



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD DE
ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE GRADO

Instalación de una plantación de pistachos con riego localizado en la localidad de Bolea (Huesca)

ANEXOS A LA MEMORIA

Alumno:	Aitor J. Usúa Lafuente
Enseñanza:	G. Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural
Director:	Jesús Guillén Torres

INDICE ANEXOS

ANEXO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

ANEXO2. DESCRIPCION DE LA ZONA

ANEXO 3. EL SECTOR DEL PISTACHO

ANEXO 4. FISIOLOGIA Y BOTANICA

ANEXO 5. PLAGAS Y ENFERMEDADES

ANEXO 6. ELECCION DEL PATRON Y LA VARIEDAD

ANEXO 7. ESTUDIO CLIMATOLOGICO

ANEXO 8. ESTUDIO EDAFOLOGICO

ANEXO 9. ANALISIS CALIDAD AGUA DE RIEGO

ANEXO10. DISEÑO Y MANEJO DE LA PLANTACION

ANEXO 11. CALCULO AGRONOMICO E HIDRAULICO

ANEXO 12. INSTALACION DE RIEGO Y DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO

ANEXO 13. ESTUDIO VIABILIDAD

ANEXO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

INDICE

INDICE	3
1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	4
1.1. Objeto	4
1.2. Antecedentes	4
2. EXPLOTACIÓN ACTUAL	4
3. EXPLOTACIÓN FUTURA	4
4. RIEGOS.....	5

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1. Objeto

Se redacta este proyecto: “Instalación de una explotación de pistachos con riego localizado en la localidad de Bolea”

El principal objetivo de este proyecto es conocer la viabilidad de una explotación de pistachos en la Hoya de Huesca, como alternativa a los cultivos tradicionales. Otros objetivos son el estudio y dimensionamiento del riego por goteo, el manejo de una plantación del pistacho y el cálculo del aforo del pozo.

La parcela donde se va a proceder a la plantación es la siguiente:

Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie	Cultivo actual
La Sotonera	0	1	5	37	4,0132	Cereal secano
Tabla 1. Paraje de la parcela						

1.2. Antecedentes

El incremento de plantaciones de pistacho en España en general, se corresponde a la buena rentabilidad del cultivo y a su consumo que aumenta cada año. Las perspectivas de futuro es que el consumo siga al alza. Además, dentro de la Unión Europea, España es el país más indicado para aumentar la producción debido a sus condiciones climatológicas y su disponibilidad de terreno. Los frutos producidos en la península son de calidad. Son más grandes que el pistacho turco, más sabrosos que el pistacho estadounidense y con mayores garantías sanitarias que el pistacho iraní.

2. EXPLOTACIÓN ACTUAL

Actualmente no hay plantaciones de pistacho en Bolea al no ser un cultivo tradicional, pero existen pequeñas pruebas experimentales. En localidades próximas, varios agricultores se han interesado por él y han puesto en marcha diversas plantaciones con un total de 16 ha de superficie. En la comarca de la hoya de Huesca, existen muy pocas plantaciones, muy jóvenes, y en su mayoría experimentales para valorar en un futuro su instalación.

3. EXPLOTACIÓN FUTURA

Con la puesta en marcha de la plantación, se pretende obtener un producto de calidad, alternativo a los productos tradicionales de la zona, destinado a consumo directo como snack o a su procesado en la industria.

Al instalar riego por goteo las condiciones de la plantación mejorarán y con ello la producción y la calidad del fruto. Nos permitirá aportar agua en momentos críticos del desarrollo del árbol y del fruto. También nos permitirá reducir el número de frutos vacíos y aumentar el número de frutos abiertos.

4. RIEGOS

La elección del modelo de riego será por goteo, lo que nos permitirá ahorrar en el consumo de agua y evitar facilitar las condiciones ambientales favorables para la reproducción de hongos, como ocurriría con el riego de aspersión. También nos ayudará a aportar agua en los meses de máxima exigencia, cuando las precipitaciones sean mínimas, para poder obtener un correcto desarrollo del árbol y un fruto de calidad.

El agua la obtendremos de un pozo subterráneo, bombeándola mediante una bomba y distribuyéndola a toda la parcela.

ANEXO 2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO

INDICE

INDICE.....6

1. INTRODUCCIÓN.....7

2. SITUACIÓN.....7

1. INTRODUCCIÓN

La villa de Bolea se encuentra situada en la comarca de la Hoya de Huesca y ejerce la capitalidad del municipio de La Sotonera, que agrupa a las siguientes poblaciones: Esquedas, Lierta, Puibolea, Quinzano, Aniés y Plasencia del Monte. Asentado al noroeste de la ciudad de Huesca, está situado a faldas de las sierras de Caballera y Gratal.

Posee un trazado irregular debido a la orografía sobre la que se asienta, entre dos pequeños montes y debido a las construcciones de antiguos asentamientos y fortalezas musulmanas y cristianas. Se pueden observar en la mayoría de calles grandes cuevas, debido a la diferencia de altura existente en el propio pueblo, desde 620 metros sobre el nivel del mar hasta 712 metros en el punto más alto. En la parte más alta del pueblo se sitúa la Colegiata, con elementos arquitectónicos del gótico y del renacimiento. Fue edificada en el S.XVI y declarada Monumento Histórico Artístico Nacional en 1983. Próxima a la plaza, se sitúa la Iglesia de Nuestra señora de la Soledad, de estilo barroco. Dentro del casco urbano de Bolea cabe destacar la gran cantidad de construcciones de origen señorial que se conservan. Éstas son de estilo barroco y mantienen muchas de ellas los escudos de armas en las fachadas.

En las proximidades del pueblo se sitúan las ermitas de Mueras y de Santa Quiteria y más próximas a la sierra, la ermita de la Trinidad y la de San Cristóbal.

2. SITUACIÓN

Bolea se encuentra situada en la comarca de la Hoya de Huesca, a 20 kilómetros noroeste de la capital de la provincia, Huesca. Su emplazamiento estratégico a las faldas de la sierra y ante una gran llanura, la hacen privilegiada de un microclima de inviernos fríos y veranos no tan calurosos como en el resto de la llanura, debido a su mayor altura sobre el nivel del mar. El clima es mediterráneo-continental con una precipitación anual entre 550mm y 700mm con presencia de viento frío y seco muchos días del año. El municipio de La Sotonera consta de una extensión de 165´5 Km² y una población censada de 990 personas en 2015, de las cuales 532 residen en la capital, Bolea.

Podemos acceder a Bolea por varias rutas. La mas importante, desde Huesca, por la carretera nacional A-132 sentido Jaca, hasta llegar al desvío en la localidad de Esquedas, donde nos desviaremos 7 kilómetros por la A-1206 hasta llegar a Bolea. Otra opción para llegar a la villa es tomar la A-1206 desde Ayerbe y tras recorrer 16,7 km llegaremos a nuestro destino.



Mapa 1. Situación de Bolea.

La mayor parte de la población se dedica a la agricultura y en mucha menor medida a la ganadería. La mayor parte del terreno está dedicado a cultivos herbáceos sobre todo de cereal, con unos rendimientos medios de 4500 Kg/Ha de trigo y 4200 Kg/Ha de cebada. También se cultiva veza, girasol o guisantes para evitar el monocultivo de cereal.

La localidad dispone de una almazara en la propia villa y el municipio tiene una superficie de 187'27 Ha de olivar en secano y 46 Ha de regadío para la producción de aceite, según el censo agrario de 2009. Según este censo, la extensión del almendro es de 663'28 Ha de secano y 135'81 Ha en regadío y unas 20 Ha para la vid. Aunque el producto estrella de la localidad de Bolea son sus cerezas, en una extensión aproximada de 90 Ha, que constan de un gran prestigio comarcal y nacional debido a su peculiar sabor debido al microclima de la zona.

ANEXO 3. EL SECTOR DEL PISTACHO

INDICE

INDICE	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. DISTRIBUCIÓN DEL PISTACHO	10
2.1. EN EL MUNDO	10
2.1.1. IRÁN	11
2.1.2. TURQUÍA.....	12
2.1.3. SIRIA	12
2.1.4. ESTADOS UNIDOS	13
2.1.5. OCEANÍA.....	13
2.2. EN LA UNIÓN EUROPEA	14
2.2.1. GRECIA.....	15
2.2.2. ITALIA.....	15
2.3. EN ESPAÑA.....	16
3. PERSPECTIVAS DE FUTURO	17

1. INTRODUCCIÓN

Los pistachos han formado parte del consumo humano desde finales del paleolítico. Existen evidencias arqueológicas, como las encontradas en la ciudad Çatal Huyuk del año 7.000 a.C., al sur de Anatolia (Turquía), donde se encontraron pruebas de consumo del fruto aunque no se cultivaría hasta miles de años después. Este apreciado fruto seco, también es nombrado en la Biblia y se conoce su presencia en Asia sudoccidental hace miles de años.

Actualmente la superficie del cultivo a nivel mundial supera las 600.000 ha (2013) siendo Irán el país con mayor superficie de cultivo y hasta hace poco el mayor productor, superado por Estados Unidos debido a una explotación superintensiva (280.000t en 2012).

Respecto a la situación del sector en España, cabe destacar que es un sector en expansión, con un constante e importante crecimiento de superficie en los últimos años, alcanzando las 7.300 ha en el año 2015. La producción es pequeña debido a la juventud de la mayoría de las explotaciones, pero de cierta calidad.

2. DISTRIBUCIÓN DEL PISTACHO

Las zonas de cultivo son de las más restringidas del planeta debido a sus exigencias para ser productivo y rentable a medio y largo plazo.

Las variedades silvestres predecesoras al pistacho se sitúan en Asia central y posteriormente se trasladaron a Asia sudoccidental según estudios arqueológicos y botánicos.

Países como Irán, Turkmenistán y Afganistán se consideran centros primarios de origen, es decir, zonas donde el cultivo lleva mucho años evolucionando o áreas en las que el cultivo está considerado originario. Como centros secundarios de origen se pueden citar a Turquía, Siria o Italia (Sicilia).

Los centros de difusión son zonas donde el cultivo se ha extendido en los últimos tiempos y tanto la producción como el desarrollo de la especie son óptimos. Estados Unidos y España están en esta categoría.

2.1. EN EL MUNDO

El cultivo se ha desarrollado históricamente en Asia Sudoccidental y Oriente Medio aunque su producción a día de hoy también se sitúa en zonas mediterráneas, en el estado de California en Estados Unidos y en Oceanía.

En países de Oriente y Asia, el pistacho es un cultivo tradicional y por ello tiene presencia en muchos países como Afganistán, Pakistán, Líbano, Tayikistán, Irán, Turquía o Siria. En países como Uzbekistán, Turkmenistán y Kirguistán, existen grandes masas forestales de pistachos.

En la zona mediterránea las plantaciones se sitúan tanto en Europa como en África. Grecia, Italia, España, Túnez, Argelia, Libia, Marruecos y Egipto son ejemplos de ello.

En Oceanía las plantaciones están en expansión y se espera un crecimiento importante de superficie y de producción.

El país con mayor superficie cultivada es Irán, aunque el mayor productor es Estados Unidos, debido a la producción superintensiva de sus explotaciones.

Nos fijaremos en los países no pertenecientes a la Unión Europea en los que más importancia tiene el cultivo.

PAIS	Superficie cultivada (hectáreas)	Producción (toneladas)
Irán	300.000	160.000
Turquía	55.000	50.000
Siria	40.000	65.000
Estados Unidos	93.000	203.000

Tabla 1. Datos del cultivo regulado del pistacho en 2011. Fuente: Elaboración propia. Datos: "El cultivo del pistacho".

2.1.1. IRÁN

Es el país del mundo que más superficie tiene dedicada al pistacho, unas 450.000 ha y hasta hace unos años, el máximo productor. El inicio del comercio se produjo en 1930, con exportaciones a Estados Unidos, y ha ido aumentando con el paso del tiempo hasta el punto de estar considerado, por detrás del petróleo y derivados, el producto que mayor beneficio retribuye al país.

Su producción en el año 2012 se situó en aproximadamente 200.000 toneladas, con un rendimiento medio de 1.000 Kg/ha. El 50% de la producción es destinado a la exportación, sobre todo a China. La Unión Europea no permite la importación de pistacho iraní por la deficiencia sanitaria que sufre, ya que existe un problema de aflatoxinas (micotoxinas), que aumentan debido a la precaria infraestructura para el procesado del producto y el modo de recolección.

Las plantaciones mayoritariamente se sitúan en la provincia de Kerman, 300.000ha, como cultivo regular e intensivo. El resto está dispersado por todo el país, con plantaciones entre los 700 y los 3.000 metros de altitud. Los suelos son profundos, salinos y muy permeables. La precipitación media anual es de 100mm, por lo que la mayoría disponen de riego a pie mediante surcos, instalándose riego por goteo en las nuevas plantaciones. Se prevé que la producción vaya reduciéndose en un futuro por regar con agua salina además

de la preocupante pérdida de la capa freática, de la cual se alimentan los pozos que riegan las plantaciones.

En el cultivo de modo tradicional, las plantaciones son en seto, 5 – 8 x 0.5 – 2.5 m. En plantaciones modernas el marco de plantación se amplía a 8 x 4 m. Existen tres portainjertos del género *Pistacia* que crecen espontáneamente en Irán, siendo el más utilizado el *Pistacia vera* L., y más de 70 cultivares registrados. Los más conocidos y empleados son Ohady y Kaleh Ghochi (KG).

2.1.2. TURQUÍA

La mayor parte de las plantaciones son en secano en zonas con unas condiciones climáticas extremas y suelos pobres y pedregosos, donde otras especies no son rentables sin riego. El total de la superficie cultivada es de 220.000 ha, localizadas en la zona colindante a Siria, aunque solo 55.000 ha se encuentren en cultivo regular. Existen cultivos en zonas con una media anual de precipitación de 200 mm.

La producción en el año 2012 fue de 125.000 toneladas, de las cuales muy pocas fueron exportadas.

Existen arboles de distintas especies del genero *Pistacia* autóctonos, como los cultivares más abundantes Uzun y Kirmizi. Se emplean varios portainjertos siendo el más utilizado *Pistacia vera* L.

El problema de las aflatoxinas es muy bajo porque el hongo que las genera no soporta la extrema sequedad del clima.

2.1.3. SIRIA

La mitad del cultivo del país se sitúa en el norte, en la ciudad de Aleppo, y el resto repartido por todo el país. La mayoría de plantaciones son en secano aunque esta tendencia está cambiando en las nuevas plantaciones, instaladas con riego. Debido a la dureza del clima (veranos muy secos y calurosos) y en zonas con una media de precipitación anual de 300mm, casi no se aplican pesticidas por el poco problema que suponen las plagas y enfermedades. Los suelos son poco profundos y pobres en general.

La producción en el año 2012 fue de 70.000 toneladas, en una superficie de 60.000 ha, que va aumentando en los últimos años gracias a medidas del gobierno para impulsar el cultivo repartiendo gratuitamente los plantones de *P.vera* y *P.atlantica*.

El pistacho es una especie autóctona en este país. Se pueden observar arboles de *Pistacia vera* L. con más de 5 siglos de vida. Además de tener unos 20 cultivares autóctonos (más importante Ashoury y Red Oleimy) y ser el centro de origen de especies como *P. atlántica*, *P. palaestina* y *P. lentiscus*

2.1.4. ESTADOS UNIDOS

El cultivo del pistacho comienza a desarrollarse en 1960, tras años con un programa de selección y mejora del cultivo, que dio como resultado la variedad Kerman, en honor a la procedencia de los primeros frutos secos para investigación, provenientes de la provincia con el mismo nombre (Irán). La primera cosecha se obtuvo en 1976. En el año 2010, Estados Unidos supera a Irán y se convierte en el mayor productor del mundo, debido al alto rendimiento de sus plantaciones, con una media de 2.800 Kg/ha en plena madurez.

Excepto un 2%, el resto de las 90.000 ha de cultivo se hallan en el estado de California. Se calcula que la dimensión mínima para que sea rentable es de 38 ha, debido a la alta inversión inicial. Con una precipitación media anual de 300mm, las plantaciones son apoyadas con riego a inundación, microaspersión y sobre todo goteo.

En el año 2012 la producción fue cercana a 280.000 toneladas, dedicando más de un 40% a la exportación. Se basa en la variedad Kerman, introduciéndose en las nuevas plantaciones variedades creadas denominadas Lost Hills y Golden Hills.

A pesar de la importancia del cultivo en California, no tiene la atención necesaria. En la última década el producto ha perdido mucha calidad organoléptica, en detrimento a grandes producciones. No se podan las ramas interiores, lo que produce un foco de humedad favorable para plagas y enfermedades. Además tienen un cultivar generalizado en todas las explotaciones, que hace al pistacho más vulnerable.

Es un cultivo muy mecanizado, en suelos profundos de diversas texturas incluso arcillosas. El marco de plantación en plantaciones actuales es 6 x 4 m, en antiguas 6 – 7 x 5 – 6 m. Como portainjertos utilizan PGI (Pioner Gold I) o el híbrido UCB1.

2.1.5. OCEANÍA

Las principales zonas de producción se sitúan en la zona sur de Australia y Nueva Zelanda, pero es posible una futura ampliación a toda la zona sur interior del país. Casi la totalidad de las plantaciones se hallan en regadío.

En el año 2009, la producción alcanzó las 1.275 toneladas en las 900 ha de superficie, pero se espera un importante aumento, tanto de la producción como de la superficie.

El principal cultivar utilizado es el Sirora, desarrollado por investigadores australianos tras treinta años de estudios. Suele ser unos diez días más temprano que Kerman, con un gran porcentaje de frutos abiertos y con menor necesidad de horas frío. Varios estudios españoles indican que esta variedad es la opción a desarrollar en el norte de España.

El cultivo está totalmente mecanizado, en suelos muy diferentes. El marco de plantación también es muy heterogéneo desde 6 x 4m a los 9 x 9m. Utilizan como portainjertos *P. terebinthus* y PGI en las plantaciones actuales.

2.2. EN LA UNIÓN EUROPEA

La Unión Europea no es autosuficiente. Su producción es muy baja en comparación con el consumo que realiza, ya que es el mayor consumidor del mundo, con un consumo per cápita de 193 g en el año 2010 siendo la media anual mundial de 1'5 g. Sus áreas de producción se reducen a pocas localizaciones en zonas mediterráneas, repartiéndose entre Grecia, Sicilia, España y una anecdótica presencia en Chipre.

PAIS	Superficie cultivada (hectáreas)	Producción (toneladas)
Grecia	5.000	8.000
Italia	3.000	3.000
España	5.000	500
Chipre	150	20

Tabla 2. Datos 2013, Fuente: “El cultivo del pistacho”

A pesar de la baja producción, el comercio del pistacho tiene cierta relevancia en los países de la Unión Europea, que importan grandes cantidades para manufacturarlas, acondicionarlas y venderlas a otros países, una tendencia que ha ido en aumento desde los años noventa.

Los países más importadores son Alemania, Holanda, Italia y España, con distintos orígenes del producto. La exportación, mayoritariamente dirigida a un comercio interior dentro de la Unión Europea, también la encabeza Alemania seguida de los Países Bajos y España.

2.2.1. GRECIA

El país heleno es el mayor productor de la Unión Europea, con unas 8.000 toneladas en el año 2013. Las primeras plantaciones se llevaron a cabo hace más de un siglo. Aunque la mayoría de las 5.000 ha se sitúan en Atenas y alrededores, el cultivo se extiende por muchas islas y diferentes zonas climatológicas. El 70% de las plantaciones tiene riego por goteo, consiguiendo un rendimiento elevado, aproximado en una plantación adulta de 1.900kg/ha.

Disponen de un cultivar femenino llamado Aegina que acapara prácticamente la totalidad de la producción, aunque también existen otros cultivares autóctonos. El portainjerto más utilizado es el llamado Tsikoudia. El marco de plantación empleado es de 6'5-7 x 6,5-7 metros y la textura del suelo varía entre franca, franco-arenosa y franco-arcillosa.

2.2.2. ITALIA

Existen unas 3.000 ha de cultivo, donde el principal cultivar es Napoletana (Bianca) en un 97%, siendo el resto otros cultivares locales, con un rendimiento que varía entre 800 y 1.200 Kg/ha. La producción en el año 2013 fue aproximada a 3.000 toneladas, siendo el 80% para exportación.

Se produce solamente en la isla de Sicilia en suelos de origen volcánico, donde las condiciones son favorables para otros cultivos, al ser suelos rocosos, excesivamente inclinados y poco profundos. Al ser un cultivo disperso, marginal en algunas parcelas, la polinización se produce por plantas masculinas de terebintos espontáneas.

Se emplea el portainjerto autóctono *P.terebinthus* L. por su rusticidad y gran adaptabilidad, con un marco de plantación muy oscilante entre 50 y 500 árboles por hectárea. Las nuevas plantaciones reguladas se establecen en 6 x 8 o 8 x 8 metros, con riego por goteo. Existe una humedad ambiental elevada (perjudicial para el pistacho), que se reduce gracias a los fuertes vientos.

2.3. EN ESPAÑA

El pistacho fue introducido por los romanos en Hispania sobre el 14-37 d.C. Durante la ocupación árabe (VIII d.C.), se convirtió en cultivo agrícola y se expandió por muchos territorios del mediterráneo. Después, en la edad media, debido al auge de cultivos tradicionales más relacionados con el cristianismo y quizá por el desconocimiento de la especie (lo que llevo a la quita masiva de arboles machos “improductivos”), propicio la desaparición del pistacho en la península.

Se retoma el interés por el cultivo en la década de los 80, mediante el Centro de Mejora Agraria El chaparrillo (Ciudad Real) que realiza un estudio particularizado en esta región. El desarrollo del cultivo se sitúa en 1996, tras las investigaciones y estudios llevados a cabo. También comienzan las primeras producciones españolas en plantaciones comerciales situadas en Lérida.

La desinformación del cultivo, la falta de estructura y de plantones de calidad, un bajo prendimiento del injerto y portainjertos sin seleccionar (se utilizaban cornicabras de reforestación), así como la lenta entrada en producción, desanimaron a los agricultores a apostar el cultivo. Sin embargo estos fallos se han ido corrigiendo hasta el punto de colocar a España como el país de la Unión Europea que más capacidad tiene para aumentar superficie y producción.

La mayoría de las 5.754 ha cultivadas en el país en 2012, son jóvenes, lo que refleja una producción muy baja, 500 toneladas en 2013, con diversos rendimientos en secano desde 800 a 1500 kg/ha y de 1.500 a 2.500 kg/ha en regadío.

