muestras tienen que ser preparadas y clasificadas adecuadamente. Este proceso se llevo a cabo en el laboratorio, donde se realizaron las siguientes operaciones (POVEDA Escandell, MD. 2004):

- Lavado de las hojas con agua del grifo.
- Enjuagado de las mismas con agua destilada.
- Eliminación total del nervio central.
- Secado en el laboratorio con un horno de una temperatura de 55°C durante 24 horas.
- Molido de las hojas con un molinillo eléctrico casero e introducción del producto resultante en bolsas de plástico.

Con este proceso las muestras ya están preparadas para ser enviadas al laboratorio y que sean realizados los análisis. Si estos no se van a realizar de inmediato, hecho que no se aconseja, las bolsitas se deben de guardar en el frigorífico a una temperatura de entre 1-4°C, aunque es deseable que el tiempo transcurrido entre la toma de muestras y la recepción de estas en el laboratorio sea lo más corto posible (POVEDA Escandell, MD. 2004).

Las determinaciones analíticas realizadas en el laboratorio, correspondieron a los siguientes elementos nutritivos:

- Macronutrientes: N, P, K, Ca y Mg, expresados todos ellos en forma de % de peso seco.
- Micronutrientes: Na, Cu, Zn, He y Mn, Expresados en p.p.m.

Introducción

Los métodos empleados en el análisis para efectuar la determinación de los nutrientes, fueron:

- Nitrógeno: método Kjeldahl.
- Fosforo y boro: método espectro.
- Sodio y potasio: fotometría de llama.
- Calcio y magnesio: espectrofotometría de absorción atómica.
- Hierro, cobre, magnesio y zinc: espectrofotometría de absorción atómica.



Mostramos a continuación una tabla de niveles de nutrientes en hoja de almendro:

1.4.1.2. Interpretación del análisis foliar.

Tabla 6. Nivel de los elementos nutritivos recomendados en hojas de almendro. (Fecha de muestreo: del 15 al 30 de julio).

Elemento mineral	Rango medio
N (%)	2,20-2,50
P (%)	0,10-0,30
K (%)	1,00-1,40
Ca (%)	2,00-3,00
Mg (%)	0,25-0,75
Zn (ppm)	18-75
Cu (ppm)	4-20
Mn (ppm)	20-100
Fe (ppm)	30-250

FUENTE: Norma Técnica de Producción Integrada de la Región de Murcia

Tabla 7. Niveles nutricionales en hojas de almendro después de 8-12 semanas de plena floración.

Elemento nutritivo	Nivel		
	Bajo	Normal	Alto
Nitrógeno (%)	< 2,0	2,1-2,5	> 2,6
Fósforo (%)	< 0,1	0,1-0,3	> 0,4
Potasio (%)	< 1,0	1,1-1,3	> 1,4
Calcio (%)	< 2,0	2,0-3,0	> 3,1
Magnesio (%)	< 0,6	0,7-1,0	> 1,1
Hierro (%)	< 100	110-130	> 150
Manganeso (ppm)	< 70	80-100	> 110
Zinc (ppm)	< 20	30-40	> 50
Boro (ppm)	< 25	30-65	> 66

FUENTE: Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete, 2014

Tabla 8. Niveles críticos de nutrientes en hoja de almendro para el mes de Julio.

Elemento nutritivo	Nivel		
	Deficiente	Adecuado	Tóxico
Nitrógeno (%)	< 2	2,2-2,5	
Fósforo (%)		0,1-0,3	
Potasio (%)	< 1	> 1,4	
Calcio (%)		> 2	
Magnesio (%)		> 0,25	
Sodio (%)			> 0,25
Cloro (%)			> 0,3
Boro (ppm)	< 30	30-65	> 300
Manganeso (ppm)		>20	
Zinc (ppm)	< 15		
Cobre (ppm)		> 4	

FUENTE: P.H.Brown and K. Uriu. (Universidad de California, 1996).

Tabla 9. Concentración crítica de nutrientes en hoja de almendro para muestras de julio y agosto.

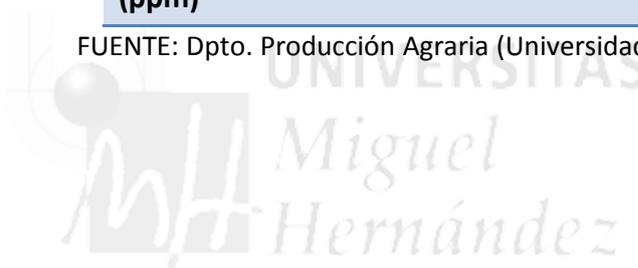
Elemento nutritivo	Nivel
Nitrógeno (%)	2,2-2,7
Fósforo (%)	0,10-0,30
Potasio (%)	> 1,4
Calcio (%)	> 2,0
Magnesio (%)	> 0,25
Manganeso (mg kg ⁻¹)	30-60
Boro (mg kg ⁻¹)	30-60
Zinc (mg kg ⁻¹)	> 18
Cobre (mg kg ⁻¹)	4-20

FUENTE: Sánchez, 1999.

Tabla 10. Contenidos suficientes de nutrientes referidos a materia foliar seca.

Elemento nutritivo	Nivel
Nitrógeno (%)	2,2-3,2
Fósforo (%)	0,18-0,35
Potasio (%)	2-3,2
Calcio (%)	1,2-2,5
Magnesio (%)	0,3-0,6
Hierro (ppm)	80-150
Manganeso (ppm)	30-100
Boro (ppm)	20-60
Zinc (ppm)	20-50
Cobre (ppm)	05-12
Molibdeno (ppm)	0,1-0,3

FUENTE: Dpto. Producción Agraria (Universidad Politécnica de Cartagena).



OBJETIVOS



2. Objetivos

Los objetivos generales que se pretenden con este Trabajo Fin de Grado son:

Determinar la fecha idónea de muestreo foliar en almendro así como establecer las Normas DRIS y CND para la interpretación de sus análisis.

Para lograr estos objetivos generales planteamos los siguientes objetivos específicos:

- 1- Comparación de los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg entre las variedades Ferraduel, Ferragnes y Garrigues para observar si tienen un comportamiento similar o no.
- 2- Determinar en base a los periodos de mayor estabilidad de estos nutrientes en la fisiología de la planta los momentos óptimos de muestreo foliar.
- 3- Establecer las Normas DRIS para la interpretación y diagnóstico de la nutrición foliar de las variedades Ferraduel, Ferragnes y Garrigues.
- 4- Establecer las Normas CND para la interpretación y diagnóstico de la nutrición foliar de las variedades Ferraduel, Ferragnes y Garrigues.

MATERIALES Y MÉTODOS



3. Materiales y métodos

La interpretación de los contenidos de nutrientes en los análisis de las hojas se puede hacer por varios métodos. Los métodos de RN (rango de normalidad o suficiencia) se utilizan con más frecuencia, pero son métodos que están siendo reemplazados por otros más sofisticados como son el IDS (Índice de Desviación Estándar), DRIS (Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendaciones, Diagnostic and Recommendation Integrated System), M-DRIS (Sistema Integral de Diagnostico y Recomendaciones Modificado, Diagnostic and Recommendation Modified Integrated System) o CND (Diagnostico de Composición de Nutrientes, Diagnosis of Nutrient Composition).

3.1. Selección de parcelas

La selección de las fincas experimentales se ha realizado según criterios de Sumner (1977), siendo fincas comerciales, homogéneas y con grandes rendimientos productivos.

Las fincas estudiadas en este trabajo se sitúan en la provincia de Albacete (Castilla-La Mancha) y en la Región de Murcia.

Todas las fincas experimentales poseen sistemas de riego por goteo y tienen buenos rendimientos productivos.

3.2. Material vegetal

Las variedades estudiadas son Ferraduel, Ferragnes y Garrigues. En la provincia de Albacete se han tomado muestras de las variedades Ferraduel y Ferragnes, y en la Región de Murcia se han tomado muestras de la variedad Garrigues.

3.3. Toma de muestras

Los macroelementos obtenidos en el análisis foliar han sido el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, todos ellos en unidad de porcentaje.

Tabla 11. Número de muestras obtenidas para cada variedad

Variedad	Número de muestras
Ferraduel	80
Ferragnés	86
Garrigues	122

Tabla 12. Numero de muestras obtenidas por quincenas

Quincenas	1º abril	2º abril	1º mayo	2º mayo	1º junio	2º junio	1º julio	2º julio	1º agosto	2º agosto	1º septiembre	2º septiembre
Ferraduel	-	-	-	9	5	1	25	11	6	15	6	2
Ferragnes	7	2	-	7	6	1	29	12	6	15	-	1
Garrigues	-	-	-	3	8	1	35	28	35	-	6	6

3.4. Periodos de estabilidad y rangos de normalidad

Para determinar la tabla interpretativa de un análisis foliar normal, es decir, rangos de normalidad (RN), es necesario determinar aquellos periodos en los que los nutrientes permanezcan estables. Un nutriente permanecerá estable cuando sus niveles no varíen entre dos o más fechas consecutivas. Se busca un periodo en el que los cinco macronutrientes presenten estabilidad en sus niveles foliares al mismo tiempo, siendo esta fecha la idónea para su muestreo en campo.

Se realiza la prueba de rangos múltiples sobre cada uno de los cinco macronutrientes y las nueve fechas de muestreo. De esta manera se determinan los periodos en los que los niveles foliares de cada nutriente permanecen estables. Los valores de N, P, K, Ca y Mg a lo largo del periodo foliar del almendro se representan junto con la prueba de rangos múltiples, permitiendo determinar la fecha idónea de muestreo e cada variedad.

Conociendo los periodos adecuados para el muestreo, se realizan las tablas interpretativas de los rangos de normalidad. Cada tabla se calcula utilizando únicamente los análisis foliares correspondientes al periodo obtenido como idóneo.

Estas tablas interpretativas permitirán determinar el estado nutricional de las plantas, a través de las futuras muestras foliares, en función de los niveles de cada elemento mineral. Los rangos se determinan haciendo uso de la media y la desviación estándar.

3.5. Índice de desviación estándar (IDS)

El Índice de Desviación Estándar (IDS) es un método estático sencillo, equivalente a los Rangos de Normalidad (RN). En realidad se utilizan los mismos parámetros. La desviación estándar permite determinar el rango en torno a la norma en el cual, se considera que un determinado nutriente se encuentra en un adecuado estado nutricional. Haciendo uso de la media y la desviación estándar, este índice ofrece un resultado entre +10 y -10 para cualquier nutriente y cultivo, lo que facilita considerablemente la interpretación de los resultados por parte del técnico.

De esta forma, se establece una tabla interpretativa de carácter universal, puesto que puede ser utilizada sobre cualquier cultivo y sobre cualquier nutriente, y evidentemente de muy sencillo manejo.

Figura 6. Fórmula para calcular el IDS.

$$IDS = \frac{\text{Valor muestra} - \text{Valor media}}{\text{Desv. std.}} \times 10$$

Así podemos construir la siguiente tabla interpretativa para cada nutriente.

Tabla 13. Interpretación IDS para cada elemento mineral.

	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
IDS	< -20	-20 a -10	-10 a 10	10 a 20	> 20

FUENTE: Tesis Doctoral (M. Giménez Montesinos, 2015).

Este mismo sistema nos servirá para hallar las distintas interpretaciones de los índices del *DRIS* y *CND*.

3.6 Obtención de las Normas DRIS y CND

En los métodos DRIS y CND para diagnosticar el estado nutricional de una planta, las unidades de sus concentraciones se eliminan, obteniéndose valores adimensionales que se denominan Índices de nutrientes. Se pueden comparar los distintos índices entre sí, indicándose además la existencia de desequilibrios o equilibrios entre cada nutriente mediante valores positivos o negativos (Giménez et al. 2006).

