

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL**



***RESPUESTA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL
SISTEMA DE RAÍCES Y DE LA VEGETACIÓN
EN PATRONES DE ALMENDRO FRENTE AL
APORTE DE ESTIMULANTES DE RAÍZ***

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN SANIDAD Y PRODUCCIÓN VEGETAL

ALUMNA: ALBA MONDRAGON VALERO

TUTORA: ISABEL LÓPEZ CORTÉS

Curso Académico: 2014-2015

VALENCIA, 01 de Septiembre de 2015

Tipo Licencia
Reserva de todos los derechos



FORMULARIO DEPÓSITO TRABAJO FIN MÁSTER

AUTOR	1 ^{er} APELLIDO	2 ^o APELLIDO	NOMBRE	DNI/NIE
	Mondragón	Valero	Alba	24396445T
	1 ^{er} APELLIDO	2 ^o APELLIDO	NOMBRE	
TUTOR TESIS	López	Cortés	Isabel	
COTUTOR RESIS				
UNIVERSIDAD	MÁSTER			
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Master en Sanidad y Producción Vegetal			
TÍTULO DEL TRABAJO				
RESPUESTA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RAÍCES Y DE LA VEGETACIÓN EN PATRONES DE ALMENDRO FRENTE AL APORTE DE ESTIMULANTES DE RAÍZ				
RESUMEN	<p>El almendro (<i>Prunus dulcis</i> (Miller)) es un cultivo en expansión, con tasas productivas y de rendimiento crecientes a nivel mundial. Sin embargo, las diferencias entre países productores son notables y residen de forma muy significativa en el manejo de las plantaciones, en especial en lo referente al riego y la fertilización.</p> <p>Uno de los objetivos de los productores en los primeros estadios fenológicos del árbol es promover la formación de un adecuado sistema radical dado que este condicionará en gran medida el futuro desarrollo del frutal.</p> <p>En el presente ensayo se estudió y comparó la respuesta tanto del sistema vegetativo como radical, en el ciclo fenológico inmediatamente posterior al desarrollo viverístico, de tres patrones actuales de almendro (GF 677, GN Garnem y RP-R) frente al aporte de cuatro bioestimulantes de raíz y una solución nutritiva basada en la fertilización tradicional para almendros. Para ello se realizaron tratamientos individuales y con una periodicidad semanal durante 20 semanas (de enero a junio) a los diversos patrones que se encontraban en macetas situadas en la Universidad Politécnica de Valencia y bajo condiciones de regadío.</p> <p>Se constataron diferencias significativas en el desarrollo de los tres patrones siendo el GF 677 el que menor desarrollo radical presentó, el GN Garmen el de sistema aéreo más vigoroso y el RP-R el patrón con mayor uniformidad en la distribución espacial de sus raíces.</p> <p>En cuanto a los tratamientos aplicados, todos los productos, a excepción del producto a base de fosfitos, modificaron los patrones de desarrollo de los portainjertos produciendo mayor desarrollo vegetativo y radical que las muestras tomadas como control. El tratamiento que mayores resultados obtuvo, en general para todas las mediciones y en comparación tanto al control como al resto de bioestimulantes, fue la solución nutritiva ensayada. Los productos con altos porcentajes de materia orgánica en su composición presentaron resultados muy similares entre sí, propiciando, tanto aumentos de peso en el sistema vegetativo como en el sistema de raíces y favoreciendo además la formación de mayor número de raíces secundarias. El producto comercial a base de sacáridos presentó diferencias significativas con respecto al control para la mayoría de mediciones pero con resultados en general inferiores al resto de tratamientos. Todas las muestras sometidas a tratamientos diferentes del control presentaron una disminución del ratio peso del sistema radical/peso de los brotes con hojas, provocando en función del tratamiento mayor o menor desequilibrio entre la parte aérea y el sistema radical.</p> <p>(español)</p>			



The almond tree (*Prunus dulcis* (Miller)) is an expanding crop, with production performance and yield rates increasing worldwide. However, the differences between producing countries are remarkable and lie very significantly on plantation management, especially with regard to irrigation and fertilization.

One of the aims of the producers in the first phenological stages of the tree is to promote the formation of an adequate root system as this will determine to a large extent the future development of the almond tree.

We studied and compared in this essay the response of both vegetative and radical systems, in the phenological stage just after garden centre nursery, of three rootstocks of almond tree (GF 677, GN Garnem y RP-R) to four biostimulants contents and a nutrient solution based on traditional almond fertilization. For this, individual treatments were performed on a weekly basis for 20 weeks (January to June) to the rootstocks that were placed, under irrigated conditions, in pots at the Polytechnic University of Valencia.

Significant differences in the development of three rootstocks were found. GF 677 rootstock shown the less radical development, while GN Garmen was the rootstock with the more vigorous vegetative system, and RP-R the one that exhibited the more uniform spatial distribution of the root complex.

As far as applied treatment are concerned, all products, with the exception of the product based on phosphites, showed modified patterns of development producing larger and wider vegetative and radical development than the samples used as control. The treatment that obtained the greatest results compared to both control samples and other biostimulants samples was the nutrient solution tested. Products with high percentages of organic matter in their composition showed very similar results with each other, leading to weight gain in both the vegetative and the root system and further promoting the formation of a greater number of secondary roots. The commercial product based on saccharides significantly different from control for most measurements but with results generally lower than the other treatments tested. All samples different from the control ones showed a decrease in the root to shoot ratio causing, according to the treatment applied, a more or less intense imbalance between shoots and roots systems.

(inglés)

PALABRAS CLAVE	DESCRIPTORES EN ESPAÑOL		
	Almendro; Patrón; Fertilización; Bioestimulante; Sistema de raíces; Vegetación. (mínimo tres)		
	DESCRIPTORES EN INGLÉS		
	Almond tree; Rootstock; Fertilisation; Biostimulant; Radical system; Vegetative system (mínimo tres)		
CLASIFICACIÓN DE LA UNESCO	URL MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA: http://www.mec.es/ciencia/jsp/plantilla.jsp?area=plan_idi&id=6&contenido=/files/portada.jsp		
	CAMPO	DISCIPLINA	SUBDISCIPLINA
	31	3103	310305
	31	3103	310309
(máximo tres áreas de conocimiento)			

1. Introducción

1.1 Origen y descripción botánica de la especie	1
1.2 Características morfológicas y fisiológicas del almendro.....	2
1.3 Situación actual del cultivo, retos y perspectivas de futuro	3
1.3.1 Importancia del cultivo a nivel mundial	3
1.3.2 Situación del cultivo en España.....	6
1.4 El papel relevante de la fertilización en el cultivo.....	9
1.4.1 Prácticas tradicionales de fertilización en almendro	9
1.4.2 Técnicas complementarias de fertilización: el uso de fitofortificantes	13

2. Objetivos

2. Objetivos	18
--------------------	----

3. Material y métodos

3.1 Material vegetal	19
3.2 Sustrato utilizado	21
3.3 Descripción de las condiciones de ensayo	21
3.3.1 Situación y datos meteorológicos	21
3.3.2 Elección de las dosis de riego.....	23
3.3.3 Descripción de los tratamientos ensayados.....	24
3.3.3.1 Agriful	25
3.3.3.2 Tecamin Raíz.....	26
3.3.3.3 Mas-Raíz +	26
3.3.3.4 Fosfonin Flow	27
3.3.3.5 Solución nutritiva	28

3.4 Toma de datos.....	28
3.5 Tratamiento estadístico de los datos	30

4. Resultados y discusión

4.1 Estudio de las posibles diferencias en los principales parámetros medidos debido a la distinta ubicación de las macetas.	31
4.1.1 Estudio de las posibles diferencias en la altura de los árboles en función de la ubicación de las macetas.....	31
4.1.2 Estudio de las posibles diferencias en el peso de hojas, de los brotes jóvenes y de los tallos de los árboles en función de la ubicación de las macetas.....	32
4.1.3 Estudio de las posibles diferencias en el peso fresco de las raíces y en su longitud total en función de la ubicación de las macetas.....	32
4.2 Estudio comparativo de los tres patrones estudiados.....	34
4.2.1 Respuesta de las características del sistema vegetativo en función del patrón.....	34
4.2.2 Respuesta de las características del sistema radical en función del patrón	36
4.3 Estudio comparativo del efecto de los estimulantes de raíz en el sistema vegetativo y en el sistema radical.....	40
4.3.1 Respuesta de las características del sistema vegetativo en función del tratamiento recibido.....	41
4.3.2 Respuesta de las características del sistema radical en función del tratamiento recibido	44
4.3.3 Relación entre raíz y brotes con hojas	48
4.4 Modelos de regresión	51
4.5 Análisis discriminante lineal (LDA)	512

5. Conclusiones

5. Conclusiones.....	54
----------------------	----

6. Bibliografía

Bibliografía	56
--------------------	----

7. Anexos

7.1 Anexo 1. Diferencias en el desarrollo según ubicación de los árboles	70
--	----

7.2 Anexo 2. Desarrollo del sistema radical de un patrón de RP-R en función de los tratamientos aplicados.....	71
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº1. Extracciones en kg de nutriente por 1000 kg de almendra en cáscara según diferentes autores.....	10
Tabla nº2. Contenidos normales foliares de elementos nutritivos en almendro.....	10
Tabla nº3. Necesidades estimadas en unidades fertilizantes por hectárea (UF/ha) para almendros adultos en función del rendimiento.....	11
Tabla nº4. Distribución en porcentaje mensual de unidades fertilizantes en condiciones de fertirrigación.....	11
Tabla nº5. Análisis del agua de riego	24
Tabla nº6. Distribución de las repeticiones por combinación patrón-tratamiento.....	25
Tabla nº7. Riquezas garantizadas de producto Agriful	25
Tabla nº8. Riquezas garantizadas de producto Tecamin Raíz.....	26
Tabla nº9. Riquezas garantizadas de Mas-Raíz +	27
Tabla nº10. Riquezas garantizadas de Fosfonin Flow	27
Tabla nº11. Formulación solución nutritiva por litro de agua aportada.....	28
Tabla nº12. Kilogramos totales de elemento aportados a cada árbol.....	28
Tabla nº13. Relación de mediciones tomadas	30
Tabla nº14. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la altura del árbol en función del patrón.....	34
Tabla nº15. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso medio de la masa foliar	35
Tabla nº16. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso medio de los brotes jóvenes	35
Tabla nº17. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso medio del tallo	35
Tabla nº18. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso total del sistema radical	36
Tabla nº19. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la longitud total del sistema radical.....	37
Tabla nº20. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el número de raíces secundarias que conforman el sistema radical.....	37
Tabla nº21. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la altura media del árbol en función del tratamiento recibido	42
Tabla nº22. Peso medio hojas, brotes, tallo y diámetro en punto de injerto según el tratamiento aplicado.....	43
Tabla nº23. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso medio del sistema radical en función del tratamiento recibido	45

Tabla nº24. Número y diámetro medio de las raíces principales y secundarias	46
Tabla nº25. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la distancia media de la raíz principal a la primera bifurcación con la raíz secundaria.....	48
Tabla nº26. Ratio peso sistema radical/ peso hojas y brotes	49
Tabla nº28. Tabla resumen del efecto de los tratamientos sobre el sistema radical.....	50
Tabla nº27. Tabla resumen efecto de los tratamientos sobre el sistema vegetativo.....	50
Tabla nº29. Modelo de regresión patrón 677 para peso fresco de la raíz y longitud máxima del sistema radical.....	51
Tabla nº30. Modelo de regresión patrón GN para peso fresco de la raíz y longitud máxima del sistema radical.....	51
Tabla nº31. Modelo de regresión patrón RP-R para peso fresco de la raíz y longitud máxima del sistema radical.....	52
Tabla nº32. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la altura del árbol en función de la ubicación.	70
Tabla nº33. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso de las hojas en función de la ubicación	70
Tabla nº34. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso de los brotes en función de la ubicación	70
Tabla nº35. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso del tallo en función de la ubicación	70
Tabla nº36. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso fresco del sistema radical en función de la ubicación	71
Tabla nº37. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la longitud total del sistema radical en función de la ubicación.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº1. Producciones medias de almendra con cáscara de 2010-2013 (Datos en toneladas).	3
Figura nº2. Tasas de crecimiento medias para el periodo 2010-2013 en el mundo.	4
Figura nº3. Ranking de producción media por países (en toneladas) periodo 2010-2013.....	5
Figura nº4. Evolución de los precios de venta del productor en USD/tonelada.....	6
Figura nº5. Importaciones /Exportaciones de los principales productores de almendra.	8
Figura nº6. Plano de ubicación de las macetas.....	22
Figura nº7. Datos climáticos de Valencia (2015).....	23
Figura nº8. Altura media de los árboles según ubicación.....	31
Figura nº9. Peso medio hojas, brotes y tallo en función de la ubicación	32
Figura nº10. Peso medio sistema radical en función de la ubicación.....	33
Figura nº11. Longitud media del sistema radical en función de la ubicación.....	33
Figura nº12. Altura media de los portainjerto	35
Figura nº13. Peso medio hojas, brotes jóvenes y tallo en función del portainjerto.....	36
Figura nº14. Bifurcación radical. Distancias medias	38
Figura nº15. Desglose del peso del sistema radical	39
Figura nº16. Altura media de los árboles en función del tratamiento aplicado	42
Figura nº17. Peso medio de hojas, brotes jóvenes y tallo en función del tratamiento aplicado	44
Figura nº18. Desglose del peso del sistema radical	46
Figura nº19. Longitud máxima del sistema radical en función del tratamiento aplicado	47
Figura nº20. Distancia media a primera bifurcación de la raíz primaria y secundaria	48
Figura nº21. Análisis discriminante lineal del ensayo	53
Figura nº22. Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación del estimulante Fosfonin Flow	71
Figura nº23. Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación del estimulante Más Raíz	72
Figura nº24. Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación del estimulante Agriful	72
Figura nº25. . Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación del estimulante Tecamin Raíz.....	73
Figura nº26. Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación de la solución nutritiva ensayada.....	73

INTRODUCCIÓN

1.1 Origen y descripción botánica de la especie

La descripción botánica de esta especie ha suscitado muchas discusiones a lo largo del tiempo, siguiendo con el nombre dado originalmente por Linneo en 1753, Batsch en 1801 denominó al almendro, perteneciente a la familia de las *Rosáceas* subfamilia *Prunoideas*, como *Prunus communis* L. (Salazar y Melgarejo, 2002). Posteriormente, y durante un tiempo, el almendro fue separado de la subfamilia *Prunoideas* incluyéndose en la nueva subfamilia de las *Amigdaláceas* dentro del género *Amygdalus* y pasó pues a clasificarse como *Amygdalus communis* (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1984). La separación del género *Amygdalus* residía en el especial comportamiento del mesocarpo de la drupa del almendro que, se marchita y se abre en la madurez dejando ver la superficie del endocarpo (Rodríguez y Carrascosa, 2010). Más tarde se volvió a incluir al almendro en el género *Prunus* como *Prunus amygdalus* Batsch.

Ante esta disparidad de denominaciones, el Comité General de Nomenclatura Botánica en 1964 determinó que la nomenclatura adecuada para el almendro cultivado se establecía como *Prunus dulcis* (Miller) considerándose sinónimos *Prunus amygdalus* (Batsch) y *Prunus communis* (Archangeli) (Mc. Neill *et al.*, 2012).

Del mismo modo que la taxonomía del almendro ha sido muy controvertida, el origen de su cultivo tampoco resulta claro. Mientras que algunos autores como Evreinoff defienden que los materiales en cultivo proceden de una especie espontánea *Amygdalus communis* Korchinsky, otros como Kovaleff y Kostini consideran que proceden de híbridos interespecíficos naturales de *Prunus bucharica* K. y *Prunus fenziiana* F. (Salazar y Melgarejo, 2002).

En todo caso, a día de hoy, se cree que procede de la zona IV de Vavilov (Centro de origen de las especies de Oriente Próximo) y las primeras evidencias de su cultivo parecen encontrarse en regiones de la actual Siria (Vavilov, 1951). El almendro fue cultivado por los persas y los hebreos 4.000 años a.C. y los fenicios lo difundieron de forma muy restringida 2.000 a.C. siendo posteriormente extendido por los griegos que, en poco tiempo, transmitieron su cultivo al Imperio Romano. Se cree que fue el Imperio Romano el que terminó de expandir el cultivo por todo el Mediterráneo unos 600 a.C.

Concretamente en la Península Ibérica, según Salazar y Melgarejo (2002), el almendro fue introducido por los fenicios y los romanos y, posteriormente, reintroducido por los árabes que aportaron nuevos materiales con bajas necesidades de frío, con ramas finas y muy

ramificadas y con pocos antocianos en sus pétalos. Fueron a su vez las misiones españolas, especialmente los Padres Franciscanos, los que en el siglo XVII introdujeron el cultivo en California pero no fue hasta casi 1900, con la selección varietal de Hatch, que estableció la necesidad de polinización cruzada, cuando el cultivo se desarrolló y prosperó (Kester y Ross, 1996).

1.2 Características morfológicas y fisiológicas del almendro

Vargas (2005) describe el almendro como un árbol de hoja caduca, bastante longevo y de crecimiento rápido que en condiciones óptimas puede alcanzar un gran tamaño. Su sistema radical es muy potente, la raíz del almendro es pivotante en su inicio, pero muy ramificada y expandida posteriormente y cuenta con alta capacidad de exploración del suelo, de manera que, el volumen de suelo utilizado por el sistema radical en almendros adultos es entre 5 y 8 veces el volumen de la copa del árbol (Salazar y Melgarejo, 2002). La raíz tiene capacidad de profundizar con lo que se adapta bien a suelos pobres y secos, el crecimiento de la barbada es rápido, favoreciendo que la absorción de agua y nutrientes sea muy eficiente. Se considera un árbol muy rústico en cuanto a requerimientos de suelo y agua aunque, como es lógico, la producción está estrechamente ligada a las condiciones en las que se desarrolle el cultivo.

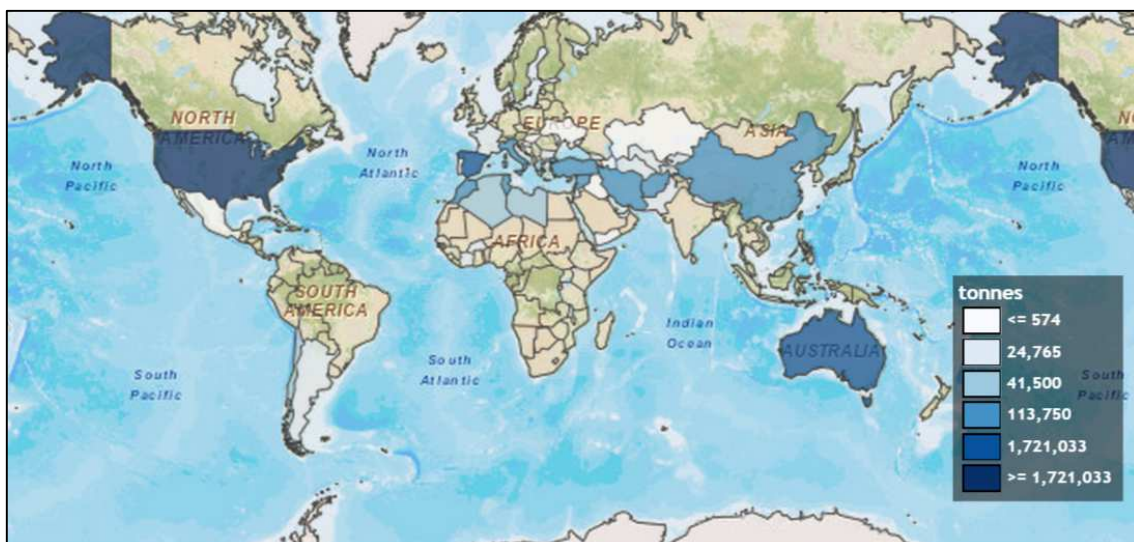
Los árboles suelen tender a la verticalidad con una cierta predisposición a separarse del centro, en función del cultivar o zona de origen encontraremos ejemplares más o menos ramificados. En la mayor parte de cultivares las hojas aparecen después de la floración, son simples, bastante estrechas y alargadas. En España la floración se suele producir entre enero y marzo en función del cultivar. Las flores del almendro son hermafroditas, extremadamente vistosas y muy numerosas. En general, y aunque existen especies autofértiles, los autores coinciden en que el almendro es autoincompatible y requiere de polinización cruzada para la producción de fruto (Vargas, 2005; Muncharaz, 2004; Salazar y Melgarejo, 2002; Kester *et al.*, 1991; Rigau, 1988).

El fruto es una drupa con mesocarpio carnoso de color verde, dehiscente en la madurez, que alberga una almendra de cáscara dura o blanda en función del cultivar. En el interior se encuentra un grano o semilla (en ocasiones dos) rodeado por un fino tegumento que habitualmente se elimina en el procesado industrial. En la mayoría de los cultivares, los frutos se mantienen en el árbol después de la madurez desprendiéndose con más o menos facilidad al golpear las ramas o vibrar los troncos.

1.3 Situación actual del cultivo, retos y perspectivas de futuro

1.3.1 Importancia del cultivo a nivel mundial

A nivel geográfico, como apunta Muncharaz (2004), podemos dividir las zonas productoras en tres grandes áreas. Por un lado, los centros primarios de expansión que coinciden con las zonas originarias de la especie y con aquellas zonas que están muy próximas a ellas (Afganistán, Irán, Turquía, etc.), cuentan con cultivares muy antiguos y primitivos caracterizados por su enorme diversidad. Por otro lado, encontramos los centros secundarios de expansión que coinciden con los países de la Cuenca Mediterránea, y donde también existe una altísima variabilidad de materiales; son zonas donde conviven plantaciones antiguas (predominantes) con explotaciones más modernas. Y por último, los centros terciarios de expansión con Estados Unidos, primer productor mundial, a la cabeza. Aquí se engloban las nuevas zonas de producción con cultivares seleccionados, estas suelen ser zonas de cultivo moderno y bastante tecnificado.