El cultivo se localiza mayoritariamente en las provincias de Ciudad Real y Toledo, pero al ser un cultivo en expansión se halla en otras muchas comunidades autónomas en mayor o menor presencia, como Cataluña, Andalucía, Extremadura, Castilla León, Navarra, Aragón o Madrid. En la siguiente tabla podemos observar datos de las comunidades autónomas donde el cultivo tiene más presencia.

COMUNIDAD AUTONOMA	SUPERFICIE SECANO (ha)		
	TOTAL	EN PRODUCCION	RENDIMIENTO (kg/ha)
Castilla La Mancha	4.184	2.925	650
Castilla y León	186	75	667
Andalucía	642	262	1.285
Cataluña	217	214	743

Extremadura	0	0	-
--------------------	---	---	---

Tabla 3. Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción en secano, 2015
Fuente: Magrama. Anuario de estadística.

COMUNIDAD AUTONOMA	SUPERFICIE REGADIO (ha)		
	TOTAL	EN PRODUCCION	RENDIMIENTO (kg/ha)
Castilla La Mancha	1.082	707	1.330
Castilla y León	136	26	2.200
Andalucía	296	154	1.628
Cataluña	87	86	1.892
Extremadura	373	98	1.105

Tabla 4. Anuario de estadística. Análisis provincial de superficie rendimiento y producción de regadío, 2015. Fuente: Magrama.

Las parcelas de cultivo suelen ser pequeñas, de 5 a 10 ha, con un marco de plantación 7 x 6 m, donde predomina la variedad Kerman, aunque en los últimos años se han utilizado variedades más tempranas como Avdat, Larnaka y Mateur. El portainjerto mayoritario es el *P. terebinthus* (cornicabra) por su carácter autóctono, menor coste. Se calcula que aproximadamente un 50% de las parcelas son de producción ecológica.

3. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Es el fruto seco más apreciado a nivel mundial debido al aumento de demanda frente al estancamiento de la producción. Solo en la Unión Europea, existe un mercado potencial de 450 millones de habitantes. Además, se manifiesta la gran demanda de la UE en hechos como que los países más exportadores son países no productores, como Alemania o Países Bajos, que importan el producto para transformarlo.

En términos comerciales, los precios muestran un crecimiento sostenido a lo largo de los años, en consonancia con el imparable aumento de su demanda a nivel mundial.

El pistacho tiene múltiples utilidades. La semilla puede dirigirse a consumo directo como snack, a pasteles, helados o aceite. Su piel se puede destinar para la extracción de taninos y para la composición de fertilizantes. La cascara se emplea como combustible.

El pistacho tiene muy buenas cualidades saludables que ayudan a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Es un alimento muy calórico, tienen un alto contenido en grasas insaturadas predominando el ácido oleico, que ayuda a reducir el nivel del colesterol total así como la tensión arterial. No contiene colesterol y pocas cantidades de grasas saturadas. Posee cantidades considerables de fósforo y potasio, recomendables para mejorar la salud mental, fortalecer los huesos y mejorar el rendimiento de los músculos.

Su cultivo en España es muy esperanzador si tenemos en cuenta las condiciones climáticas y el resultado en zonas de reciente introducción como California. Antes del año 2001 no era recomendable su cultivo porque el 75% de los años no producía cosecha por las heladas tardías. Este aspecto ha cambiado a causa del cambio climático y desde entonces es un cultivo recomendable. En condiciones de regadío adecuadas y cuidados mínimos, consigue una excelente calidad de fruto y una alta productividad y rentabilidad.

En términos de rentabilidad, el regadío y el secano ecológico no presentan grandes diferencias. Además del aspecto económico, el impulso de este cultivo tiene ciertas ventajas medioambientales ya que evita la pérdida de suelo y se puede instalar en terrenos abandonados.

Es una buena alternativa a los cultivos mediterráneos tradicionales, por la amenaza que pueda producir el cambio climático y por otros motivos. Es un cultivo muy rustico que tolera grandes oscilaciones de temperatura, condiciones desfavorables de suelo y una gran resistencia a la sequia. Tiene un nivel alto de mecanización y está adaptado a la agricultura parcial.

Otro punto favorable para su cultivo son las cualidades del pistacho español ya que el fruto obtenido es mejor que los obtenidos en las zonas productoras más importantes del mundo. Es más grande que el pistacho turco, es más sabroso que el americano y tiene más garantías sanitarias que el pistacho iraní.

El principal problema que condiciona su expansión en España es la existencia en viveros de un número limitado de plantas.

ANEXO 4. FISILOGIA Y BOTANICA

INDICE

INDICE.....	19
1. INTRODUCCIÓN.....	20
2. CLASIFICACIÓN GÉNERO <i>PISTACIA</i>	20
3. <i>PISTACIA VERA L.</i>	21
3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES	21
3.2. SISTEMA RADICULAR.....	22
3.3. SISTEMA AÉREO	22
3.4. HOJAS	22
3.5. YEMAS	23
3.6. FLORES.....	25
3.7. FRUTO.....	26
3.8. POLINIZACIÓN Y FECUNDACIÓN.....	27
4. CICLO ANUAL	28

1. INTRODUCCIÓN

El pistachero (*Pistacia vera* L.) pertenece a la familia de las anacardiáceas, que se compone de más de 70 géneros en unas 500 especies leñosas. La familia *anacardiaceae* es importante en términos económicos porque comprende muchas especies cultivadas por su fruto comestible, como pueden ser el mango, el marañón o el pistacho. Como rasgos de la familia, nombrar que las flores son pequeñas y se disponen en panícula, el fruto es una drupa o samara y la disposición del ovario es supero.

2. CLASIFICACIÓN GÉNERO *PISTACIA*

El género *Pistacia*, del que forma parte la planta del pistacho (*Pistacia vera* L.), se extiende por varias zonas del mundo como la cuenca mediterránea, Oriente, Asia suroriental y sudoccidental, África y América central.

Según la clasificación realizada en 1996 por Michael Zohary, destacamos las siguientes especies más relevantes.

Sección *Lentiscella*:

P. mexicana H.B.K.: Original de México y Guatemala, conocida como lantisco, lentisco, romerillo o copal. Dispone de hojas de hasta 15 cm de largo formado por 40 pares de foliolos oblongos.

P. texana Swingle: Originaria de México y zonas colindantes de Estados Unidos. Posee hojas hasta de 10 cm de longitud y 4 – 7 pares de foliolos oblongos.

Sección *Lentiscus*:

P. lentiscus L.: Situada en zonas del norte de África, con los nombres de lentisco, almaciga o almagig. Hojas perennes, compuestas paripinnadas. De 2 a 5 pares de foliolos por hoja. Se sigue utilizando como patrón del pistachero.

Sección *Butmela*:

P. atlántica Desf.: Es un árbol de más de 10 metros de altura, conocido con el nombre de almacigo de canarias, lengua de oveja o betoum. Posee hoja caduca de 2 a 11 pares de foliolos por hoja.

Sección *terebinthus*:

P. terebinthus: originario de la península ibérica es utilizado como portainjerto del pistachero. Como nombres comunes podemos citar los siguientes: cornicabra, terebinto, corneta o cornezuelo en castellano; Torzebuch, pudol o potina en aragonés. Puede tener un porte arbóreo o arbustivo. Hojas caducas con 2 a 13 pares de foliolos por hoja.



Imagen 1. Hoja y frutos del terebinto. Fuente: “El cultivo del pistacho

3. *PISTACIA VERA L.*

La clasificación taxonómica del pistacho es la siguiente:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Tracheobionta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Sapindales*

Familia: *Anacardiaceae*

Género: *Pistacia*

Especie: *P. vera L.*



3.1. CARACTERÍSTICAS

Imagen 2. Pistachero. Fuente: www.pistachosecologicosibericos.es

dioico (individuos machos e hembras en diferentes arboles), con una altura entre 5 – 7m pudiendo llegar hasta los 10m. Posee una copa abierta con ramificación abundante que tiende a inclinarse, debido a su gran dominancia apical.

GENERALES

caducifolio, individuos

Su desarrollo es lento. Tiene un periodo juvenil improductivo largo, acentuado en variedades y portainjertos vigorosos. Esto se contrarresta por su gran longevidad, entre 150 y

300 años, aunque el tiempo estimado de vida en producción es de 50 años pudiéndose ampliar mediante el manejo de la plantación con técnicas de poda y riego.

Es una especie que sufre una vecería acusada. A un año de gran producción de frutos, ramas y flores le sigue otro donde este desarrollo se reduce considerablemente. Este efecto se puede disminuir hasta cierto punto con un correcto control del riego, el abonado y la poda. Este proceso está muy relacionado con la genética de la variedad, la acumulación de reservas del árbol y en menor medida con el portainjerto utilizado, los factores climáticos y las señales hormonales que reciben las yemas entre otros.

La planta del pistacho que comúnmente es cultivada en plantaciones comerciales, está compuesta por un patrón que desarrollara el sistema radicular y una parte aérea que será otra variedad injertada en el patrón.

3.2. SISTEMA RADICULAR

El sistema radicular de las diferentes especies del genero Pistacia que se utilizan como patrón es pivotante, aunque la raíz suele estar fasciculada por su pinzamiento natural en el vivero para mejorar la nutrición de la planta. Al inicio, penetra a gran profundidad buscando agua y sales nutritivas lo que le permite adaptarse a suelos donde otras especies no pueden desarrollarse. Posteriormente desarrolla raíces superficiales, las cuales son las responsables de una fructificación más regular y el aumento de calidad del fruto.

3.3. SISTEMA AÉREO

En las plantaciones comerciales los arboles se dirigen sobre un solo pie excepto en aquellas donde se cultiva formando setos o de forma natural pudiéndose ver con varios pies.

La corteza del tronco es rugosa y su color varía entre amarillo-rojizo en los ramos del año, el gris ceniza en las partes más jóvenes y gris oscuro en las menos jóvenes.

Las ramas son largas con brotes que salen formando ángulos de inserción amplios produciendo copas grandes y abiertas.

3.4. HOJAS

Las hojas son caducas, alternas, compuestas trifoliadas imparipinnadas con 3 o 5 foliolos ovales y redondeados en el ápice, siendo el terminal el más grande. Su color es verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés, virando a tonos rojos y anaranjados en otoño. Suelen ser de mayor tamaño en arboles masculinos.

Cuando son jóvenes son hojas tomentosas convirtiéndose en hojas glabras y coriáceas en el estado adulto.



Imagen 3. Hojas del pistacho. Fuente: “el cultivo del pistacho”

3.5. YEMAS

Al finalizar el reposo invernal, los dos tipos de yemas comienzan a hincharse, sus escamas protectoras se separan y se inicia el desborre (brotación). Para diferenciar las yemas el mejor momento es el inicio de la brotación.

Las yemas de flor son de mayor tamaño, más globosas y brotan antes que las vegetativas, llevando una evolución distinta. En el inicio del desborre las brácteas, que están en mayor número que en las yemas vegetativas, se separan protegiendo cada una los racimos de pistilos o de anteras, según sea el árbol femenino o masculino.

Estas yemas darán lugar a una inflorescencia, panícula, formada por un alargado eje central o raquis con ramas laterales que generaran cientos de flores.

A continuación mostramos en las tablas la descripción de cada uno de los estados fenológicos de las yemas de flor en cultivares femeninos y masculinos.

Estado	Subestado	Inflorescencia femenina
A	0	Yema dormida
B	0	Yema hinchada
C	0	Crecimiento longitudinal. Separación de brácteas
	1	Brácteas claramente separadas
D	0	Aparece el extremo de los racimos entre las brácteas
	1	Racimos todavía replegados
E	0	Racimos comienzan a abrirse
	1	Racimos totalmente desplegados
F	0	Se observan ovarios color rojizo
	1	Mesocarpio del fruto comienza a amarillear en la base
	2	Mesocarpio totalmente amarillo
M	0	Mesocarpio de color blanco - rojizo

Tabla 1. Estados fenológicos de la inflorescencia femenina. Extraída del libro “El cultivo del pistacho”

Estado	Subestado	Inflorescencia masculina
A	0	Yema dormida
B	0	Yema hinchada
C	0	Brácteas protectoras comienzan a separarse
	1	Brácteas separadas y mas ostensibles
D	0	Comienzan a apreciarse los estambres entre las brácteas
	1	Los estambres se observan claramente. Las brácteas siguen visibles.
E	0	Racimos de estambres plegados. Las brácteas ya no se observan
	1	Los racimos se abren e inician el cambio de color a amarillento
F	0	Estambres comienzan a amarillear
	1	Anteras de estambres completamente amarillas
	2	Caída de racimos

Tabla 2. Estados fenológicos de la inflorescencia masculina. Extraída del libro “El cultivo del pistacho”

En la zona de cultivo del pistacho se observa que la caída de las yemas finaliza a finales de julio. Todavía existe un desconocimiento exacto del proceso, pero se ha comprobado que la edad del árbol y aproximadamente unos veinte frutos por brote pueden inducir la caída de las yemas. A una mayor carga de frutos y ramas habrá una mayor caída

de yemas. También se relaciona con una diferenciación incompleta de las yemas florales por falta de carbohidratos. Se conoce por diversos autores que el nitrógeno, el potasio y otros nutrientes reducen un poco esta abscisión.

Las yemas vegetativas son más acabadas en punta que las yemas de flor. Crecen longitudinalmente y cuando sus brácteas se separan dan paso a los folíolos.

3.6. FLORES

Al ser una especie dioica, las flores masculinas y femeninas se hallan en distintos árboles pero tienen las siguientes características en conjunto. Nacen sobre ramas laterales del año anterior antes de que broten las hojas. Son pequeñas, sin pétalos, de color verde-pardusco, se encuentran agrupadas en inflorescencias axilares formando panículas (100-300 flores), abriéndose de manera escalonada llegada la época de la floración.

Las flores femeninas son más grandes que las masculinas. Poseen 2 brácteas, cáliz con 2 – 5 lóbulos, 1 ovario supero con 5 carpelos, ovoide, con un ovulo y estilo terminal, cortamente trifido. Las inflorescencias femeninas presentan una morfología parecidas a las masculinas pero con mayor ramificación. Tiene entre 150 y 260 flores dispuestas en racimos compuestos de 75mm de longitud media.

Las flores masculinas poseen también 2 brácteas, cáliz con 5 lóbulos y de 2 a 8 estambres con filamentos cortos. Se agrupan entre 450 y 500 flores sobre racimos compuestos de 65mm de longitud media.

La floración se produce entre finales de marzo y abril dependiendo del tipo de cultivar, temprano o tardío. Se considera plena floración cuando en la mayoría de las inflorescencias femeninas se pueden observar los estigmas, lo que correspondería al estado fenológico D. Suele durar entre 7 y 25 días.



Imagen 4. Flores masculinas. Fuente: <https://elhuerto20.wordpress.com>

Todos los años se produce una caída masiva de flores, que se divide en dos fases. En la primera fase, una semana después de la floración, la caída se produce por una falta de fecundación o a malformaciones. En la siguiente fase, serán las faltas de reservas lo que

propicien la caída, consiguiendo un equilibrio entre el número de frutos que comenzaran a desarrollarse con las reservas disponibles.

3.7. FRUTO

El fruto, agrupado en racimos, es una drupa monosperma ovoide alargada de 0,2 a 2,5cm de longitud. Se compone de una parte externa (pellejo) y del endocarpio (cascara) donde se alberga la semilla. Se separan fácilmente en la madurez.

La semilla es la parte comestible, rica en aceite, que presenta dos cotiledones voluminosos de coloración verde o verde amarillenta con tegumento rojizo.

El pellejo, inicialmente amarillo, adquiere tonalidades rosáceas cuando alcanza la madurez.



Imagen 5. Imagen pistacho. Fuente: El cultivo del pistacho

La fructificación ~~y no dejan de crecer durante las 9 semanas posteriores.~~ van una semana después de la floración y no dejan de crecer durante las 9 semanas posteriores. Llegados a este punto, puede comenzar a desarrollarse la semilla si el ovulo ha sido fecundado. Si no lo ha sido, se trata de frutos partenocarpicos, es decir, frutos vacíos. En caso de fecundación, la semilla pasa a ocupar el 99% del espacio total interior de la cascara durante el mes de agosto.

Se pueden diferenciar tres fases en el desarrollo del fruto:

Fase I: la primera semana después de la floración el crecimiento es muy lento. Después se produce un rápido desarrollo del ovario hasta mediados de mayo, coincidiendo con el inicio de lignificación del endocarpio. En este periodo se produce el desarrollo total de la cascara.

Fase II: Tras seis semanas después de la floración, el peso del fruto continúa aumentando lentamente hasta mediados de julio o finales de agosto. En esta fase se produce la apertura de la cascara.

Fase III: el tamaño del fruto permanece invariable, aumentando solo el peso. Durante este proceso, el epicarpio (parte más externa) cambia de color cuando la semilla alcanza la madurez.

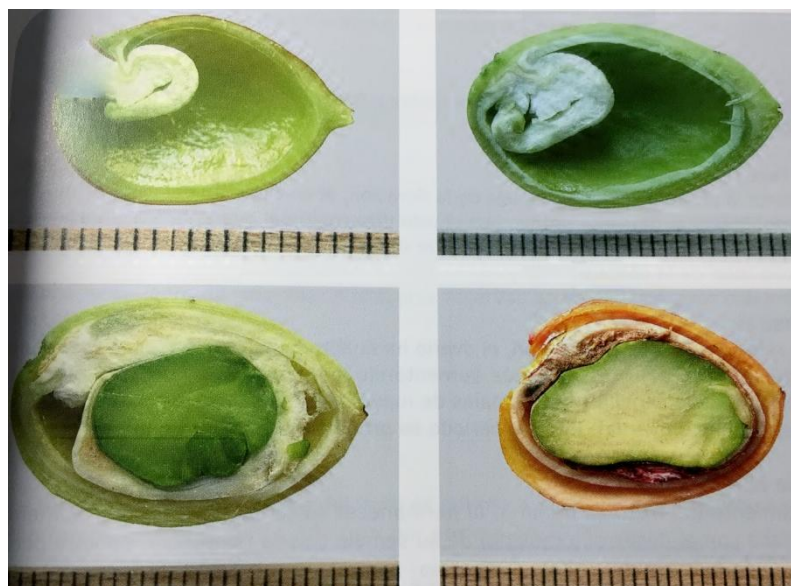


Imagen 6. Desarrollo interior del fruto. Fuente: El cultivo del pistacho.

Existen ciertos aspectos fisiológicos del fruto que tienen gran importancia. Uno de ellos es que se produce una caída de frutos dos semanas después de la fecundación para mantener el equilibrio fruto-reserva. Si este se desequilibra, se producirá una nueva caída de frutos. Se puede ayudar al árbol a aumentar las reservas mediante el despunte de algunas ramas antes de la floración. El cuajado final del fruto suele ser el 3% de las flores iniciales ya que el resto de frutos desarrollados estarán vacíos. Este hecho sucede por la falta de fecundación del fruto, un aborto prematuro o el desarrollo del ovario sin semilla que se acentúa el año en que las temperaturas son bajas en abril. Se puede combatir este efecto con el riego y abonado, especialmente manteniendo un nivel aceptable de boro.

Otro suceso que le ocurre al fruto es el denominado rajado prematuro. El fruto abre su cascara antes de lo debido, a finales del mes de julio, lo que puede provocar ataques de insectos y con ello el asentamiento del hongo generador de aflatoxinas. Este hecho se eleva por la falta de agua en primavera y principios de junio, por las condiciones de la plantación (sobre todo edafológicas) y por el portainjerto utilizado.

El valor comercial del fruto se reduce considerablemente cuando la cascara del pistacho permanece cerrada (indehiscencia), sobre todo para consumo directo. No se sabe exactamente la causa que produce la apertura o no de la cascara pero se asocia a procesos bioquímicos. Si que se conocen factores que influyen para una mayor o menor dehiscencia. Años de veranos calurosos favorecen la apertura así como una menor carga en el árbol. Por el contrario la falta de horas frío reduce el número de frutos abiertos. Se puede elevar la proporción de frutos abiertos mediante el riego y abonado.

3.8. POLINIZACIÓN Y FECUNDACIÓN

Para producirse una correcta polinización deben existir flores masculinas repartidas estratégicamente en la plantación, en una proporción aproximada del 10% de árboles masculinos. El proceso de la polinización es anemófila (se lleva a cabo gracias al viento) y

no es recomendable el uso de abejas porque solo se sienten atraídas por las flores masculinas, lo que produce una pérdida de polen y no se produce la fecundación en la flor femenina. Los granos de polen son esféricos verrugosos, ovoides y de color amarillo, presentando cuatro poros germinativos con un tamaño medio de 20 -30 μ^2 .

El proceso comienza cuando las inflorescencias masculinas llegan al estado F, que es cuando las anteras se abren y comienzan a soltar el polen. Los cultivares femeninos, han de estar en el estado D o E (estigma blanco y turgente) para recibir el polen y fecundarse. Para que se produzca una correcta polinización, se recomienda usar varias variedades masculinas con distinta floración en el tiempo, para conseguir un mayor solapamiento floral.



Imagen 7 .Inflorescencias femeninas (D y E, variedad Kerman) e inflorescencia masculina (F, Peter) en el estado fenológico óptimo para polinización. Fuente: “El Cultivo del pistacho”

En el periodo de la polinización también afectan otros factores ambientales como la temperatura y la humedad, que pueden reducir el efecto deseado de la polinización. En prevención a años que no se produzca una buena polinización por falta de polen, se han desarrollado técnicas para llevar a cabo una polinización artificial. Consiste en guardar el polen de variedades masculinas tempranas, para aplicarlo en el momento óptimo para cultivares femeninos, mediante una proyección sobre los árboles.

La fecundación se produce cuando solo uno de los tubos polínicos alcanza el ovulo, aunque hay autores que afirman que hasta cinco tubos lo alcanzan en ese mismo tiempo. El tubo polínico se abre al llegar al ovulo, lo que da lugar al cigoto y a un núcleo triploide. Mientras la fase de polinización y fecundación es rápida la posterior es mucho más lenta por el lento desarrollo del saco embrionario.

4. CICLO ANUAL

A lo largo del año se producen en la planta una serie de procesos fisiológicos que originan y configuran la forma y las características de la planta en cada momento. Existen dos periodos generales denominados periodo de reposo y periodo de actividad, que a su vez se dividen en una serie de fases. La duración de cada periodo, así como el momento en el que ocurren, está determinada por los siguientes factores:

Factores genéticos: Depende de las características genéticas de la especie y la variedad, según sus ritmos de actividad. En plantas injertadas también ha de considerarse el patrón.