3.6.1. Normas DRIS

Para el cálculo de las normas DRIS se han seguido las recomendaciones de Beaufils, (1973); Sumner, (1987); Rodríguez y Rodríguez, (2000); Mourao, (2004) y Giménez et al. (2006). Se aplicaron a los macroelementos N, P, K, Ca y Mg.

Las normas DRIS se crean tras definir una población de referencia. Es decir, una vez obtenida la relación entre todos los pares de nutrientes y sus respectivos coeficientes de variación (Mourao, 2004). El ratio entre los pares de nutrientes puede ser inverso o directo, de tal forma que, la relación entre el nitrógeno y el fósforo, por ejemplo, se puede expresar como N/P, P/N o NxP. La elección del tipo de ratio dependerá del coeficiente de variación, seleccionando aquel con el menor valor.

Figura 7. Ejemplo de función del nitrógeno.

$$f(N) = \frac{N - N_{media}}{SD} \times 10$$

○ Índices DRIS.

Una vez establecidas las Normas DRIS, se calculan los índices DRIS para cada nutriente en todas las muestras del banco de datos (Beaufils, 1973).

Cada índice es la media de todas las funciones de relación donde esté involucrado el nutriente. Si el elemento que se calcula está en el numerador, se respeta el signo, pero si está en el denominador, se considera el signo positivo.

Se presenta una dificultad al determinar los distintos índices, dado que las fórmulas de estos muestran diferentes denominadores. Este desequilibrio numérico se

solventa con el empleo de un denominador de funciones que conforman el índice del nutriente. Así, se asegura que el sumatorio de los índices positivos y negativos es igual a cero, para que exista el equilibrio numérico entre los nutrientes de la muestra analizada (Rodríguez y Rodríguez, 2000).

Figura 8. Cálculo del índice DRIS para un nutriente X.

$$I_X = \frac{\left[\sum_{i=1}^m f(Y / X_i) - \sum_{j=1}^n f(X_j / Y) \right]}{(m + n)}$$

Donde:

I_x = Índice DRIS para X

X = nutriente para cálculo del índice

Y = otro nutriente

m = número de funciones cuyo factor X se encuentra en el denominador de la norma.

N = número de funciones cuyo factor X se encuentra en el numerador de la norma.

Figura 9. Cálculo de los índices DRIS.

$$\begin{aligned} \text{Índice } .N &= \frac{[f(N / P) + f(N / K) + f(N / Mg) + f(N / Ca)]}{5} \\ \text{Índice } .P &= \frac{[-f(N / P) + f(P / K) + f(P / Mg) + f(P / Ca)]}{5} \\ \text{Índice } .K &= \frac{[-f(N / K) - f(P / K) + f(K / Mg) + f(K / Ca)]}{5} \\ \text{Índice } .Mg &= \frac{[-f(N / Mg) - f(P / Mg) - f(K / Mg) + f(Mg / Ca)]}{5} \\ \text{Índice } .Ca &= \frac{[-f(N / Ca) - f(P / Ca) - f(K / Ca) - f(Mg / Ca)]}{5} \end{aligned}$$

- Índice de Balance de los Nutrientes (IBN).

El sumatorio absoluto de los valores de los índices, genera otro índice denominado *Índice del Balance Nutricional (IBN)*. Este índice puede ser un indicador del estado nutricional de la planta, pudiéndose averiguar la causa de un estado nutricional desequilibrado si los valores más altos del sumatorio lo indicasen. Si los valores fueran bajos, indicaran una alta carga de cosecha.

Figura 10. Cálculo del Índice de Balance de Nutrientes DRIS.

$$IBN = |IN| + |IP| + |IK| + |ICa| + |IMg|$$

Cuanto mayor es el valor de IBN, mayor será el desequilibrio nutricional, esperándose por tanto un menor rendimiento. La escala de rangos del IBN establecida (Giménez, 2008) es la siguiente:

Tabla 14. Interpretación del IBN en DRIS.

Muy Bueno	Bueno	Cierto desequilibrio	Muy desequilibrado
0-15	15-30	30-60	> 60

FUENTE: Tesis Doctoral (M. Giménez Montesinos, 2015).

3.6.2. Normas CND.

El cálculo de las normas CND, se realiza según los estudios de Aitchison, (1982); Parent y Dafir, (1992) y Khiari et. Al. (2001). Se considera un parámetro adimensional “ S^d ” formado por los diferentes nutriente, más un valor de relleno “ R_d ” que representa a todos los nutrientes que no han sido determinados analíticamente. La aplicación teórica es la siguiente:

Figura 11. Parámetro adimensional “ S^d ”.

$$S^d = [(N, P, K, \dots, R_d)]$$

Donde $N > 0$; $P > 0$; $K > 0$

Figura 12. Sumatorio de todos los nutrientes.

$$R_d > 0, \dots, N + P + K + \dots + R_d = 100$$

Siendo 100 la concentración de materia seca (%) y N, P, K... los nutrientes analizados, mientras que R_d serían el resto de nutrientes no analizados:

Figura 13. Valor de relleno R_d .

$$R_d = 100 - (N + P + K + \dots)$$

Estas proporciones se vuelven invariables en escala después de dividir por la media geométrica (G) de todos los componentes, incluido el término R_d :

Figura 14. Media geométrica "G".

$$G = [N * P * K * \dots * R_d]^{\frac{1}{d+1}}$$

Y para cada observación se determinan los logaritmos:

Figura 15. Definición de logaritmos por nutriente.

$V_{\text{Nitrógeno}}^* = \text{Ln} \left(\frac{N}{G} \right)$	$V_{R_d}^* = \text{Ln} \left(\frac{R_d}{G} \right)$
$V_{\text{Fósforo}}^* = \text{Ln} \left(\frac{P}{G} \right)$	$V_{\text{Magnesio}}^* = \text{Ln} \left(\frac{Mg}{G} \right)$
$V_{\text{Potasio}}^* = \text{Ln} \left(\frac{K}{G} \right)$	$V_{\text{Calcio}}^* = \text{Ln} \left(\frac{Ca}{G} \right)$

Por definición, la suma de los compuestos de un tejido vegetal debe ser el 100%. Por tanto, la suma de todos los logaritmos debe ser cero:

Figura 16. Suma de todos los logaritmos.

$$V_N^* + V_P^* + V_K^* + V_{Ca}^* + V_{Mg}^* + \dots + V_{Rd}^* = 0$$

Tras definir las normas, los resultados analíticos de nuestra muestra pueden ser interpretados con los índices CND:

Figura 17. Calculo de los índices CND.

$\text{Índice}_{\text{Nitrógeno}} = \left(\frac{V_{\text{Nitrógeno}} - V_{\text{Nitrógeno}}^*}{SD_{\text{Nitrógeno}}^*} \right)$	$\text{Índice}_{\text{Calcio}} = \left(\frac{V_{\text{Calcio}} - V_{\text{Calcio}}^*}{SD_{\text{Calcio}}^*} \right)$
$\text{Índice}_{\text{Fósforo}} = \left(\frac{V_{\text{Fósforo}} - V_{\text{Fósforo}}^*}{SD_{\text{Fósforo}}^*} \right)$	$\text{Índice}_{\text{Magnesio}} = \left(\frac{V_{\text{Magnesio}} - V_{\text{Magnesio}}^*}{SD_{\text{Magnesio}}^*} \right)$
$\text{Índice}_{\text{Potasio}} = \left(\frac{V_{\text{Potasio}} - V_{\text{Potasio}}^*}{SD_{\text{Potasio}}^*} \right)$	$\text{Índice}_{\text{Rd}} = \left(\frac{V_{\text{Rd}} - V_{\text{Rd}}^*}{SD_{\text{Rd}}^*} \right)$

Donde el asterisco indica que el valor representa a la Norma.

3.7. Parámetros estadísticos empleados

Para realizar los distintos métodos de interpretación foliar es necesario obtener unos cálculos estadísticos previos como son la normalidad o la discriminación de varianzas.

3.7.1. Estadística básica.

Una de las herramientas estadísticas más utilizadas es el análisis de la varianza (ANOVA), (Massart et al, 1997). El objetivo del ANOVA es comparar los diversos valores medios para determinar si alguno de ellos difiere significativamente del resto.

En los análisis también existen otro tipo de datos que van a representar a toda la población, o indicar si la población está muy concentrada o muy dispersa (Gimeno, 2008).

○ Parámetros de centralización.

Denominados medidas de tendencia central. Son datos que representan de forma global a toda la población. Entre ellos destacan la media aritmética, moda y mediana.

Se llaman medidas de posición, tendencia central o centralización a unos valores numéricos en torno a los cuales se agrupan, en mayor o menor medida, los valores de una variable estadística.

La mejor medida de la tendencia central y más común es sin duda la **media aritmética**. Este valor indica la cantidad total de la variable distribuida a partes iguales entre cada observación. Es decir, la media resume la información de una distribución suponiendo que, cada observación tendría la misma cantidad de la variable (Massart et al., 1997).

Otra medida de tendencia central es la **mediana**. Se define como el valor situado en el centro de los elementos cuando éstos son agrupados en orden de magnitud. Si el número de elementos es par, la mediana será el promedio de los valores centrales (Gimeno, 2008).

La **moda** se relaciona con la frecuencia con que se presenta el dato o los datos con mayor incidencia. Existe la posibilidad de que exista más de una moda para un conjunto de datos.

○ Parámetros de dispersión.

Los parámetros o medidas de dispersión informan sobre la representatividad de medidas de tendencia central como síntesis de la información. Las medidas de dispersión cuantifican la separación, dispersión y variabilidad de los valores de la distribución respecto al valor central. Hay que distinguir entre medidas de dispersión absolutas, que no son comparables entre diferentes muestras y las relativas, que permiten comparar varias muestras (Gimeno, 2008).

La **varianza** es una medida absoluta de la dispersión de los valores de la variable respecto de su medida. Valora el grado de dispersión de los valores de una distribución permitiendo la comparación con otras distribuciones (Massart et al., 1997).

Otra medida de dispersión a destacar es la **desviación típica o estándar** (σ). Se obtiene mediante la raíz cuadrada de la varianza. Esta medida de dispersión tiene la ventaja de mostrar las mismas unidades que la variable en cuestión, frente a la varianza que muestra dichas unidades al cuadrado (Gimeno, 2008).

El **coeficiente de variación** permite comparar la dispersión entre dos poblaciones distintas, e incluso comparar la variación producto de dos variables diferentes, que pueden proceder de una misma población. El coeficiente de variación elimina la dimensionalidad de las variables, y tiene en cuenta la proporción existente entre una medida de tendencia y la desviación típica o estándar (Massart et al., 1997).

Se llama **intervalo de confianza** a un conjunto de valores alrededor de un parámetro muestral en los que, con una probabilidad o nivel de confianza determinado, se situará el parámetro poblacional a estimar. Este intervalo contiene al parámetro estimado con una determinada certeza o nivel de confianza. Al ofrecer un intervalo de confianza se da por supuesto que los datos poblacionales se distribuyen de un modo determinado. Es habitual que lo hagan mediante la distribución normal (Gimeno, 2008).

El **error estándar** de la media permite calcular un intervalo de confianza para ésta. Si se repitiera el ensayo, lo más probable es que se obtuvieran valores semejantes pero no idénticos a la media. El error estándar de la media mide la variabilidad que cabe esperar para ese valor medio si se repitiera muchas veces el ensayo (Massart et al., 1997).

El **tamaño de la muestra** representa el número de individuos. Se representa mediante la letra n , estando los valores delimitados por el rango (Massart et al., 1997).