Fuente: FAOSTAT (2015)

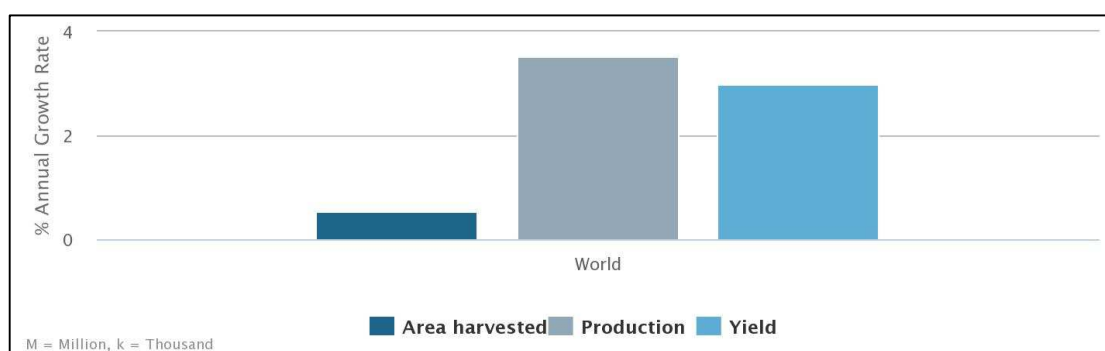
Figura nº1. Producciones medias de almendra con cáscara de 2010-2013 (Datos en toneladas).

La producción mundial de almendra con cáscara alcanzó, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el año 2013 2.917.894

toneladas en una superficie cultivada de 1.637.245 hectáreas, con un rendimiento medio de 1.782 kg por hectárea.

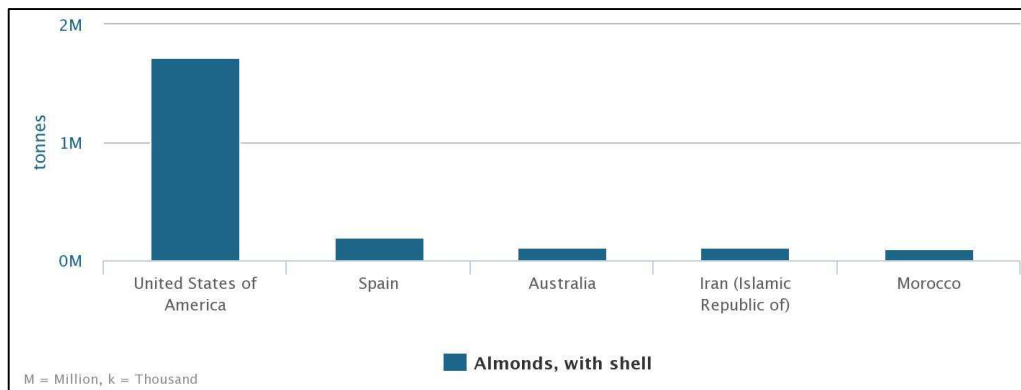
El almendro es un cultivo en expansión, en apenas tres años su superficie cultivada ha aumentado un 0,53%, su producción un 3,59% y su rendimiento roza un incremento del 3%. Las diferencias entre países productores son sin embargo destacables. Mientras que Estados Unidos es el responsable de más del 60% de la producción mundial con más de 1.700.000 toneladas de almendra y se corona como primer país productor y exportador, España, segundo productor mundial seguido de Australia, apenas cuenta con una producción media de 198.000 toneladas y unos rendimientos medios entre 10 y 15 veces inferiores a los obtenidos por Estados Unidos. Girona (2007) apunta que estas diferencias de rendimiento se basan en gran medida en la aportación hídrica que reciben los almendros americanos.

Pese a su capacidad de adaptación a condiciones de sequía, el almendro presenta una respuesta muy positiva tanto a nivel de crecimiento vegetativo como de producción a los aportes hídricos de forma que, si comparamos producciones de secano con producciones de árboles en regadío, observamos diferencias muy significativas entre ambas formas de cultivo. Felipe (2000) precisa que mientras que en las plantaciones de California, de tipo intensivo, se han introducido todas las prácticas posibles orientadas a maximizar la producción (suelos favorables, riego abundante, nutrientes necesarios y cultivares procedentes de mejora), el almendro en España sigue tratándose en su gran mayoría de forma tradicional, en terrenos marginales de secano, con poca o nula fertilización y con material vegetal poco selecto.



Fuente FAOSTAT 2015

Figura nº2. Tasas de crecimiento medias para el periodo 2010-2013 en el mundo.

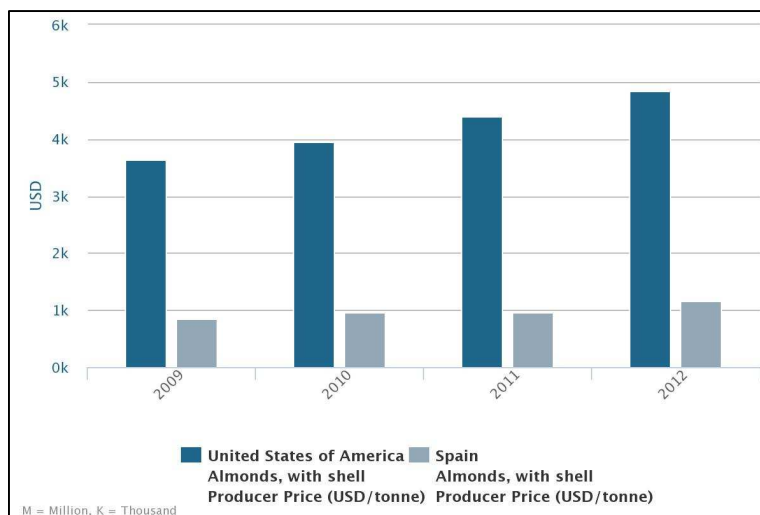


Fuente: FAOSTAT (2015)

Figura n°3. Ranking de producción media por países (en toneladas) periodo 2010-2013.

Recientemente, Bowes (2014) en un artículo para BBC News Magazine describía el cultivo del almendro como la actual fiebre del oro. Una de las principales causas de la expansión de este cultivo reside en las acciones de organismos como el Almond Board of California que, en los últimos años, ha organizado numerosas campañas de promoción tanto dentro de Estados Unidos como en países emergentes del potencial de China o India donde el consumo por habitante se sitúa entre 10 y 30 g/año mientras que en España es casi de 1 kg/año (Miarnau, 2014). La almendra se ha consolidado en Estados Unidos como un snack saludable que aporta energía y reduce los riesgos de enfermedades cardiovasculares, colesterol y diabetes (Berryman *et al.*, 2015). A día de hoy, es el fruto seco más consumido del país con una cuota de mercado del 31%, muy por encima de cacahuètes, pistachos u otros frutos secos. (Almond Board of California, 2014).

El aumento de la demanda se ha traducido en un incremento notable de los precios de venta del productor. Mientras que en 2009 el precio de venta en Estados Unidos era de 3.638 dólares por tonelada, apenas tres años más tarde, el precio ha pasado a 4.850 dólares por tonelada lo que supone un incremento del 33% de su valor. Esta misma situación se produce en España que en 2009 vendía la tonelada de almendra con cáscara a 856 dólares y tres años más tarde, en 2012, a 1.150 dólares, es decir un 34% por encima (FAOSTAT, 2015).



Fuente: FAOSTAT (2015)

Figura nª4. Evolución de los precios de venta del productor en USD/tonelada.

1.3.2 Situación del cultivo en España

En España el almendro es un cultivo muy tradicional y ampliamente difundido. Según los datos del último anuario de estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) ocupa una superficie total de 534.000 hectáreas especialmente concentradas en las zonas próximas al Mediterráneo (costeras e interiores), Andalucía, y el Valle del Ebro (MAGRAMA, 2014).

En oposición a las plantaciones americanas o australianas el almendro en España se ha considerado tradicionalmente como un cultivo complementario en la explotación agrícola, relegándose a condiciones marginales (Vargas, 2007). Socías (1999) coincide con esta visión del cultivo y describe los suelos de las plantaciones de almendro como poco aptos para otro tipo de cultivos, generalmente con elevados contenidos de caliza activa y buen drenaje.

Además diversos autores convienen en que el almendro sufre de forma generalizada en la Península importantes problemas que impiden que el cultivo obtenga una rentabilidad adecuada.

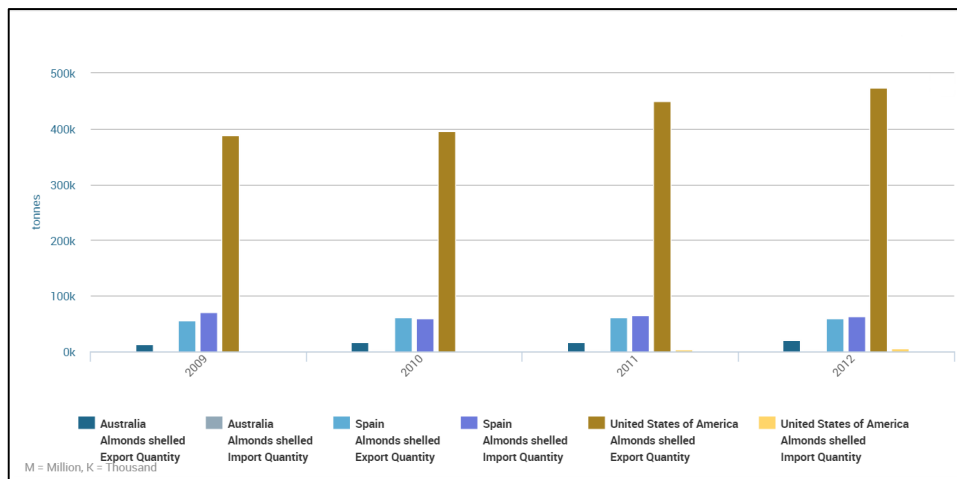
Socías *et al.* (2009) y Egea y Dicenta (2005) apuntan a un gran desconocimiento del material vegetal con uso de cultivares de floración temprana que a menudo pierden la cosecha por heladas, limitando el cultivo del almendro a zonas con inviernos suaves y preferentemente cercanas a la costa y en latitudes bajas.

Girona (2006) destaca la importancia de las condiciones hídricas a las que se somete al cultivo. En España, debido a los escasos recursos hídricos disponibles, el almendro se considera un frutal de secano mientras que empíricamente su evapotranspiración de cultivo ronda los 6.000 m³ por hectárea y año, de ahí que la carga de los árboles resulte extremadamente condicionada por el tratamiento de riego recibido.

Dicenta y Egea (2005) ponen de relieve la importancia de la autoincompatibilidad de los cultivares tradicionales en la rentabilidad del cultivo. Por un lado, resulta necesario que el cultivar principal se cultive junto con otros cultivares inter-compatibles con él, que además florezcan al mismo tiempo, en proporción adecuada y que no sean veceros ya que la ausencia de flores del polinizador comportaría la falta de producción del cultivar principal. Los autores insisten además en la importancia de la presencia abundante de abejas (el almendro no responde adecuadamente a la polinización anemófila), y no siempre, las condiciones climáticas son favorables para la actividad de las mismas, en especial en zonas frías de cultivo.

Vargas (2007) constata insuficientes o inadecuadas labores de preparación de la plantación que en ocasiones llevan a una elevada mortalidad de los árboles por enfermedades como *Armillaria mellea*. Señala además que la aportación de fertilizantes y tratamientos fitosanitarios en las formas de cultivo tradicional se condicionan a la producción prevista y al precio de la almendra pero no a la necesidad del frutal.

La mayoría de la almendra española se comercializa a través de agrupaciones de productores, que a su vez, forman dos agrupaciones a nivel nacional (Cooperativas Agroalimentarias y AEOFRUSE). La tendencia del mercado exterior de la almendra ha resultado especialmente llamativa en los últimos años en cuanto a que las importaciones de España han superado las exportaciones de este mismo país (Figura nº5). Mientras que nuestro país importa principalmente almendra de cáscara blanda para su consumo directo (especialmente del cultivar Nonpareil), las exportaciones, dirigidas principalmente al mercado europeo, se basan en almendra repelada de gran calibre y calidad comercial y otros productos semi-transformados como harina, bastones, filetes, dados etc., principalmente de los cultivares tradicionales Marcona y Desmayo Largueta (Socias y Couceiro, 2014).



Fuente: FAOSTAT (2015)

Figura nº5. Importaciones /Exportaciones de los principales productores de almendra.

El optimismo existente en el mercado de los frutos secos lleva a ciertos expertos a pensar que el almendro pueda convertirse a medio plazo en un sustituto de la producción de cereal en nuestro país (Vida Rural, 2009). Este planteamiento sería inconcebible de no ser por los excelentes resultados obtenidos en varios planes de investigación desarrollados principalmente por centros de investigación agraria como el IFAPA en Andalucía, el CITA en Aragón o el IRTA en Cataluña. El sector del almendro se encuentra inmerso en un importante cambio tecnológico que representa una transformación profunda del cultivo y de sus perspectivas económicas (Batlle, 2010). Aunque en los últimos años se han producido importantes mejoras basadas en la reconversión varietal, en la transformación de plantaciones en zonas marginales y sin regadío a plantaciones en zonas más fértiles, en la mejora del diseño agronómico, en condiciones de regadío o con riego deficitario controlado, y en la adopción de técnicas de cultivo adecuadas (poda, fertilización y protección fitosanitaria y mecanización del cultivo), es necesario que este proceso continúe con vistas a aprovechar las oportunidades económicas que brinda el mercado (Miarnau, 2014).

1.4 El papel relevante de la fertilización en el cultivo

Al inicio de la época de los 90 los fertilizantes se situaron en el punto de mira convirtiéndose en objeto de crítica, principalmente por el uso desmesurado que se les daba en los países desarrollados, donde se les atribuía tener un impacto negativo sobre el medio ambiente mediante la lixiviación de los nitratos, la eutrofización de los ecosistemas, las emisiones de gases invernadero y las acumulaciones de metales pesados en plantas y suelos (Bumb y Baanante, 1996). Si bien es cierto que, como cualquier otra fuente de nutrientes, la fertilización puede contribuir a causar un daño ambiental si no se gestiona de forma adecuada, los fertilizantes en su sentido más amplio son importantes y muchas veces incluso una fuente indispensable de nutrientes para proporcionar crecimiento y producción en la planta.

Los fertilizantes contribuyen a incrementar las producciones agrícolas mediante diferentes fórmulas. Por un lado, gracias a la reposición de nutrientes mantenemos y mejoramos la fertilidad de los suelos, según Cakmak (2002) y Smith *et al.* (2001) la productividad de los suelos está disminuyendo a nivel global por la erosión, el agotamiento de los nutrientes, la escasez de agua, la acidificación, la salinización y la falta de materia orgánica. Y por otro, la fertilización permite adoptar la implantación de cultivares de alto rendimiento que permitan responder a las tendencias demográficas y económicas de crecimiento de la población mundial que se estima alcanzará los 8.000 millones de habitantes en 2030 (Fresco, 2003).

1.4.1 Prácticas tradicionales de fertilización en almendro

El almendro generalmente se considera un cultivo rústico, muy tolerante a la sequía (Torrecillas *et al.*, 1989) sin embargo, los productores son tremendamente dependientes del aporte de agua y nutrientes de cara a obtener altos rendimientos de calidad óptima en sus cultivos (Castel y Fereres, 1982; Micke, 1996).

El establecimiento de un programa de fertilización de referencia es básico para permitir la expresión de la productividad, para conseguir un buen desarrollo y para evitar, o al menos disminuir, la vecería (Salazar y Melgarejo, 2002). Si bien este tipo de programas han de adaptarse a las características particulares de la parcela y realizarse previo análisis del suelo, de las extracciones por producción por poda y de las hojas, a modo de referencia, las extracciones del almendro según diversos autores para producciones de 1.000 kilogramos de almendra en cáscara se encuentran reflejadas en la Tabla nº1.

Tabla nº1. Extracciones en kg de nutriente por 1000 kg de almendra en cáscara según diferentes autores.

	López Ritas (1973)	Molné (1993)	Grasselly <i>et al.</i> (1997)	Arbonés i Sio (2004)
N	40	25	10-20	24
P₂O₅	22	10	1,5-2,5	5,5
K₂O	18	60	13-15	26

Fuente: Lamarca (2007) y Salazar y Melgarejo (2002)

A partir de los valores proporcionados por las extracciones de cultivo se debe realizar un balance de nutrientes en el que se evalúan otras exportaciones como el mantenimiento propio de los árboles y la posible presencia de una cobertura herbácea, y se le sustraen las posibles aportaciones del suelo (materia orgánica) y del agua del riego en el caso de que el sistema de producción sea de regadío. Gruhn *et al.* (2000) y Tagliavini y Scandellari (2012) insisten en la necesidad de conocer los denominados “ciclos de nutrientes” como continuo reciclaje de nutrientes desde y hacia el suelo que involucra interacciones biológicas y químicas que, a día de hoy, siguen sin estar totalmente explicadas (Hamdi y Abadia, 2013). El ciclo incluye aportes que añaden nutrientes al suelo tales como fertilizantes minerales, materia orgánica, deposición atmosférica, fijación biológica de nitrógeno y sedimentación. Además de extracciones que incluyen tanto la cosecha como otras pérdidas del árbol, así como también aquellos nutrientes perdidos por lixiviación en forma de gases o erosión.

Los contenidos foliares de elementos nutritivos más habituales según las fuentes del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y de la Junta de Extremadura se describen en la siguiente tabla (Tabla nº2).

Tabla nº2. Contenidos normales foliares de elementos nutritivos en almendro.

Elemento	MAPA (2002)	Junta de Extremadura (1992)
N (%)	2,20 - 2,50	2,10 - 2,50
P (%)	0,10 - 0,30	0,10 - 0,30
K (%)	1,00 - 1,40	1,10 - 1,30
Ca (%)	2,00 - 3,00	2,00 - 3,00
Mg (%)	0,25 - 0,75	0,70 - 1,00
Fe (ppm)	30 – 250	100 - 130
Mn (ppm)	20 – 100	80 - 100
Zn (ppm)	18 – 75	30 - 40
B (ppm)	-	30 - 65

Fuente: Gispert (2010)

Teniendo en cuenta lo anterior y haciendo hincapié en que el almendro presenta una demanda en macro y micronutrientes variable en función del desarrollo vegetativo y de la producción alcanzable, se recogen las necesidades estimadas de aporte de nutrientes en la Tabla nº3.

Tabla nº3. Necesidades estimadas en unidades fertilizantes por hectárea (UF/ha) para almendros adultos en función del rendimiento.

Unidad Fertilizante	1t/ha (*)	2t/ha (**)	4t/ha (*)
N	50	30-50	100
P₂O₅	18	30	37
K₂O	55	60	108
CaO	45	-	56
MgO	8	12	14

Fuente: (*) Grasselly y Duval (1977); (**) Salazar y Melgarejo (2002)

En caso de fertirrigación, Salazar y Melgarejo (2002) proponen dos estrategias: la primera consiste en utilizar durante todo el periodo vegetativo aportes moderados de nutrientes por el riego localizado (tal y como se observa en la Tabla nº4 extraída de Gispert (2010), y la segunda, que se encuentra condicionada a que la zona de cultivo sea relativamente lluviosa, consiste en emplear un abonado tradicional al suelo en enero-febrero (Tabla nº3) y comenzando tanto el plan de fertilización como el riego en marzo o abril.

Tabla nº4. Distribución en porcentaje mensual de unidades fertilizantes en condiciones de fertirrigación.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Total
N	20	20	15	15	10	-	10	10	100%
P₂O₅	35	-	-	35	-	-	30	-	100%
K₂O	25	25	20	-	-	-	15	15	100%
MgO	10	20	35	25	-	-	5	5	100%

Fuente: Gispert (2010)

La fertirrigación facilita la absorción progresiva de nutrientes en pequeñas aportaciones a nivel de las raíces y permite adaptarse a cada etapa del cultivo. Así mismo favorece una mejor respuesta tanto productiva como cualitativa del almendro (Valverde *et al.*, 2006).