Factores climáticos: La temperatura es el factor más determinante debido a las exigencias térmicas que tiene la planta para vegetar. La cantidad de horas frío durante el periodo de reposo también es muy importante para que desarrolle una brotación y floración correcta.

Otros factores del medio: como pueden ser los factores nutricionales y bióticos, que pueden alterar la duración de las fases u originar estados fenológicos anormales.

Intervenciones sobre la planta: Algunos tratamientos con productos pueden retrasar o adelantar alguna fases del ciclo anual.

El periodo de reposo más importante se produce en invierno, cuando aparentemente la planta deja de tener actividad. La entrada y salida de este periodo se produce de forma gradual. Es recomendable realizar la plantación del pistacho antes de este periodo, en el mes de noviembre, si hay condiciones climáticas favorables para que el cultivo pueda beneficiarse de las lluvias de otoño.

El periodo de actividad se inicia en la primavera y se prolonga hasta el otoño, con una parada estival. En la primera fase, tras la floración, se produce un crecimiento vegetativo muy rápido, iniciándose a finales del mes de abril hasta la parada estival. Tras esta parada, a finales de julio o agosto, comienza un nuevo crecimiento vegetativo no tan pronunciado hasta septiembre. El crecimiento vegetativo en el pistacho es alternante, de un año a otro se ve reducido.

La época de floración depende de la variedad del cultivo entre otros factores y se extiende desde marzo hasta abril en las variedades más tardías. Los frutos se pueden observar una semana después de la floración. Crecen en abril y en mayo sobre todo aunque siguen aumentando el peso hasta el momento de la cosecha en septiembre. Tras esto, se produce la defoliación y entrada en el periodo de reposo.

ANEXO 5. PLAGAS Y ENFERMEDADES

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	32
2. SISTEMAS DE LUCHA	32
2.1. Métodos directos	32
2.2. Métodos indirectos	34
2.3. Gestión integrada de plagas	34
2.4. Gestión ecológica	34
3. PLAGAS DEL PISTACHO	35
3.1. <i>BREVIPALPUS LEWISI</i>	35
3.2. <i>CAPNODIS SPP.</i>	37
3.3. <i>CHAETOPTILIUS VESTITUS</i>	39
3.4. <i>VESPERUS XATARTI</i>	41
3.5. <i>LABIDOSTOMIS LUSITÁNICA G.</i>	43
3.6. <i>MEGASTIGMUS PISTACIAE</i>	44
3.7. <i>SAISSETIA OLEAE</i>	45
3.8. NEMATODOS. <i>MELOIDOGYNE SPP</i>	47
3.9. <i>NEZARA VIRIDULA</i>	49
3.10. <i>PLODIA INTERPUNCTELLA</i>	50
4. DAÑOS CAUSADOS POR VERTEBRADOS.....	51
4.1. CONEJOS (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) Y LIEBRES (<i>Lepus granatensis</i>)	52
4.2. URRACA (<i>Pica pica L.</i>) Y RABILARGO (<i>Cyanopica cyanus B.</i>)	52
4.3. ESTORNINOS (<i>Sturnus unicolor T.</i>).....	52
5. ENFERMEDADES DEL PISTACHO	52
5.1. <i>Alternaria alternata</i>	52
5.2. <i>Armillaria mellea</i>	54
5.3. <i>Aspergillus spp</i> (<i>A. flavus</i> , <i>A. melleus</i> y <i>A. niger</i>)	56

5.4. <i>Botrytis cinérea</i>	58
5.5. <i>Botryosphaeria dothidea</i>	60
5.6. <i>Nematospora coryli</i> P.	62
5.7. <i>Pileolaria terebinthi</i> Castagne	63
5.8. <i>Septoria spp.</i>	64
5.9. <i>Verticillium dahliae</i> Kleb.	67
5.10. <i>Phytophthora spp.</i>	69
5.11. <i>Xanthomonas translucens</i>	71
6. AFLATOXINAS.....	72

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las plagas y enfermedades que pueden afectar a nuestro cultivo es fundamental para poder afrontar los ataques de estos patógenos con ciertas garantías.

Desde el primer momento, en el diseño de la plantación, hay que tener muy presente la posible presencia y actividad de patógenos para impedir, en la manera que se pueda, que puedan tener unas condiciones óptimas de desarrollo.

Al ser un cultivo de reciente introducción son pocas las plagas y enfermedades de las que se conocen ataques a la planta del pistacho. Sin embargo hay algunos patógenos que están presentes en la península y en otros cultivos muy extendidos en prácticamente todas las zonas, como olivos y vid.

Las plagas y enfermedades seleccionadas en este anexo son las más representativas, tanto por su importancia en los grandes países productores, como su presencia en cultivos de pistacho de España o su posible aparición en un futuro. Consta de once enfermedades, 9 de origen fúngico, una de origen bacteriano y otro hongo vector de enfermedad. Las plagas constan de insectos, coleópteros sobre todo, y un nematodo.

Los tratamientos convencionales contra plagas y enfermedades están muy limitados por la normativa ya que hay pocos productos autorizados por el registro de productos fitosanitarios del ministerio. El pistacho tampoco dispone de una guía de gestión integrada de plagas y enfermedades como las existentes para otros cultivos, pero se espera que con el aumento de las hectáreas de cultivo y su importancia, se acabe realizando.

2. SISTEMAS DE LUCHA

Existen diferentes modos y sistemas de lucha contra las plagas y enfermedades que pueden causar daños en los cultivos.

La elección del método de control adecuado en cada situación es muy difícil al ser varios los factores que intervienen de manera simultánea. En general, la solución no pasa por la aplicación de una sola medida sino la combinación de varias. El conocimiento de los distintos tipos de lucha facilitara la elección del método y la eficacia del control del patógeno.

Los métodos se pueden clasificar en dos grandes grupos: métodos directos y métodos indirectos.

2.1. Métodos directos

Los métodos directos engloban los métodos que suponen actuar directamente contra el patógeno, y se componen de métodos físicos, métodos químicos y métodos biológicos.

-Los métodos físicos se componen a su vez de medidas físicas (se basan en la desinfección de los suelos mediante calor) y medidas mecánicas, que evitan o dificultan el contacto entre los agentes causantes de plagas/enfermedades y las plantas.

-Los métodos químicos han sido la base de la protección fitosanitaria. Consiste en emplear sustancias químicas de síntesis para el control de los fitopatógenos, como herbicidas, insecticidas, nematocidas o fungicidas.

Los herbicidas están destinados a eliminar las malas hierbas (plantas indeseadas) que compiten con nuestro cultivo o pueden dar cobijo a plagas, sin afectar a las plantas cultivadas aunque ninguno es inocuo absoluto para los cultivos. Existen diversos modos de clasificación;

- Según la acción sobre las plantas:

Selectivos: son aquellos herbicidas que acaban con la mala hierba o una de ellas, respetando el cultivo.

Totales o no selectivos: son aquellos herbicidas que matan todas las plantas sin distinción. Se debe extremar la precaución para aplicarlo en terrenos con cultivos.

- Según su modo de acción:

Herbicidas de contacto: actúan solamente sobre la parte de la planta donde se ha aplicado, normalmente el follaje.

Herbicidas de translocación: se trasladan por la planta y actúan por toda ella independientemente de la zona donde se hayan aplicado.

Herbicidas residuales: son los que han de permanecer un tiempo para ser efectivos. Se suelen aplicar en la tierra contra malezas o sobre la germinación de las semillas y a su vez, pueden ser de contacto o de translocación.

- Según el momento de aplicación:

Herbicidas de preemergencia: antes de la nascencia de las malas hierbas.

Herbicidas de postemergencia: después de la germinación de la maleza.

Todos los productos químicos autorizados para su uso en el cultivo del pistacho se pueden consultar en el siguiente enlace:

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/forexi.asp?e=0&plagEfecto=-1&culUso=0102020503050000&ambUti=01&solEsp=>

-Por último, los métodos biológicos consisten en combatir las plagas y enfermedades con otros organismos vivos que se alimenten de ellas o las destruyan, provocándoles la muerte.

2.2. Métodos indirectos

Son estrategias y acciones que no se enfocan en la lucha directa contra el patógeno y engloban a los métodos legislativos, los métodos genéticos y los métodos culturales.

- Los métodos legislativos recogen una serie de normas para garantizar la protección contra posibles plagas y enfermedades.
- Los métodos genéticos conllevan una mejora genética de las plantas que puede ser muy importante en la lucha contra plagas y enfermedades, así como en la relación de la planta con el medio que le rodea.
- Los métodos culturales podemos decir que es el control realizado a través de prácticas agronómicas que generan un agroecosistema menos favorable para el desarrollo y sobrevivencia de las plagas. Según el momento en el que se realicen en el tiempo, pueden ser labores previas al cultivo o técnicas durante el cultivo. Es un control preventivo que se realiza incluso antes de que la plaga o enfermedad se presente.

2.3. Gestión integrada de plagas

La gestión integrada de plagas ha sido definida como “el sistema de manejo de plagas, que en el contexto de la asociación del medio y la dinámica poblacional de las plagas, utiliza todas las técnicas y métodos adecuados de forma compatible, manteniendo las poblaciones nocivas a niveles por debajo de aquéllos causantes de daño económico”.

Este conjunto de métodos se ha convertido en la base de todas las actividades de protección vegetal de la FAO, ya que contribuye al desarrollo de una agricultura sostenible

Es la mejor combinación de medidas directas e indirectas que proporciona, al menor coste y de la forma medioambiental y social más aceptable, el control de los enemigos de las plantas.

En el caso del pistacho, al ser un cultivo reciente, no existe una guía integrada contra los patógenos pero se espera que debido a la ampliación de superficie del cultivo y de su importancia en el país, se acabe realizando.

2.4. Gestión ecológica

Los tratamientos ecológicos contra plagas y enfermedades son aquellos que permiten prevenir, controlar o eliminar los patógenos a través de medios que no sean contaminantes para el medio ambiente.

Su aplicación es muy interesante, ya que los tratamientos no suelen afectar a la fauna auxiliar del cultivo, que resultan beneficiosas para mantener un equilibrio en el ecosistema que nos ayuda a impedir el desarrollo o a combatir las plagas y enfermedades que se puedan presentar.

En este anexo también se nombran tratamientos ecológicos probados contra las plagas y enfermedades. Por ello haremos una breve descripción de los más utilizados.

Biofumigación: consiste en la utilización de estiércoles y otro tipo de residuos agrarios que mediante la descomposición de la materia orgánica, producen gases de acción biocida que actúan a nivel de la membrana celular del patógeno.

Equisetum arvense L.: conocida como cola de caballo, esta planta se utiliza como fungicida, incluso presenta acción contra insectos y contra la araña roja. Contiene sustancias tóxicas para los hongos como saponinas (Equisetonina y ácido silícico), los flavonoides (isoquercitosido, galuteolina o equisetina) o los ácidos orgánicos (nicotina, palustrina o dimetilsulfona). Su uso es tanto preventivo como curativo. El modo de aplicación es fumigando por vía foliar con gota muy fina, mojando muy bien toda la planta. Por otro lado, no debe mezclarse en el mismo caldo de aplicación con cobre, azufre o productos que potencien su acción como el jabón potásico, aminoácidos o mojantes.

Solarización: consiste en el calentamiento de la tierra mediante un plástico transparente que cubra la parcela en julio/agosto (meses de mayor radiación solar) por un mínimo de 30 días, para que eleve la temperatura de la tierra. Produce una reducción significativa de hongos, nematodos y una potente acción herbicida. A su vez, se ha comprobado la resistencia de hongos y bacterias beneficiosas para el suelo. El sistema es más eficiente si a su vez se aplica riego por goteo para mantener la humedad.



Imagen 1. Ejemplo de solarización

3. PLAGAS DEL PISTACHO

3.1. *BREVIPALPUS LEWISI*

Clasificación taxonómica

- Reino: *Animalia*
- División: *Arthropoda*

- Clase: *Arachnida*
- Orden: *Prostigmata*
- Familia: *Tenuipalpidae*
- Género: *Brevipalpus*
- Especie: *Brevipalpus lewisi* M.

Descripción

Se le conoce como acaro de la roña y es frecuente en Estados Unidos y en la flora y otros cultivos de España, lo que la considera como una más que probable plaga para el pistacho en un futuro próximo. Ataca a plantas y cultivos como los cítricos, la vid, la higuera, plantas ornamentales y plantas de la flora autóctona.

El adulto se observa a través de una lupa, ya que miden de 0,1mm a 0,3mm. Tiene cuatro pares de patas y con una forma plana y alargada, con un color marrón rojizo o rojo brillante según su madurez.



Imagen 2. *Brevipalpus lewisi*. Fuente:

<http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/files/74194.pdf>

Ciclo de vida

El invierno lo pasan entre la corteza de los árboles, hojas secas del suelo y escamas de yemas durmientes. En frutos y hojas es donde realiza la puesta de los huevos, que son rojizos y pequeños. Las hembras pueden poner de 15 a 20 huevos. Pasan por 6 estados entre el huevo y el adulto y la mayor población de individuos se da entre julio y agosto. Suelen tener una generación al año, pero pueden llegar a más, según las condiciones como en California, donde puede tener hasta 4 generaciones.

Es en primavera, cuando se desplazan hasta la base de los brotes tiernos, cuando la temperatura es mayor de 20°C y existe una humedad relativa baja.

Daños ocasionados

Suelen apreciarse los daños en julio y agosto, coincidiendo con el mayor número de individuos. Producen daños en las hojas, yemas, brotes tiernos y raquis de los frutos, prefiriendo zonas se haya producido alguna herida.

En las zonas atacadas se forman unas manchas oscuras, irregulares y rugosas similares a una costra donde los ácaros se agregan y alimentan del tejido dañado.



Imagen 3. Daños en el racimo del fruto. Fuente:
<http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/files/794>

Estrategias de lucha

Hay que tener especial cuidado con la aplicación de productos para su control, como piretroides o carbamatos, puesto que suelen acabar con depredadores de la plaga en la parcela. Existen numerosos depredadores de *Brevipalpus*, como *Stethorus punctillum*, *Crysopa spp* y *Typhlodromus pyri* en la zona norte de España. Estos posibles tratamientos con depredadores no son efectivos si existe una gran población de *Brevipalpus*.

Los tratamientos que están autorizados para la aplicación en el pistacho son en base a azufre en espolvoreo o la materia activa hexitiazio, ambos después de la floración.

3.2. CAPNODIS SPP.

Clasificación taxonómica:

- Reino: *Animalia*
- División: *Arthropoda*
- Clase: *Insecta*
- Orden: *Coleoptera*
- Familia: *Buprestidae*
- Género: *Capnodis*

Descripción

Dentro del género *Capnodis* existen dos especies que son consideradas plagas para el pistacho: *Capnodis tenebrionis* L., conocido como gusano cabezudo y *Capnodis cariosa* P. conocida como escarabajo de la raíz.

Se tiene registro de la presencia del gusano cabezudo en España, pero no del escarabajo de la raíz, que es más común en zonas de origen como Irán, Turquía y Siria, donde ha causado daños importantes. Por ello nos centraremos en el gusano cabezudo.

En estado de larva, *Capnodis tenebrionis* se diferencia bien por la gran diferencia de tamaño de su parte delantera y el resto, siendo más grande. Llega a medir hasta 7 cm de longitud, de consistencia blanda. En estado adulto es un escarabajo de color negro con manchas grises que mide entre 25 y 30mm. Los huevos son blancos de 1,5 mm de longitud como máximo. Vive en el interior de los troncos, produciendo galerías en la madera y ataca de modo general a todos los frutales de hueso, peral, manzano y castaño, sobre todo en seco.



Imagen 4. Individuos de Capnodis. Fuente: <http://www.agromatica.es/el-gusano-cabezudo/>

Ciclo de vida

El gusano cabezudo hace la puesta durante el verano en la base del tronco, el cuello de este o en la tierra de alrededor. El acoplamiento solo se produce cuando la temperatura supera los 20°C y la puesta se realiza cuando la temperatura es mayor a 26°C, desde mayo hasta septiembre. Tras diez días, eclosionan los huevos.

Al eclosionar los huevos, las larvas salen hacia las raíces, penetran la corteza del tronco y desarrollan galerías en su interior, hacia abajo. Al llegar a su completo desarrollo, comienzan a realizar las galerías hacia arriba, dejando a nivel del cuello una celda para su transformación en ninfa. Permanece en estado de larva durante aproximadamente dos años, por ello tienen una generación anual o bienal. En invierno las larvas están en las raíces y los adultos refugiados en márgenes y alrededores de la plantación.

El escarabajo de la raíz realiza la puesta en las grietas del tronco, cerca del suelo, pero también en el propio suelo o en hojas, entre mayo y junio. Eligen árboles debilitados y generalmente viejos para su puesta. Dependiendo de las condiciones, suelen eclosionar a los 10 – 15 días. La humedad es un factor limitante para los huevos, por ello los árboles regados durante el verano, carecen de esta plaga.

Los adultos van apareciendo desde julio hasta noviembre. El invierno lo pasa como larva pero también hay algunos adultos que lo hacen refugiados en las grietas de los árboles.

Daños ocasionados

Los daños ocasionados por *Capnodis tenebrionis* y *Capnodis cariosa*, son muy similares. Destacar que los daños producidos por *cariosa* generalmente son en arboles envejecidos.

Las larvas producen los daños importantes, atacando las raíces y provocando un debilitamiento general del árbol y en casos graves su muerte. También realizan galerías en el tronco y el cuello. Se encuentran durante todo el año en las raíces, a no más de 30 cm de profundidad.

Los adultos también causan daños pero no tan relevantes. Provocan defoliación en las partes altas al alimentarse de los peciolos de las hojas que quedan colgando solos en las partes altas de los frutales, lo que produce un desecamiento de brotes del frutal.

Estrategias de lucha

La lucha se centra en matar las larvas antes de que penetren en el cuello de la raíz o impedir la puesta, regando durante periodos secos, ya que los huevos son muy sensibles a la humedad.

También se puede emplear productos insectífugos para alejar a los adultos impidiendo que realicen la puesta. Se repartiría el producto alrededor del tronco y cubriéndolo con tierra.

Otra medida para evitar la puesta es rodear la base del tronco con tela metálica fina en forma de tronco de cono, cuya base mayor se hunde en la tierra evitando que los adultos hagan la puesta y la salida de las ninfas.

Se recomienda no escatimar en riegos y abonados para que el árbol este en buenas condiciones y tenga un exceso de savia que dificulte el ataque de la plaga.

En plantaciones ecológicas, se aplican productos como Spinosad, azadiractin y piretrinas naturales. También se realizan tratamientos con nematodos entomopatógenos (*Steinernema sp.* Y *Heterorhabditis sp.*) en la base del tronco, pero este tratamiento tiene efectividad limitada.

3.3. CHAETOPTELIUS VESTITUS

Clasificación taxonómica:

- Reino: Animalia
- División: Arthtopoda
- Clase: Insecta
- Orden: Coleoptera
- Familia: Curculionoidea
- Género: Chaetoptelius
- Especie: *Chaetoptelius vestitus F.*

Descripción

Es un insecto de la madera conocido como barrenillo taladrador de la yema. Su presencia es muy frecuente en las áreas de origen del cultivo, como en Irán, Turquía y Siria. Se tiene presencia en las plantaciones Españolas y en la flora del país, pero se mantiene con un nivel bajo de daños que puede aumentar en un futuro próximo.



Imagen 5. *chaetoptelius vestitus*. Fuente:
<http://www.padil.gov.au/pests-and-diseases/pest/main/142774/48573>

El estado adulto es un escarabajo ovalado de color marrón con una longitud de 2´5 a 3´5 mm. Las larvas son un poco más grandes, llegando a los 5 mm y de color blanco. Los huevos son transparentes de color blanco.

Ciclo de vida

Pasan el invierno en estado de huevo hasta llegados a marzo, cuando los adultos irán saliendo a alimentarse de los brotes y ramas hasta el verano. Hasta finales de octubre permanecerán en las galerías hechas por ellos mismos, donde realizarán la puesta de huevos a primeros de octubre, tanto en ramas secas como en ramas verdes. La eclosión de los huevos se producirá a los 19 días y las larvas se desarrollarán alimentándose bajo la corteza. Se produce una generación al año.

Daños ocasionados

Producen daños en brotes y ramas mediante orificios por debajo de las yemas vegetativas y de flor, que al poco tiempo se secan.

En general cada adulto solo produce daños en una sola yema, rara vez en varias yemas.

Estrategias de lucha

Para esta plaga no existen productos de lucha convencional eficaces y que estén autorizados. En la lucha ecológica, se utilizan productos a base de azadiractin, piretrinas naturales así como el polvo de ajo deshidratado como repelente.

Como medidas de manejo en la plantación se realiza la poda y quema de la madera afectada. En muchos países, es el único control que realizan sobre la plaga.

3.4. *VESPERUS XATARTI*

Clasificación taxonómica:



- Reino: Animalia
- División: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Coleoptera
- Familia: Cerambycidae
- Género: Vesperus
- Especie: *Vesperus xatarti* M.

Imagen 6. *Vesperus xatarti*. Fuente:

<http://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/data/media/4838/Vesperus-xatarti-557099.jpg>

Insecto muy polífago que ataca viña, frutales, olivo, árboles forestales incluso cultivos herbáceos, principalmente leguminosas. Conocida como castañeta, se tiene constancia de su presencia en la flora autóctona y en otros cultivos de España



Imagen 7. *Vesperus xatarti*. Fuente: <http://www.agrologica.es/imagen-plaga/vesperus-xatarti-larva-907-242-en.jpg>

El macho adulto mide 2 cm y la hembra 3 cm, de color oscuro y con antenas características. Son nocturnos y se esconden en hierbas y piedras durante el día. Los huevos son blancos, de 2-3 mm. Las larvas al inicio son cilíndricas de 2 -3 mm, que llegan hasta los 25 mm en su desarrollo.

Ciclo de vida

El invierno y verano lo pasan en reposo y su periodo de actividad se centra en primavera y otoño. Las hembras ponen cientos de huevos en las rajaduras de la corteza o el cuello de las plantas atacadas en otoño.

Al final de invierno nacen las larvas, que se caen al suelo e introducen en el terreno para alimentarse, devorando todas las plantas que se encuentran a su paso. Al principio se

alimentan de raíces tiernas, pero conforme crecen atacan también a las más gruesas que es cuando producen daños graves. La fase larvaria dura unos 2 o 3 años. Cuando las larvas llegan a la madurez pueden profundizar hasta 40 cm.