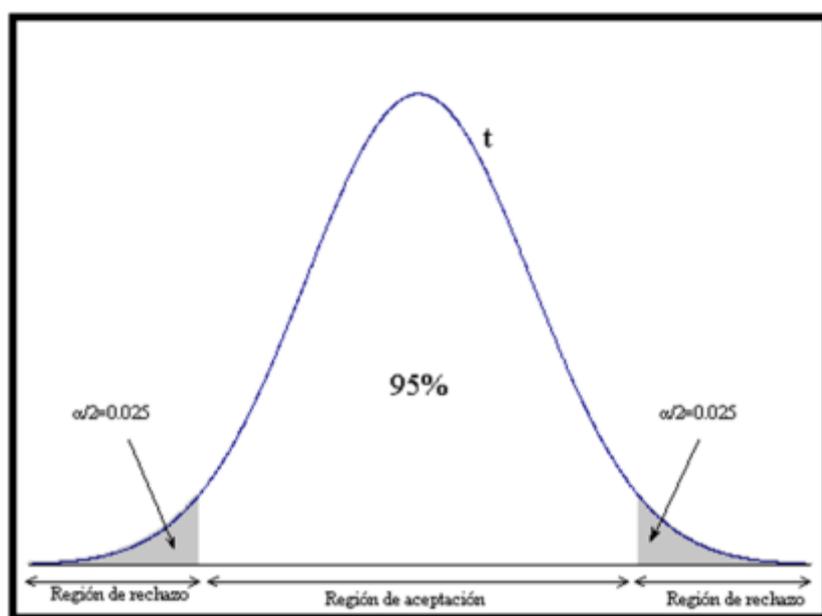
El **rango** es una medida de dispersión que se define como la diferencia entre el valor máximo y mínimo. Es sencillo de calcular, pero poco significativo al intervenir solamente los dos valores extremos (Gimeno, 2008).

3.7.2. Normalidad

Se denomina normalidad de la distribución o ley de Gauss a la característica para distribuirse de determinadas poblaciones. Hay ciertos valores de la variable que contienen un gran porcentaje de la población total, mientras que con los valores muy pequeños o muy grandes aparecen muy pocos individuos en dichos intervalos (Gimeno, 2008).

Las distribuciones normales se pueden representar mediante la *t* de Student, Pearson o la *F* de Snedecor (Gimeno, 2008).

Figura 18. Discriminación de la varianza.



FUENTE: Trabajo I.A. Normas de Interpretación foliar CND, DRIS Y M-DRIS en el grupo varietal Navel (Helenio Giménez, 2008).

3.7.3. Discriminación de varianzas

La selección de las normas DRIS y CND se basa en la prueba de la discriminación de varianzas, que determinan la relación entre la varianza más grande y la más pequeña de un banco de datos de distribución normal (Sumner, 1977).

La prueba de relaciones de varianza o cocientes entre nutrientes es útil para la selección de normas, siendo necesario que el banco de datos posea una distribución normal (Walworth and Sumner, 1987).

Se utiliza el criterio de discriminación de varianzas para la selección de las relaciones de nutrientes, seleccionando para ello las relaciones con menos coeficiente de variación (Arizaleta *et al.*, 2002).

De cada par de nutrientes, hay tres posibles relaciones, de estas tres relaciones escogemos la que tenga el coeficiente de variación más bajo. Partimos de que todos tienen una distribución normal, cuanto más arriba este en la distribución normal, el cultivo tendrá más rendimiento y producción. Descartamos las otras dos relaciones restantes. Si el coeficiente de variación es bajo, indica que los elementos minerales están relacionados fisiológicamente.

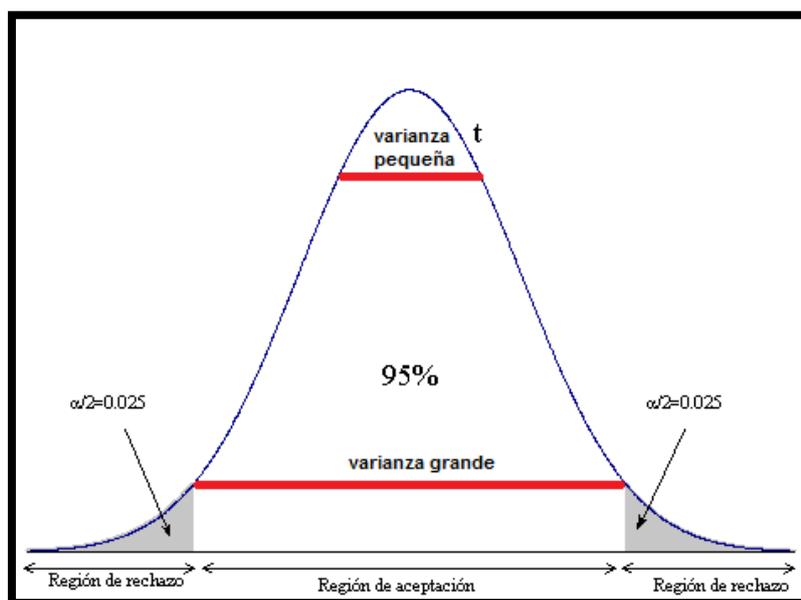
Tabla 15. Selección de Normas según discriminación de varianzas.

Elemento mineral	N	P	K	Ca	Mg
N	-	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg
P	P/N	-	P/K	P/Ca	P/Mg
K	K/N	K/P	-	K/Ca	K/Mg
Ca	Ca/N	Ca/P	Ca/K	-	Ca/Mg
Mg	Mg/N	Mg/P	Mg/K	Mg/Ca	-

Tabla 16. Selección de Normas según discriminación de varianzas.

Elemento mineral	N	P	K	Ca	Mg
N	-	N x P	N x K	N x Ca	N x Mg
P	-	-	P x K	P x Ca	P x Mg
K	-	-	-	K x Ca	K x Mg
Ca	-	-	-	-	Ca x Mg
Mg	-	-	-	-	-

Figura 19. Prueba de discriminación de la varianza.



FUENTE: Elaboración propia a partir del Trabajo I.A. Normas de Interpretación foliar CND, DRIS Y M-DRIS en el grupo varietal Navel (Helenio Giménez, 2008).

Para la realización de los estudios estadísticos se pueden emplear diversos programas informáticos. En este trabajo se ha empleado el programa Statgraphics para la depuración y análisis de datos, y el programa Microsoft Excel 2010 para procesar la información generada y representar los resultados.

Mediante el uso de Excel, y de diferentes fórmulas correspondientes a cada uno de los métodos a aplicar (DRIS Y CND), se han obtenido los resultados para su posterior estudio y análisis.

Como paso previo al tratamiento estadístico de las muestras, la base de datos es sometida a un proceso de depuración. Para ello se hace uso de Statgraphics y su herramienta de identificación de valores atípicos. Esta herramienta se basa en discriminar valores en función de la desviación estándar (σ).

Una vez depurada, se analiza la base de datos mediante técnicas estadísticas. El objetivo es justificar la necesidad de afrontar por separado el estudio nutricional del almendro en sus diferentes variedades. La hipótesis de partida contempla que los niveles nutricionales del almendro dependen de la variedad de la que procedan. De confirmarse dicha hipótesis, se trabajará separando los datos según la variedad y se calcularán tanto los rangos de normalidad, como las normas DRIS Y CND, de forma

Materiales y métodos

independiente para cada una de las variedades. Para ello se recurre al análisis de la varianza y la prueba de rangos múltiples LSD ($p < 0.05$) mediante Statgraphics.



Resultados y discusión



4. Resultados y discusión

Los resultados analíticos han sido tratados estadísticamente para evaluar e interpretar los resultados experimentales.

La estadística básica aplicada fue el análisis de la varianza y un contraste de rangos múltiple para las tres variedades estudiadas.

4.1. Análisis de la varianza y contraste de rango múltiple

Se han realizado los siguientes análisis de varianza y contraste de rango múltiple con los tamaños muestrales correspondientes.

- Variedad Ferraduel: 80 muestras.
- Variedad Ferragnes: 86 muestras.
- Variedad Garrigues: 122 muestras.

Se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 17. Resultados de los análisis de varianza realizados para cada elemento

Variedad	Tamaño	N	P	K	Ca	Mg
Ferraduel	80	SIG.	SIG.	SIG.	SIG.	SIG.
Ferragnes	86	SIG.	SIG.	SIG.	SIG.	SIG.
Garrigues	122	SIG.	SIG.	SIG.	SIG.	SIG.

(SIG.=Significativo al 95%; NS=No Significativo)

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes. Un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo.

Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, se realizan un contraste de rango múltiple.

Para interpretar el contraste de Rango Múltiple se añade una letra (a, b, c) a los elementos minerales que tienen un mismo comportamiento.

Tabla 18. Test de Rango Múltiple para separación de medias de las variedades y los elementos minerales.

	Tamaño	N	P	K	Ca	Mg
Ferraduel	80	a	a	a	a	a
Ferragnes	86	a	a	a	a	b
Garrigues	122	b	b	b	b	c

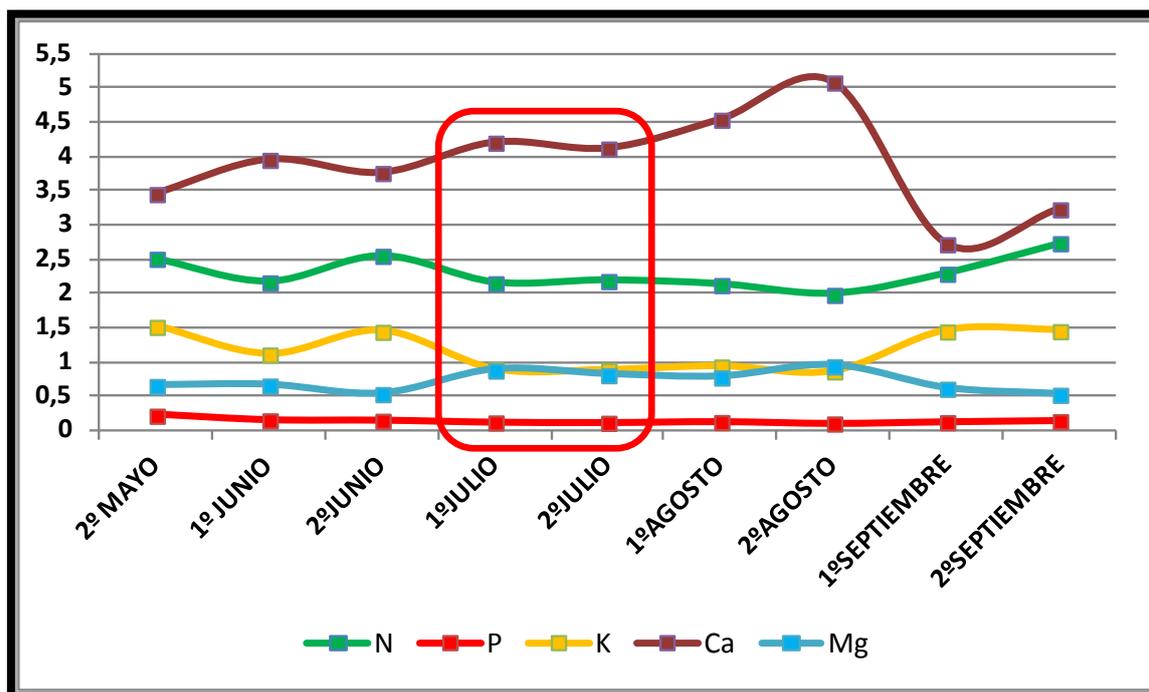
Con el análisis de la varianza se observa que hay diferencia significativa entre las variedades para los elementos minerales, y con el Test de Rango Múltiple podemos ver que hay un comportamiento similar entre las variedades Ferraduel y Ferragnes y a su vez una diferencia de éstas dos con la variedad Garrigues.