En cuanto a la importancia básica de cada uno de los principales elementos nutritivos en el almendro cabe destacar lo siguiente:

- Nitrógeno: Bruulsema *et al.* (2008) describen al nitrógeno como un elemento importante en el crecimiento inicial del árbol dado que promueve su crecimiento vegetativo. Si bien los requerimientos del almendro en nitrógeno suelen ser bastante bajos, en zonas de secano se trata de un elemento muy necesario para el correcto desarrollo del frutal. Es importante tener en cuenta que en determinadas áreas de cultivo (zonas vulnerables) y sistemas de producción (Producción Integrada) se establecen normas que limitan el uso del nitrógeno para reducir los riesgos de contaminación (Espada, 2005; Lopus *et al.*, 2010), además excesos de nitrógeno dan una inducción floral deficiente, peor calidad de las semillas (Salazar y Melgarejo, 2002) y favorecen la sensibilidad a enfermedades especialmente fúngicas (Teviotdale, 1996).
- Fósforo: el fósforo es un elemento clave en el transporte de energía, forma parte de las nucleoproteínas e interviene en funciones vitales como la fotosíntesis y la división celular entre otras (Muncharaz, 2004). Salazar y Melgarejo (2002) destacan la importancia que tiene este elemento en la formación de raíces al favorecer el desarrollo de meristemas. Ambos autores coinciden con Gil-Albert (1999) en que el fósforo debe ser aportado de forma precoz en el ciclo anual del almendro dada su relevancia en la formación de flores, cuajado y desarrollo de frutitos jóvenes.
- Potasio: el potasio favorece la concentración de asimilados en los frutos, de ahí que una deficiencia en potasio limite el tamaño del fruto (Meyer *et al.*, 1998; Reidel *et al.*, 2001). Es un elemento indispensable para el crecimiento de los árboles pues activa gran cantidad de enzimas y desempeña un papel principal en las relaciones hídricas de los mismos y además mejora la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades. (Mikkelsen, 2008; García-Serrano *et al.*, 2010).
- Boro: si bien el boro es un oligoelemento de bajo requerimiento por parte del almendro, su carencia implica un aumento muy considerable de las anomalías florales. Pese a tratarse de un elemento móvil cuyo abonado vía foliar es muy eficiente en esta especie (Brown y Hu, 1998; Brown, 2007), Salazar y Melgarejo (2002) recomiendan aportarlo precozmente al suelo dado que las necesidades del árbol deben quedar cubiertas antes de la brotación.
- Zinc: de forma similar al boro, el zinc es un elemento importante en la floración del almendro. Sotomayor *et al.* (2001) destacan la acción que ejerce la aplicación foliar de una combinación de boro y zinc en el cuajado de la almendra.

El papel de otros elementos nutricionales básicos en el almendro como el calcio o el magnesio no se describe en este estudio por ser muy rara su carencia en nuestras condiciones de cultivo.

1.4.2 Técnicas complementarias de fertilización: el uso de fitofortificantes

La implantación de normas ambientales cada vez más estrictas y el cambio de mentalidad acerca del uso de productos fitosanitarios y fertilizantes han estimulado el interés por métodos alternativos de producción y sanidad vegetal (Wells *et al.*, 2003; Berlyn y Russo, 1990).

Uno de los sectores con mayor proyección a este respecto es el de los fitofortificantes agrícolas también conocidos como bioestimulantes. El Consejo Europeo para la Industria de los Bioestimulantes, en adelante EBIC, indica que cerca de 6,2 millones de hectáreas fueron tratadas con fitofortificantes en la Comunidad Económica Europea en 2012. Se espera además que este mercado aumente a razón de una tasa anual del 12% y que en 2018 alcance una facturación superior a los 2.200 millones de dólares (European Biostimulants Industry Council, 2013).

Según la definición de EBIC los bioestimulantes agrícolas contienen sustancias y/o microorganismos cuya función, al aplicarlos bien directamente sobre la planta o bien sobre la rizosfera, es la de estimular procesos naturales para favorecer o promover la absorción de nutrientes, la eficiencia en la absorción de los mismos, la tolerancia a ciertos estreses abióticos y la calidad del cultivo. Los fitofortificantes no ejercen una acción directa sobre las plagas o las enfermedades y por tanto no pueden considerarse productos fitosanitarios, además, si bien los fitofortificantes recogen productos que contienen ciertos nutrientes los mecanismos de acción de estos difieren de los seguidos por los fertilizantes.

Du Jardin (2012) separa los fitofortificantes en ocho categorías diferentes: sustancias húmicas, materias orgánicas complejas, elementos químicos beneficiosos, sales inorgánicas, extractos de algas, derivados de la quitina y el quitosano, antitranspirantes y aminoácidos libres y otras sustancias a base de nitrógeno, si bien apunta que las categorías no deben entenderse como mutuamente excluyentes pudiendo estar un mismo producto en varias categorías al mismo tiempo.

Las sustancias húmicas son sustancias naturales que provienen de la descomposición microbiana y de la degradación química de la biota muerta de los suelos (Asli y Neumann, 2010; Wells *et al.*, 2003), son consideradas las moléculas orgánicas de origen natural más abundantes

en la Tierra (Simpson *et al.*, 2002) y los componentes principales de la materia orgánica del suelo (Nardi *et al.*, 2002).

Barbara y García (2014) destacan el relevante papel de las sustancias húmicas en varias funciones del suelo y la planta entre las que se encuentran: el control de la disponibilidad de nutrientes, el intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera y la transformación y transporte de elementos tóxicos. Además, las sustancias húmicas afectan a la fisiología de la planta y a la composición y función de los microorganismos de la rizosfera (Calvo *et al.*, 2014). Vaughan (1974) propone que los ácidos húmicos incrementan el crecimiento radical mediante la elongación de las células de la raíz. La adición de materiales húmicos favorecería el sistema radical al incrementar por un lado, el número de ramificaciones y por otro, el número de raicillas, de forma que la absorción de nutrientes se vería favorecida por una mayor superficie radical. Kelting *et al.* (1997), basándose en resultados previos de Vaughan (1974), estudian la importancia de los bioestimulantes húmicos de cara a acortar los ciclos de producción viverística.

Las materias orgánicas complejas se obtienen de compostajes, estiércol, lodos de depuradoras y otros residuos urbanos. Se pueden aplicar a los suelos o a las plantas con el objetivo de incrementar el porcentaje de materia orgánica, mejorar las características físico-químicas, incorporar macro y micronutrientes, promover la actividad de las bacterias rizobianas y mejorar la degradación de los residuos fitosanitarios entre otros. Muchas de estas mezclas orgánicas contienen sustancias húmicas pero también otros elementos minerales, orgánicos o microbiológicos que juegan papeles muy significativos (Du Jardin, 2012).

Según Pilon-Smits *et al.* (2009) el aluminio, el cobalto, el sodio, el selenio y el sílice se consideran elementos beneficiosos para las plantas: no todas las plantas los requieren pero pueden promover el crecimiento e incluso ser esenciales para algunos taxones en particular. Entre los efectos descritos de los elementos beneficiosos destacan su capacidad para aumentar la resistencia a los estreses bióticos como patógenos u organismos herbívoros y a los abióticos como sequía, salinidad y toxicidad.

Muchas sales inorgánicas como los fosfitos o los fosfatos pero también los bicarbonatos, los sulfatos y los nitratos otorgan a la planta protección frente a hongos bien de forma directa bien indirecta estimulando las defensas naturales de la planta (Deliopoulos *et al.*, 2010). Su acción en la fisiología de la planta, su respuesta frente a diversos tipos de estreses y su implicación en los rendimientos explican porque estos compuestos inorgánicos son en ocasiones considerados fitofortificantes.

Las algas y los extractos de alga se usan como biofertilizante, acondicionador y bioestimulante. De hecho, el uso de algas frescas como fuente de materia orgánica y como fertilizante es muy antiguo en la agricultura, y, solo recientemente, gracias a análisis químicos, inmuno y bioensayos, se han identificado numerosos compuestos que contribuyen al crecimiento de las plantas (Du Jardin, 2012). El uso de fitofortificantes a base de extractos de algas puede generar múltiples ventajas como: mejor desarrollo radical, aumento de las cosechas y de los rendimientos, protección frente a heladas, sequía y salinidad, mejora de la actividad fotosintética, y desarrollo de resistencias frente a hongos, bacterias y virus (Shekhar *et al.*, 2014; Khan *et al.*, 2009).

La quitina (y su forma desacetilizada, el quitosano) se encuentra distribuida ampliamente en la naturaleza y, después de la celulosa, es el segundo polisacárido en abundancia. Sus fuentes principales son el exoesqueleto de muchos crustáceos, alas de insectos, paredes celulares de hongos, etc., sin embargo, la producción industrial de este biomaterial prácticamente se basa en el tratamiento de las conchas de numerosos tipos de crustáceos debido a la facilidad de encontrar estos materiales como desecho de las plantas procesadoras de estas especies (Lárez, 2006). El quitosano ejerce una función dual, por un lado actúa específicamente contra hongos y, además, estimula la expresión de diversos mecanismos defensivos de las plantas (Hernández, 2004). El Hadrami *et al.* (2010) y Yin *et al.* (2010) destacan su importante papel en la protección contra virus, bacterias, hongos e insectos gracias a la activación de genes de defensa y al desarrollo de la llamada respuesta inmune. Si bien las plantas no producen anticuerpos y su inmunidad es de naturaleza muy distinta a la de los animales, sí pueden expresar una amplia gama de compuestos protectores que incluyen metabolitos secundarios, quelantes, hidrolasas de las paredes celulares, enzimas inhibidoras y polisacáridos que actúan como barreras físicas.

Dentro de la gama de productos anti-transpirantes, Du Jardin (2012) recalca la arcilla de caolín por sus propiedades a la hora de reducir la absorción de calor de la hoja, bajar su temperatura y disminuir la evapotranspiración. El uso de anti-transpirantes puede mejorar la eficiencia del uso del agua siempre y cuando se adapte a la fisiología del cultivo y a las condiciones ambientales en las que este se encuentre (Rosati *et al.*, 2006; Evans y Sadler, 2008). Percival y Boyle (2009) y Walters (2006) apuntan que la formación de una película protectora no solo modifica la eficiencia del uso del agua sino que, al mismo tiempo, interfiere con el establecimiento y crecimiento de patógenos en la superficie de la hoja.

Calvo *et al.* (2014) proponen dividir los productos a base de proteínas en dos categorías principales, la de las proteínas hidrolizadas que consisten en una mezcla de péptidos y aminoácidos de origen animal y vegetal, y la de los aminoácidos individuales que incluye veinte aminoácidos estructurales involucrados en la síntesis de proteínas y otros tantos aminoácidos no proteicos que se encuentran en abundancia en ciertas especies vegetales (Vranova *et al.*, 2011).

Los aminoácidos han sido relacionados con múltiples procesos fisiológicos y celulares en las plantas, además también ejercen cierto impacto en la nutrición vegetal al formar quelatos y complejos con los nutrientes del suelo (Du Jardin, 2012). Shiavon *et al.* (2008) estudian el efecto que ejercen las proteínas hidrolizadas en el metabolismo de las plantas, especialmente en los ciclos del carbono y del nitrógeno, concluyendo que la aplicación externa de proteínas mejora la eficiencia del uso del nitrógeno lo que conlleva un estímulo de la fotosíntesis y a un mayor crecimiento de la planta.

Existe evidencia suficiente de que tanto las proteínas hidrolizadas como ciertos aminoácidos específicos como la prolina, la betaina, y sus derivados y precursores, pueden inducir respuestas de defensa en las plantas e incrementar su tolerancia a ciertos estreses abióticos como la sequía o la salinidad (Ashraf y Foolad, 2007; Apone *et al.*, 2010). Los aminoácidos no proteicos ácido beta-amino butírico (BABA) y ácido gamma-amino butírico (GABA) incrementan la resistencia de la planta frente a estreses bióticos y abióticos y se considera que actúan como señales moleculares endógenas de la misma (Bouché y Fromm, 2004).

Los productos fitofortificantes amplían la gama de herramientas de las que dispone el agricultor para una agricultura moderna e integrada. Por su origen natural se espera que un bioestimulante presente un bajo riesgo para la salud, tanto humana como animal, y para el entorno.

La directiva 91/414/CEE fue un primer intento de legislar la comercialización y uso de los fitofortificantes en Europa, sin embargo, dicha directiva fue transpuesta a la legislación nacional de cada Estado Miembro provocando que un mismo producto pudiese considerarse o no fitofortificante en función de la normativa de cada país. Buen ejemplo de ello lo constituían los extractos de algas, mientras que en España se consideraban fitofortificantes, en Alemania eran considerados productos fitosanitarios y en Italia fertilizantes (Villaverde *et al.*, 2015).

Con la publicación y entrada en vigor del Reglamento (CE) nº 1107/2009 se regula la comercialización y uso de productos fitosanitarios en la Unión Europea de manera armonizada

en todos los Estados Miembro. Este reglamento es de aplicación a los productos compuestos de sustancias activas (tanto químicas como microorganismos como protectores o sinergistas) destinadas a proteger a los vegetales de organismos nocivos o a influir en los procesos vitales de los mismos de forma diferente a los nutrientes. De ahí que, algunos productos como los fitofortificantes, antes considerados dentro del marco legislativo de Otros Medios de Defensa Fitosanitaria (OMDF) (ORDEN APA/1470/2007), pasen a regirse dentro del ámbito del Reglamento (CE) nº 1107/2009.

OBJETIVOS

2. Objetivos

Los objetivos principales perseguidos en este estudio son:

1. Estudiar y comparar las diferencias en el desarrollo vegetativo y radical de los patrones GF677, GN Garnem y RP-R.
2. Estudiar la respuesta del desarrollo del sistema vegetativo de los patrones de almendro en ensayo frente al aporte de estimulantes de raíz.
3. Estudiar la respuesta del desarrollo del sistema radical de patrones de almendro en ensayo frente al aporte de estimulantes de raíz.
4. Relacionar el desarrollo vegetativo de los patrones de almendro en ensayo con el desarrollo de sus raíces.

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal

El material vegetal utilizado en los ensayos es material certificado, libre de plagas y enfermedades, como así lo indica el certificado del vivero autorizado suministrador de la planta. Todas las plantas suministradas por el viverista se encontraban en el mismo estado fenológico y con un nivel de desarrollo muy similar.

La elección de dichos patrones/portainjeros se justifica por su adaptabilidad a condiciones típicamente mediterráneas de suelos calizos y clorosis férrica y, por su comportamiento frente a condiciones de cultivo en regadío.

Comparamos en este estudio un patrón ampliamente establecido en los últimos años y habitualmente tomado como referencia en múltiples ensayos el GF 677, con dos patrones de nuevo desarrollo, por un lado el GxN Garnem® que se comporta de modo similar al GF 677 pero ofrece resistencia a varios nematodos y por otro, con el portainjerto ROOTPAC® R que ofrece mayor tolerancia a la asfixia radical y se recomienda para situaciones de replante.

Las características principales de los patrones utilizados se describen a continuación:

- GF 677

Patrón obtenido en Francia por el INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), se trata de un cruzamiento de melocotón (*Prunus persica*) por almendro (*Prunus dulcis*) (Bernhard y Grasselly, 1981). Por sus características agronómicas el GF 677 ha sido el patrón más utilizado en la fruticultura europea en las últimas décadas. El vigor conferido por este patrón es alto (Espada *et al.*, 2013; Zarrouk *et al.*, 2005), los árboles muestran mayor desarrollo que sobre almendro franco (Felipe, 1987) proporcionando a los cultivares una más rápida entrada en fructificación e induciendo elevados rendimientos (Bussi *et al.*, 1995) tanto en condiciones de secano como de regadío (Socias i Company *et al.*, 2009). El GF 677 Se adapta bien a suelos calizos (Font i Forcada *et al.*, 2012) y tolera la clorosis férrica (Moreno *et al.*, 2008) pero, sin embargo, es uno de los patrones más sensibles a nematodos del género *Meloidogyne* (Vargas *et al.*, 1985) y a *Agrobacterium tumefaciens* (Zoina y Raio, 1999).

- GxN Garnem®

Obtención del Servicio de Investigación Agraria de la Diputación General de Aragón (CITA-DGA). Es el resultado de la selección de las descendencias del cruce de un híbrido entre

Prunus dulcis (cv. Garrigues) y *Prunus persica* (cv. Nemared). Este patrón confiere un vigor elevado, muy semejante al que induce el porta injerto GF 677, con niveles productivos y de precocidad también muy similares a este patrón francés (Felipe, 2009). Las hojas son grandes y en primavera tienen un color rojo que durante el verano vira a verde oscuro lo que facilita su manejo en vivero (Espada *et al.*, 2013). El patrón GxN Garnem[®] tolera adecuadamente condiciones de sequía aunque está preparado para implantarse en condiciones de regadío, siempre y cuando, cuente con suelos bien drenados dado que se trata de un patrón poco tolerante a la asfixia radical (Felipe *et al.*, 1997; Gómez-Aparisi *et al.*, 2001). La tolerancia a la clorosis férrica de este patrón coincide con la del GF 677 considerándose ambos dos tolerantes (Felipe, 1989).

Uno de los principales objetivos perseguido por los mejoradores que obtuvieron el GxN Garnem[®] fue el de conferirle resistencia a los principales nematodos que afectan al género *Prunus*, logrando que este patrón presente resistencia a *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, *Meloidogyne hapla* Chitwood, *Meloidogyne hispanica* Hirschmann, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood, y *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood (Marull *et al.*, 1991; Pinochet *et al.*, 1996, 1999) pero es sin embargo sensible a *Agrobacterium tumefaciens* (Felipe, 2009).

- ROOTPAC[®] R

Patrón obtenido en España por la empresa Agromillora Iberia, S.L. Se trata de un híbrido natural entre un ciruelo Myrobalan (*Prunus cerasifera* Ehr.) y un almendro (*Prunus dulcis*) ambos de origen desconocido (Pinochet *et al.*, 2011). Este portainjerto fue inicialmente concebido para su uso en diversos cultivares de ciruelo japonés, melocotonero y nectarino pero sus buenas características agronómicas como patrón ha expandido su utilización en almendro y algunos cultivares de albaricoquero (Pinochet, 2010). Al igual que los patrones precedentes (GF 677 y GxN Garnem[®]), ROOTPAC[®] R es un portainjerto vigoroso, su nula propensión a emitir sierpes ofrece ahorros significativos en las labores de cultivo. Ha mostrado ser altamente productivo en Estados Unidos. en diferentes cultivares de almendra especialmente con el cultivar Non Pareil (Pinochet *et al.*, 2011).

Su principal ventaja frente a los otros patrones de estudio radica en su adaptabilidad a suelos de textura arcillosa donde los híbridos de melocotonero x almendro presentan problemas de desarrollo. ROOTPAC[®] R muestra alta tolerancia a la asfixia radical, a la clorosis férrica y a la caliza activa y una respuesta moderadamente tolerante a la salinidad (Pinochet, 2010).

Otro de los aspectos a destacar de este patrón es su alto porcentaje de supervivencia frente a nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp) y su resistencia a la pudrición blanca causada por *Rosellinia necatrix* (Pinochet, 2009).

3.2 Sustrato utilizado

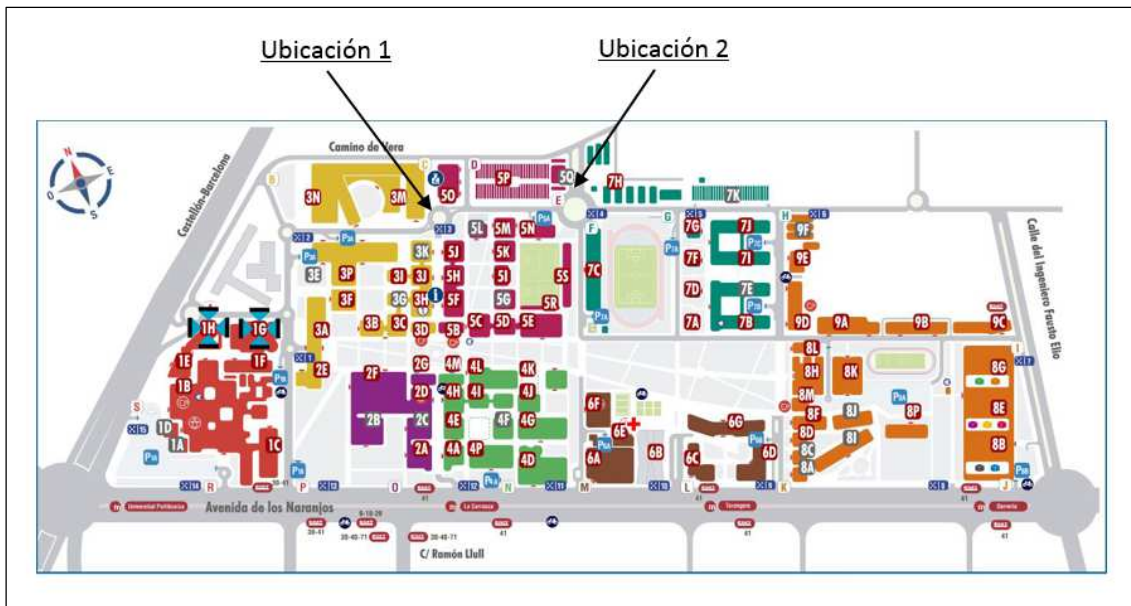
Previo a la elección del sustrato definitivo se ensayó la capacidad de retención de agua y el punto de saturación de diez sustratos simples con el objetivo de utilizarlos en el establecimiento de una mezcla a emplear en el ensayo.

Finalmente y en vistas al endurecimiento de la planta en vivero, el sustrato utilizado en el ensayo fue preparado a demanda y consistió en una mezcla con un 25 % de sílice, un 38 % de turba vaporizada y un 37 % de arena de río lavada.

3.3 Descripción de las condiciones de ensayo

3.3.1 Situación y datos meteorológicos

El material vegetal fue recibido el 27-01-2015 procedente del vivero y ese mismo día fue trasplantado a macetas de polietileno de ochenta litros de capacidad. Las macetas se ubicaron de forma completamente aleatoria en dos puntos diferentes del Campus de la Universidad Politécnica de Valencia (39° 38' 2" N, 0° 22' 29" O; altura 4 m.s.m.) que distinguiremos como Ubicación 1 (Oeste) y Ubicación 2 (Este), tal y como se muestra en la Figura nº6. Las muestras tuvieron que repartirse en estas dos ubicaciones en función de la disponibilidad de espacio físico; aunque se trata de dos zonas muy próximas entre si, con características ambientales prácticamente idénticas, en el tratamiento de datos se tendrá en cuenta la ubicación por si esta influyese en algún modo al desarrollo.