Tarda 3 o 4 años en completar su ciclo biológico

Daños

Voraz en su fase de larva, arrasando con las raíces que encuentra a su paso. Los daños más importantes se producen en plantaciones jóvenes y los síntomas más evidentes son la falta de vigor, la decoloración, descenso de la producción y en ocasiones puede morir la planta.

Estrategia

Su lucha es difícil por el tiempo que pasan bajo tierra. El momento más vulnerable es cuando se produce la eclosión de los huevos, a principios de primavera, antes de que las larvas lleguen al suelo.

Especial atención en parcelas próximas a olivos o vides afectadas por este coleóptero, las raíces de las nuevas plantaciones suelen sufrir ataques.

Como medidas culturales, labrando el terreno se destruyen muchas larvas. Prefieren suelos secos y pedregosos.

La lucha se realiza mediante granulados de clorpirifos (autorizado para el uso en pistacho) enterrados a unos 15 cm alrededor de la planta.

3.5. LABIDOSTOMIS LUSITÁNICA G.

Clasificación taxonómica:



- Reino: Animalia
- División: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Coleoptera
- Familia: Chrysomelidae
- Género: Labidostomis
- Especie: *Labidostomis lusitánica G.*

Descripción

También conocida como clitra, galeruca o escarabajillo, es muy común en toda la geografía de la península ibérica.

Los adultos miden de 6 a 12 mm de longitud y el color de su tórax es oscuro con cierto brillo metálico. Tienen las alas anteriores endurecidas y de color naranja con un punto negro pequeño en cada una.

Los huevos son al principio son de tonalidades claras, oscureciéndose con el paso del tiempo. Las larvas son de color crema y miden alrededor de 15 mm.

Suelen alimentarse de plantaciones frutales y arboles del genero *Quercus*.

Ciclo biológico

Realizan la puesta en las hojas y ramas de la maleza cercana a los hormigueros, donde las larvas se alimentaran de las sobras de los alimentos de las hormigas. Los huevos eclosionan a los doce días, dando lugar a las larvas que se refugiarán en el suelo y en hojas secas, hasta el estado adulto. Pueden darse dos generaciones aunque no es lo habitual.

Daños

Durante el mes de mayo y junio los adultos se mueven desde las malezas a las plantaciones. A partir de este momento, se alimentan de hojas y brotes tiernos. Pueden generar una gran defoliación de hojas en pocas horas en plantaciones jóvenes, que pueden llevar al debilitamiento y la muerte del árbol si el ataque es muy severo. Los arboles adultos solo son atacados cuando no hay jóvenes cerca.

Estrategias de lucha

El momento ideal para la aplicación de productos convencionales es cuando definitivamente han aparecido todos los adultos, es decir, cuando haya temperaturas estables que no descendan de los 10°C. Cualquier producto de ingestión y contacto tiene

resultados satisfactorios, como por ejemplo, el uso de la cipermetrina en otros cultivos. Para el pistacho, sería necesario solicitar la autorización de uso del producto.

Se pueden realizar aplicaciones a base de polvo de ajo deshidratado que actuara como repelente natural. También como medida ecológica curativa, existe la posibilidad de aplicar piretrinas naturales.

3.6. *MEGASTIGMUS PISTACIAE*

Clasificación taxonómica:



- Reino: Animalia
- División: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Hymenoptera
- Familia: Torymidae
- Género: Megastigmus
- Especie: Megastigmus pistaciae W.

Imagen 8. Hembra de *Megastigmus pistaciae*. Fuente:

<http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/database/media.dsmi?IMAGENO=chalc396&VALGENUS=Me>

Descripción

Se conoce su presencia en España y en muchos otros países pero donde causa daños importantes es en Estados Unidos, Turquía, Siria e Italia.

En estado adulto, son de un color amarillo dorado y un tamaño que oscila desde los 2 mm en macho y 2.6 en hembra, hasta los 3,5mm. El macho es un poco más oscuro y difícil de ver.

Ciclo

Inverna como larva en el interior de los frutos. En primavera pasa de pupa a una pequeña avispa, emergiendo a través de orificios en el fruto de 1 mm. Realizan la puesta entre mayo y junio en los frutos maduros que han quedado en el árbol o por el suelo.

Puede haber una segunda generación de adultos a mediados o finales de verano que también realice la puesta, cuyas larvas permanecerán en el interior del fruto hasta abril.

Daños

El insecto se alimenta directamente del fruto, lo que es un gran problema al producir una importante reducción de producción. El síntoma más evidente de su presencia, es el agujero que producen en la cascara del pistacho. El daño lo produce la primera generación de larvas.



Imagen 9. Agujeros en el pistacho. Fuente: <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/M/I-HY-MPIS-CD.002.html>

Estrategia

No existen tratamientos químicos autorizados para combatir esta especie, así que las medidas preventivas son fundamentales. Acabada la recolección del pistacho o durante el invierno, se recomienda limpiar el terreno y los árboles de los frutos que puedan quedar para evitar su presencia y propagación.

3.7. SAISSETIA OLEAE

Clasificación taxonómica:

- Reino: Animalia
- División: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Hemiptera
- Familia: Coccidae
- Género: Saissetia
- Especie: *Saissetia oleae*

Descripción

Conocida como caparreta negra o cochinilla negra, es un insecto picador-succionador. Ataca a cítricos, plantas ornamentales y sobre todo al olivo. Su presencia en España es frecuente, por la flora y por el olivo, pero donde ha causado daños graves es en Grecia y Estados Unidos.

Las hembras adultas tienen una forma semiesférica, de color marrón a negro abombado y poseen un relieve en forma de h característico. Miden entre 2 y 6mm de

longitud. Las larvas son parecidas al adulto pero más pequeñas, no llegando a los 4mm, de color más claro y en donde también se puede apreciar la forma de H.

Ciclo

Los adultos hembra se fijan al vegetal formando el caparazón donde ponen hasta 1000 huevos, de color rosado y menores de 1mm. La incubación dura unos 15-20 días. Al comienzo de la primavera, las larvas salen a buscar brotes jóvenes donde fijarse.

Sufre una primera muda cuando se fijan en los brotes jóvenes, y después vuelven a desplazarse a otras ramas y hojas, donde sufren la segunda muda. Cuando completan sus dos mudas, se dirigen a las ramas altas para transformarse en hembras adultas en verano.



Imagen 9. Hembra adulta en la derecha y joven en la izquierda.

Fuente: <http://www.landcareresearch.co.nz/science/plants-animals-fungi/animals/invertebrates/systematics/scale-insects/species-information-sheets/saissetia-oleae>

Los machos adultos apenas se conocen, ya que no son necesarios para la reproducción, siendo esta por partenogénesis.

En nuestras condiciones pueden llegar a desarrollarse dos generaciones, primavera y verano.

Los inviernos fríos y lluviosos, así como veranos cálidos y vientos secos, reducen su población.

Daños

Produce daños en primavera y verano, siempre que las temperaturas no sean superiores a los 32°C. El síntoma más evidente de su presencia es el ennegrecimiento que produce el hongo negrilla, consecuencia de la melaza que producen los individuos adultos.

La melaza negra que producen ennegrece y ensucia la vegetación y los frutos, impidiendo realizar correctamente la fotosíntesis y devaluando el valor del fruto.

A su vez, se produce un debilitamiento de los brotes y ramas colonizadas, efecto por succión de la savia. Impide el correcto desarrollo de nuevos brotes y disminuye la apertura de los frutos.

Estrategia

Como medidas de prevención es fundamental realizar podas de aireación para evitar una vegetación densa que favorezca su desarrollo. Evitar un exceso de abono nitrogenado y un exceso de riego, también es recomendable.

Debido a los depredadores de esta plaga, hay que prestar mucha atención a la lucha química, ya que puede acabar con la manera natural de controlarla. En plantaciones ecológicas, mantienen una reserva de fauna útil con setos vegetales y cubiertas herbáceas con una floración escalonada. Los enemigos naturales son: mariquitas depredadoras (*Scutellista cyanea* y *chilocorus bipustulatus*) e himenópteros parasitoides (*Metaphycus ssp.* y *Coccophagys*). Es conveniente que exista una amplia representación de depredadores, ya que le afectan en distintas fases de su desarrollo. Solo en caso de afectación muy importante con melazas ennegrecidas y sin presencia de enemigos naturales, se recomienda la aplicación en función de la aparición de larvas jóvenes a la salida del invierno, con aceite parafínico al 1.5% (con temperaturas inferiores a 28°C).

Para eliminar el hongo negrilla se pueden realizar aplicaciones a base de pulverizar con polisulfuro de calcio (permitido en cultivo ecológico).

El tratamiento químico se debe centrar sobre las larvas jóvenes. Una ventaja en el control de esta plaga es que su desarrollo es muy homogéneo, lo que permite combatir conjuntamente a todos los individuos. En el olivo, la materia activa autorizada es fosmet. Para el tratamiento en pistacho, la materia activa autorizada es el clorpirifo.

3.8. NEMATODOS. *MELOIDOGYNE SPP*



Clasificación taxonómica:

- Reino: *Animalia*
- División: *Nematoda*
- Clase: *Secernentea*
- Orden: *Tylenchida*
- Familia: *Heteroderidae*
- Género: *Meloidogyne*

Descripción

Su presencia se extiende por las zonas templadas del mundo y son múltiples los cultivos atacados por este nematodo, sobre todo hortícolas. Las especies más importantes de este género son *M.javanica*, *M.arenaria*, *M.hapla* y *M.incognita*.

Son pequeños gusanos cilíndricos en forma de hilo, con una longitud de 0.1 a 3 mm y un diámetro unas 20 veces menor que su longitud. Los adultos son fácilmente identificables por la presencia de un sistema reproductor. También se puede diferenciar entre los géneros. Generalmente, las hembras son redondeadas y los machos filiformes. Como el resto de nematodos, tienen el cuerpo sin segmentar rodeado de una piel dura y con simetría bilateral.

Prefieren climas calurosos, una humedad constante y suelos arenosos aunque también se desarrollan si falta alguna de estas condiciones.

Ciclo biológico

Presentan 6 etapas en su ciclo de vida: huevo, cuatro estadios juveniles y adulto. Los pasos entre estadios juveniles hasta el estado adulto, están separados por mudas. La primera muda ocurre dentro del huevo del que eclosionan en el principal estado infectivo del género. Con temperaturas entre 27.5 °C y 30 °C, el estado adulto es alcanzado en 17 días. A temperaturas inferiores a 15.4 °C o superiores a 33.5 °C, las hembras no llegan a alcanzar su madurez. Pasan la mayor parte de su vida en las agallas de la raíz, donde también realizan la puesta de huevos que eclosionan si la temperatura es cálida.

Pueden llegar a tener varias generaciones anuales.

Daños

Los síntomas son un poco confusos con otros sucesos que podrían estar afectando al árbol, ya que los daños característicos de *Meloidogyne* se producen en las raíces. Al principio, se aprecia un amarilleamiento y marchitez en las hojas y una reducción de cosecha.

En las raíces principales del pistachero se observan lesiones de color negro. El nematodo forma nódulos (engrosamientos) y agallas en las raíces de la planta deformándolas, impidiendo un desarrollo correcto y pudiendo llegar al marchitamiento de la planta por la obstrucción que producen en los vasos.

Estrategia de lucha

La prevención es fundamental ya que una vez infectada la parcela, es muy difícil erradicarla.

Antes de establecer una nueva plantación, si se detecta su presencia en el terreno se deben seleccionar portainjertos tolerantes (todos menos *Pistacia vera* L.). *Pistacia terebinthus* L. se considera resistente. La técnica de la solarización ha sido efectiva para reducir la población de la especie *Meloidogyne incógnita*

Se recomienda un adecuado mantenimiento de buenos niveles de materia orgánica en la parcela.

Un tratamiento efectivo comprobado es la biofumigación con la utilización de estiércoles y otro tipo de residuos agrarios.

Como control biológico se puede considerar a los enemigos naturales de los nematodos, un amplio grupo de organismos entre los cuales se encuentran los hongos parásitos de huevos donde destaca *Verticillium chlamydosporium*.

Respecto al tratamiento químico, se solicitará a la administración la autorización del uso de una de las siguientes materias activas para el pistacho: productos a base de etoprofos, fenamifos

3.9. NEZARA VIRIDULA

Clasificación taxonómica:



- Reino: Animalia
- División: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Hemiptera
- Superfamilia: Pentatomoidea
- Familia: Pentatomidae
- Género: Nezara
- Especie: Nezara viridula L.

Descripción

Conocida como chinche verde o simplemente chinche, es muy polífaga, atacando plantas tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas. Se encuentra en España y en zonas de origen del cultivo.

Los adultos tienen forma de escudo y son de color verde, miden unos 13 mm de largo y unos 8 mm de ancho.

Existen cinco estados ninfales que se diferencian por su tamaño y color. En el primer estado apenas miden 1 mm y alcanzan los 12 mm en el último.

Las primeras ninfas, una vez eclosionados los huevos, son de color rojo que se va tornando a un color marrón-rojizo oscuro conforme van creciendo. A partir del tercer estadio se aprecian claramente unas marcas blancas y amarillas. En el cuarto estadio, se pueden apreciar individuos oscuros e individuos claros, siendo estos últimos muy difíciles de hallar. Lo contrario ocurre en el quinto estadio, siendo muy complicado encontrar individuos oscuros, predominando los individuos claros que adquieren un color verde.

Ciclo biológico

Inverna en estado adulto refugiado en hojas secas o en el propio suelo, y en primavera, con temperaturas más suaves, realiza la puesta (entre 55 y 105 huevos) en el envés de las hojas. Los huevos eclosionan 5 o 11 días después dependiendo de la temperatura.

Estado ninfal	Duración
1	3 – 9 días
2	4 – 12 días
3	5 – 10 días
4	6 – 13 días
5	7 – 16 días

La duración de los estados ninfales va estrechamente ligada con la temperatura, ya que si estas son bajas, el número de días en cada estado aumenta.

La duración de vida del adulto es muy variable dependiendo de la época del año. Oscila entre un mes y 4 o 5 para los adultos que invernan. Pueden tener dos, tres o cuatro generaciones por año.

Daños

No son muy graves pero hay que tenerlos presentes. Al disponer de un aparato bucal chupador, extrae los jugos saviales de la planta y a su vez inyecta su saliva toxica. En hojas, brotes y ramitas puede marchitarlas. Cuando ataca frutos, estos no se desarrollan correctamente

Estrategias de lucha

En condiciones normales esta especie es controlada de manera natural por los parásitos de sus huevos, himenópteros de las familias *scelionidae* y *encyrtidae*. Las trampas luminosas serian efectivas para atrapar adultos por la noche, debido a su comportamiento nocturno.

Como ecológico se recomienda aplicaciones de aceite de parafina.

3.10. PLODIA INTERPUNCTELLA

Clasificación taxonómica:



- Reino: *Animalia*
- División: *Arthropoda*
- Clase: *Insecta*
- Orden: *Lepidoptera*
- Familia: *Pyrallidae*
- Género: *Plodia*
- Especie: *Plodia interpunctella* H.

Descripción

Su nombre común es polilla de almacén o polilla de la harina y se encuentra en todos los países productores de pistacho, debido a que ataca a muchos frutos y semillas almacenados y su hábitat es favorable en muchos climas.

Las larvas generalmente son de color blanquecino pero puede variar en función del tipo de alimentación. Poseen 5 pares de patas y suelen medir en su madurez de 9 a 19 mm. Las pupas son de color marrón.

En los adultos, la cabeza y el tórax es de color gris y sus alas anteriores poseen un color marrón-rojizo, midiendo de media 12 mm de largo y de 16 a 20 mm de envergadura.

Ciclo biológico

Una hembra puede llegar a poner desde 100 a 400 huevos generalmente por la noche, durante un periodo de 1 a 18 días. Los huevos de color blanco grisáceo eclosionan al cabo de una semana o menos tiempo si la temperatura es favorable (30°C). El periodo larval dura de 13 a 288 días dependiendo de la temperatura y la disponibilidad de alimento. Cuando están listas para pupar, se desplazan hasta un sitio adecuado para hacerlo. Por lo general existen de 4 a 6 generaciones por año con una duración de cada generación de 40 a 45 días.

Daños

Los adultos no producen daños. Al depositar los huevos dentro del grano del pistacho aprovechando la apertura de la cascara, las orugas destruyen por completo todo lo comestible. Su voracidad aumenta con la temperatura. Los daños se producen sobre todo en el almacén aunque también puede atacar a frutos pasados de madurez en el árbol.

Estrategia de lucha

Al ser una plaga ya conocida año tras año, se recomiendan hacer muestreos anuales a base de trampas de feromonas, para conocer el momento idóneo para realizar el tratamiento. Para evitar la infección de la producción en el almacén, se deben desinfectar previamente.

El control químico no es recomendable puesto que la plaga aumenta la resistencia año tras año.

Si se observan signos de la posible existencia de la plaga en el almacén, la producción se puede someter a tratamientos térmicos durante 24 horas, tanto fríos (-18°C) como cálidos (60°C). Además, se están desarrollando estudios utilizando parásitos de sus larvas y huevos, con resultados aceptables en laboratorio,

4. DAÑOS CAUSADOS POR VERTEBRADOS

Los ataques de estos animales ocasionan graves daños en las plantaciones dependiendo de la fase en la que se encuentre el cultivo y del tipo de animal. En la península

ibérica los ataques más frecuentes son producidos por roedores como conejos y liebres, aves como las urracas, los estorninos y los rabilargos y en algunas zonas también producen daños los ciervos y corzos.

El manejo de plagas de vertebrados es complicado, pero de manera generalizada se pueden aplicar repelentes en aquellos lugares donde se detectan mayores daños causados por la plaga, aunque los tratamientos deben ser constantes manteniendo su acción en el tiempo.

4.1. CONEJOS (*Oryctolagus cuniculus*) Y LIEBRES (*Lepus granatensis*):

Dañan la corteza de los árboles, los brotes tiernos recién injertados y producen daños en las tuberías de riego.

Si la plantación está en una zona con una gran presencia de estos roedores, es necesario colocar al inicio de la plantación protectores de malla resistentes bien enterrados y con suficiente altura (60 – 90 cm).

4.2. URRACA (*Pica pica L.*) Y RABILARGO (*Cyanopica cyanus B.*):

Si las poblaciones son muy elevadas, la pérdida de cosecha puede ser muy importante. Se llevan el fruto fuera del árbol y lo abren para alimentarse, ya que pueden romper la cascara. El rabilargo es más frecuente en la mitad sur de la península.

4.3. ESTORNINOS (*Sturnus unicolor T.*):

Los daños son importantes si la población es muy elevada.

5. ENFERMEDADES DEL PISTACHO

5.1. *Alternaria alternata*

Clasificación taxonómica

- Reino: *Fungi*
- División: *Ascomycota*
- Clase: *Dothideomycetes*
- Orden: *Pleosporales*
- Familia: *Pleosporaceae*
- Género: *Alternaria*
- Especie: *Alternaria alternata*

Descripción

Simplificada muchas veces como ALT y también conocida como tizón tardío o alternaria es frecuente en todos los países, con daños importantes sobre el pistacho en

Estados Unidos y Turquía. En España ataca a diversos cultivos hortícolas así como cítricos. Es una enfermedad causada por diversos hongos.

Ciclo

Los conidios se propagan a través del aire, el agua libre, el efecto de salpicado con las lluvias o a través de algún animal. Si existe suficiente humedad y calor los conidios germinan e infectan a la planta a través de la cutícula, por una lesión o por medio de los estomas, provocando alteraciones en los procesos fisiológicos de la planta.

Si las condiciones no son adecuadas, las esporas pueden permanecer en el terreno varios años hasta que las condiciones sean favorables para desarrollarse, persistiendo en restos del cultivo y malezas cercanas.

Su esporulación es óptima a partir de 27 °C con unas condiciones húmedas y baja o nula, con temperaturas inferiores a 15 °C y superiores a 35 °C.

Daños

Se producen tanto en hojas como en frutos. Desde la infección del árbol al desarrollo de los síntomas pueden pasar solo seis semanas. La mayor infección se produce desde mediados de verano hasta otoño.



Imagen 10. Detalle de daños en hojas.
Fuente: "Buried drip irrigation reduces fungal disease in pistachio orchards"

En las hojas, peciolo y/o principales nervaduras de las hojas se producen manchas angulares o redondeadas (3 – 7mm diámetro) de color marrón oscuro o negro y esporulación en el centro (al contacto con los dedos mancha). Al final del crecimiento casi todas las manchas son de color negro. Esto produce una defoliación temprana si el ataque es grave.

En el fruto produce una depreciación visual que reduce su valor comercial incluso, si la infección es grave, algunos frutos se ennegrecen y agrietan, haciéndolos inservibles. En los frutos inmaduros aparecen manchas de color negro de un milímetro de diámetro. En los frutos maduros las manchas son del mismo color pero llegan a los 5 mm de diámetro.



Imagen 11. Detalle fruto atacado. Fuente:

<http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/files/74211.pdf>

Estrategia de lucha

Respecto al diseño de la plantación, hay que evitar que el riego sea de aspersión o de inundación. El riego será subterráneo en zonas con elevada humedad ambiental, cuando los suelos sean profundos. Si disponemos de riego por goteo y sufrimos una grave infección, evitaremos regar los primeros días de agosto. En cualquier caso, un severo estrés hídrico favorecerá la infección.

El mantenimiento de la plantación es muy importante. Es fundamental realizar la limpieza interior del árbol mediante podas ligeras todos los años, realizar una quita y quema de material vegetal de desecho, como racimos y ramas secas o frutos afectados.

Una técnica para evitar una mayor dispersión si la enfermedad está presente es recoger los primeros frutos una vez maduros porque actuaran como una fuente de infección al resto.

En producciones ecológicas, algunas casas comerciales recomiendan oleato potásico.

También se utiliza como acción preventiva y en algunos casos curativa, derivados de la planta *Equisetum arvense* L. contra esta enfermedad, ya que actúa como fungicida al existir la presencia de una saponina toxica para los hongos llamada equisetonina, que actúa favoreciendo el engrosamiento de las paredes celulares de la planta, lo que impide la penetración de los hongos.

Está autorizado para combatir esta enfermedad en el pistacho el uso de caldos cúpricos para pulverizar.