4.2. Elección de la época de muestreo

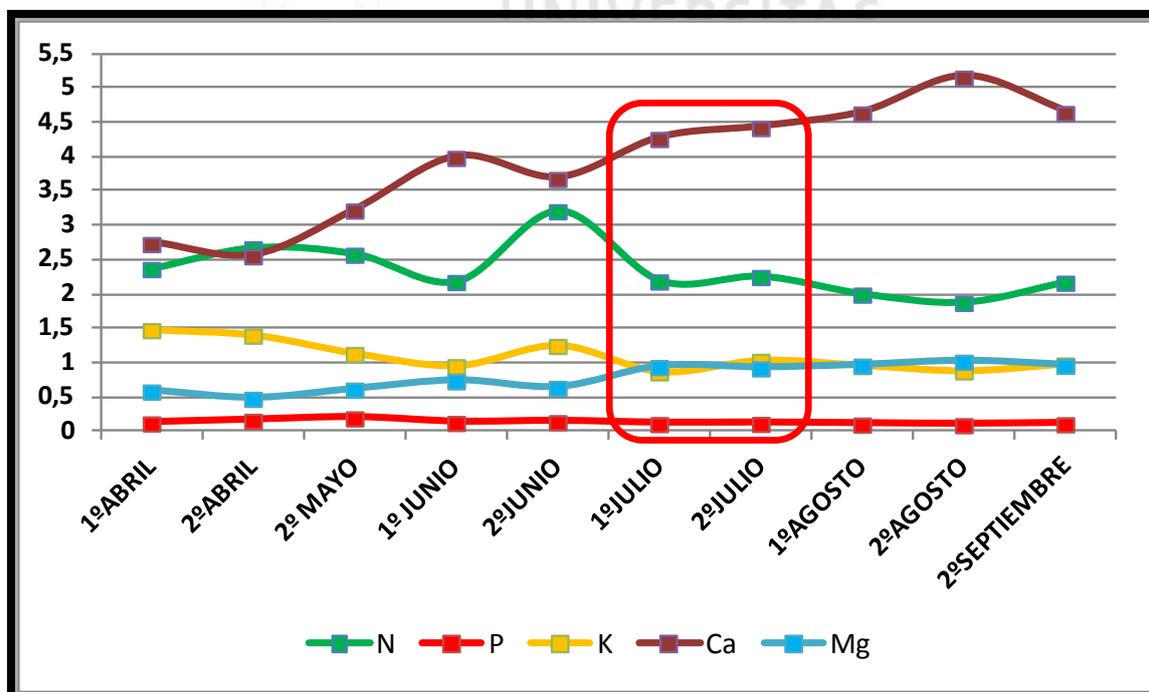
En base a los resultados estadísticos obtenidos, se define una fecha clara para realizar el muestreo foliar y su posterior análisis e interpretación de los resultados. La fecha idónea para realizar el muestreo foliar es el mes de Julio ya que es la época donde los elementos minerales se mantienen estables correlativamente durante ese mes.

En los cuadros rojos se muestra la variación de de cada elemento mineral en el mes de Julio, pudiéndose observar como la mayoría de nutrientes presentan una estabilidad para ese mes.

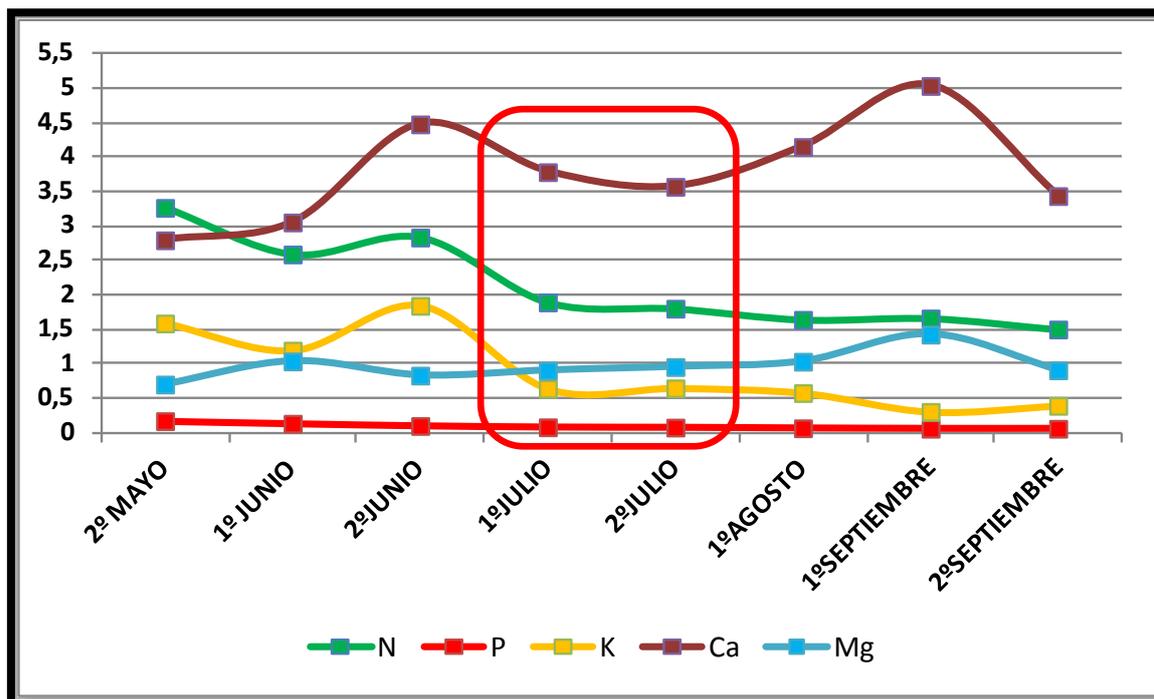
Gráfica 11. Evolución de los macronutrientes en las diferentes quincenas. Variedad Ferraduel.



Gráfica 12. Evolución de los macronutrientes en las diferentes quincenas. Variedad Ferragnes.



Gráfica 13. Evolución de los macronutrientes en las diferentes quincenas. Variedad Garrigues.



4.3. Rangos de Normalidad

4.3.1. Variedad Ferraduel.

Tabla 19. Rangos de Normalidad. Variedad Ferraduel (mes de julio).

Elemento mineral	MUY BAJO	BAJO	NORMAL	ALTO	MUY ALTO			
Nitrógeno	< 1,0577	1,0577	1,4485	1,8392	2,6208	3,0115	3,4023	> 3,4023
Fósforo	< -0,0572	-0,0572	0,0091	0,0754	0,2081	0,2744	0,3407	> 0,3407
Potasio	< -0,0057	-0,0057	0,3425	0,6907	1,3871	1,7353	2,0835	> 2,0835
Calcio	< 1,5057	1,5057	2,3890	3,2724	5,0391	5,9225	6,8058	> 6,8058
Magnesio	< 0,3016	0,3016	0,4697	0,6378	0,9740	1,1420	1,3101	> 1,3101

4.3.2. Variedad Ferragnes.

Tabla 20. Rangos de Normalidad. Variedad Ferragnes (mes de julio).

Elemento mineral	MUY BAJO	BAJO	NORMAL		ALTO	MUY ALTO		
Nitrógeno	< 1,0491	1,0491	1,4393	1,8295	2,6100	3,0002	3,3904	> 3,3904
Fósforo	< -0,0446	-0,0446	0,0150	0,0746	0,1938	0,2534	0,3130	> 0,3130
Potasio	< -0,0824	-0,0824	0,2859	0,6542	1,3907	1,7590	2,1272	> 2,1272
Calcio	< 1,3755	1,3755	2,3189	3,2622	5,1489	6,0923	7,0357	> 7,0357
Magnesio	< 0,3092	0,3092	0,4996	0,6901	1,0709	1,2613	1,4517	> 1,4517

4.3.3. Variedad Garrigues.

Tabla 21. Rangos de Normalidad. Variedad Garrigues (mes de julio).

Elemento mineral	MUY BAJO	BAJO	NORMAL		ALTO	MUY ALTO		
Nitrógeno	< 0,5668	0,5668	0,9991	1,4313	2,2958	2,7280	3,1602	> 3,1602
Fósforo	< 0,0064	0,0064	0,0345	0,0625	0,1186	0,1467	0,1747	> 0,1747
Potasio	< -0,3617	-0,3617	-0,0166	0,3284	1,0185	1,3636	1,7087	> 1,7087
Calcio	< 1,9037	1,9037	2,5430	3,1824	4,4611	5,1004	5,7397	> 5,7397
Magnesio	< 0,4441	0,4441	0,6260	0,8079	1,1717	1,3536	1,5355	> 1,5355

Si observamos las tablas de niveles de nutrientes en hoja de almendro obtenidas de la Norma Técnica de Producción Integrada de la Región de Murcia, Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete, 2014, P.H.Brown and K. Uriu. (Universidad de California, 1996), Sánchez 1999 y Producción Agraria (Universidad Politécnica de Cartagena), todas mantienen unos rangos de normalidad similares, y que, en comparación con los rangos normales obtenidos en este trabajo, se aprecia un parecido en los elementos minerales "N", "P" y "K" en las tres variedades estudiadas. En cuanto a los nutrientes "Ca" y "Mg", presentan valores más altos que los citados como referencia.

Para la variedad Garrigues, los elementos minerales “P” y “K” muestran valores de rango normal más bajos que los de la referencia.

En este trabajo se han elaborado las tablas de rangos de normalidad para el mes de julio, por lo que para obtener una buena comparativa nos tendríamos que ir a la referencia de las tablas de la Norma Técnica de Producción Integrada de la Región de Murcia, P.H.Brown and K. Uriu. (Universidad de California, 1996) y Sánchez 1999, las cuales han sido realizadas en ese mismo mes.

En general, los elementos minerales estudiados no se exceden o carecen de los rangos de normalidad referenciados por lo que las tablas elaboradas presentan un parecido razonable a las ya obtenidas anteriormente.



4.4. Normas DRIS y CND

Una vez demostrado que existen diferencias significativas entre las distintas variedades, se obtienen las normas DRIS y CND para cada variedad estudiada.

4.4.1. Normas DRIS.

Las Normas *DRIS* obtenidas para la variedad Ferraduel son las siguientes:

Tabla 22. Valores medios de la población estudiada. Variedad Ferraduel.

	N	P	K	Ca	Mg
Media	2,2300	0,1418	1,0389	4,1558	0,8059
SD	0,3908	0,0663	0,3482	0,8834	0,1681
C.V.	17,5226	46,7924	33,5173	21,2562	20,8574

Tabla 23. Norma *DRIS* establecida para la Variedad Ferraduel.

RELACIÓN	MEDIA	SD	CV
N/P	17,0483	4,0646	23,8413
N/K	2,3049	0,5805	25,1863
N*Ca	9,1294	1,8837	20,6330
N/Mg	1,7580	0,3214	18,2799
K/P	7,7354	2,3122	29,8911
K*Mg	0,7970	0,1894	23,7667
P*Ca	0,5672	0,1759	31,0148
P*Mg	0,1077	0,0274	25,4028
k*Ca	4,1374	1,0972	26,5201
Ca/Mg	5,2724	1,1110	21,0718

Los datos obtenidos sobre la variedad Ferraduel no pueden ser comparados ya que no se ha realizado la Norma DRIS para esta variedad.

Las Normas *DRIS* obtenidas para la variedad Ferragnes son las siguientes:

Tabla 24. Valores medios de la población estudiada. Variedad Ferragnes.

	N	P	K	Ca	Mg
Media	2,2198	0,1342	1,0224	4,2056	0,8805
SD	0,3902	0,0596	0,3683	0,9434	0,1904
C.V.	17,5795	44,4130	36,0181	22,4311	21,6262

Tabla 25. Norma *DRIS* establecida para la Variedad Ferragnes.

RELACIÓN	MEDIA	SD	CV
N/P	17,7101	4,0398	22,8106
N/K	2,3250	0,5725	24,6238
N*Ca	9,1299	1,7080	18,7074
N*Mg	1,9108	0,3575	18,7081
P/K	0,1375	0,0462	33,6275
K*Mg	0,8582	0,2163	25,2073
P*Ca	0,5423	0,1569	28,9213
P*Mg	0,1111	0,0229	20,5719
k*Ca	4,1213	1,0891	26,4259
Ca/Mg	4,8412	0,7891	16,2996

Respecto a la variedad Ferragnes, tenemos como referencia el trabajo realizado por Poveda Escandell en 2004, "Obtención de las Normas M-DRIS para el almendro. Variedad Ferragnes" en el que obtiene como resultado los siguientes valores medios y relación de nutrientes:

Tabla 26. Valores medios de la población estudiada. Variedad Ferragnes (Poveda Escandell, 2004).