Fuente: elaboración propia a partir de datos UPV

Figura nº6. Plano de ubicación de las macetas

Debido a su posición geográfica, Valencia tiene un clima típicamente mediterráneo, caracterizado, a grandes rasgos, por inviernos suaves y veranos calurosos, situándose la media anual de temperaturas para el periodo 1981-2010 en los 18,3°C (Agencia Estatal de Meteorología, 2015).

En cuanto a las precipitaciones, se sitúan en los 450 mm de media anual, aunque la propia variabilidad pluviométrica intrínseca del clima mediterráneo hace que las variaciones entre unos años y otros puedan ser importantes. Pese a esta disparidad, la principal característica pluviométrica de Valencia es la existencia de un periodo seco importante que coincide con los meses estivales.

Un aspecto destacado de este clima es la elevada humedad relativa estival, producto de un régimen de brisas muy frecuente que suaviza las temperaturas pero crea un ambiente de humedad muy característico.

En la figura nº7 se muestran los datos de temperatura relativos al periodo comprendido entre enero y junio del 2015 para la ciudad de Valencia.



Fuente: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (2015)

Figura nº7. Datos climáticos de Valencia (2015)

3.3.2 Elección de las dosis de riego

Los requerimientos hídricos del almendro en producción han sido ampliamente estudiados y existe numerosa información sobre cómo determinar su cuantía (Girona *et al.*, 1994; Torrecillas *et al.*, 1989; Ferreres *et al.*, 1981; Golhamer y Shackel, 1990), sin embargo, la información disponible para determinar las dosis de riego en planta joven es escasa. Ferreres *et al.* (1981) proponen utilizar el método del balance hídrico para determinar la evapotranspiración del cultivo corrigiendo la expresión propuesta por la FAO (2006) $ET_c = ET_o * K_c$ (donde ET_c es la evapotranspiración de cultivo, ET_o la evapotranspiración de referencia y la K_c un coeficiente de cultivo) con un factor de cobertura (K_r) que relaciona el porcentaje de suelo sombreado y el porcentaje de gasto potencial de agua.

Si bien es cierto que, la planta joven cuenta con un menor desarrollo vegetativo que el árbol adulto y que por el hecho de disponer de menor superficie foliar expuesta a la radiación solar también transpira menos, no hay que dejar de tener en cuenta que los primeros estadios de desarrollo del frutal son claves en la formación del sistema radical y determinarán no solo el anclaje sino también la futura absorción de agua y nutrientes. Gautier (1987) determina que el crecimiento de las raíces está estrechamente ligado tanto a la temperatura del suelo como a la humedad del mismo. En sus ensayos sobre manzano y membrillero concluye que cuando la humedad de un suelo de textura media se sitúa en valores por debajo del 70% de la capacidad de campo el peso total de las raíces formadas disminuye.

Dado que en el presente ensayo se busca promover la formación y el desarrollo del sistema radical y que nuestro estudio se basa en la comparación de los patrones en el momento del ciclo fenológico inmediatamente posterior al desarrollo viverístico, las dosis de riego aplicadas durante el tiempo de estudio se basan en los datos obtenidos por Girona *et al.* (2005) para almendros adultos con una dotación del 100% de la demanda hídrica determinada según el método del balance hídrico, que además coinciden con las dosis de riego habituales en condiciones de adaptación al exterior de plantas de vivero según comunicación personal con el vivero Hernandorena (2015).

La dosis de riego fue igual para todas las plantas que recibieron 40 litros de agua por mes distribuidos en un riego de cuarenta minutos de duración en días alternos con un gotero autocompensante y antidrenante de 4L/h de caudal y un coeficiente de uniformidad del 85%. En la Tabla nº5 se muestran los principales valores obtenidos en el análisis de agua facilitado por el Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana (COMAV)

Tabla nº5. Análisis del agua de riego

	Aniones (mMol/l)					Cationes (mMol/l)					pH	CE (MS/l)
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ³⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
Agua de riego	0,10	0,00	2,69	2,30	2,37	0,00	0,06	2,92	1,70	1,78	7,91	0,99

Fuente: Elaboración propia mediante datos facilitados por el COMAV (2015)

3.3.3 Descripción de los tratamientos ensayados

En el presente estudio se ensayaron cuatro productos comerciales y una solución nutritiva frente a un tratamiento control para cada uno de los tres patrones descritos anteriormente. Todos estos productos son bioestimulantes por lo que en el presente trabajo se pretende realizar su comparación sin la influencia combinada con otra fertilización como habitualmente se realiza en las explotaciones agrarias.

Se realizaron cinco repeticiones de cada una de las posibles combinaciones patrón-tratamiento tal y como se representa en la Tabla nº6.

Los tratamientos se realizaron con una periodicidad semanal desde el 28 de enero de 2015 hasta la fecha de arranque que se produjo en la semana del 15 al 19 de junio para la totalidad de plantas y siempre durante las primeras horas del día para evitar las horas de máxima insolación. Cada una de las plantas recibió su tratamiento específico en un total de 20 ocasiones.

Tabla n°6. Distribución de las repeticiones por combinación patrón-tratamiento

		PATRÓN		
		GF 677	GxN Garnem®	ROOTPAC® R
TRATAMIENTO	Control	5 Repeticiones	5 Repeticiones	5 Repeticiones
	Agriful	5 Repeticiones	5 Repeticiones	5 Repeticiones
	Tecamin Raíz	5 Repeticiones	5 Repeticiones	5 Repeticiones
	Mas-Raíz +	5 Repeticiones	5 Repeticiones	5 Repeticiones
	Fosfonin Flow	5 Repeticiones	5 Repeticiones	5 Repeticiones
	Solución nutritiva en ensayo*	5 Repeticiones	5 Repeticiones	5 Repeticiones

*Los datos obtenidos de las plantas tratadas con la solución nutritiva en ensayo se utilizarán únicamente en el apartado 4.3

Estudio comparativo del efecto de estimulantes de raíz en el sistema vegetativo y en el sistema radical.

Las características de todos los tratamientos así como las dosis de aplicación se describen a continuación.

3.3.3.1 Agriful

Agriful es un bioestimulante radical producido por la empresa AgriTecno Fertilizantes. Entre las ventajas que destaca el fabricante en su ficha técnica, este producto promueve el desarrollo del sistema radical mejorando la nutrición de las plantas, el transporte y disponibilidad de micronutrientes.

El producto se presenta en forma líquida y la empresa garantiza los porcentajes de riqueza que se describen en la Tabla n°7.

Tabla n°7. Riquezas garantizadas de producto Agriful

Riquezas garantizadas Agriful	
Extracto húmico total	25% p/p
Ácidos fúlvicos	25% p/p
Nitrógeno total (N)	4,5% p/p
Fósforo total (P ₂ O ₅)	1% p/p
Potasio total (K ₂ O)	1% p/p
Materia orgánica total	45% p/p
pH	4,7

Fuente: Ficha técnica del producto extraída de AgriTecno Fertilizantes (2015)

La aplicación de este producto se realiza directamente sobre la raíz inyectando en la zona radical de cada una de las plantas tratadas una dilución de 8 centímetros cúbicos de producto en 8 centímetros cúbicos de agua.

3.3.3.2 Tecamin Raíz

Tecamin Raíz es un enraizante a base de aminoácidos, microelementos y extractos de algas producido por la empresa AgriTecno Fertilizantes. Se recomienda su uso por su elevado poder enraizante, por su capacidad de estimular el desarrollo de pelos radicales absorbentes y por favorecer una rápida recuperación post-trasplante (AgriTecno Fertilizantes, 2015).

El producto se presenta en forma líquida y la empresa garantiza los porcentajes de riqueza que se describen en la Tabla nº8.

Tabla nº8. Riquezas garantizadas de producto Tecamin Raíz

Riquezas garantizadas Tecamin	
Aminoácidos libres "L"	4,7% p/p
Nitrógeno Total (N)	5,5% p/p
Potasio total (K ₂ O)	1% p/p
Materia orgánica total	22% p/p
Fe-HEDTA	0,5% p/p
Mn	0,3% p/p
Zn	0,15% p/p
Cu	0,05% p/p
B	0,05% p/p
Extracto de algas	4% p/p
pH	4,4

Fuente: Ficha técnica del producto extraída de AgriTecno Fertilizantes (2015)

La aplicación de este producto se realiza directamente sobre la raíz inyectando en la zona radical de cada una de las plantas tratadas una dilución de 8 centímetros cúbicos de producto en 8 centímetros cúbicos de agua.

3.3.3.3 Mas-Raíz +

La empresa Servalesa, fabricante del producto Mas-Raíz +, lo describe como un medio de defensa fitosanitario y fortificante de plantas concebido para acelerar la formación de pelos absorbentes en el sistema radical, activando el proceso nutricional necesario para la variabilidad y desarrollo del cultivo.

El producto se presenta en forma líquida y la empresa garantiza los porcentajes de riqueza que se describen en la Tabla nº9.

Tabla nº9. Riquezas garantizadas de Mas-Raíz +

Riquezas garantizadas Mas-Raíz +	
GABA	1% p/p
Glútamico	1% p/p
Triptófano	1% p/p
Carboxilatos	4% p/p
Macro y microelementos	2,8% p/p
Mezcla de sacáridos	38% p/p

Fuente: Ficha técnica del producto extraída de Servalesa S.L. (2015)

La aplicación de este producto se realiza directamente sobre la raíz inyectando en la zona radical de cada una de las plantas tratadas una dilución de 5 centímetros cúbicos de producto en 8 centímetros cúbicos de agua.

3.3.3.4 Fosfonin Flow

La empresa Servalesa, fabricante del producto Fosfonin Flow, indica su uso como corrector de carencias en fósforo y magnesio asegurando una correcta nutrición de la planta.

El producto se presenta en forma líquida y la empresa garantiza los porcentajes de riqueza que se describen en la Tabla nº10.

Tabla nº10. Riquezas garantizadas de Fosfonin Flow

Riquezas garantizadas Fosfonin Flow	
Nitrógeno total (N)	1% p/p
Magnesio (MgO)	4% p/p
Fósforo total (P ₂ O ₅)	8% p/p

Fuente: Ficha técnica del producto extraída de Servalesa S.L. (2015)

La aplicación de este producto se realiza directamente sobre la raíz inyectando en la zona radical de cada una de las plantas tratadas una dilución de 2 centímetros cúbicos de producto en 8 centímetros cúbicos de agua.

3.3.3.5 Solución nutritiva en ensayo

La solución nutritiva empleada, preparada como base para la comparación con el resto de productos y basada en las extracciones de almendros jóvenes obtenidas por Salazar Y Melgarejo (2002), atiende a la formulación expresada en la Tabla nº11. Dicha solución fue suministrada a los plántones mediante un sistema de riego localizado, con emisores autocompensantes y antidrenantes de 4,0 L/h. El aporte total de cada uno de los principales elementos se resume en la Tabla nº12.

Tabla nº11. Formulación solución nutritiva por litro de agua aportada

	Aniones (mMol/L)					Cationes (mMol/L)				
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ³⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Meq/L	13,13	1,05	6,40	0,50	2,37	0,50	7,50	9,50	5,10	1,78

Tabla nº12. Kilogramos totales de elemento aportados a cada árbol

	N	P	S	K	Ca	Mg	Na
Kg totales aportados	38,60	6,84	21,50	61,43	39,90	13,01	8,60

3.4 Toma de datos

Una vez arrancada la planta se midió, en primer lugar, su altura máxima desde el inicio del tronco hasta el ápice de la rama más larga y posteriormente, la longitud del tallo.

Se separaron las hojas y se pesaron con el objetivo de conocer la masa foliar, también se obtuvieron medidas del peso de los brotes jóvenes (deshojados) y del tallo (considerando este como la distancia existente entre el comienzo de la ramificación de la raíz y el comienzo de la ramificación de los brotes), así como del diámetro del tallo en la posible zona de injerto.

Posteriormente se separó el sistema radical de la parte aérea y se procedió a su limpieza de forma meticulosa con un cepillo para eliminar todos los posibles restos de tierra sin dañar las

raíces. Una vez libre de tierra se obtuvo el peso total del sistema radical en fresco y su longitud total.

Se contó el número de raíces principales y se midió, para cada una de ellas, su diámetro y la distancia existente desde el inicio de la misma hasta la primera bifurcación con una raíz secundaria.

Del mismo modo, se contó el número de raíces secundarias y se midió, para cada una de ellas, su diámetro y la distancia existente desde el inicio de la misma hasta la primera bifurcación con una raíz terciaria.

Se obtuvieron medidas de peso tanto de las raíces principales como de las secundarias y de la barbada.

Posteriormente se depositaron las raíces de cada árbol debidamente identificadas en una bandeja que se introdujo en una mufla modelo Memmert a 38 °C. Diariamente se anotaron las variaciones de peso de las raíces hasta que las medidas se estabilizaron obteniendo así el peso en seco del sistema radical.

Todos los pesos se obtuvieron mediante una balanza de precisión modelo HF-2000 G. A excepción de la altura del árbol y de la longitud del tallo, que se tomaron con un metro convencional, todas las medidas de longitud se obtuvieron con la ayuda de un pie de rey electrónico marca TESA. La relación de todas las mediciones tomadas se resume a continuación (Tabla nº13).

La totalidad de las mediciones realizadas en fresco se tomaron siempre dentro de las veinticuatro horas posteriores al arranque para que no se produjese desecación ni de la parte aérea ni del sistema radical.

Tabla nº13. Relación de mediciones tomadas

Mediciones en la parte aérea	Altura máxima árbol (cm)
	Longitud del tallo (cm)
	Diámetro tallo (mm)
	Peso hojas (g)
	Peso brotes jóvenes (g)
Mediciones en el sistema radical	Longitud total sistema radical (cm)
	Peso total sistema radical en seco (g)
	Peso total sistema radical en fresco (g)
	Número raíces principales
	Diámetro raíces principales (mm)
	Distancia a 1ª bifurcación de las raíces principales (cm)
	Peso raíces principales (g)
	Número raíces secundarias
	Diámetro raíces secundarias (mm)
	Distancia a 1ª bifurcación de las raíces secundarias (cm)
Peso raíces secundarias (g)	

3.5 Tratamiento estadístico de los datos

El tratamiento estadístico se realiza mediante el programa informático STATGRAPHICS X64 con el objetivo de determinar si existen o no diferencias significativas entre los patrones en estudio así como entre sus respuestas a diferentes tratamientos estimulantes de raíz. Para ello se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95%.

Se completa el estudio con un análisis de regresión múltiple para obtener un modelo de regresión lineal que permita describir la relación entre el desarrollo radical y el desarrollo vegetativo del árbol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estudio de las posibles diferencias en los principales parámetros medidos debido a la distinta ubicación de las macetas.

Las muestras se repartieron de forma aleatoria en dos ubicaciones diferentes, si bien se trata de dos zonas muy próximas entre sí y con características muy similares, la incidencia de la luz o el viento podría haber influido de alguna manera en el desarrollo de los árboles (Agustí, 2010).

Realizamos un análisis ANOVA de los principales parámetros estudiados con el objetivo de asegurarnos que no se hayan producido diferencias significativas entre el desarrollo de los árboles en las diferentes ubicaciones y así poder tratar los datos como un único conjunto en los siguientes apartados.

4.1.1 Estudio de las posibles diferencias en la altura de los árboles en función de la ubicación

En la figura que se encuentra a continuación (Figura nº8) se observa que, para un nivel de confianza del 95% no existen diferencias significativas entre la altura media de los árboles de la ubicación 1 (oeste) y de la ubicación 2 (este). El análisis LSD de Fisher correspondiente a estos datos se recoge en el Anexo 1.

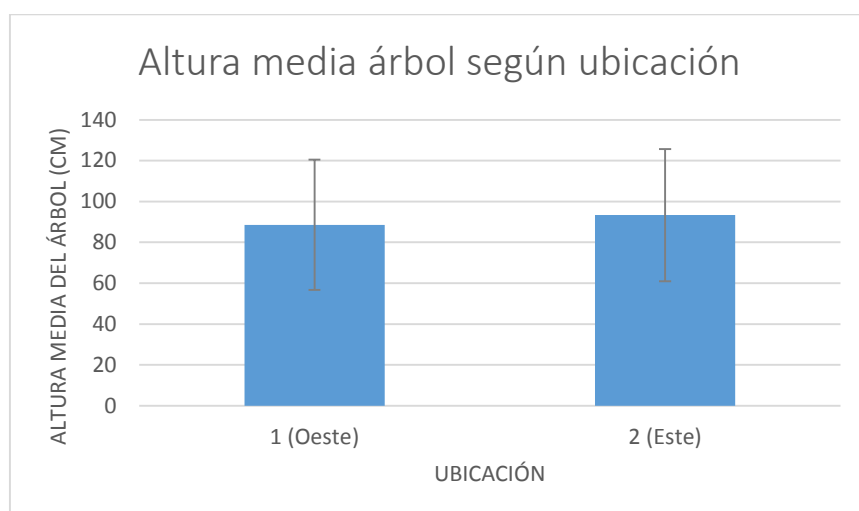


Figura nº8. Altura media de los árboles según ubicación

4.1.2 Estudio de las posibles diferencias en el peso de hojas, de los brotes jóvenes y de los tallos de los árboles en función de la ubicación de las macetas

Tal y como muestra la Figura nº9 no se observa diferencias significativas para ninguno de los parámetros de la parte aérea estudiados. El análisis LSD de Fisher correspondiente a estos datos se recoge en el Anexo 1.

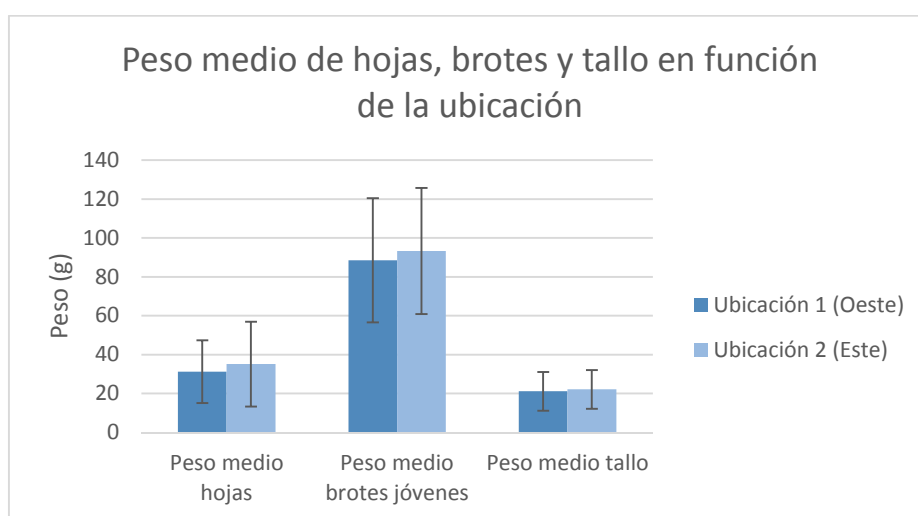


Figura nº9. Peso medio hojas, brotes y tallo en función de la ubicación

4.1.3 Estudio de las posibles diferencias en el peso fresco de las raíces y en su longitud total en función de la ubicación de las macetas

Tal y como se muestra en las Figuras nº10 y 11 no se obtuvieron diferencias significativas ni en el peso fresco del sistema radical ni en la longitud del mismo para las diferentes ubicaciones de maceta. El análisis LSD de Fisher correspondiente a estos datos se recoge en el Anexo 1.

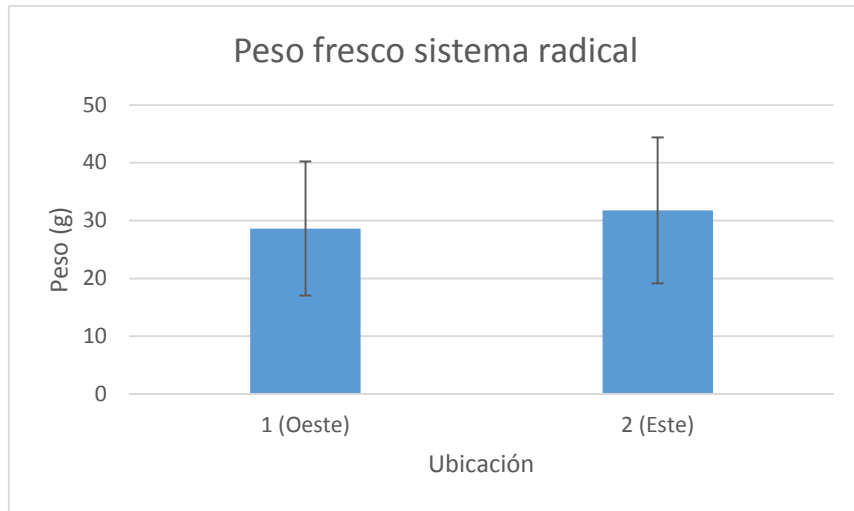


Figura nº10. Peso medio sistema radical en función de la ubicación

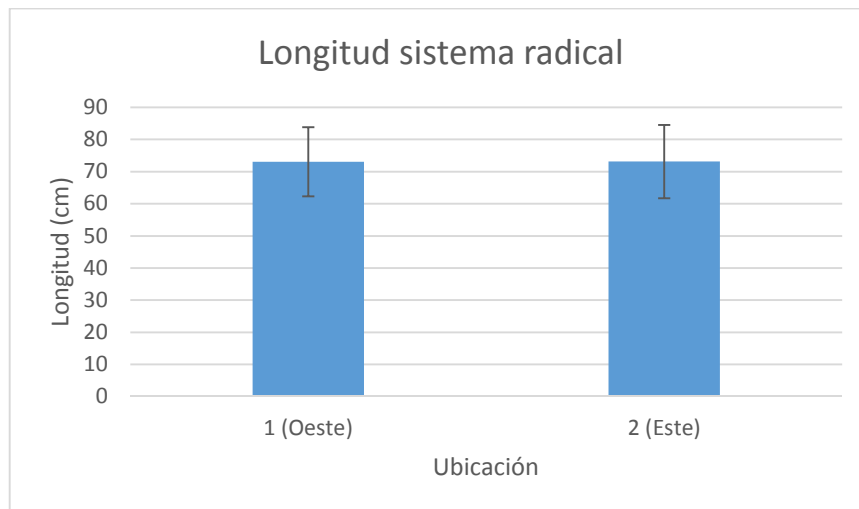


Figura nº11. Longitud media del sistema radical en función de la ubicación

Dado que no se han encontrado diferencias significativas para ninguna de las mediciones estudiadas, la ubicación de las macetas no será tomada en cuenta como variable en los análisis que se expondrán a continuación.