5.2. *Armillaria mellea*

Clasificación taxonómica

- Reino: Fungi
- División: *Basidiomycota*

- Clase: *Agarcomycetes*
- Orden: *Agaricales*
- Familia: *Physalacriaceae*
- Género: *Armillaria*
- Especie: *Armillaria mellea*

Descripción

Se conoce como podredumbre blanca de la raíz, frecuente en todos los países, aunque no suele causar daños muy graves en las plantaciones.

EL hongo causante es muy polífago y puede permanecer años en la parcela. Ataca a diversas especies como a todos los frutales, cítricos, olivos, plantas ornamentales y especialmente a la vid.

Ciclo biológico

El hongo permanece en el suelo asociado con estructuras orgánicas vivas o muertas siempre que estén húmedas, lo que le permite permanecer muchos años en el terreno, incluso décadas. En esta fase saprofita se forman rizomorfos subterráneos que crecen hasta que encuentran raíces sensibles de huéspedes, donde los rizomorfos penetraran.

A continuación se producira la infeccion generalizada del sistema radicular de la planta huesped hacia el cuello. Las raices infectadas por el hongo que permanecen en el suelo emitiran rizomorfos que expandiran la infeccion por el terreno completandose el ciclo.

Existe otro modo de difusion que puede ocurrir en otoño si aparece su cuerpo fructifero (setas), que liberan basidiosporas que son dispersadas por el viento. Si las condiciones ambientales son buenas, germinan, estableciendo un proces de infeccion.

Daños

Un árbol puede pasar muchos años sin mostrar síntomas de la enfermedad.

Estos síntomas no son nada específicos ya que empiezan con una clorosis general, y el debilitamiento del árbol. Es parecida a la que sufren por asfixia radicular o condiciones edáficas desfavorables. Los síntomas más claros son la presencia de rizomorfos en las raíces y sobre su corteza, se desarrolla un micelio con aspecto de hilo de coser blanco al principio que varia a una coloración pardusca y casi negra. La madera exterior aparece descolorida y en el cuello del árbol la corteza se separa fácilmente.

Normalmente suele atacar a partir del 3 o 4 año de plantación, en todo tipo de tierras (especialmente seco) prefiriendo horizontes profundos, donde causa la pudrición de tejidos vivos duros de las raíces del huésped. En la parte aérea causa amarilleo, una menor brotación y perdida de turgencia de las hojas, que se desarrollan tarde y se caen pronto. También puede causar marchitez súbita de la planta en periodos de estrés hídrico.

La enfermedad avanzara desde un árbol infectado, extendiéndose a los próximos.

Estrategias de lucha

La lucha directa es muy difícil porque los hongos además de los rizomorfos, pueden emitir un micelio resistente durante varios años llamado esclerocio, y en muchas ocasiones el resultado de la lucha es ineficaz, así que la prevención será fundamental.

En el diseño de la plantación habrá que evitar parcelas con un mal drenaje o con suelos pesados. Si el hongo tiene una fuerte presencia antes de la instalación de la plantación, una biofumigación o solarización puede dar un resultado efectivo.

El diseño y manejo del riego también es muy importante, debiendo de colocarse alejado del tronco y combatir los periodos largos de sequia así como evitar los riegos excesivos.

El crecimiento de los arboles debe mantenerse equilibrado para evitar crecimientos débiles por una mala gestión que faciliten la infección.

Alguno estudios nombran a los pies *Pistacia terebinthus* L y el hibrido UCB1 como tolerantes a esta enfermedad.

Como tratamiento ecológico algunas casas comerciales venden productos a base de compuestos de extractos naturales con buena efectividad. La aplicación de hongos del genero *Trichoderma* muestra control sobre *Armillaria* siempre que este haya sido reducido anteriormente, con una gran infección no es efectivo.

Si se produce una grave infección habrá que arrancar los arboles afectados y los próximos a ellos, con especial atención a sacar la totalidad de las raíces.

5.3. *Aspergillus spp* (*A. flavus*, *A. melleus* y *A. niger*)

Clasificación taxonómica

- Reino: Fungi
- División: *Ascomycota*
- Clase: *Eurotiomycetes*
- Orden: *Eurotiales*
- Familia: *Trichocomaceae*
- Género: *Aspergillus*

Descripcion

Su nombre vulgar para este género es hongo de los frutos y son varias las especies como *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus niger* las que producen daños y perdidas en las producciones. Las especies se diferencian por el tamaño, la tasa de crecimiento, la textura y el color.

Las especies de este género atacan distintos huéspedes como cereales (especial en el maíz), la vid, diversas hortalizas, el cacahuete o el pistacho.

Su presencia está repartida por todo el mundo pero donde más daño ha causado es en las producciones de las plantaciones de Estados Unidos, Turquía e Irán.

Ciclo biológico

Crece en cualquier tipo de sustrato, especialmente en suelos y materiales en descomposición y sus esporas, que se propagan por el viento y el polvo, pueden sobrevivir a 70 °C.

El ciclo comienza en primavera-verano cuando se infectan los frutos. Esta infección se produce por la esporulación de las conidias, sobre todo en los racimos de flores masculinas caídos al suelo. Pueden tener reproducción sexual (formación de acosporas) o asexual (formación de conidios).

En otoño-invierno los frutos momificados se convierten en almacenes de esporas. Esto conlleva un aumento de la densidad del hongo en el aire, aumentando también la probabilidad de infecciones posteriores.

El óptimo desarrollo de los hongos se sitúa entre 35 °C y 37 °C y se detiene con temperaturas mayores a 40 °C o inferiores a 8 °C. Se desarrolla con humedades relativas superiores al 85%.

Daños

Los daños se suelen producir en frutos con heridas y generalmente antes de la recolección aunque también pueden producirse durante el almacenamiento. Pueden ser graves si se producen abundantes lluvias en primavera o antes de la recolección.

El fruto cambia de color beige a amarillo brillante y se producen manchas amarillas, marrones o negras en la cascara.



Imagen 12. En la izquierda, frutos saludables. A la derecha infectados. Fuente: "Buried drip irrigation reduces fungal disease in pistachio orchards"

No todas las especies de este género producen aflatoxinas (micotoxinas), pero la presencia de la especie sí aumenta las posibilidades de que se produzcan.

A. niger causa la pudrición del fruto y puede manifestarse con esporas negras en la superficie. *A. flavus* y *A. parasiticus* si pueden crear aflatoxinas, micotoxinas perjudiciales para el ser humano que veremos en su propio apartado.

Estrategia de lucha

Se recomienda evitar el estrés hídrico durante el mes de mayo, para reducir el número de frutos rajados y con ello la posible infección posterior. Si aun así se han producido frutos rajados, debemos separarlos y destruirlos por completo.

Como prevención o estrategia de lucha se pueden utilizar tratamientos para la alternaria y la botriosfera.

5.4. *Botrytis cinérea*

Clasificación taxonómica

- Reino: *Fungi*
- División: *Ascomycota*
- Clase: *Leotiomycete*
- Orden: *Helotiales*
- Familia: *Sclerotinicaeae*
- Género: *Botrytis*
- Especie: *Botrytis cinerea/Botryotina fuckeliana B.*

Descripción

El hongo es saprofita y muy polífago, atacando a plantas ornamentales, frutales, cítricos, cultivos hortícolas y vid. Se encuentra en todos los países productores pero donde ha causado daños importantes es en Estados Unidos, debido a la sobreexplotación del cultivo. En España ha causado numerosos daños en el cultivo de la vid.

Se le conoce vulgarmente con los nombres de podredumbre gris o moho gris. Se desarrolla en ambientes muy húmedos, siendo el punto óptimo un 95% de humedad, aunque la reproducción asexual mediante conidióforos se inicia a partir de un 75% si la temperatura es favorable.

Se transmite principalmente a través del aire, con el agua de riego o con la lluvia al salpicar las gotas tras el impacto.

Ciclo

Cuando las condiciones no son favorables, inverna como esclerocio o micelio resistente en el suelo, sobre plantas que ha infectado y sobre todo, restos de plantas en descomposición. Cualquier actividad que produzca un movimiento del suelo o donde se halle el micelio, favorecerá su propagación. El micelio requiere un clima húmedo y temperaturas

entre 18°C y 23°C para que se desarrolle, germine y libere sus esporas para la posterior infección.

Las condiciones favorables para el desarrollo de conidias se suele dar en primavera, con climas húmedos y temperaturas suaves, las cuales propagaran la enfermedad contaminando partes de la planta con la ayuda del viento o la lluvia.

La penetración de las conidias en los tejidos vegetales puede ser directa pero se favorece por la presencia de heridas en el tejido vegetal atacado, o después de que se hayan desarrollado durante cierto tiempo y hayan producido micelio. Este micelio se desarrolla y destruye el órgano parasitado saliendo al exterior formando conidias de un color grisáceo. Las conidias producen sucesivas contaminaciones si las condiciones son favorables. Rara vez penetran directamente en tejidos que muestran un crecimiento activo. Al llegar el otoño forman sus órganos de conservación.

Desde la inoculación hasta el desarrollo de los síntomas a penas transcurren 24 horas.

Daños

Penetra en el tejido vegetal a través de heridas, aberturas naturales o mediante actividades enzimáticas que maceran el tejido de la planta y que posteriormente es invadido. Una vez en el interior, mata las células adyacentes de donde ha penetrado.

El primer síntoma en el pistachero es el marchitamiento de brotes tiernos que pueden llegar hasta su pudrición, afectando en especial a las flores masculinas. Después se marchitan las hojas en las que se pueden apreciar lesiones circulares. Los racimos acaban secándose.



Imagen 13. Panícula joven afectada a la dcha, primeros síntomas a la izqda..Fuente:
<http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/Pistachio.aspx>

La infección se produce a finales de primavera, entre mediados de abril y mediados de mayo, pero si la estación es lluviosa, se puede alargar más tiempo.

Estrategias de lucha

Como prácticas culturales hay que evitar exceso de abono nitrogenado que favorecerá su desarrollo y favorecer la circulación del aire en el árbol. Para evitar situaciones innecesarias de humedad que permitan desarrollar el hongo, se debe hacer un correcto y eficiente manejo del riego asegurándonos en todo momento de que exista un buen drenaje en la parcela. Se recomienda eliminar las malas hierbas y quemar las partes afectadas como brotes o frutos tras la recolección.

Como lucha química, se puede solicitar la autorización para la aplicación de fungicidas a base de fenhexamida, aunque se han descrito regiones donde la enfermedad es resistente a los fungicidas.

En primaveras muy húmedas y frescas el fungicida a base de fenhexamida es muy recomendable, aplicándose en abril y mayo. Actúa formando una capa protectora en la planta resistente al lavado por lluvias e inhibiendo el crecimiento micelial y de tubos germinativos.

En plantaciones ecológicas se realizan tratamientos preventivos a base de caldo bordelés y tratamientos para combatirla de propóleo natural y en base a *Equisetum arvense* L. (sin mezclar con según que materias como jabón potásico o purín de ortigas entre otros.).

Alternativas biológicas y culturales deberán ser acompañadas de tratamiento químico para el manejo efectivo de la enfermedad.

5.5. *Botryosphaeria dothidea*

Clasificación taxonómica:

- Reino: *Fungi*
- División: *Ascomycota*
- Clase: *Dothideomycetes*
- Orden: *Botryosphaeriales*
- Familia: *Botryosphaeriaceae*
- Género: *Botryosphaeria*
- Especie: *Botryosphaeria obtusa*

Descripción

Conocida como botriosfera (BT), es un hongo que ataca a más de 50 especies en las que cabe destacar el almendro y el nogal.

Se conoce su presencia en Grecia, Italia, España y sobre todo en California, donde ha causado daños importantes, alcanzando el 100% de la producción en algunas plantaciones en el año 1998.

Daños



Imagen 14.Daños en las panículas. Fuente: Centro Agrario el Chaparrillo

Los síntomas suelen aparecer desde mediados de primavera hasta finales. Si al iniciarse la brotación no se producen brotes o son anormales, significa que la yema de la que proceden está infectada, aunque los síntomas más claros son la marchitez de las hojas y los racimos, que permanecen momificados.

Si afecta a las hojas, estas comienzan a caerse en julio para producirse una defoliación completa a finales de verano, produciendo un debilitamiento del árbol. Las yemas de flor afectadas no se desarrollan y se secan.

En los frutos se produce la infección a través de heridas de distintos hemípteros a mediados de verano, y se aprecia en puntos de color negro que aumentan su tamaño. El fruto acaba arrugándose cambiando a un color grisáceo haciéndolo inservible.

Ciclo

Inverna en yemas, heridas, peciolas o brotes del año anterior, siendo una fuente de inoculo. Es en primavera cuando se dispersan las conidias por el árbol y el suelo, generalmente con la lluvia aunque también sucede por la acción de los insectos, las aves o el agua de riego. La infección se produce cuando germinan las picnidiosporas que penetran en los estomas de las hojas y en los brotes tiernos.

Las condiciones favorables para su desarrollo se dan con una humedad ambiental elevada, mayor de 10 horas seguidas, y una temperatura optima entre 27°C y 33°C. Pocos picnidios se desarrollan a 10°C y no lo hacen por debajo de 6°C. Si se producen periodos muy secos y periodos muy húmedos, la infección puede ser mayor.

Se produce un mayor desarrollo de la enfermedad cuando nos aproximamos al verano, cuando se suelen dar mejores condiciones que suelen durar hasta principios de otoño.

Estrategias de lucha

Aunque es difícil cuando la enfermedad se desarrolla unos años, se puede combatir (previa autorización para su uso en el pistacho), mediante los siguientes fungicidas como el azoxistrobin, trifloxistrobin, pirimetanil, tebuconazol e iprodiona, que producen buenos resultados, aplicándose desde floración hasta verano. Este tratamiento junto con prácticas culturales como eliminar y quemar las ramas afectadas y realizar un buen manejo del riego, produce resultados satisfactorios.

Hay que evitar el estrés hídrico en el árbol, tiempos prolongados de riego y métodos como el riego por aspersión, que mojan las hojas y otras partes del árbol que pueden ser atacadas.

Es interesante el mantener buenos niveles de potasio en los arboles. Esto junto con aplicaciones a base de nitrato de calcio puede reducir la enfermedad.

En plantaciones ecológicas llevan a cabo podas selectivas, encaminadas a reducir la humedad ambiental en los arboles y a eliminar las malas hierbas en la plantación y alrededores. Con esto último se consigue reducir la incidencia de los hemípteros, vectores que propagan la enfermedad.

El cultivar Kerman es muy susceptible a la enfermedad.

5.6. *Nematospora coryli* P.

Clasificación taxonómica

- Reino: Fungi
- División: *Ascomycota*
- Clase: *Saccharomycetes*
- Orden: *Saccharomycetales*
- Familia: *Eremotheciaceae*
- Género: *Eremothecium*
- Especie: *Nematospora Coryli* P./ *Eremothecium coryli* K.

Descripción

Conocida como pudrición del grano o estigmaticosis, es frecuente en todos los países y zonas de origen produciendo daños importantes excepto en España, donde todavía no se ha certificado su presencia. Se detecta al final de la temporada después de que insectos hemípteros, vectores de la enfermedad, produzcan daños en el grano interior.

Ciclo biológico

No se tiene mucha información de su ciclo, lo único que el hongo se desarrolla entre julio y septiembre en el interior del grano, transmitido por hemípteros que hayan podido causar heridas.

Daños

La enfermedad produce daños en el fruto haciéndolos inservibles, lo que perjudica su valor comercial y la rentabilidad de la explotación.

No existen síntomas externos visibles, solo se percibe la enfermedad en el interior del fruto, por malformaciones de este, contenido de humedad o el propio olor del grano. El tamaño del grano también vale para identificar la enfermedad, cuando es pequeño y de color verde oscuro, o cuando tiene un tamaño normal pero de color blanco y con una textura blanda.

Estrategia de lucha

Como medida preventiva es fundamental evitar el riego por aspersión al aumentar la humedad en el ambiente y con ello, la densidad del hongo en el ambiente.

Aplicaciones de fungicidas no son efectivas contra el hongo como tal, por ello debemos centrarnos en combatir los hemípteros que lo transmiten.

5.7. *Pileolaria terebinthi* Castagne

Clasificación taxonómica:

- Reino: *Fungi*
- División: *Basidiomycota*
- Clase: *Pucciniomycetes*
- Orden: *Pucciniales*
- Familia: *Pileolariaceae*
- Género: *Pileolaria*
- Especie: *Pileolaria terebinthi*

Descripción

Conocida como roya de la cornicabra, su presencia existe en los siguientes países; Irán, Grecia, Turquía y España.

Daños

En las hojas aparecen manchas redondeadas o irregulares, de color pardo - rojizo, rodeadas de un halo amarillento, a veces con perforación del limbo. Con el tiempo, las manchas se oscurecen y el halo amarillento toma aspecto de costra cuando las estructuras reproductoras maduran. Esto se va extendiendo hasta acabar necrosando todo el tejido.



Imagen 15. Manchas producidas por Pileolaria. Fuente: Centro Agrario El Chanarrillo

En los nervios las manchas siguen la forma de estos. También se pueden apreciar pústulas incrustadas en inflorescencias y frutos ocasionando la deformación y /o caída de estos. Es una infección grave ya que la defoliación de los arboles puede llegar a ser importante.

Ciclo

El hongo que produce esta enfermedad se transmite por medio del aire. Pasa el invierno en las hojas (caídas o en el árbol) frutos o ramas y germina a finales de invierno o inicio de la primavera, tras las primeras lluvias y con una temperatura mayor de 15°C. La dispersión e infección se produce cuando la temperatura se sitúa entre los 20°C y los 25°C infectando hojas jóvenes sobre todo.

Estrategia de lucha

Como inverna en hojas, frutos o ramas, para reducir su presencia al siguiente año hay que quemar las hojas caídas, los frutos momificados y la madera de la poda.

Se pueden aplicar fungicidas como medida preventiva antes de la brotación, como oxiclورو de cobre. En ecológico se realizan aplicaciones de oleato potásico o *Equisetum arvense* L.

Respecto a los portainjertos, todos son sensibles, aunque algunos autores nombran una mayor tolerancia de *P.terebinthus* L. y *P. atlántica*. D.

5.8. *Septoria* spp.

Clasificación taxonómica:

- Reino: *Fungi*
- División: *Ascomycota*
- Subdivisión: *Dothideomycetes*
- Orden: *Capnodiales*
- Familia: *Mycosphaerellaceae*
- Género: *Septoria*

Descripción

Conocida como septoriosis o mancha foliar, es una enfermedad criptogámica provocada por hongos del genero *Septoria*. Se tiene constancia de su presencia en todos los países productores, principalmente como *Septoria pistacina* y *Septoria pistaciarum*. Le favorece un tiempo fresco y húmedo. En España se encuentran diversas especies de este género que atacan a cultivos de cereal con un débil desarrollo vegetativo. En Turquía esta enfermedad ha producido pérdidas de hasta un 100% de la cosecha.

Daños

Se aprecian pequeñas manchas necróticas marrones - anaranjadas e irregulares en hojas y frutos que pueden aumentar su tamaño con el paso del tiempo, decolorándose el centro de la mancha. Esto provoca en las plantas una disminución de la superficie foliar útil llegando a secar las hojas y produciendo una defoliación muy temprana que debilita al árbol.



Imagen 16. Daños. Fuente:

[http://aces.nmsu.edu/ces/plantclinic/septoria leaf spot and a.html](http://aces.nmsu.edu/ces/plantclinic/septoria_leaf_spot_and_a.html)

Ciclo

El hongo permanece en las hojas caídas en invierno. Llegados a finales de abril, las ascosporas se encuentran maduras y listas para liberarse y producir la infección. Esto se producirá si las lluvias de finales de primavera y comienzos de verano son abundantes y cuando la temperatura alcance los 10°C.

Estrategias de lucha

Como medidas de prevención hay que evitar un exceso de abono nitrogenado así como el sistema de riego por aspersión. Hay que favorecer la aireación del cultivo.

Como tratamiento preventivo, se pueden realizar dos aplicaciones de clortalonil en julio y agosto.

De los probados hasta ahora, el tratamiento más efectivo se realizó en Estados Unidos, con dos aplicaciones a base de trifloxistrobin. Otros tratamientos a base de azoxistrobin o propiconazol o hidróxido de cobre también dieron resultados positivos. Todas las materias activas redactadas para combatir la *Septoria*, deberán ser autorizadas por la administración para su uso en el pistacho.

Para ecológico, aplicaciones a base de oleato potásico o *Equisetum arvense* L. (cola de caballo) y preventivos a base de sales de cobre (Caldo bordelés, oxiclورو...) también dieron resultados efectivos.

5.9. *Verticillium dahliae* Kleb.

Clasificación taxonómica:

- Reino: *Fungi*
- División: *Ascomycota*
- Clase: *Sordariomycetes*
- Orden: No asignado
- Familia: *Plectosphaerellaceae*
- Género: *Verticillium*
- Especie: *Verticillium dahliae* K.

Descripción

Conocida como verticilosis o marchitez, es una enfermedad de origen fúngico bastante común en países de la zona mediterránea, afectando a diversos cultivos como el olivo, el pimiento, la alfalfa, el tomate, otros frutales, incluso a malas hierbas. Tiene distintas cepas que afectan con distinta intensidad al huésped. Las primeras plantaciones realizadas en California sobre *Pistacia atlántica* fueron arrasadas por este hongo. Tras esto, se desarrollaron investigaciones en las cuales se pudo comprobar la mayor tolerancia de los portainjertos *P. terebinthus* L. y *P. integerrima* S., así como algunos árboles del híbrido UCB1.

Daños

El hongo infecta al árbol por la raíz y rara vez penetra por otra parte. Se va extendiendo desde la raíz a los brotes obstruyendo a su vez el xilema, lo que impide el paso de nutrientes y agua, sin observarse en el cuello ninguna mancha ni necrosis, pero al cortar transversalmente el tallo se aprecia la necrosis de los vasos en forma de una mancha oscura irregular.

El árbol infectado pierde vigor y reduce su crecimiento. Las hojas de las ramas afectadas comienzan a amarillear hasta secarse produciéndose una gran defoliación excepto unas pocas, que una vez amarilleadas, se enrollan y quedan adheridas. Este síntoma se observa muy bien entre octubre y noviembre. Finalmente se produce la muerte de la planta dependiendo de la gravedad de la infección.