	MEDIA	SD	CV
N	2,065	0,093	4,478
p	0,090	0,010	10,617
K	0,980	0,191	19,325
Ca	2,390	0,319	13,195
Mg	0,770	0,103	13,730

Tabla 27. Norma DRIS establecida para la Variedad Ferragnes (Poveda Escandell, 2004).

	MEDIA	CV
P/N	0,045	10,752
K/N	0,429	16,013
P/K	0,099	17,159
Ca/Mg	3,275	34,480
N*Ca	5,226	19,553
P*Ca	0,226	16,706
K*Ca	2,345	26,714
N*Mg	1,757	8,32
P*Mg	0,077	14,973
K*Mg	0,743	22,138

Si comparamos los valores medios de la población estudiada, se observa una similitud en los nutrientes “N”, “P”, “K” y “Mg”, mientras que el elemento mineral “Ca” tiene un valor superior (4,2056) en este trabajo respecto al trabajo de Poveda Escandell 2004 (2,390).

Las relaciones de elementos establecidas en este trabajo resultan similares a las del trabajo de Poveda Escandell 2004 a excepción de las relaciones “N/P” y “N/K”. En el trabajo de Poveda Escandell 2004 se obtienen las relaciones de elementos “P/N” y “K/N”.

El trabajo de Poveda Escandell 2004 se lleva a cabo en una finca situada en el término municipal de la Matanza, a nueve kilómetros de Orihuela (Alicante). Se trata de una finca homogénea y tiene un sistema de irrigación por goteo.

Las características de esta finca son similares a las tratadas en este trabajo por lo que los datos obtenidos tienen un parecido considerable a los del trabajo de Poveda Escandell, 2004.

Las Normas *DRIS* obtenidas para la variedad Garrigues son las siguientes:

Tabla 28. Valores medios de la población estudiada. Variedad Garrigues.

	N	P	K	Ca	Mg
Media	1,8635	0,0906	0,6735	3,8217	0,9898
SD	0,4322	0,0281	0,3451	0,6393	0,1819
C.V.	23,1942	30,9785	51,2346	16,7291	18,3768

Tabla 29. Norma *DRIS* establecida para la Variedad Garrigues.

RELACIÓN	MEDIA	SD	CV
N/P	21,0309	2,7018	12,8469
N/K	3,2484	1,2734	39,2019
N*Ca	7,0112	1,4917	21,2761
Mg/N	0,5576	0,1524	27,3319
K/P	7,4521	2,9245	39,2442
K*Mg	0,6342	0,2779	43,8178
P*Ca	0,3382	0,0834	24,6650
Mg/P	11,7534	3,6020	30,6466
K*Ca	2,4727	1,1548	46,7004
Ca/Mg	3,9245	0,6569	16,7384

Los datos obtenidos sobre la variedad Garrigues no pueden ser comparados ya que no se ha realizado la Norma *DRIS* para esta variedad.

4.4.2. Normas *CND*.

Las Normas *CND* obtenidas para la variedad Ferraduel son las siguientes:

TABLA 30. Norma *CND* establecida para la variedad Ferraduel.

	Media	SD
N	2,2300	0,3908
P	0,1418	0,0663
K	1,0389	0,3482
Ca	4,1558	0,8834
Mg	0,8059	0,1681
V_N	0,0507	0,1109
V_P	-2,7569	0,2686
V_K	-0,7524	0,2750
V_{Ca}	0,6594	0,2537
V_{Mg}	-0,9794	0,2714
V_{Rd}	3,7787	0,0873
R	91,6278	0,7829
G	2,1009	0,1745

Los datos obtenidos sobre la variedad Ferraduel no pueden ser comparados ya que no se ha realizado la Norma *CND* para esta variedad.

Las Normas *CND* obtenidas para la variedad Ferragnes son las siguientes:

TABLA 31. Norma *CND* establecida para la variedad Ferragnes.

	Media	SD
N	2,2198	0,3902
P	0,1342	0,0596
K	1,0224	0,3683
Ca	4,2056	0,9434
Mg	0,8805	0,1904
V_N	0,0408	0,1330
V_P	-2,8073	0,2658
V_K	-0,7718	0,2744
V_{Ca}	0,6638	0,2528
V_{Mg}	-0,8985	0,2713
V_{Rd}	3,7730	0,0759
R	91,5376	0,8036
G	2,1089	0,1468

Los datos obtenidos sobre la variedad Ferragnes no pueden ser comparados ya que no se ha realizado la Norma *CND* para esta variedad.

UNIVERSITAS
Miguel
M/H Hernández

Las Normas *CND* obtenidas para la variedad Garrigues son las siguientes:

TABLA 32. Norma *CND* establecida para la variedad Garrigues.

	Media	SD
N	1,8635	0,4322
P	0,0906	0,0281
K	0,6735	0,3451
Ca	3,8217	0,6393
Mg	0,9898	0,1819
V_N	0,0182	0,1297
V_P	-3,0190	0,1750
V_K	-1,0856	0,3798
V_{Ca}	0,7462	0,2265
V_{Mg}	-0,6070	0,2237
V_{Rd}	3,9472	0,1158
R	92,5609	0,7505
G	1,7985	0,2100

Los datos obtenidos sobre la variedad Garrigues no pueden ser comparados ya que no se ha realizado la Norma *CND* para esta variedad.

Conclusiones



5. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas en el presente trabajo son las siguientes:

- El período óptimo para efectuar el muestreo foliar en los macroelementos minerales N, P, K, Ca y Mg en almendro, en las variedades Ferraduel, Ferragnes y Garrigues, sobre patrón Franco de almendro, sería el mes de Julio.
- se observan diferencias significativas para los niveles de los macroelementos minerales N, P, K, Ca y Mg entre las variedades Ferraduel y Ferragnes respecto a la variedad Garrigues.
- Para los macroelemento minerales N, P y Ca, Ferraduel y Ferragnes presentan un contenido significativamente mayor que la variedad Garrigues. Por lo que, aunque en este trabajo se han realizado las Normas para las tres variedades estudiadas por separado, podrían compartirse las Normas de Ferraduel y Ferragnes ya que para la mayor parte de los macroelementos minerales no se muestran diferencias significativas entre ellas.
- Se han determinado las Normas DRIS para la variedad Ferraduel, Ferragnes y Garrigues.
- Se han determinado las Normas CND para la variedad Ferraduel, Ferragnes y Garrigues.
- Como novedad, se han obtenido por primera vez las Normas DRIS para las variedades Ferraduel y Garrigues y las Normas CND para las variedades Ferraduel, Ferragnes y Garrigues. También se han obtenido las tablas de Rangos de Normalidad para la fecha del mes de Julio en las tres variedades estudiadas.

Bibliografía



6. Bibliografía

- AITCHISON, J. 1982. The statistical analysis of compositional data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B*, 44: 139-177.
- AMORÓS Alvarado, JR. 2015. Proyecto de instalación de riego y plantación de almendros en una finca situada en el Termino Municipal de Monóvar (Alicante). Proyecto fin de Carrera. EPSO (Orihuela). Universidad Miguel Hernández.
- ARIZALETA, M., RODRIGUEZ, V. and RODRIGUEZ, O. 2002. Dris foliar norms for coffee. *Acta Hort.* 594:405-409.
- BEAUFILS, E.R. 1957. Research for racional exploitation of *Hevea brasiliensis* using a physiological diagnosis based on mineral analysis of various parts of the plant. *Fertilite*.
- BEAUFILS, E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Science*.
- CADAHÍA Lopez, C. 2005. *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. 3ª Ed. ampliada. Mundi-Prensa, Madrid. Pág. 229-242.
- FELIPE J, A. 2000. *El almendro: I: el material vegetal*. 1ª Ed. 433 pp.
- FRUTICULTURA, revista. Especial 2016. Nº 49.
- FRUTICULTURA PROFESIONAL, revista. 2007. Nº 169.
- GARCIA Guardiola, JA. Comparación de niveles foliares en almendro a través de un estudio estadístico. Proyecto fin de Carrera. EPSO (Orihuela). Universidad Miguel Hernández. 213 pp.
- GÍMENEZ, M., MARTÍNEZ, J., FERRÁNDEZ, M., OLTRA, M.A., MADRID, R., RODRÍGUEZ, V. AND RODRÍGUEZ, O. 2004. Initial values of dris norms for artichoke cv.

Bibliografía

- GIMENO Pérez, H. 2008. Normas de Interpretación Foliar CND, DRIS y M-DRIS en el grupo Varietal Navel. Trabajo Final de Carrera. EPSO (Orihuela). Universidad Miguel Hernández. 91 pp.
- GINER González, JF. 2015. Análisis foliar, interpretación y obtención de las Normas DRIS para la viticultura de la comarca Utiel-Requena. Estudio de sus relaciones con los parámetros que caracterizan su aptitud enológica. Tesis Doctoral. EPSO (Orihuela). Universidad Miguel Hernández.
- JONES, C. 1981. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 12:785-794.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. 2013. Manual del almendro. Trabajo pdf. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Sevilla.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. 2016. Caracterización del sector de la almendra en Andalucía. Trabajo pdf. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Secretaría General de Agricultura y Alimentación.
- KHIARI, L., PARENT, L.E. AND TREMBLAY, N. 2001. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agron. J.* 93:802-808
- LOZANO Lozano, F. 2009. Diagnóstico foliar del almendro en riego por goteo. Trabajo Final de Carrera. EPSO (Orihuela). Universidad Miguel Hernández. 65 pp.
- MASSART, D.L., VANDEGINSTE, B.M.G., BUYDENS, L.M.C., DE JONG, S., LEWI, P.J. AND SMEYERS-VERBEKE, J. 1997. *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A.* Elsevier Amsterdam. 886 pp.
- MELGAREJO Moreno, P. y SALAZAR Hernández, D. 2002. Cultivos Leñosos: frutales de zonas áridas: El cultivo del almendro. 1ª Ed. Mundi-Prensa, EPSO (Orihuela). Universidad Miguel Hernández. 307 pp.
- MOLINA, S.I, 2014. Estrategias de fertilización en el cultivo del almendro. Trabajo pdf, Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete.

Bibliografía

MOURAO, F. 2004. Dris: Concepts and applications on nutritional Diagnosis in fruit crops. Sci. Agric.

MUNCHARAZ Pou, M. 2004. El almendro: manual técnico. 1ªEd. Mundi-Prensa, Madrid. 413 pp.

ORENES Fernández, R. 2007. Obtención de las Normas M-DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) y CND en pera Ercolini. Trabajo final de Carrera. EPSO (Orihuela). Universidad Miguel Hernández.

PARENT, L.E. AND DAFIR, E. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:239-242.

POVEDA Escandell, MD. 2004. Obtención de las Normas M-DRIS para el almendro. Variedad Ferragnes. Trabajo Final de Carrera. EPSO (Orihuela). Universidad Miguel Hernández.

RODRÍGUEZ, O. y RODRÍGUEZ, V. 2000. Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Rev. Fac. Agron. 17:449-470.

SUMNER, M.E. 1977. Applications of Beaufils diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. Plant Soil. 46: 359-369., 19, 25, 40; 359-369., 20

SUMNER, M.E. 1987. Field experimentation. Changing to meet current and future needs. Soil Sci. Soc. Am. 21:119-131.