4.2 Estudio comparativo de los tres patrones estudiados

Fitter (1991) señala que la arquitectura de un sistema radical determina su nivel de exploración en el espacio del suelo, su habilidad para responder de forma dinámica a la disponibilidad de recursos a través de la actividad meristemática, y su habilidad para transportarlos. Además la tipología del sistema radical influye en la eficiencia por la cual el agua y los solutos se transportan a los brotes (Lynch, 1995).

Dado que es el patrón el que confiere la adaptabilidad del árbol al medio terrestre (Clastle, 1978; Moreno, 2005), en este estudio se ha considerado interesante realizar una comparativa de los parámetros más relevantes de los sistemas radicales de los tres patrones ensayados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) por si sus características fueran muy distintas.

4.2.1 Respuesta de las características del sistema vegetativo en función del patrón

Pese a que la desviación estándar que se observa entre los diferentes individuos de un mismo patrón en cuanto al parámetro de la altura resulte bastante amplia (Figura nº12), se constata estadísticamente y con un nivel de confianza del 95% que el desarrollo del portainjerto GN ha sido mayor que el de los portainjertos GF 677 y RP-R que no presentan diferencias significativas entre sí (Tabla nº14).

Tabla nº14. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la altura del árbol en función del patrón

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>PATRON</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
RP-R	25	80,844	X
677	25	86,636	X
GN	25	104,476	X

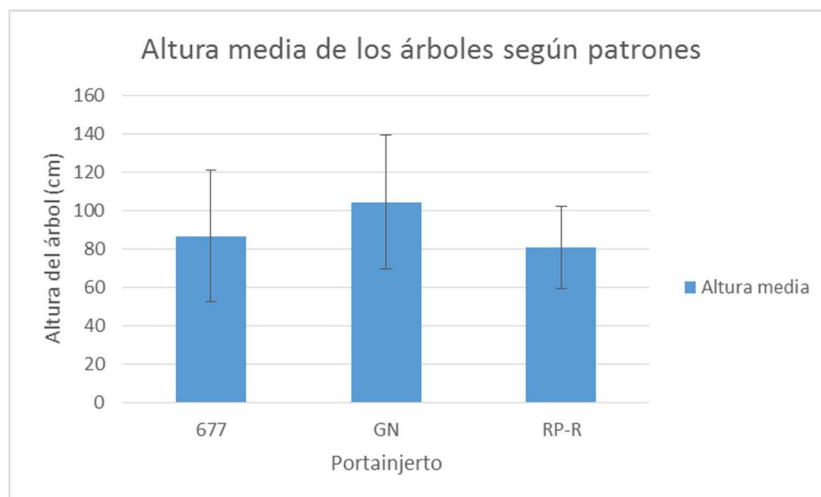


Figura nº12. Altura media de los portainjerto

No se han encontrado diferencias significativas entre los patrones en cuanto al parámetro de masa foliar (Tabla nº15), pero al comparar las variables del peso de los brotes jóvenes y del peso del tallo (Tablas nº16 y 17) se observa que el patrón GN presenta mayores pesos en ambos casos que los patrones GF 677 y RP-R. De nuevo, estadísticamente no existen diferencias entre estos dos últimos portainjertos (677 y RP-R) en cuanto a las mediciones mencionadas.

Tabla nº15. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso medio de la masa foliar

Método: 95,0 porcentaje LSD

PATRON	Casos	Media	Grupos Homogéneos
RP-R	25	28,8444	X
677	25	30,8832	X
GN	25	39,0716	X

Tabla nº16. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso medio de los brotes jóvenes

Método: 95,0 porcentaje LSD

PATRON	Casos	Media	Grupos Homogéneos
RP-R	25	22,4036	X
677	25	30,2928	X
GN	25	46,1844	X

Tabla nº17. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso medio del tallo

Método: 95,0 porcentaje LSD

PATRON	Casos	Media	Grupos Homogéneos
677	25	18,1848	X
RP-R	25	18,4648	X
GN	25	28,0864	X

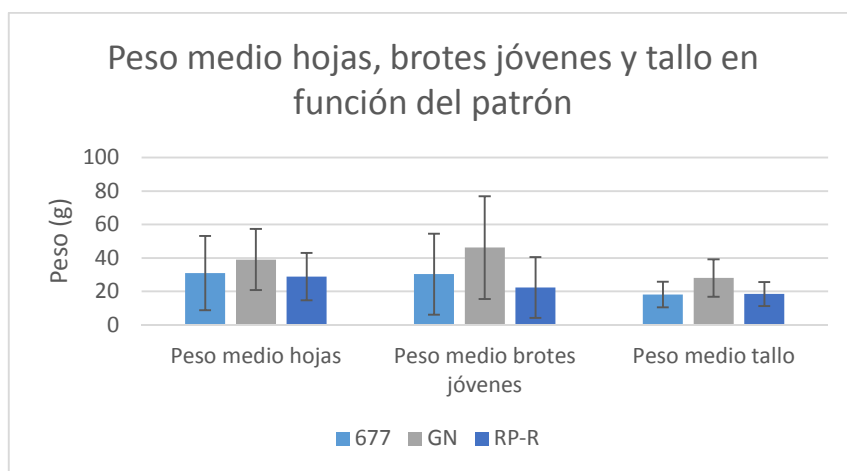


Figura nº13. Peso medio hojas, brotes jóvenes y tallo en función del portainjerto

Todos estos datos indican que el sistema aéreo generado por el patrón GN es de mayor vigor que el generado por los otros portainjertos en ensayo y coinciden con lo expuesto por Sotomayor *et al.* (2008) en su estudio comparativo de patrones para melocotonero.

4.2.2 Respuesta de las características del sistema radical en función del patrón

Diversas líneas de investigación destacan la importancia de la descripción de la arquitectura del sistema radical. La eficiencia en la adquisición de recursos bajo tierra depende de la forma y la estructura de este complejo sistema (Clarkson, 1996; Fitter, 1996). El anclaje del árbol viene determinado por la geometría y el crecimiento radial del sistema de raíces (Coultts, 1987).

En nuestro estudio, atendiendo al peso total del sistema radical en fresco, se verifica que de nuevo el patrón GN presenta una diferencia significativa con respecto a los otros dos patrones contando con un peso medio de 38,44 gramos mientras que los patrones GF 677 y RP-R produjeron sistemas radicales medios de 24,40 gramos y 27,17 gramos respectivamente (Tabla nº18).

Tabla nº18. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso total del sistema radical

Método: 95,0 porcentaje LSD

PATRON	Casos	Media	Grupos Homogéneos
677	25	24,4008	X
RP-R	25	27,1728	X
GN	25	38,4404	X

Sin embargo, en cuanto a la longitud máxima del sistema radical (Tabla nº19), es el patrón RP-R el que presenta mayor nivel de exploración en profundidad con una longitud máxima de 77,32 cm.

Tabla nº19. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la longitud total del sistema radical

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>PATRON</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
GN	25	70,008	X
677	25	71,932	XX
RP-R	25	77,324	X

En cuanto al número medio de raíces de cada portainjerto, no se observa ninguna diferencia a nivel de número de raíces principales, contando los tres patrones con una media aproximada de 8 raíces principales por árbol. Sí se aprecia, sin embargo, una diferencia en cuanto a número de raíces secundarias, el patrón RP-R destaca por encima de los demás con una media de 70 raíces secundarias por árbol frente a las 50 del GN o las 36 del GF 677 (Tabla nº20).

Tabla nº20. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el número de raíces secundarias que conforman el sistema radical

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>PATRON</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
677	25	36,0	X
GN	25	50,72	X
RP-R	25	70,0	X

El portainjerto RP-R es además, el que presenta mayor uniformidad en la distribución espacial de sus raíces (Figura nº14) y el que ramifica de raíz principal a raíz secundaria, y de raíz secundaria a raicilla a menor distancia. La adaptabilidad al medio de los diferentes patrones puede en parte atribuirse a la profundidad que pueda alcanzar el sistema radical, su densidad y su distribución espacial (Castle y Krezdorn, 1977; Castle, 1978) por lo que la mejor distribución espacial de las raíces del patrón RP-R podría implicar una mayor capacidad de exploración del suelo al menos en nuestras condiciones de estudio.

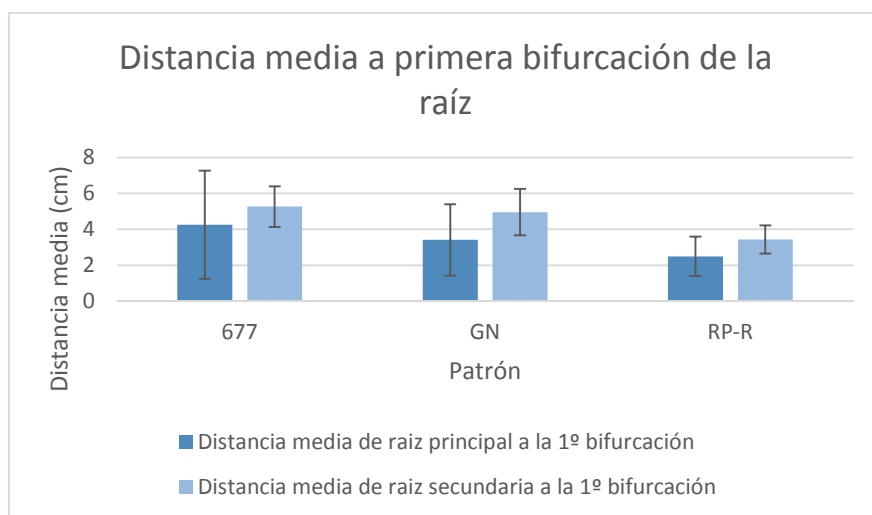


Figura nº14. Bifurcación radical. Distancias medias

Algunos estudios han demostrado que las raíces tienden a estar altamente agrupadas (Tardieu y Manichon, 1986) y esta aglutinación tiene consecuencias importantes para la absorción de agua y elementos minerales (Tardieu *et al.*, 1992). Jourdan y Rey (1997), Pagès y Serra (1994) y Pagès *et al.* (1993) entre otros, observan diversos tipos de raíces tanto en plantas anuales como perennes y vinculan estas diferencias con amplias variaciones en la absorción y capacidad de transferencia de las mismas (Clarkson *et al.*, 1968; Steudle y Peterson, 1998).

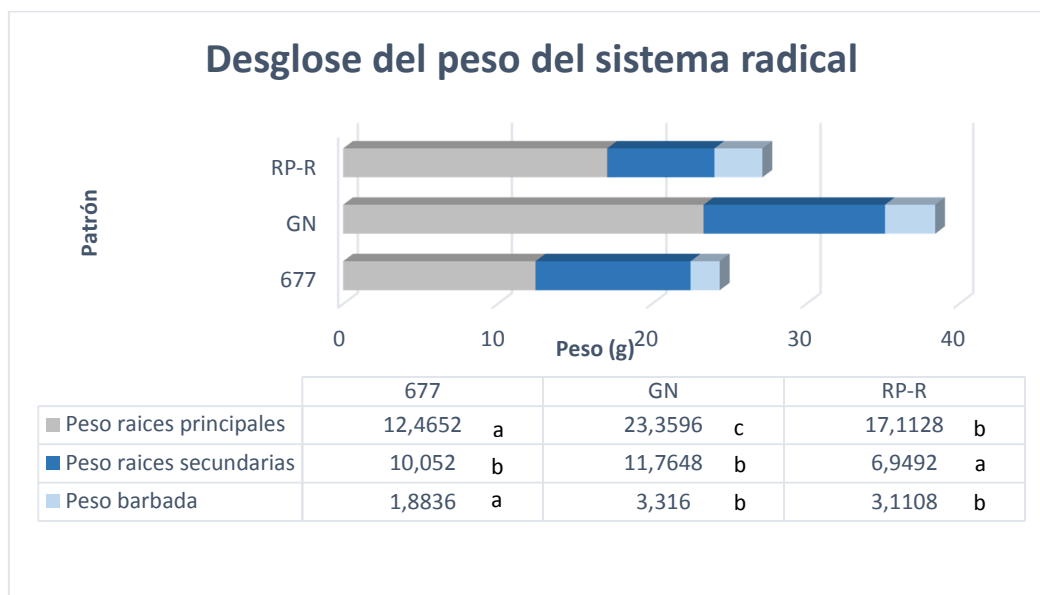
Autores como Keppler y Rickman (1991) y Hodges (1990) proponen organizar el sistema radical en tres tipos de raíces, en primer lugar, las raíces principales o pivotantes que actúan principalmente como raíces de transporte durante la mayor parte de su vida, en segundo lugar, las raíces secundarias de primer orden cuya función puede ser de absorción o transporte en función de la edad de la planta y de la especie y en último lugar las raicillas o barbada que son pequeñas raíces de absorción con una vida muy efímera. Esta clasificación es la que se ha seguido como sistema de tipificación en el estudio de raíces realizado en el presente trabajo.

En cuanto a la distribución del sistema radical en raíces principales, raíces secundarias y barbada de los tres patrones en estudio se constata que:

- El peso de las raíces del patrón GN se distribuye de forma que el 61% del mismo se corresponde con las raíces principales, un 30 % con las raíces secundarias y un 9% con la barbada.

- En el caso del patrón GF 677, el 51% del peso total del sistema radical se debe a las raíces principales, el 41% a las raíces secundarias y el 8% a la barbada.
- El peso de las raíces del patrón RP-R se distribuye de forma que el 63% se debe a raíces principales, el 26% a raíces secundarias y el 11% a la barbada.

Realizando este mismo estudio pero esta vez comparando la distribución del peso del sistema radical según el tipo de raíz en los diferentes patrones (Figura nº15) se observa que el peso de las raíces principales del portainjerto GN es significativamente superior al del resto de portainjertos con una media de 23,35 gramos frente a los 17,11 gramos del patrón RP-R o los 12,46 gramos del 677. En cuanto a las raíces secundarias, los patrones GN y GF 677 presentan pesos muy similares en torno a los 10-11 gramos y en ambos casos muy superiores al patrón RP-R cuyas raíces apenas alcanzaron los 7 gramos. También se observan diferencias estadísticamente significativas en lo que al peso de la barbada se refiere, mientras que los patrones GN y RP-R cuentan con pesos de barbada superiores a los 3 gramos, el patrón 677 presenta una barbada de 1,88 gramos.



Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas (Fisher LSD a p=0.05)
N=15 repeticiones por tratamiento

Figura nº15. Desglose del peso del sistema radical

De los tres patrones estudiados, el GF 677 es el que menor desarrollo radical presenta, con escaso número de raíces secundarias con respecto a los otros dos portainjertos (aunque de mayor diámetro medio) y un peso de raíces de absorción muy inferior al resto. Pese a este menor desarrollo, el GF 677 se adapta adecuadamente a condiciones de secano (Socias i Company *et al.*, 2009), a suelos calizos (Font i Forcada *et al.*, 2012) y tolera la clorosis férrica (Moreno *et al.*, 2008).

El patrón GN destaca en nuestro estudio como el portainjerto que desarrolla un sistema aéreo más vigoroso, este resultado coincide con lo observado por Felipe (1989) que describe al patrón, antes de ser injertado, como vigoroso y de porte erecto y por Sotomayor *et al.* (2008) que concluye que en comparación con el GF677 el portainjerto GN produce mayor peso de poda y mayor número de chupones. Su sistema radical es potente y cuenta con amplio número de raíces secundarias y raicillas.

Las características de longitud y distribución del sistema radical del patrón RP-R le permiten colonizar superficies importantes de terreno tanto en el eje vertical (en profundidad) como en el eje horizontal, probablemente esta distribución favorezca que el patrón RP-R sea el patrón recomendado para situaciones de replante y suelos pobres o con tendencia al encharcamiento (Pinochet, 2010).

4.3 Estudio comparativo del efecto de los estimulantes de raíz en el sistema vegetativo y en el sistema radical.

En la industria viverística cobra vital importancia el crecimiento de los plántones y de su sistema radical ya que ambos factores influyen en el tiempo requerido para la posterior puesta en venta del árbol y su facilidad y éxito de trasplante (Castle, 1977). En este estudio se pretende comparar mediante un análisis de la varianza (ANOVA) el efecto que los tratamientos estimulantes de raíz aplicados han producido tanto en la parte aérea como en el sistema de raíces.

4.3.1 Respuesta de las características del sistema vegetativo en función del tratamiento recibido

Numerosos estudios recaban información acerca de la estimulación del crecimiento producido por los fertilizantes (Valverde *et al.*, 2006) y los fitofortificantes (Calvo *et al.*, 2014; Saa *et al.*, 2015) tanto en plantas herbáceas como leñosas.

En nuestro caso, todos los tratamientos aplicados a excepción del Fosfonin Flow produjeron un desarrollo del árbol en altura mayor que el control (Tabla nº21). Los tratamientos de Agriful y Tecamin Raíz obtuvieron alturas medias de 110 y 128 centímetros respectivamente que suponen el doble de la altura media del control (55 cm). Estos resultados coinciden con estudios previos en almendro (Ramos *et al.*, 2010) y otros cultivos (Derrick y Dumaresq, 1999) en los que la fertilización a base de materia orgánica y extractos húmicos, componentes importantes de los productos Agriful y Tecamin Raíz, favorecieron el desarrollo arbóreo.

Castillo (2015) destaca el papel promotor en el crecimiento de los aminoácidos (principal compuesto de Tecamin Raíz) y lo recomienda como vigorizante en periodos críticos del cultivo como en este caso la brotación y el crecimiento en el establecimiento de nuevas plantaciones.

Estudios recientes en manzano (Basak, 2008) y olivo (Chouliaras *et al.* 2009) aportan como efecto benéfico de la aplicación de extractos de algas (compuesto básico del producto Tecamin) un mayor desarrollo de la parte aérea tal y como se observa en nuestro estudio sobre patrones para almendro.

El no desarrollo del árbol en altura con la aplicación de Fosfonin Flow (producto a base de fósforo) entra en contradicción con los resultados obtenidos por Goss *et al.* (1993) que concluyen que incrementos de fósforo en el suelo en momentos previos a la plantación provocan aumentos significativos en el crecimiento de la parte aérea. Una posible explicación de la falta de concordancia de nuestros resultados con los del citado estudio puede residir en la diferencia en el modo y momento de aplicación del producto y quizás en el corto periodo de tiempo en el que se ha realizado la experiencia.

Llaman especialmente la atención los resultados obtenidos con la solución nutritiva ensayada que, con alturas medias de 180 centímetros, triplican los datos recogidos de las mediciones del control (Figura nº16). Muhammad *et al.* (2009) estudiaron la influencia de aplicaciones crecientes de nitrógeno en almendro llegando a la conclusión de que aportes suplementarios de este elemento favorecían el desarrollo vegetativo y la cosecha. Espada (2005) coincide con Lopus *et al.* (2010) en que la fertilización nitrogenada es clave en el desarrollo de

este frutal dado que el almendro tiende a acumular grandes cantidades de nitrógeno en sus frutos y en sus estructuras leñosas

Tabla nº21. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la altura media del árbol en función del tratamiento recibido

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Control	15	55,1333	X
Fosfonin Flow	15	59,1267	X
Más Raiz	15	99,9467	X
Agriful	15	110,227	X
Tecamin Raiz	15	128,827	X
Solución nutritiva	15	180,247	X

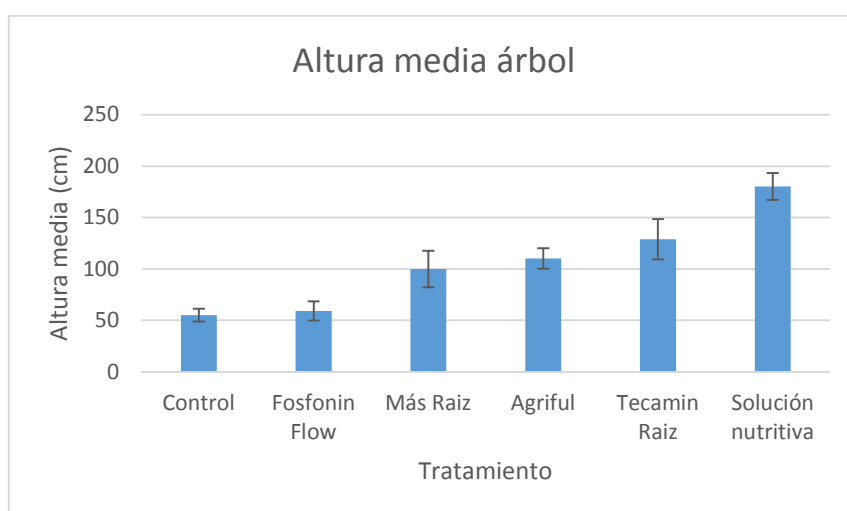


Figura nº16. Altura media de los árboles en función del tratamiento aplicado

A excepción del tratamiento Fosfonin Flow, que no produjo estadísticamente ninguna diferencia respecto al control, la aplicación del resto de estimulantes de raíz produjo un aumento tanto en el peso medio de las hojas, como en el peso medio de los brotes jóvenes y en el peso medio del tallo.