Imagen 17. Daños en pistachero. Fuente: Centro Agrario El Chaparrillo

Ciclo

El hongo se encuentra en la tierra donde puede permanecer hasta 14 años sin plantas huésped. Al contacto con una raíz en condiciones favorables para su desarrollo, emite un filamento que le permite penetrar hacia el sistema vascular y germinar. Una vez en el árbol, el hongo progresa lentamente hacia arriba. Solo cuando la enfermedad está en un estado muy avanzado se produce un crecimiento fuera de los tejidos vasculares. Su crecimiento suele producirse a partir de primavera cuando las temperaturas se sitúan entre 20°C y 28°C y existe humedad en el suelo. Al producirse la defoliación, las hojas caídas al suelo se descomponen y el hongo vuelve a pasar a la tierra, reiniciándose el ciclo.

Estrategia de lucha

Es una enfermedad muy difícil de combatir debido a su longevidad en el suelo, la cantidad de plantas a las que afecta y la poca eficacia de la lucha química. Por ello las medidas más importantes son las preventivas.

Al realizar una nueva plantación hay que asegurarse de que el hongo no está en el terreno mediante un análisis. Hay que evitar plantar en parcelas con cultivos predecesores de hortalizas o algodón debido a la alta probabilidad de la existencia de esta enfermedad. Se podría aplicar la técnica de solarización para descontaminar la parcela antes de introducir la nueva plantación pero si las condiciones son favorables para el desarrollo del hongo, volverá a tener niveles problemáticos.

Respecto al diseño de la plantación hay que asegurar un buen drenaje de la tierra evitando encharcamientos, establecer marcos de plantación anchos, elegir portainjertos tolerantes, desarrollar un sistema de riego localizado separando los goteros del pie del tronco y haciendo un uso correcto de él, ajustando la dosis y la frecuencia de riego correctamente.

También es recomendable evitar un severo estrés hídrico porque eleva la probabilidad de infección.

Si aun con las medidas preventivas la enfermedad acaba infectando algún árbol, las ramas y partes afectadas se han de cortar y quemar, incluso las hojas caídas. Si la densidad de la enfermedad no es muy elevada, tratamientos a base de cubiet 50% mejorarían el estado general de la plantación.

Otra técnica desarrollada en ecológico si las condiciones son optimas, es aplicar a la plantación con el riego o en sustrato, inóculos de hongos antagonistas (*Trichoderma spp.*), de hongos micorrizicos (*Glomus mossae*) y/o bacterias antagonistas (*Bacillus subtilis* y *Pseudomonas Fluorescens*) para combatir la presencia de la enfermedad.

5.10. *Phytophthora spp.*

Clasificación taxonómica

- Reino: Chromista
- División: Oomycota
- Clase: *Peronosporae*
- Orden: *Peronosporales*
- Familia: *Peronosporaceae*
- Género: *Phytophthora*

Descripción

Diversas especies de este género producen daños en plantaciones de pistacho como *Phytophthora capsici* L., *Phytophthora nicotianae* (pudrición del cuello o de la raíz) y *Phytophthora citrophthora* (gomosis) presentes en muchos países productores y con daños tan importantes como los producidos en Irán, donde las plantaciones no son mayores de 30 años porque las antiguas fueron arrasadas por la gomosis. Se considera a la pudrición de cuello uno de los problemas más graves de las plantaciones de pistacho en regadío. En España se conoce la presencia de 18 especies de este género que causen daños en los cultivos.

Son hongos de la tierra que sobreviven como saprofitos en compuestos orgánicos pero actúan como parásitos cuando las condiciones ambientales son favorables.

Las especies de este género suelen atacar árboles frutales en general, así como cultivos de regadío y cultivos de hortalizas.

Sus esporas se esparcen a través del agua por la superficie de la tierra.

Ciclo biológico

Las especies del género *Phytophthora* presentan dos tipos de reproducción: asexual (con la formación de clamidosporas y esporangios, que contienen las zoosporas) y sexual (mediante la formación de oosporas).

Si el clima es seco en algún periodo, estos hongos sobreviven muchos años permaneciendo como oosporas en el suelo o en los desechos de las raíces. En condiciones favorables con una alta humedad en el ambiente y temperaturas cálidas, el hongo produce esporangios que liberan zoosporas, que son atraídas por sustancias que emite la propia raíz del huésped.

Una vez en contacto con las raíces, las zoosporas germinan e infectan el área adyacente, penetrando por la punta de la raíz y avanzando por el cortex, produciendo la podredumbre de la raíz.

El ciclo se repite mientras las condiciones sean favorables y se disponga de tejido al que atacar.

La podredumbre del pie o gomosis aparece cuando las zoosporas son esparcidas por encima de la unión del injerto. La infección se produce debido a una herida o grieta de la corteza alrededor de la base del tronco en condiciones húmedas. Estas lesiones no suelen producir inoculo para posteriores infecciones.

Daños ocasionados

Las esporas infectan a las plantas a través de heridas en el árbol o zonas de la corteza débiles, a través del micelio que generan.

Las especies *Phytophthora capsici* L. y *Phytophthora nicotianae* causan pudrición en el cuello de la corteza y/o pudrición en el sistema radicular a nivel del cuello del árbol, lo que le impiden realizar una correcta absorción de agua y nutrientes produciendo un debilitamiento general del árbol con peligro de muerte y una reducción del crecimiento. Pueden apreciarse exudaciones de goma en las ramas del árbol.

La enfermedad de la gomosis se produce por varias especies del genero, pero la infección por *Phytophthora citrophthora* se considera la más agresiva. Se muestra al principio en la base del tronco donde exuda goma de color oscuro. Los tejidos internos mueren hasta la corteza exterior y se van secando por lo que se resquebraja. También se aprecia un amarilleamiento de las hojas y un lento y progresivo decaimiento del árbol pudiendo ser confundidos con nematodos, problemas de salinidad o encharcamientos.

Estrategias de lucha

El diseño de la plantación es fundamental pues habrá que descartar realizarla en terrenos de textura arcillosa y en terrenos con un mal drenaje.

Si se conoce la presencia de la enfermedad antes de realizar la plantación, se puede realizar una biofumigación o solarización con resultados efectivos aunque también existen experiencias que demostraron que no es un tratamiento viable.

La utilización de portainjertos tolerantes también es un factor a tener en cuenta ya que algunos autores han nombrado la resistencia de algunos pies de *P. terebinthus* L., pero no se ha demostrado en su totalidad.

En el manejo de la plantación hay que evitar heridas en el árbol que permitan la incursión del hongo, facilitar un crecimiento equilibrado del árbol y evitar riegos excesivos.

En el caso de *Phytophthora capsici* L se recomienda mantener libre de hierbas la base del tronco de la planta, así como alejar el sistema de riego de la base del tronco. Algunos agricultores realizan en frutales pequeños hoyos alrededor del tronco para que las raíces puedan airearse más y a su vez con la tierra realizan una pequeña barrera para que el agua no tenga contacto directo con el tronco.

Otra medida muy recomendable para proteger al árbol es evitar periodos de sequia seguidos de riegos abundantes y viceversa, periodos de humedad seguidos de periodos de sequia ya que parecen elevar el grado de infección de los suelos.

Si se detecta la presencia de alguna especie del genero *Phytophthora* en la plantación, habrá que poner especial atención y actuar en el manejo del riego, como reducir los tiempos de riego para poder combatirla.

Como manejo ecológico, en determinadas condiciones se pueden aplicar hongos antagonistas (*Trichoderma spp*) al género *Phytophthora*, fungicidas a base de oleato potásico o a base de *Equisetum arvense* L.

5.11. *Xanthomonas translucens*

Clasificación taxonómica

- Reino: *Bacteria*
- División: *Proteobacteria*
- Clase: *Gammaproteobacteria*
- Orden: *Xanthomonadales*
- Familia: *Xanthomonadaceae*
- Género: *Xanthomonas*
- Especie: *Xanthomonas translucens* V.

Descripción

Se le conoce como rayado bacteriano o muerte súbita y está causando graves daños en plantaciones australianas. Todavía no se ha constatado su presencia en España.

No se dispone de mucha información puesto que su descubrimiento es relativamente reciente (1992, daños en plantación) pero en los últimos años se están realizando investigaciones sobre ella. Se conoce que su principal medio de propagación es a través de

las herramientas de poda ya que de momento no ha sido demostrada su propagación de manera natural. Le favorece la humedad para su desarrollo.

Ciclo

Al ser un patógeno de reciente descubrimiento, su ciclo de vida es desconocido por el momento ya que se están llevando a cabo investigaciones al respecto.

Algunas bacterias del genero *Xanthomonas* tienen el ciclo de vida dependiendo del huésped, y se sabe que los residuos de cultivo a menudo les sirven como fuente de inóculos.

Daños

Produce la sequedad de partes aéreas del árbol y puede llevar a su muerte. Se observan lesiones en las ramas y el tronco con una pérdida de color en madera de 2 años o más, retraso del crecimiento, debilitamiento general del árbol, exudación de resina y marchitez.

Rara vez se observan ataques en arboles jóvenes.

En arboles afectados se ha podido observar una reducción del 60% de la conductividad del agua.

Observaciones sobre la ralentización de los síntomas hacen creer que existe un desencadenante biológico o del medio que produce la sequedad del pistacho.

Estrategia de lucha

Los síntomas en arboles afectados se ven reducidos con podas muy severas, que pueden llegar a recuperar su productividad. Esta medida y la aplicación de tratamientos bactericidas están dando algún resultado positivo.

Como medida preventiva por excelencia para esta bacteria, se debe realizar una correcta desinfección de todas las herramientas utilizadas durante la poda.

Para otras bacterias del genero *xanthomonas*, se conocen medidas como favorecer la ventilación en los arboles con una poda equilibrada, evitar altas densidades de plantación y evitar encharcamientos en la parcela.

En la lucha química se realiza un tratamiento preventivo antes de la floración mediante cualquier tipo de sal de cobre autorizada para el pistacho.

Se están investigando estrategias biológicas para combatirla

6. AFLATOXINAS

La presencia y problema que suponían las toxinas comenzó a valorarse en la segunda guerra mundial cuando en Rusia y otros países, el consumo de grano enmohecido causo diversos problemas de salud como la necrosis de la piel, hemorragias, insuficiencia renal,

hepática, incluso la muerte. No fue hasta 1960, en Inglaterra, cuando un gran número de jóvenes murió a causa de ingerir cacahuetes contaminados, lo que puso la alerta a nivel mundial, y se comenzaron a desarrollar investigaciones al respecto.

La mayoría de las micotoxinas se ocasionan por hongos tan comunes como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y *Stachybotrys*. *Aspergillus* y *Penicillium* producen sus toxinas en semillas almacenadas, aunque generalmente la contaminación se produce en el campo. *Fusarium* produce sus toxinas en el maíz y otras gramíneas, y *Stachybotrys* en heno, paja y otros productos que se utilizan como forraje o como cama para el ganado. Las micotoxinas que produce cada hongo se diferencian en su fórmula química, condiciones bajo las que se producen y grado de toxicidad entre otros.

Las aflatoxinas son un tipo de micotoxinas, que son, metabolitos secundarios producidos y secretados por hongos durante el proceso de degradación de la materia orgánica, como mecanismo de defensa frente a otros microorganismos. Aunque existen unas 20 estructuras de aflatoxinas conocidas, solo cuatro de ellas son consideradas perjudiciales para la salud humana y animal, por la contaminación de productos agrícolas. Estas son las B1, B2, G1 y G2.

PRODUCTO	Contenidos máximos (µg/kg)	
	B1	B1 + B2 + G1 + G2
Almendras, pistachos y huesos de albaricoque destinados al consumo humano directo o a utilizarse como ingredientes de productos alimenticios.	8	10
Almendras, pistachos y huesos de albaricoque que vayan a someterse a un proceso de selección, u otro tratamiento físico, antes del consumo humano directo o de su utilización como ingredientes de productos alimenticios	12	15
Tabla 1. "REGLAMENTO (CE) No 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios"		

Se conoce que las aflatoxinas son producidas por especies del género *Aspergillus*. Las aflatoxinas B1 y B2 son producidas por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* y las aflatoxinas G1 y G2, por *Aspergillus parasiticus*. La contaminación se suele producir antes de la recolección aunque también puede suceder en las fases posteriores de almacenamiento, procesado y envasado. Para evitar la contaminación postrecolección, hay que reducir la

humedad del fruto hasta el 6% lo antes posible, nunca en el campo para evitar picaduras de insectos, y almacenarlos en lugares secos y frescos.

Los hongos del género *Aspergillus* se desarrollan entre los 25 °C y los 40 °C, deteniéndose por debajo de los 10 °C y se desarrollan sobre muchos tipos de sustrato aunque no suelen hacerlo en los tejidos vegetales vivos. Los racimos de flores de arboles masculinos son un huésped muy importante porque retienen la humedad el tiempo suficiente para el desarrollo del hongo, tanto en el árbol como en el suelo.

ANEXO 6

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	77
2. PORTAINJERTOS PRINCIPALES	77
2.1. Cornicabra (<i>P. Terebinthus L.</i>)	77
2.2. Atlántica (<i>P. atlántica desf.</i>).....	78
2.3. Integerrima (<i>P. integerrima Stewart</i>)	78
2.4. Pistachero (<i>P. vera L.</i>).....	78
2.5. UCB1	79
2.6. PGII (Pioner gold II)	79
3. VARIEDADES DE PISTACHO	79
3.1. Planta femenina	80
3.1.1. AEGINA	80
3.1.2. AVDAT:	80
3.1.3. ASHOURY:.....	80
3.1.4. GOLDEN HILLS:	80
3.1.5. KASTEL:	81
3.1.6. KERMAN:	81
3.1.7. LARNAKA:	81
3.1.8. MATEUR:	81
3.1.9. NAPOLETANA:	81
3.1.10. SIRORA:.....	82
3.2. PLANTA MASCULINA	82
3.2.1. NAZAR.....	82
3.2.2. MATEUR M:	82
3.2.3. M-38:	82
3.2.4. ASKAR:	82
3.2.5. C- ESPECIAL:.....	82
3.2.6. EGINO:	82
3.2.7. PETERS:.....	82
3.2.8. RANDY:	82
3.2.9. CHAPARRILLO:	82

4. ELECCION DEL PATRON	83
------------------------------	----

5. ELECCION DE LA VARIEDAD	84
----------------------------------	----

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se va a realizar un análisis de los patrones y variedades más utilizados en el cultivo del pistacho. Tras el análisis, seleccionaremos el portainjerto y las variedades mas indicadas para la plantación.

La estrategia de producción a seguir para el pistacho es producir unos pistachos de calidad y no cantidad, ya que como ha sucedido en otras áreas productoras en el mundo, el aumento de cantidad ha reducido considerablemente la calidad organoléptica del fruto y con ello su valor se ha reducido.

Existen unas 10 especies del genero *Pistacia* utilizadas como patrones a nivel mundial, pero son sólo 6 las más representativas, entre las que se hallan dos híbridos.

Debido al carácter dioico del pistacho, será necesaria la selección de variedades femeninas y masculinas.

2. PORTAINJERTOS PRINCIPALES

El patrón o portainjerto es el sistema radicular donde se injerta el pistachero. Con ello conseguimos mejorar las condiciones de la planta para tener un buen desarrollo. En el caso del pistacho, todos los portainjertos son del género *Pistacia*.

2.1. Cornicabra (*P. Terebinthus* L.)

Conocido también como terebinto, crece de manera natural en toda la región mediterránea, en distintas altitudes, tanto en cotas superiores a los 1600 metros como a nivel del mar. Parece mostrar su adaptación óptima entre los 500 y los 1400 metros sobre el nivel del mar. La mayoría de las plantaciones españolas están injertadas sobre este pie.

Prefiere suelos calizos y con texturas ligeras pero se desarrolla óptimamente en muchas otras condiciones (tanto en regadío como en seco), como en suelos pobres en materia orgánica, pedregosos o poco profundos, debido a su elevada rusticidad. Al ser la única especie autóctona, se adapta mejor a las condiciones climáticas que cualquier otro pie y tiene cierta resistencia a algunas plagas y enfermedades, sobre todo endémicas. Además se ha comprobado una buena resistencia a nematodos, a *Armillaria* y a *Phytophthora* pero es susceptible a *Verticillium dhaliae*.

En experiencias de cultivo de varios países, se ha comprobado su gran resistencia al frío así como una buena afinidad con todos los cultivares.

Su vigor es moderado, lo que hace el mantenimiento ecológico más factible comparado con otros patrones. Tiene buena eficiencia nutricional, con elevada absorción de cobre, media-alta de zinc y media de boro. Aunque la entrada en producción no sea precoz, es un portainjerto muy longevo con producciones medias aceptables.

2.2. Atlántica (*P. atlántica* Desf.)

Originario del norte de África, Islas Canarias, Oriente medio y Grecia, es un pie muy utilizado en determinadas zonas por su buen comportamiento productivo. Es indicado para regadío, pero también se utiliza en secano.

Es un pie más vigoroso que el *terebinthus*, pero se asemeja a él por tener una entrada en producción lenta y una elevada longevidad. Sus individuos son muy homogéneos (plantaciones de igual vigor pero también igual de susceptibles a enfermedades o plagas). Es susceptible a *Verticillium dhaliae* y *Armillaria*, pero tiene muy buena resistencia a *Phytophthora*.

Posee en general una buena afinidad con el cultivar, pero se sabe de cierta incompatibilidad entre individuos de algunas poblaciones con algunos cultivares.

Aunque no tenga una rusticidad tan alta como *terebinthus*, suele vegetar mejor en suelos arcillosos.

Tiene buena resistencia a la salinidad y a la caliza, obtiene buenas producciones en suelos poco profundos de secano y tiene una eficiencia nutricional media.

2.3. Integerrima (*P. integerrima* Stewart)

Es natural en países asiáticos como China e India. Está muy extendido por Estados Unidos donde se ha convertido en el portainjerto más utilizado por su resistencia a *Verticillium* (solo *P. integerrima* y UCB-1 lo son) y su gran vigor.

Como factor limitante para su uso es su sensibilidad al frío, sobre todo en individuos jóvenes. El movimiento de savia es muy temprano, lo que lo hace muy sensible a las heladas primaverales.

En pruebas realizadas en Castilla, la producción de varios cultivares ha sido inferior que la obtenida sobre otros patrones, probablemente por su excesivo vigor.

Tiene buena afinidad al injerto y una rápida entrada en producción. Su rusticidad es baja, al igual que la resistencia a *Armillaria*, a *Phytophthora* y a la salinidad. Con una buena eficiencia nutricional, en España estaría recomendado para zonas cálidas con problemas de verticilosis y terrenos profundos de regadío.

2.4. Pistachero (*P. vera* L.)

Es el pie franco del pistachero. Crece en Oriente medio de forma natural y se utiliza en varias zonas productoras de esa zona por su bajo coste de obtención y su fácil manejo.

En secano se obtienen buenas producciones, pero su utilización en regadío está limitada por un mayor problema con los patógenos.

Tiene unas características parecidas a *P. terebinthus*, como son; una buena afinidad al injerto, bajo vigor, lenta entrada en producción, buena resistencia a la caliza y una elevada longevidad. Sin embargo tiene una mala resistencia a los patógenos en general (mala a *Phytophthora*, regular a *Armillaria*, baja a nematodos y susceptible a ataques de *Verticillium*), lo que la descarta de muchas zonas donde es posible que se desarrollen ataques de patógenos. Es recomendable en áreas frías de secano y sin presencia de enfermedades.

2.5. UCB1

Es el resultado de una hibridación de polinización cerrada entre un árbol femenino de *P. atlántica* y otro masculino de *P. integerrima* S. Las semillas resultantes de este cruce originaran las plantas UCB1. Se considera el pie más vigoroso y productivo de todos los patrones del pistacho.

Se establece en suelos profundos (más de un metro) y con una pluviometría superior a 400 mm en secano. En regadío de suelos profundos, obtiene mejores resultados productivos. Tiene una alta precocidad en la entrada en producción, una elevada resistencia al frío (no tanto como *P. terebinthus*), resistencia a la caliza buena pero media a la salinidad y es resistente a *Armillaria* y tolerante a *Verticillium*, aunque los árboles afectados por *Verticillium* reducen su vigor y su producción. Tiene una eficiencia nutricional baja.

Es la única opción para zonas frías con problemas de Verticilosis.

En España existen algunas plantaciones con buenos resultados en los primeros 15 años de experiencia, pero el precio de este pie, o con el injerto ya realizado, no es accesible al agricultor medio.

2.6. PGII (Pioner gold II)

Es un híbrido interespecífico de *P. integerrima* y *P. atlántica* de polinización abierta. Su uso se limita a California y es bastante inferior a otros patrones utilizados en la zona.

Tiene un vigor elevado, una alta precocidad en la entrada en producción, una eficiencia nutricional media, una resistencia al frío media, con una producción media baja y es sensible a la verticilosis y a *Armillaria*.

Su uso es recomendado para zonas templadas con ausencia de Verticilosis.

3. VARIEDADES DE PISTACHO

El pistachero tiene numerosos cultivares femeninos y masculinos. En cada zona productora del mundo, se cultivan unos u otros dependiendo de sus características, como la

productividad, la resistencia al frío, la calidad del fruto o cantidad de polen entre otras. Estas variedades pueden ser propias de la zona o introducidas de otros países.

Para diversos autores existen dos grandes grupos diferenciados de variedades. El primer grupo de variedades tiene su origen en Oriente medio y Asia central, donde los frutos son grandes, redondeados y con un color del grano amarillo-verdoso. El segundo grupo procede del área mediterránea y sus frutos son alargados y pequeños, de un color de grano verde.

Hemos seleccionado para su descripción, las variedades más importantes y representativas en las plantaciones de producción.

3.1. Planta femenina

3.1.1. AEGINA: es el cultivar más importante de Grecia, de donde es originario. Semivigoroso, de floración temprana, rápida entrada en producción, con una alta productividad y vecería moderada.

El fruto es alargado y de tamaño mediano, con un porcentaje medio de frutos vacíos. Tiene un porcentaje muy alto de frutos abiertos, pero una tendencia muy baja a su apertura temprana, lo que permite conseguir frutos más sanos. El peso medio del fruto seco es 1 gramo.

3.1.2. AVDAT: su uso en plantaciones se limita a las situadas en Israel. Es muy vigoroso, de floración temprana, un periodo juvenil medio y una productividad y vecería media.

El tamaño del fruto es mediano y de forma alargada, con una alta dehiscencia, un rendimiento grano/cascara medio y un porcentaje de frutos vacíos medio.

3.1.3. ASHOURY: También denominado Red Aleppo, por el color rojo del pellejo y la ciudad de procedencia en Siria, donde es el cultivar más común. Es vigorosa, con una lenta entrada en producción, moderada vecería y una floración temprana. Tiene una productividad media, con un alto porcentaje de frutos vacíos y un bajo rendimiento grano/cascara.