WALWORTH, J. AND SUMNER M.E. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Adv. Soil Sci. 6:149-188.

www.blog.agrologica.es (2013)

www.es.pinterest.com

www.fao.org (2015)

www.ine.es (2015)

www.mapama.gob.es (2008-2012)

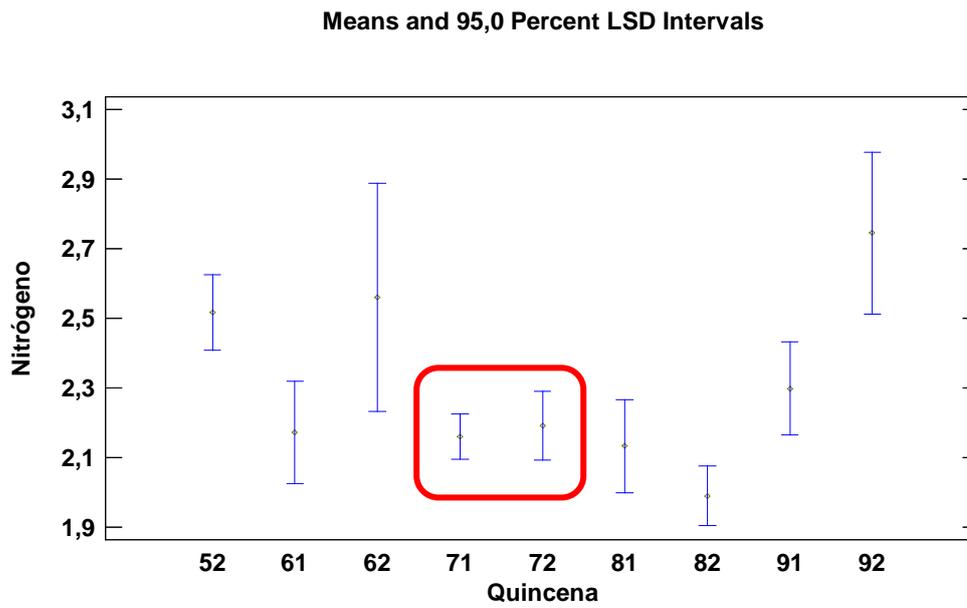
ANEXOS



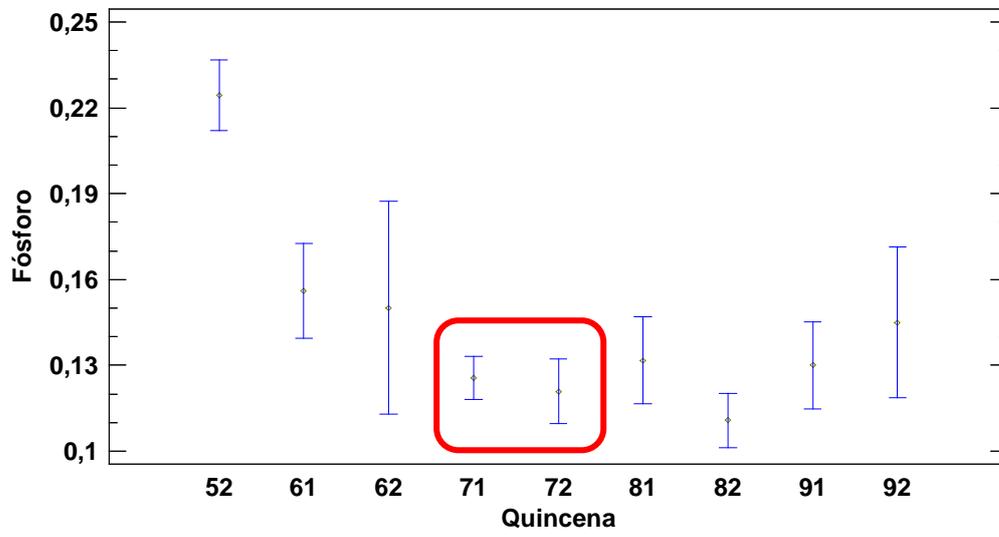
7. Anexos

7.1. Niveles de nutrientes para las diferentes quincenas

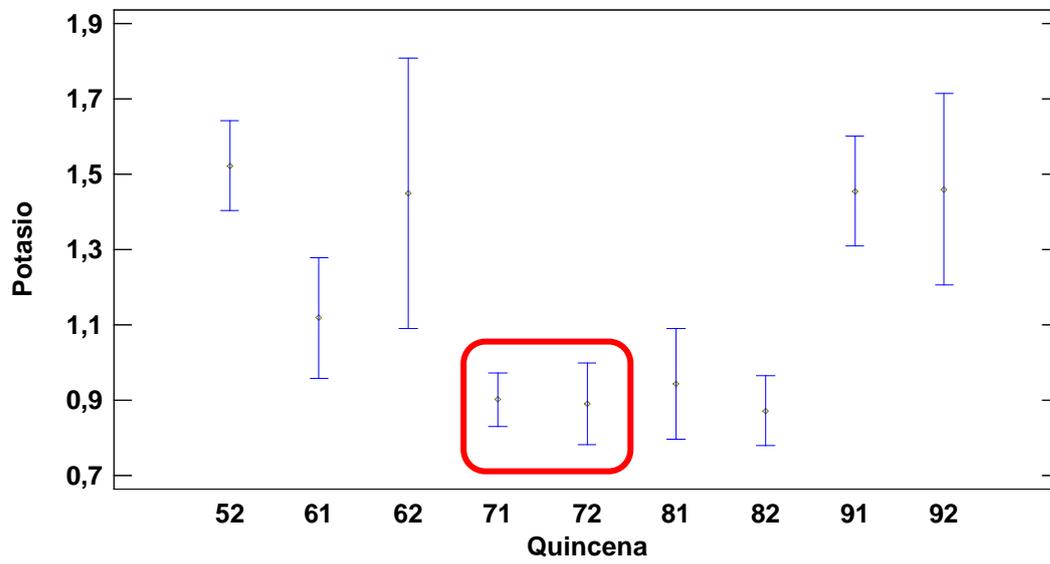
7.1.1. Variedad Ferraduel.