El tratamiento que mayores diferencias significativas presentó para todas las mediciones fue de nuevo el tratamiento a base de solución nutritiva ensayada con resultados que multiplican por 38 el peso fresco de las hojas y por 58 el peso de los brotes jóvenes (Tabla nº22). En la misma línea, Bi et al. (2003) demostraron en su estudio sobre almendros jóvenes de vivero que tanto la aplicación vía fertirrigación como vía foliar de nitrógeno propiciaba un mayor desarrollo vegetativo del árbol a través de mayor número de brotes y mayor masa foliar

concluyendo que la creación de nuevos brotes y el crecimiento de las hojas en primavera están estrechamente relacionados con las reservas de nitrógeno. Brown (2007) destaca el papel del potasio en el incremento en número de ramos vegetativos que por otra parte tienden a transformarse en ramos fructíferos.

Aunque de forma más modesta, las diferencias con respecto al control son también destacables en los árboles tratados con el producto Tecamin Raíz que multiplicó por cuatro el peso de las hojas y por ocho el de los brotes jóvenes. Tanto el producto Más Raíz como el producto Agriful incrementaron el peso de las hojas y brotes respecto al control presentando ambos dos resultados muy parejos.

Resultados similares se repiten al comparar los diámetros en la posible zona de injerto en función del tratamiento aplicado (Tabla nº22). El tratamiento a base de fosfitos no obtuvo ningún resultado respecto al control, el tratamiento Más Raíz consiguió incrementar el diámetro medio en la posible zona de injerto pero en menor medida que los tratamientos Agriful y Tecamin Raíz (que presentaron resultados similares) y con resultados muy inferiores a los proporcionados por la solución nutritiva que de nuevo destacó con diámetros del tallo 2,5 veces superiores a los de los árboles control.

Según Estaún *et al.* (1999) el diámetro del tallo es una característica muy importante en vivero dado que el grosor del tallo determina el momento adecuado para proceder con el injerto, en base a este criterio, los árboles tratados con Agriful, Tecamin Raíz y con la solución nutritiva ensayada permitirían ser injertados con antelación al control.

Tabla nº22. Peso medio hojas, brotes, tallo y diámetro en punto de injerto según el tratamiento aplicado.

Tratamiento	Peso medio hojas (g)	Peso medio brotes jóvenes (g)	Peso medio tallo (g)	Diámetro medio en zona injerto (mm)
Control	14,20 a	8,59 a	12,13 a	8,16 a
Fosfonin Flow	19,07 a	12,10 a	12,75 a	8,49 a
Más Raíz	34,55 ab	25,57 ab	22,54 b	10,20 b
Agriful	38,15 ab	52,36 bc	28,47 c	12,62 c
Tecamin Raíz	58,70 b	66,19 c	32,00 c	12,80 c
Solución nutritiva	539,67 c	466,73 d	93,61 d	20,25 d

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas (Fisher LSD a $p=0.05$)
N=15 repeticiones por tratamiento

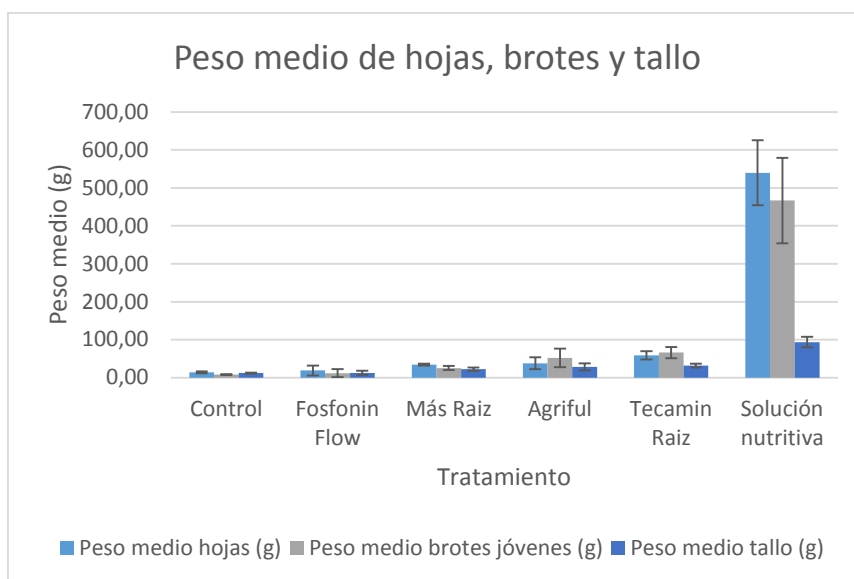


Figura nº17. Peso medio de hojas, brotes jóvenes y tallo en función del tratamiento aplicado

4.3.2 Respuesta de las características del sistema radical en función del tratamiento recibido

Davis *et al.* (1983) señalan que la fertilización es uno de los factores que afectan al crecimiento radical. En nuestro estudio únicamente los tratamientos Agriful, Tecamin Raíz y la solución nutritiva ensayada produjeron aumentos estadísticamente significativos en el peso fresco total del sistema radical (Tabla nº23). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Daw *et al.* (1999) que observaron igualmente aumentos en el peso de la raíz de melocotonero al aplicarles directamente a las raíces una solución fertilizante, y con los obtenidos por Zhang y Erving (2004) que detectaron aumentos significativos de la masa del sistema radical al aplicar tanto ácidos húmicos, como extractos de algas como la combinación de ambos tratamientos.

Al contrario de lo que ocurre en nuestro estudio, donde el producto Fosfonin Flow no presentó diferencias respecto al control, Covacevich *et al.* (1998) destacan la influencia del papel del fósforo en el crecimiento radical y aéreo de plantas de trigo. Una posible explicación de la falta de resultados en nuestro estudio podría residir en diferencias en el momento y profundidad aplicación de los productos (Arambarri y Madrid, 1973).

Tabla nº23. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso medio del sistema radical en función del tratamiento recibido

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Control	15	19,9873	X
Fosfonin Flow	15	20,0953	X
Más Raíz	15	28,0313	X
Agriful	15	39,608	X
Tecamin Raíz	15	42,3013	X
Solución nutritiva	15	156,034	X

Según Smith (1965) la distribución de las raíces puede verse afectada por el aporte de fertilizantes. En nuestro estudio observamos que la aplicación de Más Raíz, Agriful y de la solución nutritiva ensayada han propiciado el desarrollo de mayor número de raíces principales que el control, siendo estas además en el caso de la solución nutritiva ensayada de mayor diámetro que las del control (Tabla nº24 y Figura nº18). Los productos Fosfonin Flow, Tecamin Raíz, Agriful, y la solución nutritiva ensayada presentaron un aumento considerable en el número de raíces secundarias, de nuevo, en este parámetro destacó la solución nutritiva ensayada que desarrolló de media 90 raíces secundarias frente a las 38,47 del control siendo estas además de mayor diámetro medio. Wymer *et al.* (1997) sugieren que a pesar que el Ca^{2+} no desencadena la formación de pelos radicales, la afluencia de Ca^{2+} a la punta de la raíz conduce a una elevada concentración de Ca^{2+} que probablemente sea requerida en el sostenimiento de la elongación de la raíz. En nuestro estudio comparativo de estimulantes este elemento únicamente está presente en la solución nutritiva ensayada.

Existe numerosa bibliografía que confirma el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos (Agriful) en el desarrollo radical y la proliferación de raíces laterales en cultivos extensivos como el trigo (Tahir *et al.*, 2011) o el maíz (Canellas *et al.*, 2002). Vaughan (1974) propone que el aumento del tamaño del sistema de raíces producido por la aplicación de ácidos húmicos se debe principalmente a una mayor elongación celular. Del mismo modo, estudios recientes muestran que el tratamiento con extracto de algas (Tecamin Raíz) mejora el potencial de desarrollo radical en *Arabidopsis* (Rayorath *et al.*, 2008) y la ramificación del sistema radical (Feliu, 2014). Vernieri *et al* (2005) y Atzmon y Van Staden (1994) apuestan por los bioestimulantes como favorecedores del desarrollo al incrementar, por un lado la formación de raíces laterales y por otro, el tamaño total del sistema radical (Mancuso *et al.*, 2006; Slavik, 2005; Thompson, 2004).

Tabla nº24. Número y diámetro medio de las raíces principales y secundarias

Tratamiento	Nº raíces principales	Diámetro medio raíces principales (mm)	Nº raíces secundarias	Diámetro medio raíces secundarias (mm)
Fosfonin Flow	6,40 a	4,48 bc	55,67 b	1,01 a
Control	7,60 ab	3,99 ab	38,47 a	0,92 a
Tecamin Raíz	7,93 ab	4,80 cd	58,80 b	1,28 b
Más Raíz	9,07 bc	3,54 a	42,93 a	0,95 a
Agriful	10,67 c	3,93 ab	65,33 b	1,09 ab
Solución nutritiva	19,40 d	5,48 d	90,00 c	1,66 c

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas (Fisher LSD a p=0.05).

N= 15 repeticiones por tratamiento.

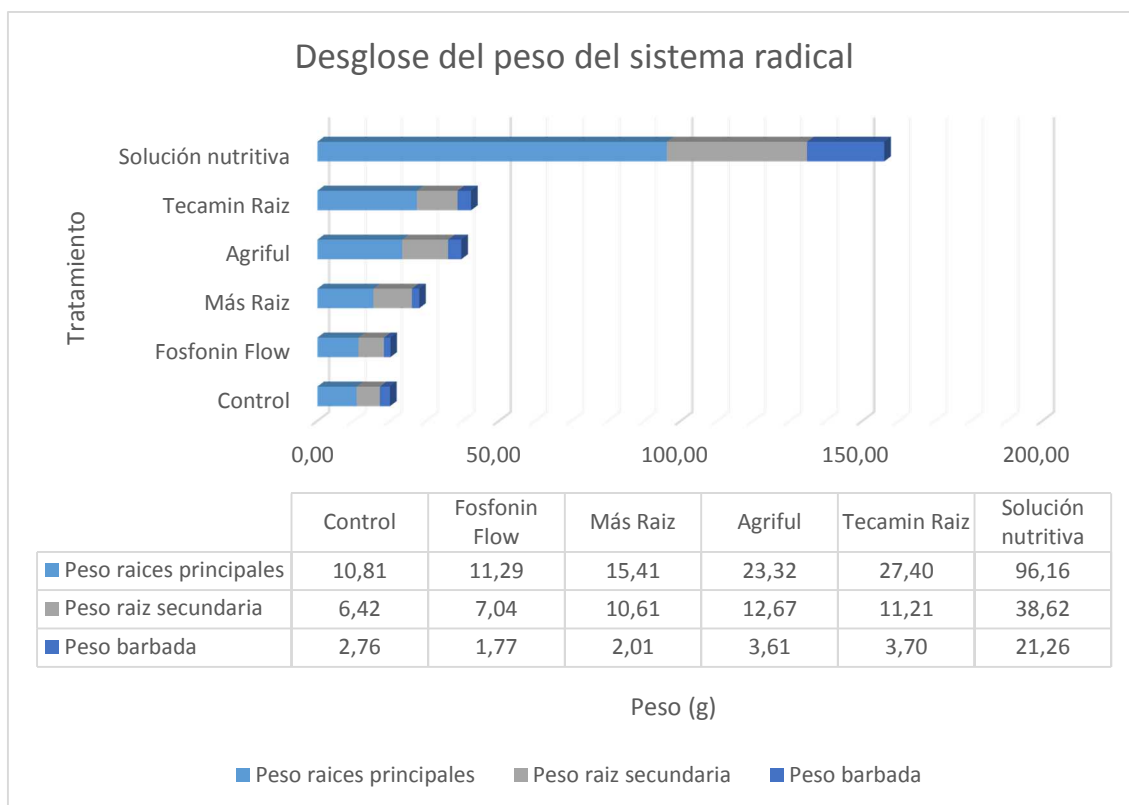


Figura nº18. Desglose del peso del sistema radical

El control presentó mayor exploración en profundidad que los tratamientos Agriful, Tecamin Raíz, Fosfonin Flow y solución nutritiva (Figura nº19). Estos datos coinciden con lo expuesto por Lynch (1995) y Williams y Smith (1991) que explican que el número de raíces es mayor donde se encuentra la capa de suelo más fértil.

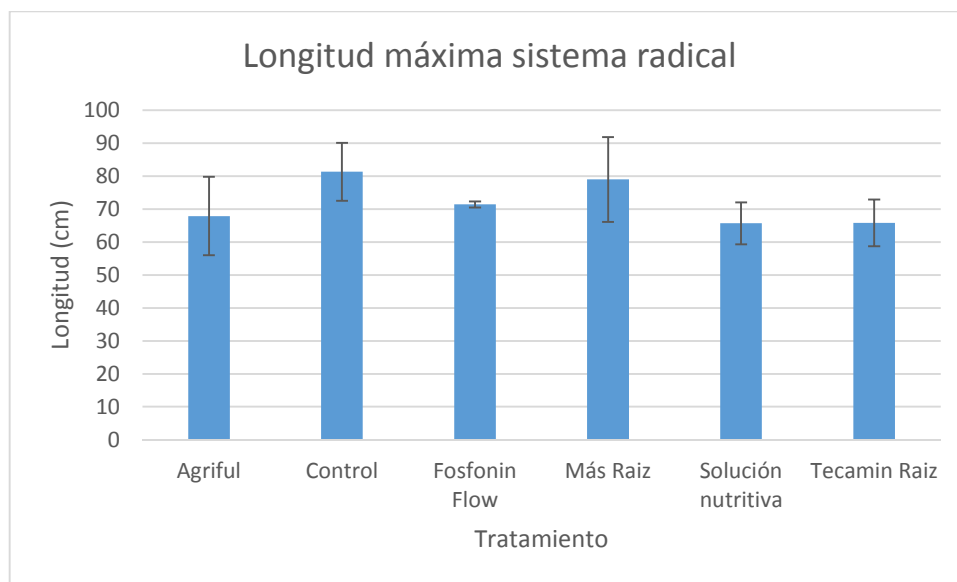


Figura nº19. Longitud máxima del sistema radical en función del tratamiento aplicado

Mientras que apenas existen diferencias en la distancia media de bifurcación de las raíces secundarias a las terciarias o raicillas entre los diferentes tratamientos (Figura nº20), sí se observa un diferencia significativa entre la distancia de la raíz principal a la primera bifurcación del control y de los árboles tratados con Fosfonin Flow con respecto a la del resto de tratamientos (Tabla nº25). La aplicación de Agriful, Tecamin Raíz, Más Raíz y la solución nutritiva ensayada ha inducido un cambio en la distribución de las raíces haciendo que la bifurcación de las raíces primarias a secundarias se produzca a mayor profundidad.

Este cambio en la distribución de las raíces puede posiblemente influir en una mayor resistencia a sequías moderadas dado que los sistemas de absorción más eficaces se encontrarían a mayor profundidad. Zhang y Ervin (2004) confirmaron el efecto de la aplicación de una combinación de ácidos húmicos y extractos de algas en el aumento de la tolerancia a la sequía en plantas de remolacha, García *et al.* (2012) publicó resultados similares en el cultivo del arroz. Existe evidencia suficiente que muestra que aminoácidos específicos y sus derivados y precursores pueden inducir la respuesta defensiva de las plantas a estreses abióticos como la sequía o las altas temperaturas. (Chen y Murata, 2008; Apone *et al.*, 2010; Ertani *et al.*, 2013).

El potasio también es un elemento considerado como potenciador de tolerancias frente a estreses bióticos y abióticos como la sequía (Mikkelsen, 2008).

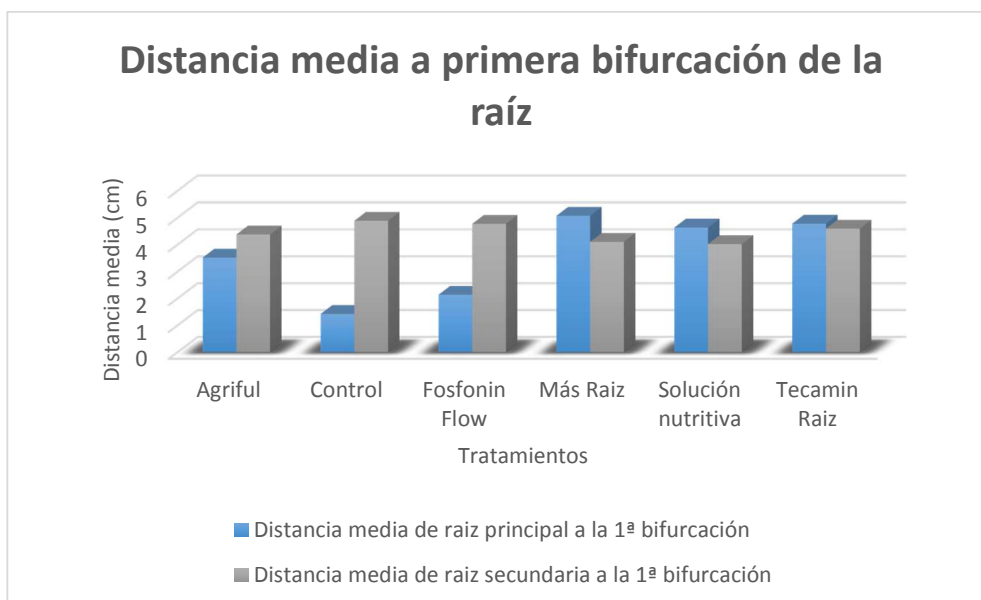


Figura nº20. Distancia media a primera bifurcación de la raíz primaria y secundaria

Tabla nº25. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la distancia media de la raíz principal a la primera bifurcación con la raíz secundaria

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Control	15	1,426	X
Fosfonin Flow	15	2,14267	X
Agriful	15	3,524	X
Solución nutritiva	15	4,64094	XX
Tecamin Raiz	15	4,78333	X
Más Raiz	15	5,07467	X

4.3.3 Relación entre raíz y brotes con hojas

El equilibrio establecido entre las raíces y la parte aérea de la planta se representa por el ratio sistema radical/brotes teniendo en cuenta bien el peso fresco bien el peso seco de cada uno de los componentes (Castle, 1978). Este ratio se interpreta como una medida de la relación entre la parte aérea y la radical y su mutua dependencia dado que asumimos que existe un equilibrio por la competencia que se establece entre ambos en el consumo de carbohidratos.

Hodges (1990) explica que solo si la parte vegetativa crece y se desarrolla de forma aceptable las raíces recibirán los carbohidratos necesarios para la formación de nuevas raíces y su expansión.

En la Tabla nº26 se presentan los resultados obtenidos para el ratio peso del sistema radical/peso brotes con hojas.

Tabla nº26. Ratio peso sistema radical/ peso hojas y brotes

	Ratio peso raíz/ peso brotes con hojas
Control	0,87
Fosfonin Flow	0,64
Más Raíz	0,47
Agriful	0,44
Tecamin Raíz	0,34
Solución nutritiva ensayada	0,16

Normalmente los ratios son altos en planta joven, disminuyen durante el crecimiento y presentan valores bajos en la madurez (Hodges, 1990; Chalmers y Van Den Ende; 1975). En nuestro estudio observamos que todos los tratamientos han influido en cierto modo en el ratio peso del sistema radical/peso brotes con hojas. Los tratamientos aplicados tuvieron mayor efecto relativo en el desarrollo de la parte vegetativa que en el desarrollo del sistema radical. Llama especialmente la atención el caso de las muestras tratadas con la solución nutritiva que presentan un ratio de 0,16 frente al ratio de 0,87 del control, esto quiere decir que las raíces están soportando un peso 6,5 veces superior al suyo propio. Estudios similares en árboles adultos de cítricos presentaban ratios de entre 0,28 y 0,45 (Castle, 1978), es fundamental para el buen desarrollo del árbol que exista un cierto equilibrio entre la parte aérea y la radical dado que una descompensación en este sentido podría provocar problemas graves de anclaje.

En la página siguiente se presentan dos tablas resumen de los principales parámetros estudiados y su repuesta antes los diferentes tratamientos aplicados.

Tabla nº28. Tabla resumen efecto de los tratamientos sobre el sistema vegetativo

	Desarrollo sistema vegetativo				
	Altura media árbol	Peso medio hojas	Peso medio brotes	Peso medio tallo	Diámetro tallo
Fosfonin Flow	=	=	=	=	=
Más Raíz	+	+	+	+	+
Agriful	++	+	++	++	++
Tecamin	+++	++	++	++	++
Solución nutritiva	++++	+++	+++	+++	+++

Tabla nº27. Tabla resumen del efecto de los tratamientos sobre el sistema radical

	Desarrollo sistema radical							
	Peso total raíces en fresco	Nº raíces principales	Diámetro raíces principales	Nº raíces secundarias	Diámetro raíces secundarias	Longitud máxima raíz	Distancia de la raíz principal a 1 bifurcación	Ratio peso sistema radical/ brotes con hojas
Fosfonin Flow	=	=	+	+	=	-	=	-
Más Raíz	=	++	=	=	=	=	++	-
Agriful	++	+++	=	+	+	-	+	-
Tecamin	++	=	++	+	+	-	++	--
Solución nutritiva	+++	++++	+++	++	++	-	+	---

Los diferentes tratamientos se comparan en base al control. = indica que no existe diferencia significativa con el control, + indica que existe estadísticamente mayor desarrollo que el control y – que el dato es menor que el obtenido por el control. Mayor número de + o – indican mayor diferencia respecto al control

4.4 Modelos de regresión

A continuación se presentan los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre el peso fresco de la raíz (expresado en gramos) y la longitud máxima del sistema radical (expresada en centímetros) con los principales parámetros de la parte vegetativa del árbol. El p-valor de todos estos modelos es menor que 0,05 por lo que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%.