El fruto es mediano y alargado, con un peso medio seco de 1,03 gramos. A destacar su alta dehiscencia (apertura de la cascara), pudiendo llegar hasta el 99%.

3.1.4. GOLDEN HILLS: nueva variedad femenina obtenida en 2005 en Estados Unidos. Tiene unas características similares a Kerman pero con algunas diferencias. Tiene una floración y maduración algo más temprana (unos 7 días), por tanto es ideal para aquellas zonas que no se alcanzan las horas frío límite de la variedad Kerman.

Otras diferencias con Kerman son las relacionadas con el fruto. De tamaño y forma similar, el porcentaje de frutos abiertos es mayor y el de frutos vacíos menor en esta variedad. Reduce los costes de poda comparado con Kerman porque su desarrollo es más vertical.

3.1.5. KASTEL: junto con Kerman, son las únicas variedades de floración tardía. Es semivigoroso, con una productividad y una vecería media y un periodo juvenil medio antes de entrar en producción.

El fruto es grande y redondo, con una alta dehiscencia, un rendimiento grano/cascara alto y una producción de frutos vacíos media.

3.1.6. KERMAN: es un cultivar de floración tardía, que tiene elevadas necesidades de frío (> 1000 horas de frío). Fue desarrollado en California mediante selección de un grupo de plantas en polinización abierta a partir de semillas procedentes de Irán. Es utilizado en casi la totalidad de las plantaciones de California y en muchas españolas.

Sus características son las siguientes: Es semivigoroso, productivo y tiene una entrada en producción rápida. El rendimiento del grano/cascara es alto y el pellejo tiene buena resistencia, lo que evita los frutos rajados prematuros. Tiene un buen porcentaje de frutos abiertos en general, pero algunos años el porcentaje de frutos vacíos puede llegar al 25%. La maduración es homogénea y los frutos no se caen hasta la recolección. El mayor inconveniente es su alta tendencia a la vecería comparada con otras variedades.

El fruto, redondo con un peso medio de 1,3 gramos el grano seco, es muy apreciado en todo el mundo como snack por su gran tamaño y buena calidad.

3.1.7. LARNAKA: es la principal variedad en Chipre. Se considera un excelente cultivar por todas sus características: semivigoroso, de floración temprana, vecería media, precocidad en la entrada en producción y alta producción.

Su fruto es alargado, de tamaño medio, con una baja producción de frutos vacíos y una alta dehiscencia.

3.1.8. MATEUR: es la base de la industria del pistacho en Túnez. Es un cultivar seleccionado, muy vigoroso, con una entrada en producción lenta, una floración temprana, una productividad alta y una vecería media. Tiene una buena dehiscencia y entre un 5-15% de frutos vacíos (se considera un porcentaje medio).

El fruto es alargado y de tamaño medio, con un peso seco con cascara de 1g. El grano es de excelente sabor. Es una variedad propia de zonas con inviernos suaves y sensible a *Septoria spp.*

3.1.9. NAPOLETANA: conocido también como Bianca, es originario de Sicilia. Es semivigoroso, con una entrada en producción muy lenta, vecería moderada, una floración media en el tiempo y una producción baja.

Su fruto es alargado, de tamaño medio o pequeño, con un bajo porcentaje de frutos abiertos (no suelen superar un cuarto de la producción) y un porcentaje alto de frutos vacíos. El peso medio seco del grano es 0,48 gramos.

3.1.10. SIRORA: tras treinta años de estudios, fue desarrollado en Australia, donde se adaptó mejor que Kerman gracias a su menor necesidad de horas frío (> 600 horas de frío). De porte muy vigoroso, una rápida entrada en producción, una floración media - tardía en el tiempo, alta productividad y vecería media.

El fruto es de forma alargada – redonda, y un tamaño medio grande, más pequeño que otras variedades que dedican el fruto a aperitivo y cascara blanca. Tiene un porcentaje muy alto de frutos abiertos, llegando al 93 % de la producción y un porcentaje medio de vacíos. El peso de grano seco es de 1 gramo.

3.2. PLANTA MASCULINA

Existen innumerables polinizadores masculinos por todo el mundo, pero los de más uso e importancia son aquellos que coinciden en floración con las variedades más importantes.

Destacar que para una buena polinización, han de estar presentes varios polinizadores que cubran todo el periodo de la floración de la variedad hembra.

3.2.1. NAZAR: alcanza el estado fenológico óptimo para la polinización desde los últimos días de marzo hasta el 23 de Abril aproximadamente. Se utiliza para variedades como Aegina, Mateur y Ashoury

3.2.2. MATEUR M: comienza a primeros de abril y tiene una duración como la variedad Nazar. También se emplea para las variedades Aegina, Mateur, Ashoury y Sirora.

3.2.3. M-38: es ligeramente más tardía en el comienzo, sobre el 8 abril, y dura unos días más que las anteriores. Se utiliza para Aegina, Mateur, Ashoury, Larnaka y Avdat.

3.2.4. ASKAR: Suele comenzar a principios de abril y durar hasta el 25 de ese mismo mes. Utilizado para Larnaka, Avdat, Napolitana y Avidon.

3.2.5. C- ESPECIAL: Parecida a Askar pero con varios días más de duración. Utilizada para Larnaka, Avdat, Napolitana y Avidon.

3.2.6. EGINO: Alcanza el estado fenológico de emisión de polen un poco más tarde de mediados de Abril y dura hasta primeros de mayo. Utilizado para variedades tardías como Kerman o Kastel.

3.2.7. PETERS: Comienza la emisión de polen como el Egino, finalizando este periodo un poco antes, a finales de abril. Utilizado en variedades tardías como Kerman, con buena producción de polen.

3.2.8. RANDY: empleado para Golden hill y Lost hill, es más sensible a infecciones como botriosfera o alternaria en ambientes húmedos que la variedad Peters.

3.2.9. CHAPARRILLO: Variedad creada el centro de investigación español del propio nombre, de floración muy tardía, que solapa con los últimos días de floración de Kerman.

4. ELECCION DEL PATRON

La elección del patrón se basa en su capacidad para adaptarse a las condiciones del medio en el que se va a desarrollar. Para ello hay que valorar diversos factores para poder elegir el portainjerto más adecuado.

El primer factor son las características agronómicas de cada patrón. Debido a la zona donde se realizara la plantación, la resistencia al frío es fundamental. En diversos estudios consultados el patrón *P. integerrima*, debido a una brotación temprana, es afectado por heladas en el mes de marzo, por lo que quedará descartado. A su vez, el patrón más resistente es *P. terebinthus*, seguido de *P. atlántica*.

Otra característica agronómica importante es la resistencia a las enfermedades. Ninguno de los pies es totalmente resistente a la verticilosis. En diversos estudios se nombra a PGII como la más susceptible, seguida de *P. atlántica* y como las más tolerantes a *P. integerrima* y UCB1. Respecto a otras enfermedades como *armillaria*, *P. terebinthus* y UCB1 son las de mayor resistencia, destacando la susceptibilidad de *P. atlántica*. Para la *Phytophthora*, tienen buena resistencia *P. atlántica* y *P. terebinthus*, siendo muy afectado el pie *P. vera*.

La eficiencia nutricional puede ser decisiva en veranos largos y muy cálidos, afectando por igual a plantaciones deficientemente regadas como a las de secano. El patrón con menor eficiencia nutricional es el UCB1. En términos generales se considera mayor la eficiencia nutricional en *P. terebinthus* que en *P. atlántica* o *P. integerrima*.

Otras características agronómicas menos relevantes son las siguientes:

- La afinidad al injerto, que puede producir pequeños crecimientos y rendimientos productivos. En términos generales, tienen una buena afinidad todos los patrones excepto los híbridos (UCB1 y PGII) que muestran alguna incompatibilidad.
- El vigor, donde se observan dos grupos. Unos de mayor vigor, *P. atlántica*, *P. integerrima* y los híbridos UCB1 y PGII, y otro con un moderado vigor (*P. terebinthus*) y bajo vigor (*P. vera*).
- La precocidad en la entrada en producción, donde cabe destacar a UCB1 y *P. integerrima* como alta precocidad.
- La longevidad de la plantación, donde todas las estudiadas (*P. terebinthus*, *P. atlántica* y *P. vera*) demuestran una alta longevidad.
- La rusticidad, que marca la adaptación de los patrones al medio, es la mayor en *P. terebinthus* y la más baja en *P. integerrima*.
- La resistencia a la salinidad en *P. atlántica* es ligeramente mayor que en el resto de patrones siendo el más sensible el *P. integerrima*.

El segundo factor es sobre la producción y calidad del fruto. En investigaciones desarrolladas en el centro de investigación el Chaparrillo sobre los cuatro patrones no híbridos, no se apreciaron diferencias significativas respecto al número de frutos abiertos. Sin embargo en estudios llevados a cabo en California, y para el cultivar *Kerman*, el porcentaje de frutos abiertos era más elevado en *P. terebinthus* que en el resto. Respecto al número de frutos vacíos, se observó que *P. terebinthus* y *P. atlántica* desarrollan un menor número que *Integerrima* y *P. vera*.

Otros estudios realizados también en condiciones edafoclimáticas de Castilla La Mancha, muestran una producción similar en condiciones de secano para *P. terebinthus*, *P. atlántica* y *P. vera*, siendo *P. integerrima* asociada con un menor rendimiento productivo.

Una vez expuestos y analizados los factores relacionados con cada posible patrón, elegiremos el portainjerto *P. terebinthus* para nuestra plantación, por ser el que mejor se adapta a nuestras exigencias. Es la especie más resistente al frío, la de mayor eficiencia nutricional, tiene en términos generales la mejor resistencia a plagas y enfermedades aunque sea sensible a verticilosis, una alta rusticidad, esta disponible en los viveros a un precio económico y es autóctono de la península.

Dentro de las poblaciones de *Pistacia terebinthus*, se ha observado una excesiva heterogeneidad de los individuos, pudiendo dar plantas muy vigorosas y otras que apenas crezcan. Al mismo tiempo, los viveros han conseguido un gran avance en este tema, mejorando el portainjerto. Deberá exigirse plantas procedentes de zonas climáticas similares, descartando las procedentes de áreas más cálidas como el Levante.

5. ELECCION DE LA VARIEDAD

Para seleccionar las variedades adecuadas para cualquier plantación a medio y largo plazo, han de tenerse en cuenta tanto factores agrícolas para una correcta producción, como factores económicos para obtener una buena rentabilidad.

Factores agrícolas:

Existen varios factores agrícolas que resultan limitantes en la elección de las variedades de pistachos, como son las heladas tardías, las horas frío y las unidades de calor.

En la zona que nos hallamos hay una gran acumulación de horas frío y alguna posible helada en abril (poco frecuente) que impediría el correcto desarrollo de variedades tempranas, cuya floración se produce en marzo.

La falta de horas frío podría producir un retraso en la salida de la hoja y una floración irregular. Sin embargo, en nuestro caso no existiría tal inconveniente ya que se sobrepasan las 1.100 horas frío, por lo que se contempla el desarrollo de variedades tardías.

Si la zona donde se va a desarrollar el cultivo no tiene las suficientes unidades de calor, pueden existir problemas en la producción como una madurez tardía, un porcentaje de apertura inferiores y una falta de llenado del fruto. El resultado para nuestra plantación ha sido muy próximo a las 3.550 unidades de calor recomendadas para poder elegir cualquier variedad sin restricción.

Analizados los puntos agrícolas respecto al desarrollo de la variedad, optaremos por descartar las variedades tempranas y optar por variedades más tardías.

Factores económicos:

La demanda del mercado es un aspecto a tener en cuenta. En el mundo existe una gran variedad de oferta y demanda de tipos de pistachos, aunque para el consumidor medio, los factores más valorados son el tamaño y la blancura de la cáscara. De todos modos, las costumbres de los consumidores pueden cambiar en periodos cortos de tiempo y puede que en un futuro la industria lidere el consumo del pistacho.

La producción puede ser destinada al consumo directo o a un procesado industrial. Las variedades que producen un fruto de calidad y mayor impacto visual, por su mayor tamaño y su blancura de cáscara, se destinan en un gran porcentaje a consumo directo, por lo que son más rentables. Estos aspectos se dan en variedades tardías. El resto de variedades suelen emplearse en la industria.

Una vez analizados los factores agrícolas, los factores económicos y las características de las variedades, se optará por seleccionar para nuestra plantación dos variedades femeninas y 3 variedades masculinas.

Variedades femeninas:

La mayor parte de la plantación (60%) será de la variedad tardía Kerman y el resto optaremos por la variedad Sirora. El objetivo de seleccionar dos variedades es por varias razones: Rompemos la uniformidad en la plantación en caso de presencia de plagas y enfermedades, conseguimos diversificar el riesgo por accidentes climáticos, variamos la oferta de frutos con distintos aromas y sabores y conseguimos repartir en el tiempo las labores para evitar excesivas concentraciones de maquinaria y personal.

La variedad Kerman (tardía) se selecciona por su posible adaptación a la zona y su mayor rentabilidad frente a otras variedades, ya que su fruto es de los más grandes y tiene una gran blancura de cáscara, por lo que se destina a consumo directo.

Dada la posibilidad de que existan años en que las unidades calor no cubran las necesarias para un correcto desarrollo de la variedad Kerman, nos aseguramos una producción en la plantación con la variedad Sirora (media-tardía), ya que sus necesidades de unidades calor son inferiores.

La elección de la variedad Sirora también se debe a una estrategia de adaptación necesaria debida a los cambios climáticos que se están produciendo en el mundo. Los estudios llevados a cabo no pueden dar una predicción exacta de lo que ocurrirá en un futuro pero lo que es un hecho demostrable, es que la temperatura aumenta globalmente y con ello, se reduce el número de horas frío. Por lo tanto, al ser una variedad media-tardía cuyas necesidades de horas frío son menores que las de Kerman, se seleccionará para su instalación en su parcela.

Variedades masculinas:

Las variedades masculinas son seleccionadas en función de las variedades femeninas elegidas, para que exista una sincronización floral correcta. Se recomienda instalar un 10% de machos al inicio de la plantación, pudiéndose reducir esa cantidad cuando los arboles masculinos sean grandes con una gran producción de polen.

Siempre es recomendable plantar algunas variedades más tempranas y otras más tardías en relación a la variedad femenina elegida.

Al disponer de dos variedades femeninas separadas en la plantación y con una floración distinta pero cercana, seleccionamos variedades masculinas que completen el periodo floral de ambas variedades. Las variedades elegidas son: Mateur M., C. Especial, Peter y Chaparrillo.

En la siguiente tabla podemos observar el periodo de sincronización floral que tienen las variedades masculinas con las femeninas:

VARIEDAD	MATEUR M.	C. ESPECIAL	PETER	CHAPARRILLO
SIRORA	Temprana	Buena	Tardía	--
KERMAN	--	Temprana	Buena	Tardía

Tabla . Sincronización floral entre variedades masculinas y femeninas.

En la totalidad de la plantación, el 10% que suponen las variedades masculinas estarán repartidas del siguiente modo:

- Situaremos 4 árboles de la variedad Mateur M. exclusivamente en la zona de la plantación donde se encuentre la variedad femenina Sirora.
- Situaremos 5 árboles de la variedad Chaparrillo únicamente en la zona de la plantación donde se encuentra la variedad femenina Kerman.
- Repartiremos por toda la plantación la variedad C. especial, con un total de 26 árboles en la zona Sirora y 7 en la zona Kerman.
- Repartiremos por toda la plantación la variedad Peter, con un total de 47 árboles en la zona Kerman y 2 en la zona Sirora.

ANEXO 7. ESTUDIO CLIMATICO

ÍNDICE

ÍNDICE.....	88
1. INTRODUCCION.....	89
2. ELEMENTOS DEL CLIMA.....	90
2.1. Temperatura	90
2.1.1. CÁLCULO DE HORAS FRIO.....	93
2.1.2. CÁLCULO DE UNIDADES DE CALOR	95
2.2. Precipitación	95
2.3. Humedad relativa	96
2.4. Viento	97
2.5. Heladas	98
2.6. Granizo	99
3. CARACTERIZACION DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS	99
3.1. Índice de Lang	99
3.2. Índice de Martonne.....	100
3.3. Índice de Dantin Cereceda y Revenga.....	100
3.4. Criterio Unesco-Fao.....	100
4. CLASIFICACION CLIMATICA	101
4.1. Clasificación agroclimática de Papadakis.....	101
4.2. Clasificación climática de Köppen.....	103
4.3. Clasificación de Thornwite	104
4.3.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)	104
4.3.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE HUMEDAD	105
4.3.3. VARIACIÓN ESTACIONAL	107
4.3.4. EFICACIA TÉRMICA	107
4.3.5. CONCENTRACIÓN TÉRMICA EN VERANO	108
5. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION.....	108

5.1. Evapotranspiración estándar FAO Penman-Monteith	108
5.2. Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar	116

1. INTRODUCCION

La instalación de riego en un cultivo siempre viene determinada por las características climatológicas de la zona y las características propias del cultivo. Por ello llevaremos a cabo un estudio climático sobre la parcela donde se instalarán los pistachos.

Los datos climáticos estudiados para la parcela son los obtenidos del Atlas Climático de Aragón para esa localización y completados con datos de la estación meteorológica de Nueno para la serie 2008 -2016.

El Atlas Climático de Aragón es una base de datos climáticos de calidad que comprende una serie histórica desde 1970 al 2000, periodo idóneo para análisis climáticos según la Organización Meteorológica Mundial. Para la realización de este atlas se utilizaron las estaciones aragonesas y limítrofes con datos climáticos de más de 15 años y que no tuvieran ningún vacío temporal de datos. Los métodos de realización del atlas se pueden dividir en métodos locales, que solo tienen en cuenta la variable climática registrada en los observatorios meteorológicos, y en métodos globales, que además de los datos anteriores utilizan información auxiliar de carácter geográfico y/o topográfico.

Los métodos locales llevan a cabo la predicción climática en un punto del espacio a partir de la información de los puntos de muestreo más cercanos, estimando el valor de la variable cartografiada en función de los datos de los observatorios vecinos. En cambio, los métodos globales utilizan la información de todas las estaciones meteorológicas disponibles en el territorio para la predicción de la variable climática en cualquier punto de este. El resultado nos permite visualizar gráficamente y con un alto grado de fiabilidad la distribución espacial de las variables climáticas sobre el terreno.

Por otro lado, la estación de Nueno nos aportará datos no existentes en el atlas climático como son la humedad relativa o las características del viento, además de información más precisa sobre los últimos años.

En el siguiente mapa se indican las localizaciones de las estaciones meteorológicas más próximas a Bolea. La más cercana es la situada en Nueno, a sólo 9 Km de distancia. El resto de estaciones de la zona, se sitúan en localizaciones que no son representativas para nuestra parcela, por la diferencia de altura sobre el nivel del mar sobre todo.

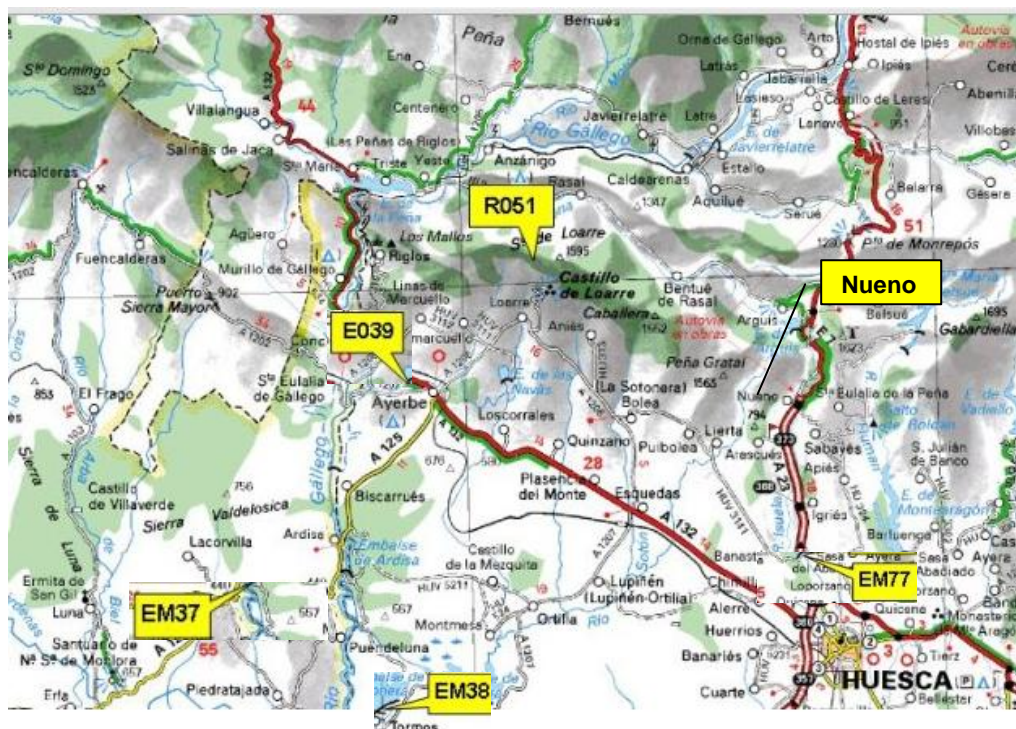


Imagen1. Localización de centros de recogida de datos climáticos próximos.

2. ELEMENTOS DEL CLIMA

2.1. Temperatura

Nos encontramos en una zona muy favorecida en regímenes térmicos, ya que la temperatura media de los meses más cálidos es mayor de 23°C por lo que se pueden implantar cultivos con altas exigencias de temperatura siempre y cuando exista suficiente agua.

El clima se puede considerar mediterráneo continental, con temperaturas medias anuales suaves (13.6°C), unas temperaturas medias del mes más frío superiores a 5°C y unas temperaturas medias de los meses más cálidos superiores a 23°C. El periodo de frío es de larga duración, de 5 a 7 meses, pero poco intenso, siendo el mes más frío enero y el mes más cálido Julio.

La temperatura máxima en la parcela según el atlas climático de Aragón es de 40.69°C, así como la mínima son -13.74°C.

A continuación se muestran en las tablas los resultados de las series climáticas de temperaturas conjuntas del atlas climático de Aragón para el periodo de 1970-2000, y de la estación de Nueno para el periodo 2008-2016, las cuales se toman para la realización de este anexo.