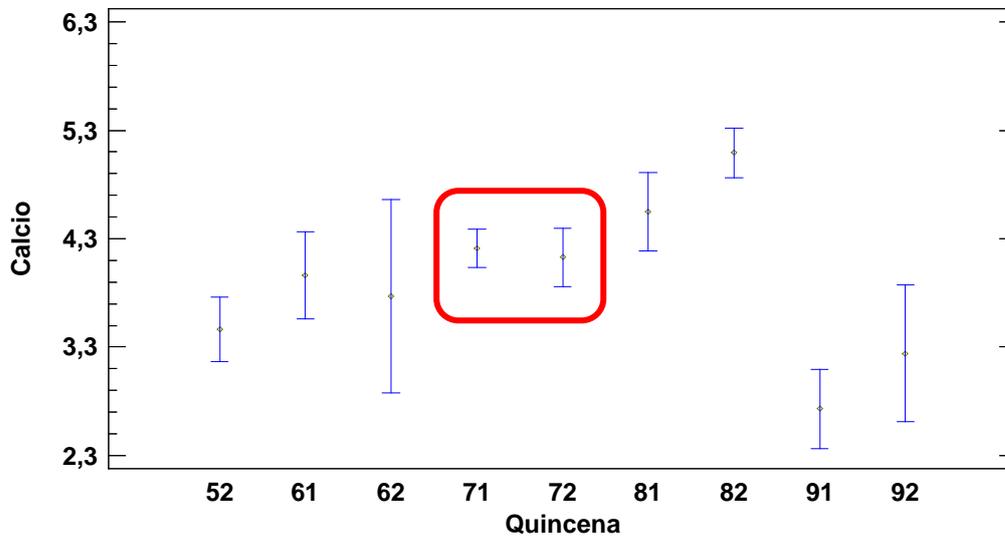
Means and 95,0 Percent LSD Intervals



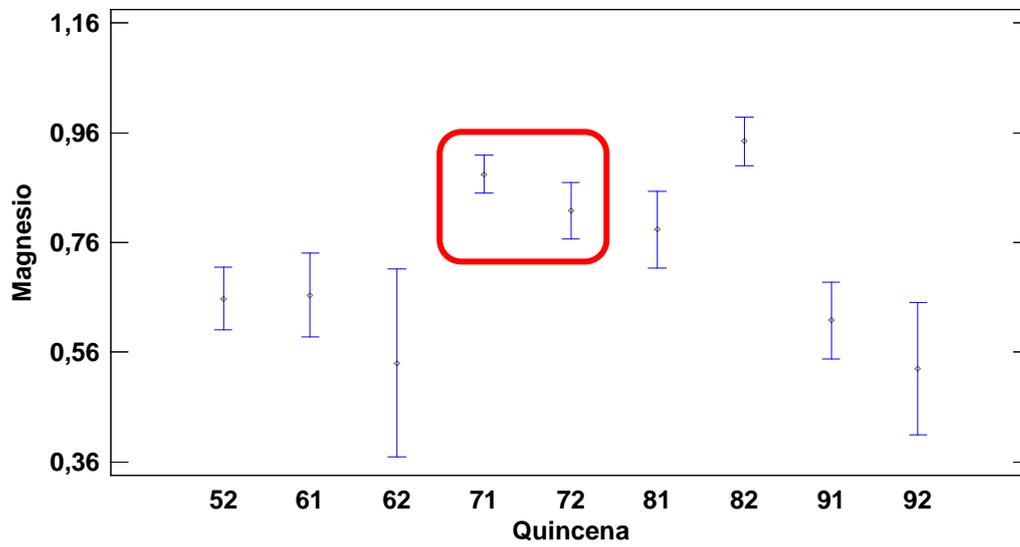
Means and 95,0 Percent LSD Intervals



Means and 95,0 Percent LSD Intervals

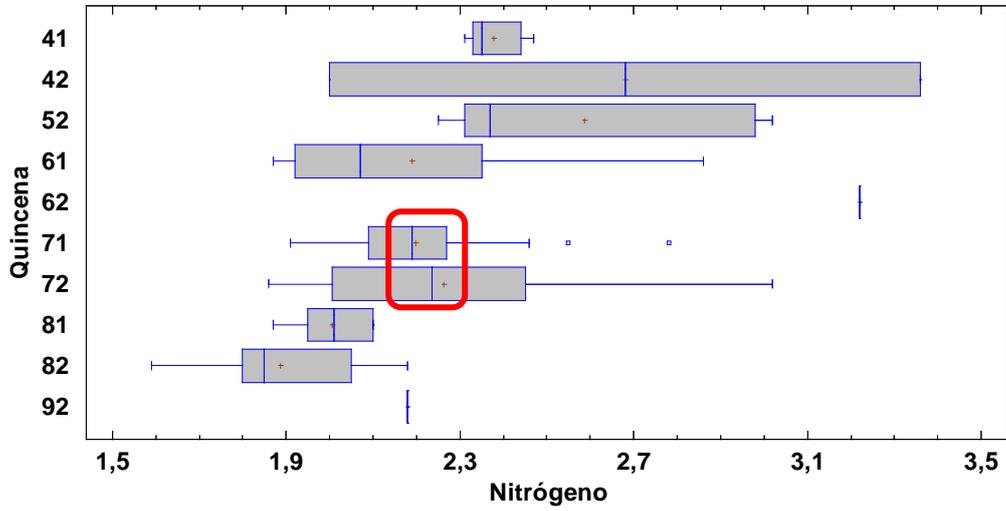


Means and 95,0 Percent LSD Intervals

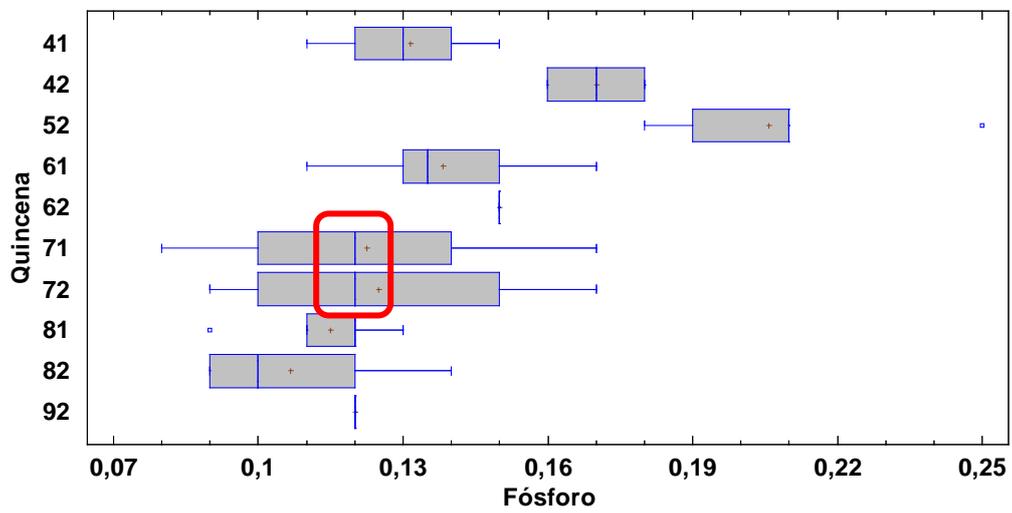


7.1.2. Variedad Ferragnes.

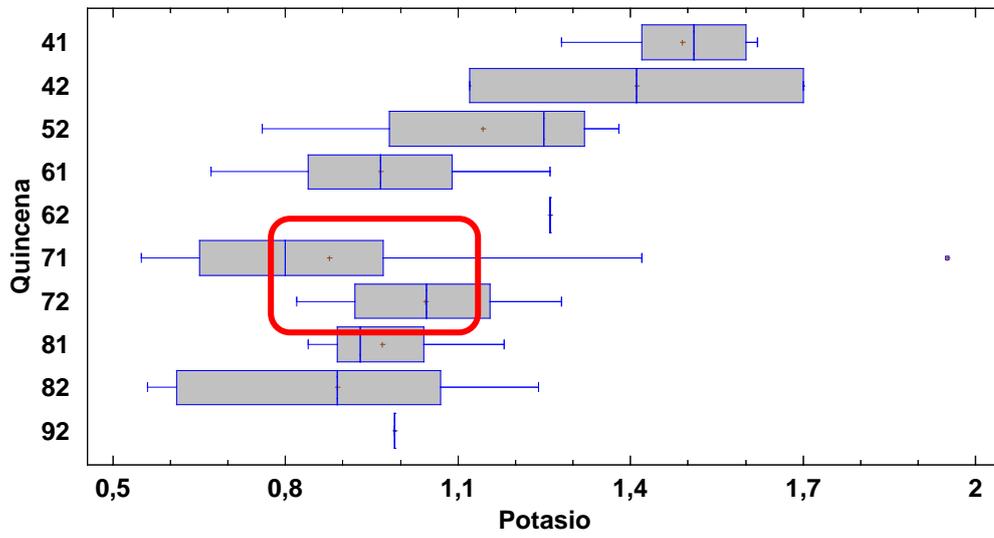
Box-and-Whisker Plot



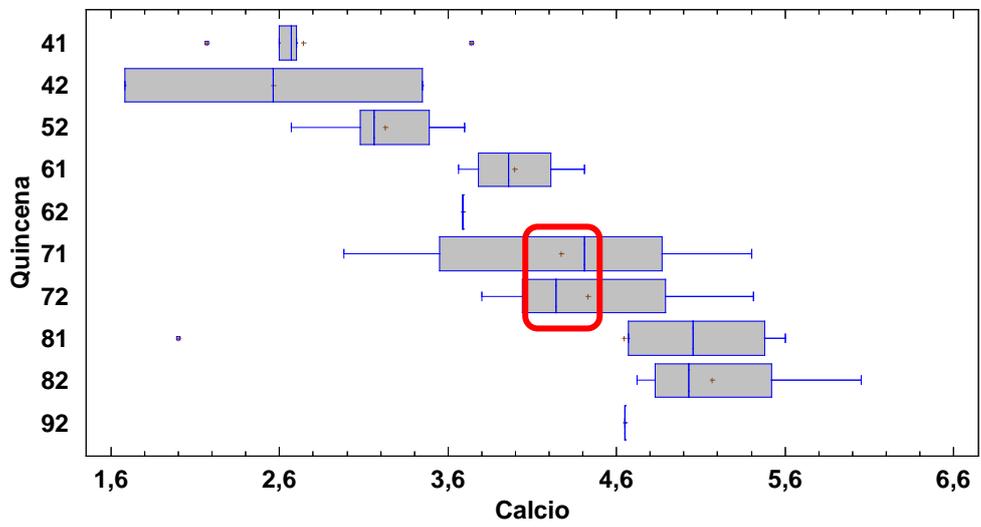
Box-and-Whisker Plot



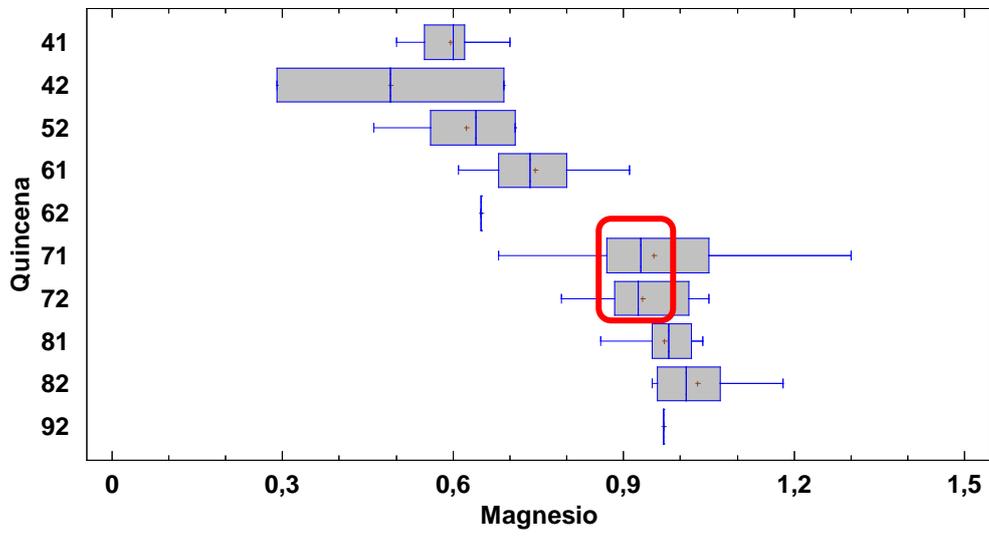
Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot

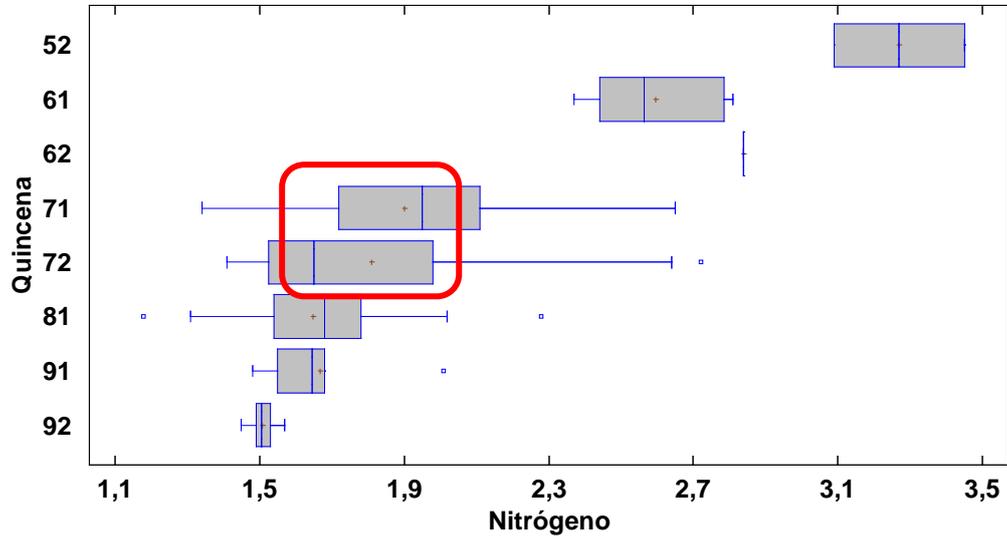


Box-and-Whisker Plot

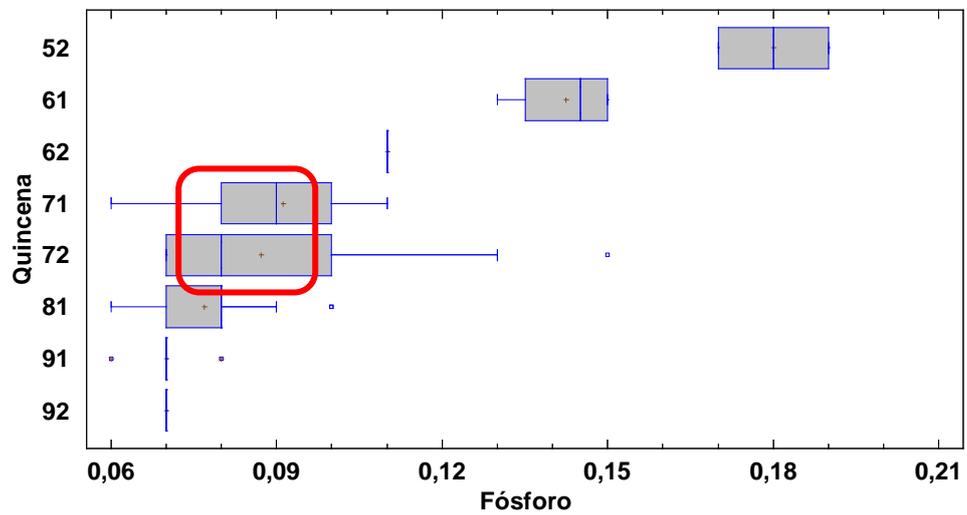


7.1.3. Variedad Garrigues.

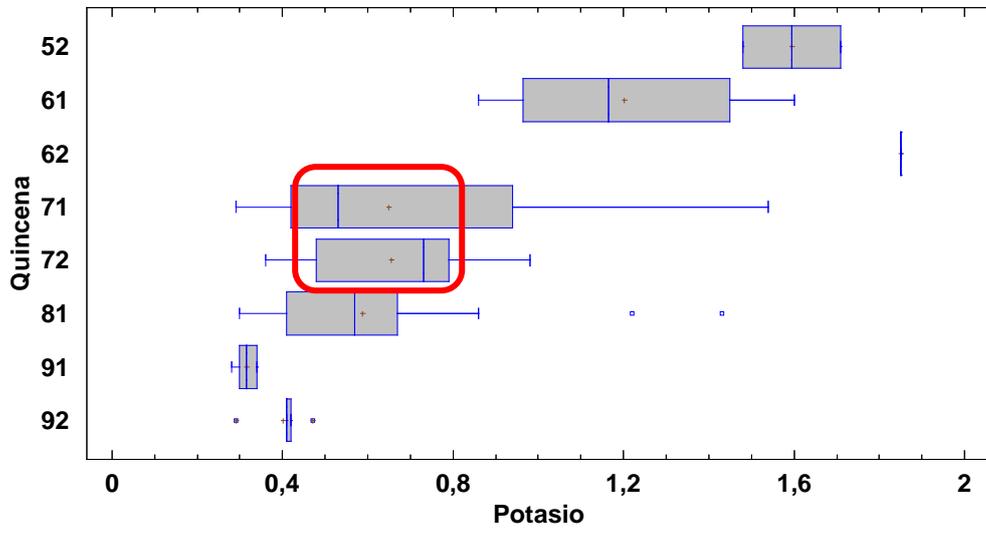
Box-and-Whisker Plot



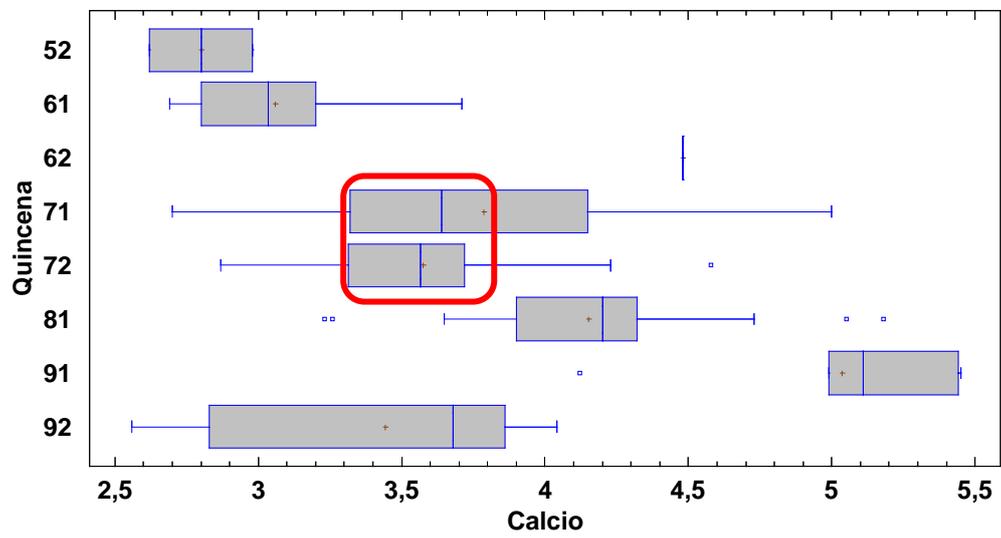
Box-and-Whisker Plot



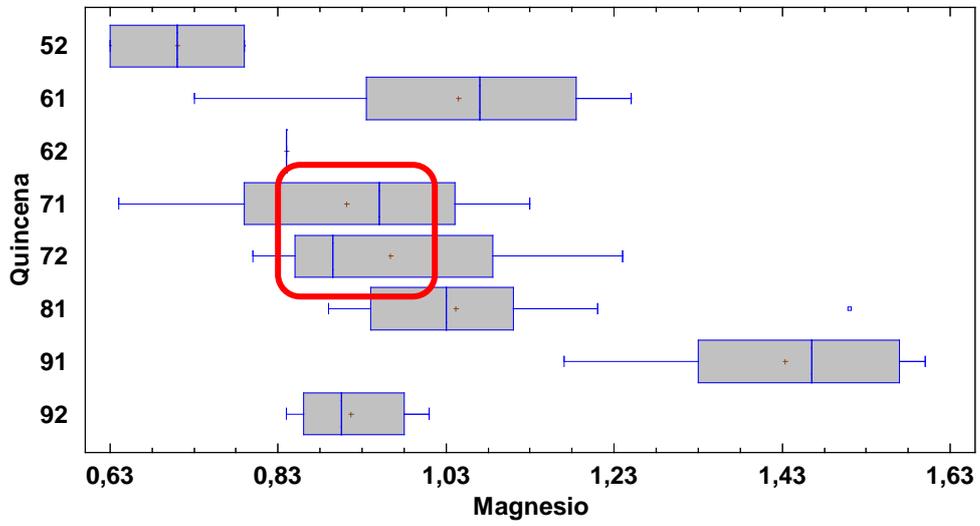
Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot

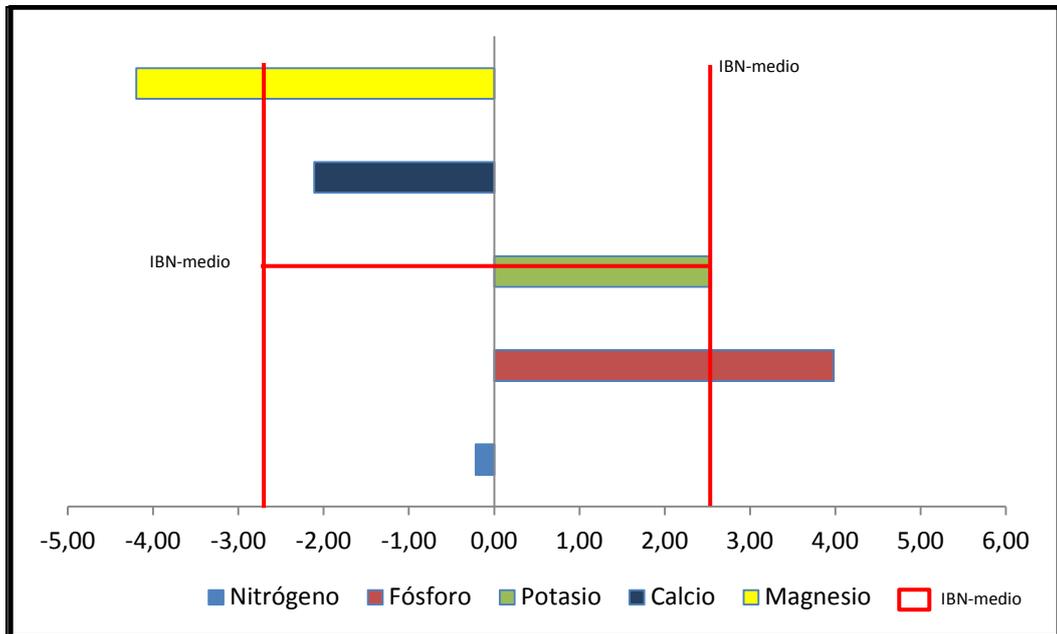


Box-and-Whisker Plot



7.2. Nutrogramas de interpretación de Normas DRIS

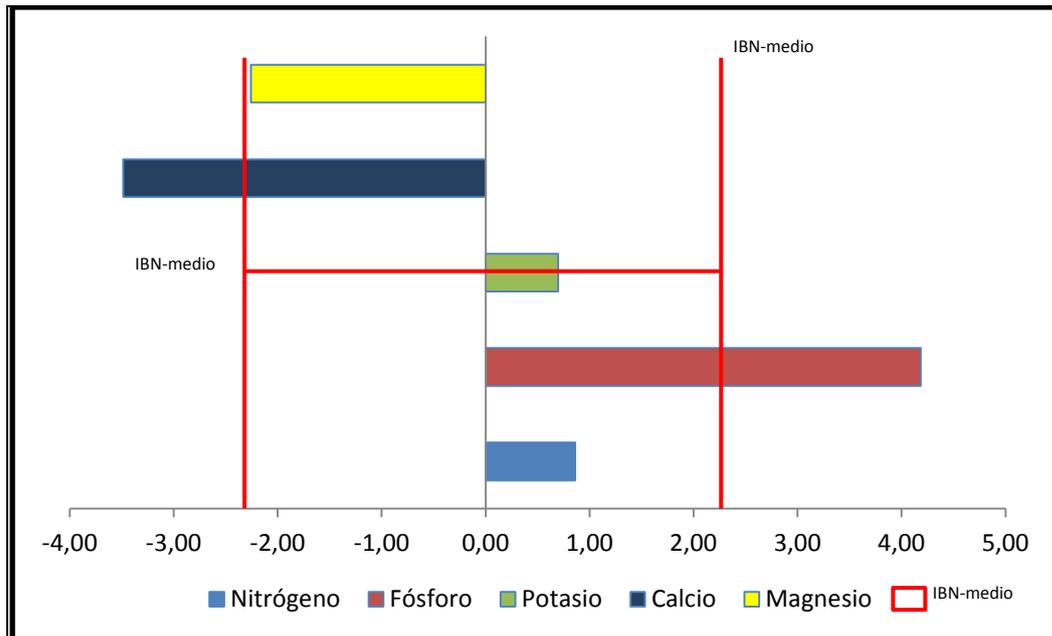
7.2.1. Variedad Ferraduel.



ÍNDICES	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Valor Índices DRIS	-0,2165	3,9806	2,5412	-2,1090	-4,1963
Valor absoluto	0,2165	3,9806	2,5412	2,1090	4,1963
IBN			13,0436	IBN muy bueno	
IBN-medio			2,6087		

El magnesio es el elemento más desfavorable seguido del calcio. Estos elementos indican una posible carencia. El fósforo indica un posible exceso.

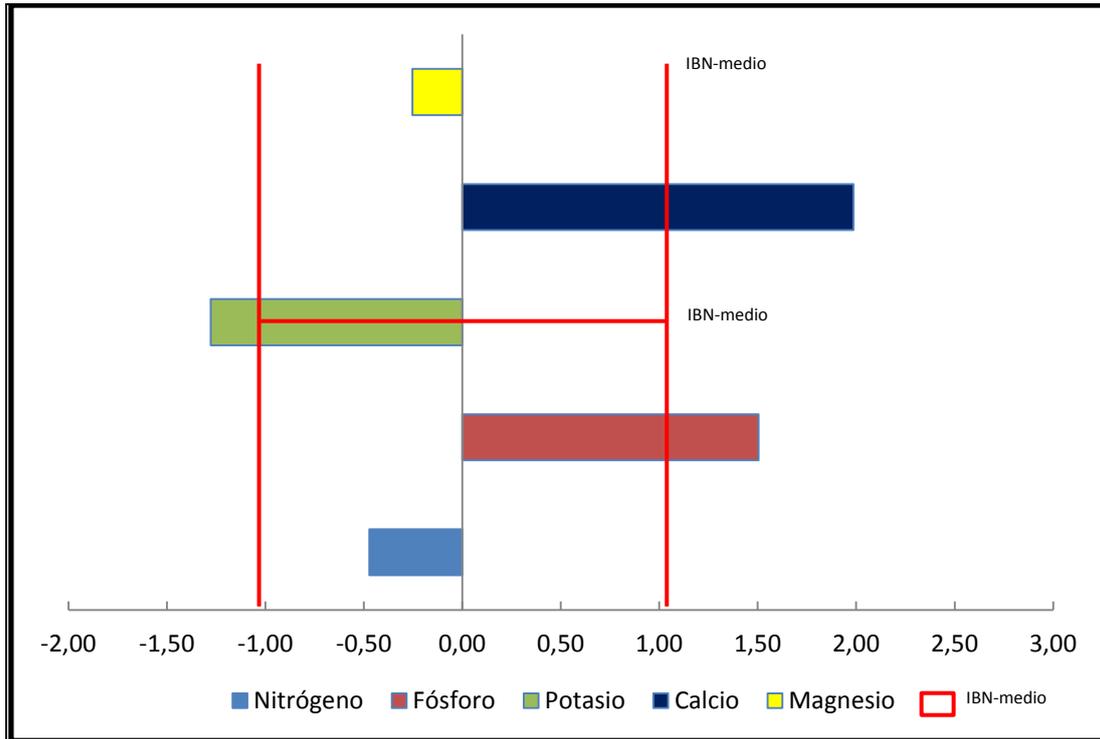
7.2.2. Variedad Ferragnes.



ÍNDICES	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Valor Índices DRIS	0,8625	4,1839	0,6966	-3,4849	-2,2581
Valor absoluto	0,8625	4,1839	0,6966	3,4849	2,2581
IBN			11,4860	IBN muy bueno	
IBN-medio			2,2972		

El calcio es el elemento más desfavorable seguido del magnesio. Estos elementos indican una posible carencia. El fósforo indica un posible exceso.

7.2.3. Variedad Garrigues.



ÍNDICES	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Valor Índices DRIS	-0,4722	1,5041	-1,2783	1,9867	-0,2526
Valor absoluto	0,4722	1,5041	1,2783	1,9867	0,2526
IBN			5,4939	IBN muy bueno	
IBN-medio			1,0988		

El potasio es el elemento más desfavorable resultando carente, mientras que los elementos minerales calcio y fósforo indican un exceso.