Tabla nº29. Modelo de regresión patrón 677 para peso fresco de la raíz y longitud máxima del sistema radical

Patrón	Variable dependiente	Ecuación	Error absoluto medio	Error estándar	R ²
GF677	Peso fresco raíz (g)	Peso fresco raíz = 0,86 - 0,019*Longitud tallo + 0,90*Peso tallo + 0,71*Diámetro tallo - 0,07*Peso hojas + 0,11*Peso brotes jóvenes	0,5318	0,8982	99,25
GF677	Longitud máxima del sistema radical (cm)	Longitud máx. raíz = 93,71+ 2,45*Peso tallo - 5,16*Diámetro tallo - 0,76*Peso hojas + 0,17*Peso brotes jóvenes	2,2279	3,2105	77,24

Tabla nº30. Modelo de regresión patrón GN para peso fresco de la raíz y longitud máxima del sistema radical

Patrón	Variable dependiente	Ecuación	Error absoluto medio	Error estándar	R ²
GN	Peso fresco raíz (g)	Peso fresco raíz = -5,75 + 0,92*Longitud tallo + 0,0007*Peso tallo + 0,31*Diámetro tallo + 0,008*Peso hojas + 0,27*Peso brotes jóvenes	1,289	2,2245	97,35
GN	Longitud máxima del sistema radical (cm)	Longitud máx. raíz = 70,98 + 1,93*Peso tallo - 0,97*Diámetro tallo - 0,06*Peso hojas - 0,89*Peso brotes jóvenes	4,382	6,0734	80,57

Tabla nº31. Modelo de regresión patrón RP-R para peso fresco de la raíz y longitud máxima del sistema radical

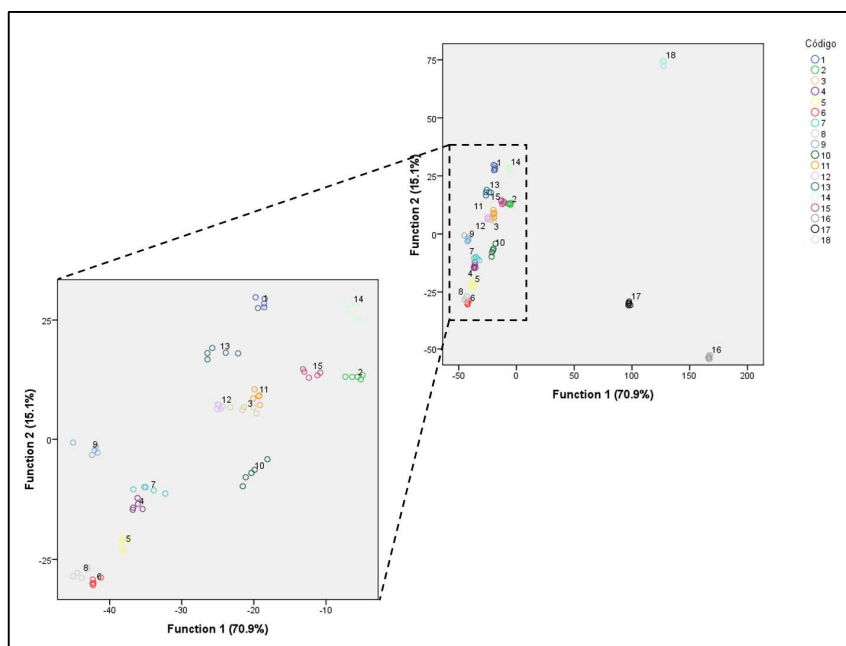
Patrón	Variable dependiente	Ecuación	Error absoluto medio	Error estándar	R ²
RP-R	Peso fresco raíz (g)	$\text{Peso fresco raíz} = 6,50 + 0,053 * \text{Longitud tallo} - 0,27 * \text{Peso tallo} + 2,22 * \text{Diámetro tallo} - 0,51 * \text{Peso hojas} + 0,69 * \text{Peso brotes jóvenes}$	1,4488	2,1257	96,44
RP-R	Longitud máxima del sistema radical (cm)	$\text{Longitud máx. raíz} = 85,21 + 0,66 * \text{Longitud tallo} - 0,55 * \text{Peso tallo} - 1,37 * \text{Diámetro tallo} - 0,56 * \text{Peso hojas} + 0,52 * \text{Peso brotes jóvenes}$	8,8749	11,8554	23,25

La bondad del ajuste de la ecuación obtenida para la longitud máxima del sistema radical del patrón RP-R es muy inferior a las bondades obtenidas en el resto de ecuaciones, pese a que la relación entre variables es estadísticamente significativa, el modelo obtenido para este patrón no se ajusta en condiciones tan adecuadas los obtenidos para los patrones GF677 y GN.

En general se observa que los modelos de regresión obtenidos para describir la relación entre el peso fresco de las raíces con respecto al sistema vegetativo se ajustan mejor (mayor R²) que los obtenidos para describir la longitud máxima del sistema radical. Estos resultados están en concordancia con lo publicado por Avilán *et al.* (1981), el efecto que ejercen las propiedades fisicoquímicas del suelo (Gaitán *et al.*, 2005), la presencia de horizontes compactados (Aruani y Behmer, 2004), el nivel freático (Rodríguez *et al.*, 1988) y el estado hídrico y nutricional (Girona *et al.*, 2005b) modifican sustancialmente la distribución del sistema radical.

4.5 Análisis discriminante lineal (LDA)

Una vez realizados los estudios de análisis de la varianza y con el objetivo de visualizar los resultados obtenidos de la combinación de los tres patrones con los cinco tratamientos más el control se realiza un análisis discriminante lineal que nos permite diferenciar entre categorías.



1 RP-R-Agriful 2 GN-Agriful 3 GF 677-Agriful 4 RP-R-Control 5 GN-Control 6 GF 677-Control 7 GN-Fosfonin Flow 8 GF 677-Fosfonin Flow 9 RP-R-Fosfonin Flow 10 GF 677-MásRaiz 11 GN-MásRaiz 12 RP-R-MásRaiz 13 RP-R-Tecamin 14 GN-Tecamin 15 GF-677-Tecamin 16 GN-Solución nutritiva ensayada 17 GF 677-Solución nutritiva ensayada 18 RP-R-Solución nutritiva ensayada

Figura nº21. Análisis discriminante lineal del ensayo

Tal y como se observa en la Figura 21, el análisis discriminante lineal agrupa los tratamientos en tres categorías bien diferenciadas. Distinguimos de forma clara en la figura una categoría constituida por los patrones tratados con la solución nutritiva ensayada, al ampliar la nube de puntos podemos diferenciar dos nuevas categorías que también responden al tipo de tratamiento recibido por el patrón. Por un lado, el análisis LDA concentra en una misma categoría los tratamientos control con los patrones tratados con el producto Fosfonin Flow, y por otro, agrupa en una tercera categoría el resto de tratamientos aplicados, es decir, Más Raíz, Tecamin Y Agriful. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por los análisis previos de la varianza y dan a entender que el efecto que los diferentes tratamientos en ensayo ejerce sobre el desarrollo los plantones de almendro es muy considerable atenuando las diferencias atribuibles al propio patrón.

CONCLUSIONES

5. Conclusiones

En base a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos en el apartado anterior concluimos:

1. Respecto a las diferencias en el desarrollo vegetativo y radical de los patrones GF677, GN-Garnem y RP-R:

- El patrón GF677 presenta el mismo vigor en la parte vegetativa que el patrón RP-R y menos que el patrón GN, además de los tres patrones estudiados es el que menor desarrollo radical presenta con escaso número de raíces secundarias.
- El portainjerto GN destaca por ser el patrón en estudio con el sistema aéreo más vigoroso, además su sistema radical es potente y cuenta con amplio número de raíces secundarias y raicillas absorbentes.
- El sistema radical del patrón RP-R profundiza más y presenta mayor uniformidad en la distribución espacial de sus raíces lo que podría implicar una mayor capacidad de exploración del suelo al menos en nuestras condiciones de cultivo

2. Respecto a la respuesta del desarrollo del sistema vegetativo de patrones de almendro en estudio frente al aporte de estimulantes de raíz:

- Todos los tratamientos a excepción de Fosfonin Flow propiciaron un aumento en la altura del árbol, la masa de las hojas, el peso de los brotes, el peso del tallo y el diámetro del tallo en la posible zona de injerto.
- El tratamiento que mayores resultados obtuvo frente al control fue, para todas las mediciones, el tratamiento a base de solución nutritiva ensayada. Los tratamientos a base de Agriful y Tecamin presentaron resultados muy similares entre sí para las diferentes variables y en general mayores que los resultados obtenidos por el producto Más Raíz.

3. Respecto a la respuesta del desarrollo del sistema radical de patrones de almendro en estudio frente al aporte de estimulantes de raíz:

- Los productos Agriful, Tecamin y la solución nutritiva ensayada propiciaron un aumento del peso total en fresco del sistema radical. El aporte de la solución

nutritiva consiguió mayores aumentos en el peso del sistema radical que los otros dos bioestimulantes.

- Los productos Más Raíz, Agriful y la solución nutritiva ensayada favorecieron el desarrollo de mayor número de raíces principales en comparación al control. Mientras que, para los productos Más Raíz y Agriful, no se observa diferencia significativa entre el diámetro de dichas raíces y el diámetro de las raíces principales del control, la solución nutritiva sí desarrolló raíces principales de mayor diámetro que el control.
- Todos los productos a excepción de Más Raíz favorecieron el desarrollo de mayor número de raíces secundarias siendo además estas, en el caso de los productos Agriful, Tecamin y la solución nutritiva, de mayor diámetro que las obtenidas por el control.
- La aplicación de todos los tratamientos a excepción de Más Raíz propició menor desarrollo en profundidad de la raíz que el control habiéndose medido este parámetro a través de la longitud máxima del sistema radical.
- La aplicación de todos los estimulantes de raíz a excepción de Fosfonin Flow provocó un cambio en la distribución de las raíces en el sistema radical aumentando en todos los casos la distancia entre la raíz principal y su primera bifurcación a raíz secundaria.
- La aplicación de todos los productos sin excepción disminuyó los ratios peso del sistema radical/ peso de los brotes con hojas provocando, en función del tratamiento, mayor o menor desequilibrio entre la parte aérea y el sistema radical. El ratio obtenido por la aplicación de la solución nutritiva ensayada implica que la raíz soporta en masa aérea 6,5 veces su propio peso pudiendo este desequilibrio propiciar problemas de futuro sostén de la planta.

4. Es posible relacionar mediante modelos de regresión lineal para los tres patrones en ensayo el peso del sistema radical y la longitud del mismo con el desarrollo vegetativo de la parte aérea con bondades de ajuste muy altas. En general la bondad del ajuste de las ecuaciones obtenidas es superior al relacionar el peso del sistema radical con el desarrollo vegetativo que al relacionar la longitud máxima de la raíz con este mismo parámetro.

BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA. (20 de Julio de 2015). *AEMET*. Obtenido de <http://www.aemet.es/>
- AGRITECNO FERTILIZANTES. (10 de febrero de 2015). *AGRITECNO FERTILIZANTES*. Obtenido de <http://agritecnofertilizantes.com/>
- AGUSTÍ, M. (2010). *Fruticultura*. Madrid: Mundi-Prensa Ed.
- ALMOND BOARD OF CALIFORNIA. (2014). *Almond almanac* . California: Almond Board of California.
- APA/1470/2007, O. (24 de mayo de 2007). Comunicación de comercialización de determinados medios de defensa fitosanitaria. BOE nº 128. .
- APONE, F., TITO, A., CAROLA, A., ARCIELLO, S., TORTORA, A., & FILIPPINI, L. e. (2010). A mixture of peptides and sugars derived from plant cell walls increases plant defense responses to stress and attenuates ageing-associated molecular changes in cultured skin cells. *J.Biotechnol.*, 367-376.
- ARRAMBARRI, P., & MADRID, L. (1973). Efecto de la localización del fertilizante fosfatado sobre su asimilación por olivos . *Anales de Edafología y Agrobiología*, 467-476.
- ARUANI, M., & BEHMER, S. (2004). Efecto de la granulometría y la compactación del suelo sobre la distribución de raíces en manzano. *Revista de Investigaciones Agropecuarias.*, 33(2), 43-53.
- ASHRAF, M., & FOOLAD, M. (2007). Roles of glycine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.*, 59, 206-216.
- ASLI, S., & NEUMANN, P. (2010). Rhizosphere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development. *Plant Soil*, 336, 313-322.
- ATZMON, N., & VAN STADEN, J. (1994). The effect of seaweed concentrate on the growth of *Pinus pinea* seedlings. *New For*, 8, 279–288.
- AVILÁN, R., MENESES, L., SUCRE, R., & FIGUEROA, M. (1981). Efecto de propiedades físicas de un suelo del orden Entisol , sobre la distribución radical del aguacate(*Persea americana* Mill). *Agronomía Tropical*, 29(2), 115-126.

- BASAK, A. (2008). Effect of preharvest treatment with seaweed products, Kelpak® and Goëmar BM 86®, on fruit quality in apple. *International Journal of Fruit Science*, 8(1), 1-14.
- BATLLE, I. (2010). Jornada sobre el futuro de la mejora genética del almendro en España. *Fruticultura*(10), 4-6.
- BERBARA, R., & GARCIA, A. (2014). Humic substances and plant defense metabolism. En P. Ahmad, & M. Wani, *Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment* (págs. 297-319). New York: Springer Science and Business Media.
- BERLYN, G., & RUSSO, R. (1990). The use of organic bioestimulants to promote root growth. *Belowground Ecology*, 2, 12-13.
- BERNHARD, R., & GRASSELLY, C. (1981). Les pêchers x amandiers. *Arboric. Fruit.*, 328(6), 37-42.
- BERRYMAN, C., WEST, S., FLEMING, J., & BORDI, P. (2015). Effects of Daily Almond Consumption on Cardiometabolic Risk and Abdominal Adiposity in Healthy Adults With Elevated LDL-Cholesterol: A Randomized Controlled Trial. *Journal American Heart Association*.
- BI, G., SCAGEL, C., CHENG, L., DONG, S., & FUCHIGAMI, L. (2003). Spring growth of almond nursery trees depends upon nitrogen from both plant reserves and spring fertilizer application. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 78, 853-858.
- BOUCHÉ, N., & FROMM, H. (2004). GABA in plants: just a metabolite? *Trends Plant Sci.*, 9, 110-115.
- BOWES, P. (2014). Why are almond so expensive? . *BBC News Magazine*, 15-17.
- BROWN, P. (2007). Is there a biological rationale for foliar fertilizers in almond production? *Plant & Soil Conference* (págs. 53-62). Davis (California): University of California.
- BROWN, P., & HU, H. (1998). Boron mobility and consequent management in different crops. *Better Crops*, 82(2), 28- 31.
- BRUULSEMA, T., WITT, C., GARCIA, F., & AL. (2008). A global framework for fertilizers BMPs. *Better Crops Plant Food*(92), 4-6.
- BUMB, B., & BAANANTE, C. (1996). *The role of fertilizer in sustaining food security and protecting the environment to 2020*. Washington: International Food Policy Research.
- BUSSI, C., HUGUET, J., BESSET, J., & GIRARD, T. (1995). Rootstock effects on the growth and fruit yield of peach. *Eur. j. Agron.*, 4(3), 387-393.

- CAKMAK, I. (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. En *Progress in Plant Nutrition: Plenary Lectures of the XIV International Plant Nutrition Colloquium* (págs. 3-24). Springer Netherlands.
- CALVO, P., NELSON, L., & KLOEPPER, J. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3-41.
- CANELLAS, L., OLIVARES, F., OKOROKAOVA, A., & FAÇANHA, A. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiol.*, 1951-1957.
- CASTEL, J., & FERERES, E. (1982). Responses of young almond trees to two drought periods in the field. *Journal of Horticultural Science*, 57, 175-187.
- CASTILLO, J. (2015). Beneficios para nuestros cultivos: Bioestimulantes agrícolas. *Agroquímica*, 12-18.
- CASTLE, W. (1977). Root System Characteristics of citrus nursery trees. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 90, 39-44.
- CASTLE, W. (1978). Citrus root systems: their structure, function, growth, and relationship to tree performance. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 62-69.
- CASTLE, W., & KREZDORN, H. (1997). Soil water use and apparent root efficiencies of citrus trees on four rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102(4), 403-406.
- CHALMERS, D., & VAN DER ENDE, B. (1975). Productivity of peach trees: factors affecting dry weight distribution during tree growth. *Ann*, 39, 423-432.
- CHEN, T., & MURATA, N. (2008). Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. *Trends Plant. Sci.*, 499-505.
- CHOULIARAS, V., TASIOULA, M., CHATZISSAVVIDIS, C., THERIOS, I., & TSABOLATIDOU, E. (2009). The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(6), 984-988.
- CLARKSON, D. (1996). Root structure and sites of ion uptake. En *Plant Roots: The Hidden Half*. New York: Eds. Y Waisel, A Eshel and U Kafkafi. Marcel Dekker Inc.

- COUTTS, M. (1987). Developmental processes in tree root systems. *Can. J. For. Res.*, 17, 761–767.
- COVACEVICH, F., ECHEVERRIA, H., & AGUIRREZABAL, L. (1998). Influencia del fósforo sobre el crecimiento aéreo y radical de plantas de trigo. . *Ciencia del suelo*, 94-98.
- DAVIS, G., NIELSEN, W., & MAC DAVITT, J. (1983). Root distribution of *Pinus radiata* related to soil characteristics in five Tasmanian soils. . *Australian Journal Soil Research*, 165-171.
- DAW, T., TWORKOSKI, T., & GLENN, D. (1999). Root restriction and fertilizer effects on young peach trees. *HortScience*, 494-495.
- DELIOPOULOS, T., KETTLEWELL, P., & HARE, M. (2010). Fungal disease suppression by inorganic salts. A review. *Crop Protection*, 29, 1059-1075.
- DERRICK, J., & DUMARESQ, D. (1999). Soil chemical properties under organic and conventional management in southern New South Wales. *Australian Journal of Soil Research*(37), 1047-1055.
- DICENTA, F., & EGEA, J. (2015). Presente y futuro del almendro en España. *Fruticultura*(40), 6-19.
- DIRECTIVA 91/414/CEE DEL CONSEJO. (15 de Julio de 1991). Comercialización de productos fitosanitarios. Diario Oficial nº L 230.
- DU JARDIN, P. (2012). *The Science of Plant Biostimulants – A bibliographic analysis, Ad hoc study report*. Liège: European Commission.
- EGEA, J., & DICENTA, F. (2005). Deficiencias productivas y soluciones propuestas para el almendro . *Vida Rural* , 62-65.
- EL HADRAMI, A., L., A., EL HADRAMI, I., & DAAYF, F. (2010). Chitosan in Plant Protection. *Marine Drugs*, 8(4), 968-987.
- ERTANI, A., PIZZEGHELIO, D., ALTISSIMO, A., & NARDI, S. (2013). Use of meat hydrolyzate derived from tanning residues as plant biostimulant for hydroponically grown maize. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.*, 176, 287- 296.
- ESPADA, J. (2005). *El uso razonado del nitrógeno en la fertilización del almendro*. Zaragoza: Diputación General de Aragón. Dirección General de Desarrollo Rural. Servicio de Programas Rurales.

- ESPADA, J., ROMERO, J., CAMUÑAS, F., & ALONSO, J. (2013). *Nuevos patrones para el melocotonero: mejora de la eficiencia y calidad del fruto*. Zaragoza: Gobierno de Aragón.
- ESTAÚN, V., CALVET, C., CAMPRUBÍ, A., & PINOCHET, J. (1999). Long-term effects of nursery starter substrate and AM inoculation of micropropagated peach-almond hybrid rootstock GF677. *Agronomie*, 19, 483-489.
- EUROPEAN BIOSTIMULANTS INDUSTRY COUNCIL. (2013). *Economic overview of biostimulants sector in Europe*. European Biostimulants Industry Council. Obtenido de <http://www.biostimulants.eu/>: <http://www.biostimulants.eu/>
- EVANS, R., & SADLER, E. (2008). Methods and Technologies to improve water efficiency of water use. *Water Resources Research*, 44, 1-15.
- FAO [Food and Agriculture Organisation of the United Nations]. (2006). *World agriculture: towards 2030/2050*. Roma, Italia: Interim report FAO.
- FAOSTAT (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). (26 de mayo de 2015). *Production / Crops*. Obtenido de <http://faostat3.fao.org>
- FELIPE, A. (1987). *Patrones para el cultivo del almendro en secano y en regadío*. Zaragoza: Diputación general de Aragón .
- FELIPE, A. (1989). *Patrones para frutales de pepita y hueso*. Barcelona: Ed. Técnicas Europeas, S.A.
- FELIPE, A. (2000). Perspectivas sobre el cultivo del almendro. *Horticultura*(142), 16-22.
- FELIPE, A. (2009). Felinem, Garnem and Monegro almond x peach hybrid rootstocks. *HortScience*, 44, 196-197.
- FELIPE, A., GÓMEZ-APARISI, J., SOCIAS I COMPANY, R., & CARRERA, M. (1997). The almond x peach hybrid rootstocks breeding program at Zaragoza (Spain). *Acta Horticulturae*, 451, 259-262.
- FELIU, F. (2014). *Extractos de algas en la agricultura* . Valencia: Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes .
- FERERES, E., ALDRICH, T., SCHULBACH, H., & MARTINICH, D. (1981). Responses of young almond trees to late season drought. *California Agriculture*, 11-12.

- FITTER, A. (1991). Characteristics and functions of root systems. En *Plant Roots: The Hidden Half* (págs. 3-25). New York: Eds. YWaisel, A Eshel and U Kafkafi. Marcel Dekker Inc.
- FITTER, A. (1996). Characteristics and functions of root systems. En *Plant Roots: The Hidden Half*. New York: Eds. YWaisel, A Eshel and U Kafkafi. Marcel Dekker Inc.
- FONT I FORCADA, C., GOGORCENA, Y., & MORENO, M. (2012). Agronomical and fruit quality traits of two peach cultivars on peach-almond hybrid rootstocks growing on Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 140, 157-163.
- FRESCO, L. (2003). *Los fertilizantes y el futuro*. Roma: FAO.
- GAITÁN, J. P., & COSTA, M. (2005). Distribución de raíces finas de *Eucalyptus globulus* ssp. *Maidenii* y su relación con algunas propiedades del suelo. *Ciencia Forestal*, 33-41.
- GARCÍAS, A., BERBARA, R., & FARÍAS, L. e. (2012). Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance. *Afr. J. Biotechnol.*, 3125–3134.
- GARCIA-SERRANO, P., RUANO, S., & LUCENA, J. N. (2010). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Madrid: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DEL MEDIO RURAL Y MARINO .
- GIL-ALBERT, F. (1999). Fertilización mineral de las plantaciones frutales. *Vida Rural*, 50-52.
- GIRONA, J. (2006). La respuesta del cultivo del almendro al riego. *Vida Rural*, 12-16.
- GIRONA, J. (2007). Respuesta productiva del almendro al riego. *Dossier tècnic : El almendro*, 20-22.
- GIRONA, J., GELLY, M., MATA, M., ARBONÈS, A., & MARSAL, J. (2005b). Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. *Agricultural Water Management*, 72, 97-108.
- GIRONA, J., MATA, M., & MARSAL, J. (2005). Regulated deficit irrigation during the kernel-filling period and optimal irrigation rates in almond. *Agricultural Water Management*, 75, 152-167.
- GIRONA, J., MATA, M., MARSAL, J., & MIRAVETE, C. (1994). Efectos acumulados de tres años de riego deficitario controlado en almendro (*Prunus dulcis* L.). *XII Jornadas Técnicas sobre Riegos*, 1-8.

- GISPERT, J. (2010). Agua y nutrición en el almendro. Uso controlado y respetuoso con el medio. *Fruticultura*, 105- 113.
- GOLDHAMER, D., & SHACKEL, K. (1990). *Irrigation cutoff and drought irrigation strategy effects on almond*. Fresno: 18th Annual Almond Research Conference .
- GÓMEZ-APARISI, J., CARRERA, M., FELIPE, A., & SOCIAS I COMPANY, R. (2001). Garnem, Monegro y Felinem: Nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero, resistentes a nematodos y de hoja roja para frutales de hueso. *Inf.Téc.Econ.Agraria*, 97, 282-288.
- GOSS, M., MILLER, M., BAILEY, L., & GRANT, C. (1993). Root growth and distribution in relation to nutrient availability and uptake. *Eur. J. Agron.*, 57-67.
- GRASSELLY, C., & CROSSA-RAYNAUD, P. (1984). *El almendro*. Madrid: Mundi-Prensa Ed.
- GRASSELLY, C., & DUVAL, H. (1997). *L'amandier*. Paris: Ctifl. Ed.
- GRUHN, P., GOLETTI, F., & YUDELMAN, M. (2000). *Integrated nutrient management, soil fertility and sustainable agriculture: Current issues and future challenges*. Washington: International Food Policy Research Institute.
- HAMDI, E., & ABADIA, J. (2013). Estimación de las necesidades de nutrientes en frutales de hoja caduca: el caso del melocotonero. *Vida Rural*, 32-36.
- HERNANDEZ, I. (2004). La quitosana: un producto bioactivo de diversas aplicaciones. *Cultivos tropicales*, 25(3), 97-110.
- HODGES, T. (1990). *Predicting Crop Phenology*. Florida: CRC Press.
- INSTITUTO VALENCIANO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS. (20 de Julio de 2015). *IVIA*. Obtenido de <http://www.ivia.gva.es/>
- JOURDAN, C., & REY, H. (1997). Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system II. Estimation of root parameters using the RACINES postprocessor. *Plant Soil*(190), 235–246.
- KELTING, M., HARRIS, R., FANELLI, J., APPLETON, B., & NIEMIERA, A. (1997). Humate-based bioestimulants do not consistently increase growth of container-grown Turkish hazelnut. *J. Environ. Hort.*, 15(4), 197-199.
- KESTER, D., & ROSS, N. (1996). Chapter 1. History. En W. MIKE, *Almond Production Manual* (págs. 1-3). California : University of California.

- KESTER, D., GRADZIEL, T., & GRASELLE, C. (1991). *Almonds (Prunus) in Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops I*. Wageningen: The International Society for Horticultural Science.
- KHAN, W., RAYIRATH, U., SUBRAMANIAN, S., JITHESH, M., RAYORATH, P., HODGES, M., . . . PRITHIVIRAJ, B. (2009). Seaweed extracts as bioestimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.*, 28, 386-399.
- KLEPPER, B., & RICKMAN, R. (1991). *Advances in Agronomy* (Vol. 44). Delaware: Academic Press.
- LAMARCA, J. (2007). *Fertilización del almendro*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- LÁREZ, C. (2006). Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances en química*, 1(2), 15-21.
- LOPUS, S., SANTIBAÑEZ, M., BEEDE, R., DUNCAN, R., EDSTROM, J., NIEDERHOLZER, F., . . . BROWN, P. (2010). Survey examines the adoption of perceived best management practices for almond nutrition. *California Agriculture*, 64(3), 149-154.
- LYNCH, J. (1995). Root Architecture and Plant Productivity. *Plant Physiol.* , 7-13.
- MANCUSO, S., AZZARELLO, E., MUGNAI, S., & BRIAND, X. (2006). Marine bioactive substances (IPA extract) improve ion fluxes and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Hortic. Sci.*, 20, 156-161.
- MARULL, J., PINOCHET, J., VERDEJO, S., & A., S. (1991). Reaction of *Prunus* rootstocks to *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria* in Spain. *J.Nematol.*, 23, 564–569.
- Mc NEILL, J., BARRIE, F., BUCK, W., DEMOULIN, V., GREUTER, W., & al. (2012). *International Code of Nomenclature for algae, fungi and plants (Melbourne Code)*. Koenigstein: Koeltz scientific books.
- MEYER, R., EDSTROM, J., & SCHWANKL, L. (1998). Potassium boots almond yields via irrigation. *Fluid Journal*, 1-3.
- MIARNAU, X. (2014). El almendro está de moda. *Fruticultura*(35), 68-76.
- MICKE, W. (1996). *Almond production manual*. Berkeley: University of California.
- MIKKELSEN, R. (2008). Managing potassium for organic crop production. *Better Crops with Plant Food*(92), 26-29.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACION Y MEDIO AMBIENTE. (2014). *Anuario de estadística 2014 (avance)*. Madrid: MAGRAMA.
- MORENO, M. (2005). Selección de patrones y variedades de melocotonero: adaptación a condiciones del área mediterránea en los programas de mejora vegetal para frutales. *Vida Rural*(206), 28-31.
- MORENO, M., GOGORCENA, Y., & PINOCHET, J. (2008). Mejora y selección de patrones de prunus tolerantes a estreses abióticos. En *La adaptación al ambiente y los estreses abióticos en la mejora vegetal* (págs. 451-475). Sevilla: Junta de Andalucía, Dirección General de Planificación y Análisis de Mercados, Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- MUHAMMAD, S., LUEDELING, E., & BROWN, P. (2009). A nutrient budget approach to nutrient management in almond. *The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI University of California Davis* (págs. 1-9). Davis: University of California.
- MUNCHARAZ, M. (2004). *El Almondro. Manual Técnico*. Madrid: Mundi-Prensa.
- NARDI, S., PIZZEGHELLO, D., MUSCOLO, A., & VIANELLO, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.*, 34, 1527-1536.
- PAGÈS, L., & SERRA, V. (1994). Growth and branching of the taproot of young oak trees – a dynamic study. *J. Exp. Bot.*, 45(278), 1327-1334.
- PAGÈS, L., KERVELLA, J., & CHADOEUF, J. (1993). Development of the root system of young peach trees *Prunus persicae* L. Batsch: a morphometrical analysis. *Ann. Bot.*, 71, 369–375.
- PERCIVAL, G., & BOYLE, S. (2009). Evaluation of film forming polymers to control apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint.) under laboratory and field conditions. *Crop protection*, 28, 30-35.
- PILON-SMITS, E., QUINN, C., TAPKEN, W., MALAGOLI, M., & SHIAVON, M. (2009). Physiological functions of beneficial elements. *Plant Biology*, Elsevier.
- PINOCHET, J. (2009). 'Greenpac' a new peach hybrid rootstock adapted to Mediterranean conditions. *HortScience*, 44, 1456–1457.
- PINOCHET, J. (2010). 'Replantpac' (Rootpac R), a Plum–almond Hybrid Rootstock for Replant Situations. *HortScience*, 45, 299-301.
- PINOCHET, J., BORDAS, M., & TORRENTS, J. (2011). ROOTPAC R: un nuevo portainjerto de *Prunus* para situaciones de replante. *Revista de Fruticultura*, 4-10.

- PINOCHET, J., CALVET, C., HERNÁNDEZ DORREGO, A., FELIPE, A., & MORENO, M. (1999). Resistance of peach and plum rootstocks from Spain, France and Italy to root-knot nematode *Meloidogyne*. *HortScience*, 34, 1259–1262.
- PINOCHET, J., M., A., DALMAU, E., & FERNÁNDEZ, C. (1996). Prunus rootstock evaluation to root-knot and lesion nematodes in Spain. *J. Nematol.*, 616–623.
- RAMOS, M., BENÍTEZ, E., GARCÍA, P., & ROBLES, A. (2010). Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: effects on soil quality. . *Applied Soil Ecology*, 6-14.
- RAYORATH, P., JITHESH, M., FARID, A., KHAN, W., & PALANISAMY, R. &. (2008). Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *J. Appl. Phycol.*, 423-429.
- REGLAMENTO (CE) nº 1107/2009 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. (21 de Octubre de 2009). relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo. DOUE-L-2009-82202.
- REIDEL, E., BROWN, P., DUNCAN, R., & WEINBAUM, S. (2001). Almond productivity as related to tissue potassium. *Better Crops*(3), 21-23.
- RIGAU, A. (1988). *Cultivo del almendro*. Barcelona: Sintes Ed.
- RODRIGUEZ, I., & CARRASCOSA, M. (2010). El almendro: Confusión nomenclatural y problemática del cultivo en España. *III Congreso de Estudiantes Universitarios de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica* . (págs. 19-22). Madrid : Universidad Politécnica de Madrid.
- RODRÍGUEZ, J., & GARCÍA, F. (1988). Distribución vertical de las raíces del matorral de Doñana. *Lagascalia*, 15(1), 549-558.
- ROSATI, A., METCAL, G., BUCHNER, P., FULTON, A., & LAMPINEN, B. (2006). Physiological Effects of Kaolin Applications in Well-irrigated and Water-stressed Walnut and Almond Trees. *Annals of Botany*, 98, 267–275.
- SAA, S., OLIVOS DEL RIO, A., CASTRO, S., & BROWN, P. (2015). Foliar application of microbial and plant based bioestimulants increases growth and potassium uptake in almond. *Frontiers in plant science*, 6(87), 3-8.

- SALAZAR, D., & MELGAREJO, P. (2002). *Frutales leñosos: Frutales de zonas áridas. El cultivo del almendro*. Madrid: Mundi-Prensa Ed.
- SCHIAVON, M., ERTANI, A., & NARDI, S. (2008). Effects of an alfalfa protein hydrolysate on the gene expression and activity of enzymes of the tricarboxylic acid (TCA) cycle and nitrogen metabolism in *Zea mays*. *J. Agric. Food Chem.*, 56.
- SERVALESA S.L. (10 de Febrero de 2015). Obtenido de <http://servalesa.com/eu/>
- SHEKHAR, C., SINGH, D., SINGH, A. N., & CHOUDHARY, J. (2014). Weed dynamics, productivity and soil health under different tillage and weed control practices in wheat (*Triticum aestivum*)–maize (*Zea mays*) cropping sequence. *Indian Journal of Agronomy*, 59(4), 561-567.
- SIMPSON, A., KINGERY, W., & HAYES, M. (2002). Molecular structures and associations of humic substances in the terrestrial environment. *Naturwissenschaften*, 89, 84-88.
- SLAVIK, M. (2005). Production of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings on substrate mixes using growth stimulants. *J. For. Sci.*, 51, 15-23.
- SMITH, P. (1965). Effect of nitrogen source and placement on the root development of Valencia orange trees. *Proc. Fla. State. Hort. Soc*, 78, 55-59.
- SMITH, S., RENWICK, W., BUDDEMEIER, R., & CROSSLAND, C. (2001). Budgets of soil erosion and deposition for sediments and sedimentary organic carbon across the conterminous United States. *Global Biogeochemical Cycles*(15), 697-707.
- SOCIAS I COMPANY, R., GOMEZ-APARISI, J., ALONSO, J., RUBIO-CABETAS, M., & KODAD, O. (2009). *Retos y perspectivas de los nuevos cultivares y patrones de almendro para un cultivo sostenible*. ITEA: Información Técnica Económica Agraria.
- SOCIAS, R. (1999). Situación actual del cultivo del almendro en España. *Vida Rural*, 56-60.
- SOCIAS, R., & COUCEIRO, J. (2014). Frutos secos. Almendro y pistachero. En J. HUESO, & J. CUEVAS, *La fruticultura del siglo XXI en España* (págs. 157-180). Almería: CajaMar Caja Rural.
- SOCIAS, R., GOMEZ, J., ALONSO, J., RUBIO-CABETAS, M., & KODAD, O. (2009). Retos y perspectivas de los nuevos cultivares y patrones de almendro para un cultivo sostenible. *Información Técnica Económica Agraria*, 105, 99-116.

- SOTOMAYOR, C., CASTRO, J., & BUSTOS, E. (2008). Nuevos portainjertos para Chile. *Agronomía y Forestal*, 22-26.
- SOTOMAYOR, C., SILVA, H., & CASTRO, J. (2001). Effectiveness of boron and zinc foliar sprays on fruit setting of two almond cultivars. *ISHS Acta Horticulturae*, 591, 437-440.
- STEUDLE, E., & PETERSON, C. (1998). How does water get through roots? *J. Exp. Bot.*, 49, J. Exp. Bot. 49, 775–788.
- TAGLIAVINI, M., & SCANDELLARI, F. (2012). Nutrient uptake requirements and partitioning in fruit trees. *Acta Horticulturae*, 395-397.
- TAHIR, M., KHURSHID, M., KHAN, M., ABBASI, M., & HAZMI, M. (2011). Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *. Pedosphere*, 124–131.
- TARDIEU, F., & MANICHON, H. (1986). Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs en parcelle cultivée II.- Une méthode d'étude de la répartition verticale et horizontale des racines. *Agronomie*, 6(5), 415–425.
- TARDIEU, F., BRUCKLER, L., & LAFOLIE, F. (1992). Root clumping may affect the root water potential and the resistance to soil-water transport. *Plant Soil*(140), 291–301.
- TEVIOTDALE, B. (1996). *Effects of four levels of applied nitrogen on three fungal diseases of almond trees*. Davis: University of California Davis. Kearney Agricultural Center.
- THOMPSON, B. (2004). Five years of Irish trials on biostimulants: the conversion of a skeptic. *USDA Forest Serv. Proc.*, 33, 72-79.
- TORRECILLAS, A., RUIZ-SANCHEZ, M., LEON, A., & DEL AMOR, F. (1989). The response of young almond trees to different drip irrigated conditions. *Development and Yield*, 64, 1-7.
- VALVERDE, M., MADRID, R., & GARCIA, A. (2006). Effect of the irrigation regime, type of fertilization, and culture year on the physical properties of almond (Guara). *Journal of Food Engineering*, 584-593.
- VARGAS, F. (2005). Capítulo 1. Árboles productores de frutos secos. Origen, descripción, distribución y producción. En F. ADRIA, F. A. ANGLÉS, M. LIZARRAGA, F. VAGAS, & al., *Frutos secos, salud y culturas Mediterráneas* (págs. 21-55). Barcelona: Editorial Glosa.
- VARGAS, F. (2007). El almendro: un cultivo en proceso de cambio. En *Dossier Tècnic nº 22 El Almendro* (págs. 3-6). Barcelona: Generalitat de Catalunya.

- VARGAS, F., ROMERO, M., & N., A. (1985). Porte-greffe d'amandier: Aspects importants des programmes de Centre Agropecuari Mas Bové. *Options Méditerranéennes*, 61-68.
- VAUGHAN, D. (1974). A possible mechanism for humic acid action on cell elongation in root segments of *Pisum sativum* under aseptic conditions. *Soil. Biol. Biochem.*, 6, 241-247.
- VAVILOV, N. (1951). *Studies in the origin of cultivated plants*. Leningrado: Leningrado .
- VERNIERI, P., BORGHESI, E., FERRANTE, A., & MAGNANI, G. (2005). Application of biostimulants in floating system for improving rocket quality. *J. Food. Agric. Environ.*, 3, 86-88.
- VIDA RURAL. (2009). *Expertos en frutos secos advierten que el almendro sustituirá al cultivo de cereal*. Madrid: Eumedia.
- VILLAVERDE, J., FÉRNANDEZ, A., & ALONSO, J. (2015). Los fitofortificantes dentro del ámbito del Reglamento (CE) nº 1107/2009. *Phytoma*(266), 48-52.
- VRANOVA, V., REJSEK, K., SKENE, K., & FORMANEK, P. (2011). Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant and Soil*, 342, 31-48.
- WALTERS, D. (2006). Disguising the Leaf Surface: The Use of Leaf Coatings for Plant Disease Control. *European Journal of Plant Pathology*, 255-260.
- WELLS, C., LABRANCHE, A., McCARTY, L., & SKIPPER, H. (2003). Biostimulants encourage strong root growth. *Turfgrass Trends*, 56- 59.
- WILLIAMS, L., & SMITH, R. (1991). The effect of rootstock on the partitioning of dry weight, nitrogen and potassium, and root distribution of cabernet sauvignon grapevines. 42 (2), pp. 118-122. *Am. J. Enol. Vitic.*, 42(2), 118-112.
- WYMER, C., BIBIKOVA, T., & GILROY, S. (1997). Cytoplasmic free calcium distributions during the development of root hairs of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal*, 12, 427-439.
- YIN, H., ZHAO, X., & DU, Y. (2010). Oligochitosan: A plant diseases vaccine: A review. *Carbohydrate Polymers*, 82, 1-8.
- ZARROUK, O., GOGORCENA, Y., GÓMEZ-APARISI, J., BELTRÁN, J., & MORENO, M. (2005). Influence of almond x peach hybrids rootstocks on flower and leaf mineral concentration, yield and vigour of two peach cultivars. *Sci. Hortic.*, 106, 502-514.

- ZHANG, X., & ERVIN, E. (2004). Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Sci.*, 44, 1737–1745.
- ZOINA, A., & RAIQ, A. (1999). Susceptibility of some prunus rootstocks to crown gall. *Journal of plant pathology*, 81, 181-187.

ANEXOS

7.1 Anexo 1. Diferencias en el desarrollo según ubicación de los árboles

A continuación se muestran las tablas de múltiples rangos extraídas del análisis LSD de Fisher que muestran que no existieron en el ensayo diferencias estadísticamente significativas por la diferente ubicación de las macetas ni en lo concerniente a las medidas correspondientes al sistema vegetativo ni en las medidas tomadas en el sistema de raíces.

Tabla nº32. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la altura del árbol en función de la ubicación.

Método: 95,0 porcentaje LSD

UBICACIÓN	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	42	88,5571	X
2	33	93,3182	X

Tabla nº33. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso de las hojas en función de la ubicación

Método: 95,0 porcentaje LSD

UBICACIÓN	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	42	21,1488	X
2	33	22,1258	X

Tabla nº34. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso de los brotes en función de la ubicación

Método: 95,0 porcentaje LSD

UBICACIÓN	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	42	31,2102	X
2	33	35,1876	X

Tabla nº35. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso del tallo en función de la ubicación

Método: 95,0 porcentaje LSD

UBICACIÓN	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	42	21,1488	X
2	33	22,1258	X

Tabla nº36. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para el peso fresco del sistema radical en función de la ubicación

Método: 95,0 porcentaje LSD

UBICACIÓN	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	42	28,62	X
2	33	31,767	X

Tabla nº37. Prueba de múltiples rangos (LSD de Fisher) para la longitud total del sistema radical en función de la ubicación

Método: 95,0 porcentaje LSD

UBICACIÓN	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	42	73,0524	X
2	33	73,1333	X

7.2 Anexo 2. Desarrollo del sistema radical de un patrón de RP-R en función de los tratamientos aplicados

En las ilustraciones que se exponen a continuación y a modo de ejemplo se puede observar el efecto visual que los diferentes tratamientos ejercieron en el desarrollo del sistema radical de un patrón de RP-R.



Figura nº22. Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación del estimulante Fosfonin Flow



Figura nº23. Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación del estimulante Más Raíz



Figura nº24. Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación del estimulante Agriful



Figura nº25. . Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación del estimulante Tecamin Raíz



Figura nº26. Desarrollo del sistema radical del patrón RP-R ante la aplicación de la solución nutritiva ensayada