Media de temperaturas °C.													
Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
2016	6.8	7.0	7.8	10.9	14.4	19.9	23.5	23.4	20	14.6	---	---	---

2015	5.4	4.7	10.1	13.2	17.8	21.6	25.5	22.3	17.1	13.9	10.0	8.7	14.3
2014	6.9	6.2	9.7	14.1	14.4	20.4	21.1	21.4	19.9	16.9	10.4	6.4	14.0
2013	6.8	5.2	8.2	11.1	11.7	18.1	23.8	22.2	19.1	15.8	8.9	5.6	13.1
2012	6.1	4.7	11.2	9.6	17.1	21.8	22.4	24.9	19.3	14.8	9.4	7.4	14.1
2011	4.8	7.9	8.9	14.7	17.4	19.6	21.1	23.8	21.0	15.6	10.5	7.1	14.4
2010	4.1	4.5	7.7	12.1	13.9	18.4	24.2	22.6	17.8	12.7	7.0	4.6	12.6
2009	4.0	6.2	10.0	11.1	18.2	21.5	23.8	23.9	18.4	15.5	10.4	5.3	14.0
2008	6.8	8.2	8.9	12.2	15.3	20.0	23.6	23.4	18.5	13.6	7.3	5.3	13.6
2000-1970	4.2	5.9	8.6	10.5	15.4	19.3	23.1	22.8	18.6	13.4	8.2	5.4	12.9
Media	5.6	6.1	9.1	12	15.7	20.1	23.2	23.1	18.9	14.7	9.1	6.2	13.6

Media de temperaturas mínimas °C.													
Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
2016	4.1	3.8	4.3	7.1	9.9	14.4	17.6	17.3	15.5	11.3	---	---	---
2015	1.9	1.3	6.1	8.6	12.4	16.0	19.7	17.4	12.9	10.6	6.5	5.6	10.0
2014	4.5	3.5	5.7	9.8	9.5	15.3	15.9	16.3	15.6	13.4	7.6	3.0	10.0
2013	3.8	1.9	5.2	7.2	8.0	13.0	18.4	16.9	14.3	12.3	5.6	2.4	9.1
2012	2.8	0.2	6.5	6.0	12.2	16.1	16.4	19.3	14.5	11.2	6.7	4.5	9.7
2011	1.0	3.8	5.0	9.6	11.6	13.6	15.3	18.3	16.0	11.8	7.6	4.1	9.8
2010	1.4	1.4	3.5	7.6	9.0	13.1	17.8	16.6	12.9	8.6	3.8	1.3	8.2
2009	0.7	2.4	5.0	6.6	12.9	15.2	17.0	18.3	13.7	11.3	7.3	2.4	9.4
2008	3.5	4.5	4.7	7.1	10.5	14.3	16.9	17.4	14.0	9.9	3.8	2.5	9.1
2000-1970	-1	0.2	1.8	3.8	8.7	11.3	14.4	14.5	11.2	7.1	2.7	0.3	6.2
Media	2.2	2.4	4.8	7.3	10.5	14.2	16.7	17.2	13.9	10.7	5.7	2.9	9.1

Media de temperaturas máximas °C.													
Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
2016	10.1	11.2	12.4	15.7	19.8	26.1	30	30.1	25.7	19.2	---	---	---
2015	9.8	9.0	14.7	18.4	23.7	27.8	31.9	28.2	22.2	18.7	14.4	13.0	19.4
2014	10.1	9.7	14.4	19.2	19.8	26.4	26.9	27.3	25.2	21.4	13.7	10.3	18.7
2013	10.3	9.1	12.2	15.7	16.4	24.1	29.7	28.4	24.8	19.9	12.7	9.5	17.8
2012	10.5	10.0	16.4	14.2	22.8	27.7	28.9	31.1	24.5	19.1	13.0	10.8	19.1

2011	9.3	13.1	13.8	20.9	24.2	26.2	27.2	29.9	26.7	20.6	14.2	10.8	19.8
2010	7.8	8.4	12.9	17.4	19.6	24.7	31.3	29.5	23.9	18.0	10.9	8.7	17.9
2009	8.5	11.4	16.2	16.6	24.4	28.2	30.9	30.7	24.0	21.2	14.3	9.3	19.7
2008	10.9	13.1	14.3	18.0	20.9	26.5	30.2	30.0	24.1	18.1	12.0	9.0	18.9
2000-1970	9.4	11.8	15.4	17.4	22.1	27.4	31.7	31.1	25.9	19.7	13.7	10.5	19.7
Media	9.7	10.7	14.3	17.4	21.5	26.5	29.9	29.6	24.5	19.6	13.2	10.2	18.9

Temperaturas mínimas °C.

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
2016	-0.6	-3.0	-0.3	4.0	2.1	7.8	11.8	12.3	10.6	4.9	---	---	---
2015	-3.3	-5.6	-1.1	3.8	7.4	11.7	13.0	12.8	9.4	3.6	0.6	-0.9	-5.6
2014	0.4	-0.1	0.0	7.2	5.2	10.2	12.8	11.6	9.9	10.3	4.0	-4.3	-4.3
2013	-0.7	-2.7	-0.4	1.3	3.7	8.8	14.8	12.6	10.9	4.7	-2.7	-4.1	-4.1
2012	-5.2	-6.4	0.1	0.7	5.8	10.2	11.4	13.0	9.6	1.6	-0.6	-1.8	-6.4
2011	-6.2	-1.3	-2.3	6.1	6.9	8.3	10.1	11.7	9.7	3.9	-0.1	0.0	-6.2
2010	-5.2	-6.4	-4.9	3.1	2.9	8.9	10.9	11.2	4.4	1.0	-2.8	-3.9	-6.4
2009	-7.0	-1.1	-0.2	3.4	8.2	10.8	11.6	13.4	8.9	2.9	0.6	-4.7	-7.0
2008	-1.0	0.7	-1.6	2.4	1.1	10.0	11.2	12.4	10.0	1.1	-2.9	-2.1	-2.9
Mínima	-7.0	-6.4	-4.9	0.7	1.1	8.3	10.1	11.2	4.4	1.0	-2.9	-4.7	-7.0

Temperaturas máximas °C.

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
2016	15.7	18.7	20.3	20.7	26.5	32.2	35.4	33.9	33.2	24.9	---	---	35.4
2015	16.9	14.9	22.6	23.4	32.6	34.8	37.2	34.1	27.8	21.9	21.3	17.4	37.2
2014	15.9	15.5	21.9	24.2	27.0	31.1	33.6	32.0	31.9	26.6	18.5	16.3	33.6
2013	17.6	14.8	16.7	25.4	22.6	30.0	32.9	33.1	28.9	26.1	21.9	13.3	33.1
2012	17.1	21.4	22.2	21.1	31.0	34.9	34.1	38.1	30.1	26.9	18.4	18.7	38.1
2011	16.8	18.5	22.3	29.2	31.8	35.1	32.7	36.2	32.4	28.2	18.4	15.7	36.2
2010	12.6	13.3	19.8	25.4	26.0	30.7	35.6	35.8	31.3	24.4	19.8	15.7	35.8
2009	16.2	17.6	24.5	24.5	29.2	35.1	34.3	34.7	29.6	28.4	21.2	14.0	35.1

2008	16.6	20.0	21.7	25.9	28.1	34.1	34.3	35.5	30.1	23.2	16.8	14.8	35.5
Máxima	17.6	21.4	24.5	29.2	32.6	35.1	37.2	38.1	33.2	28.4	21.9	18.7	38.1

2.1.1. CÁLCULO DE HORAS FRÍO

Para la salida del reposo de las yemas es necesaria una determinada cantidad de frío invernal que restaura la capacidad de las yemas para crecer de nuevo. Esta cantidad de frío se ha expresado como el número de horas invernales bajo 7°C. Es fundamental el conocimiento del número de horas frío para poder seleccionar la variedad adecuada.

Correlación de MOTA (1967)

Es uno de los métodos más usados, relaciona el número mensual de horas con temperaturas menores de 7°C y se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Y = 485'1 - 28'52 X$$

Siendo: Y = nº horas mensuales por debajo de 7°C

X = Temperatura media mensual de los meses invernales.

MES	Tª MEDIA (°C)	HORAS FRÍO
Noviembre	9.51	213.87
Diciembre	6.2	308.27
Enero	5.2	336.79
Febrero	6.1	311.12
Total	6.75	1170

Método TABUENCA

Es una corrección del método de Mota adoptado al valle del Ebro. Los datos en este método van del 1 de noviembre al 1 de abril y la formula es la siguiente:

$$Y = 700.1 - 48.6 X$$

Siendo: Y = número de horas de frío

X = temperatura media mensual (°C)

	Tª MEDIA (°C)	HORAS FRÍO
Noviembre	9.51	237.91
Diciembre	6.2	398.78
Enero	5.2	447.38

Febrero	6.1	296.46
Marzo	9.1	257.84

Con estos datos mensuales podemos calcular las horas totales de frio en un año, sumando todas las horas frio de todos los meses, con el resultado de **1638 horas frio**.

Correlación de WEINBERG (1956)

Este método es de los más sencillos y directos ya que solo hay que relacionar nuestra temperatura media de diciembre y enero y traspasarlo a la tabla.

T^a (°C)	13.2	12.3	11.4	10.6	10	9	8	7.5	7	6
Horas <7°C	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350

En nuestro caso tenemos una temperatura media de 5.7°C entre diciembre y enero. Al ser un valor inferior de los mostrados en la tabla, tomaremos como dato **1350 horas frio**.

2.1.2. CÁLCULO DE UNIDADES DE CALOR

Para obtener una constante maduración de los frutos a partir del decimo año, evitar una falta de llenado de los frutos, tener un porcentaje de apertura óptimo y ningún deterioro paulatino del árbol, es necesario conocer la cantidad de unidades de calor que se acumulan en la zona. Desde el CAC El Chaparrillo se recomienda realizar un estudio mediante la fórmula de Ferguson L., cuyos valores estarán entre 3.100 y 3.550 UC para las diferentes variedades del pistacho.

La fórmula de Ferguson L. para unidades de calor utiliza las medias de las temperaturas máximas y mínimas para los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

$$UC = \left(\frac{T_{MM} + T_{mm}}{2} \right) \cdot 183$$

Siendo: TMM = Temperatura media de las máximas

Tmm = Temperatura media de las mínimas

Meses	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Media
Temperaturas máximas media	17.4	21.5	26.5	29.9	29.6	24.5	24.9
Temperaturas mínimas media	7.3	10.5	14.2	16.7	17.2	13.9	13.3

El resultado obtenido es de **3495 unidades de calor**.

2.2. Precipitación

Nos hallamos en una zona donde las precipitaciones se reparten irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente en otoño y primavera, siendo el invierno y el verano seco y algunas veces el invierno lluvioso. Estos meses presentan una gran variabilidad a lo largo del tiempo en los que algunos años llueve mucho y en otros años no llueve nada. Debe tenerse en cuenta el carácter tormentoso de las precipitaciones que se producen en verano, donde la intensidad de lluvia es mayor.

El mes que presenta una mayor pluviometría es mayo con 65'87 mm, en cambio el mes menos lluvioso es julio con una precipitación media de 26.4 mm. La precipitación media anual es de 596.86 mm.

Según el atlas climático de Aragón, hay 71 días al año de precipitación y el volumen máximo registrado de precipitación en un día es de 123.12 mm.

Meses del año	Media precipitación (mm)	Estación	% Estación
---------------	--------------------------	----------	------------

Enero	42.81	Invierno	18.36%
Febrero	35.46		
Marzo	31.32		
Abril	62.83	Primavera	31.2%
Mayo	65.87		
Junio	58.01		
Julio	26.4	Verano	20.16%
Agosto	39.69		
Septiembre	54.24		
Octubre	63.64	Otoño	30.2%
Noviembre	60.17		
Diciembre	56.42		

Tabla 1. Media de precipitaciones en la parcela. Fuente: Atlas Climático de Aragón

2.3. Humedad relativa

La humedad relativa es un dato necesario para el cálculo de la evapotranspiración. Se observa en la estación climatológica de Nueno, que la humedad relativa media anual está por encima del 50%, siendo los meses de mayor y menor humedad relativa enero (66.1%) y agosto (52,4%).

HUMEDADES RELATIVAS %			
MES	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIA
Enero	36.2	96	66.1
Febrero	25.1	94	55.9
Marzo	17.3	92	54.6
Abril	20.2	94	57.1
Mayo	23.6	96	59.8
Junio	19.4	92	55.7
Julio	20	87	53.5
Agosto	19.8	85	52.4
Septiembre	18.4	92	55.2
Octubre	28.4	98	63.2
Noviembre	30.5	98	64.3
Diciembre	32.8	98	65.4

Tabla 2. Humedades relativas mensuales mínimas, máximas y media. Fuente: Estación climática de Nueno

2.4. Viento

Debido al punto geográfico donde nos encontramos y su peculiar orografía, el viento es una constante la mayoría de días del año. Los vientos predominantes de la zona son el cierzo (Oeste - Noroeste) y el bochorno (Este - Sureste).

En las siguientes tablas se muestran los datos de las velocidades máximas y medias del viento recogidas en la estación de Nueno, medidas a dos metros sobre el nivel del suelo.

Km/h	Meses												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Media	6.2	8	8.3	7.1	7.3	6.3	6.3	5.5	5.1	5	6.6	6	6.5
Máxima	105	99.7	92.5	70.3	90.7	85.1	68.5	79.6	68.5	72.2	109.2	87	109.2

Tabla 3 . Velocidades media y máxima del viento. Fuente: estación climática Nueno.

2.5. Heladas

Utilizaremos los métodos de estimación indirecta de Papadakis y de Emberger para conocer los periodos con riesgo de heladas.

Régimen de heladas según Papadakis

Tiene en cuenta las fechas del año en que se dan temperaturas mínimas absolutas menores o igual a cero, a dos y a siete grados. Con estos valores de temperaturas se calcula el periodo medio, el periodo máximo y el periodo libre de heladas.

Periodo	T ^a < 0°C	T ^a < 2°C	T ^a < 7°C
Máximo	21Nov/26Mar(126días)	28Oct/12Abril (194días)	27Sep/26Mayo (241días)
Medio	20Dic/25Feb (67días)	20Nov/15Mar(115días)	12Nov/ 20Abril (159días)
Libre	298 días	250 días	206 días

Tabla 4 . Régimen de heladas según Papadakis. Fuente: elaboración propia

- Estación media libre de heladas (T^a > 0°C): 298 días.
- Estación disponible libre de heladas (T^a > 2°C): 250 días.
- Estación mínima libre de heladas (T^a > 7°C): 206 días.

Régimen de heladas según Emberger

Divide el año en cuatro periodos según el riesgo que tiene de producirse las heladas utilizando la media de las temperaturas mínimas, con el siguiente criterio:

- Periodo de heladas seguras: Cuando la temperatura media de las mínimas es inferior a 0°C
- Periodo de heladas muy probables: Cuando la temperatura media de las mínimas está entre 0°C y 3°C.
- Periodo de heladas poco frecuente: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 3°C y 7°C.
- Periodo libre de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas es superior a 7°C.

Con este criterio se puede deducir que:

Riesgo	T ^a (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
Seguro	T ^a < 0°C	-	-	-
Muy probable	0 °C < T < 3°C	Diciembre	Marzo	91
Poco Frecuente	3°C < T < 7°C	Noviembre	Abril	75
Ninguno	T > 7°C	Abril	Octubre	199

Tabla 5 . Régimen de heladas según Emberger.

2.6. Granizo

El granizo constituye uno de los elementos del clima más dañinos para la agricultura. Se define como una bola de forma irregular de hielo con un tamaño variable entre 0.5cm y 15cm. Su origen está en los procesos convectivos de la atmosfera. En estos movimientos convectivos, las partes de una masa de aire pueden ascender localmente centenares de metros en cuestión de minutos o segundos, acarreando una enorme liberación de energía por el propio ascenso y por la condensación súbita del contenido en vapor de agua del aire. Si se dan las condiciones de bajas temperaturas en los niveles bajos o se ha dado un equilibrio entre las corrientes ascendentes y descendentes que permitan la formación de piedras de gran tamaño, el granizo alcanzara la superficie de la tierra sin fundirse.

El granizo es un factor del clima difícil de estimar debido a su carácter local y su irregular aparición. Pueden sucederse varios años sin granizar como también se pueden producir varios días seguidos.

En nuestra zona, los días de granizo al año se encuentran entre 0 y 1 día según refleja el mapa del Atlas Climático de Aragón, produciéndose en las estaciones climáticas de verano y de primavera en menor medida.

3. CARACTERIZACION DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS

En este apartado, considerando los criterios y clasificaciones de varios autores, determinaremos en que zona climática se encuentra la parcela de estudio.

3.1. Índice de Lang

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_{Lang} = \frac{P_m}{T_m}$$

Siendo: P_m = Precipitación media anual en mm. (596.86)

T_m = Temperatura media anual en °C. (13.6)

Así que:

$$I_{Lang} = \frac{P_m}{T_m} = \frac{596.86}{13.6} = 43.88$$

La caracterización según el índice de Lang dice que nos encontramos en una zona húmeda de estepa y sabana, próxima al límite de zona árida, ya que el resultado obtenido se sitúa en el intervalo $40 \leq I_{Lang} \leq 60$.

3.2. Índice de Martonne

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_{martonne} = \frac{P}{(t_m + 10)}$$

Siendo; P: Precipitación media anual en mm. (596.86)

t_m : Temperatura media anual en °C. (13.6)

Entonces: $I_{martonne} = \frac{596.86}{(13.6+10)} = 25.29$

El resultado se encuentra entre los valores de $20 < I_{martonne} < 30$, lo que según las zonas climáticas de Martonne se cataloga dentro de regiones de olivo y de cereales.

3.3. Índice de Dantin Cereceda y Revenga

El índice termopluviométrico de Dantin Cereceda y Revenga se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{dr} = \frac{100 T}{P}$$

Siendo; T: Temperatura media anual en °C. (13.6)

P: Precipitación media anual en mm. (596.86)

Entonces

obtenemos:

$$I_{dr} = \frac{100 \times 13.6}{596.86} = 2.28$$

Según el valor del índice de Dantin Cereceda y Revenga, comprendido entre $2 < I_{dr} < 4$, nos hallamos en una zona con clima semiárido.

3.4. Criterio Unesco-Fao

Para caracterizar las condiciones térmicas del clima mediante el criterio Unesco-Fao, se toma la temperatura media del mes más frío y se establecen los siguientes grupos climáticos.

-Si la temperatura media del mes más frío está comprendida entre 10°C y 15°C, estaremos en un clima templado cálido.

-Si la temperatura media del mes más frío está comprendida entre 0°C y 10°C, estaremos en un clima templado medio.

-Si la temperatura media del mes más frío está comprendida entre -5°C y 0°C, el clima será templado frío.

En nuestro caso, la temperatura media del mes más frío corresponde al mes de Enero (5.6 °C), por lo tanto estaremos en un clima templado medio.

4. CLASIFICACION CLIMATICA

4.1. Clasificación agroclimática de Papadakis

La clasificación de Papadakis da un giro importante al introducir las temperaturas extremas, (ya que las medias son elaboraciones con poca relevancia en los cultivos) y considerar el régimen de humedad. Considera que los valores absolutos que alcanzan los factores climáticos no son representativos de una clasificación agroclimática, sino la respuesta de los distintos cultivos. Por ello propone una clasificación en la que se utilizan factores obtenidos a partir de valores extremos de los factores climatológicos.

El sistema define un tipo de invierno y un tipo de verano que nos definen el régimen térmico. También, en función de las precipitaciones y el balance de agua en el suelo, obtenemos el régimen hídrico.

Tipo de invierno

Define la severidad de la estación fría. En el siguiente cuadro se incluyen los diferentes tipos y subtipos climáticos en función de la escala de valores de temperaturas.

TIPO DE INVIERNO		Temperaturas media de las mínimas absolutas del mes más frío (°C)	Temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)	Temperatura media de las máximas del mes más frío (°C)
Ecuatorial		> 7	> 18	-
Tropical	Tp (cálido)	> 7	13 a 18	> 21
	tp (medio)	> 7	8 a 13	> 21
	tp (fresco)	> 7	-	< 21
Cítrus	Ct (tropical)	-2'5 a 7	> 8	> 21
	Ci	-2'5 a 7		10 a 21
Avena	Av (cálido)	- 10 a -2'5	> -4	> 10
	av (fresco)	> -10		5 a 10

Triticum	Tv(avena-trigo)	- 29 a -10	-	>5
	Ti(calido)	> -29		0 a 5
	ti(fresco)	> -29		< 0
Primavera	Pr(más cálido)	< - 29	-	> -17'8
	Pr(más fresco)	< - 29		< -17'8

Tabla6. Clasificación tipo de invierno.

Fuente:<http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd2/ClasificacionPapadakis.pdf>

Según la clasificación de Papadakis, nos encontramos en un tipo de invierno de Avena (av) fresco, ya que la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío (enero) es -3'2 °C que es mayor a -10, y la temperatura media de las máximas del mes más frío es 9'7 °C, que es menor que 10 °C.

Tipo de verano

Define el calor estival. Los tipos y subtipos climáticos correspondientes aparecen en el siguiente cuadro:

Tipo de verano		Duración de la estación libre de heladas (mínima disponible o media) en meses	Media de la media de las máximas de los n meses más cálidos.	Media de las máximas del mes más cálido. (°C)	Media de las mínimas del mes más cálido. (°C)
Gossypium	Cálido G	Mínima >4'5	>25° n=6	> 33'5	-
	Fresco g	Mínima >4'5	>25° n=6	< 33'5	> 20
Coffe c		Mínima 12	>21° n=6	<33'5	<20
Oryza O		Mínima > 4	21° a 25° n=6	-	-
Maize M		Disponible >4'5	>21° n=6	-	-
Triticum	T (cálido)	Disponible >4	-	-	-
	t (menos cálido)	Disponible 2'5 a 4'5	-	-	-
Polar	Cálido(taiga) P	Disponible <2'5	>10° n=4	-	-
	Fresco(tundra) p	Disponible <2'5	>6° n=2	-	-
Frigid	Cálido F	-	<6° n=2	>0	-
	Fresco f	-	-	<0	-
Andino-Alpino	Cálido A	Disponible <2'5 Mínima >1	>10° n=4	-	-
	Fresco a	Mínima <1	<10° n=4	-	-

Tabla 7 . Clasificación tipos de verano según Papadakis.

Fuente:<http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd2/ClasificacionPapadakis.pdf>

Según el calor del verano, corresponde al tipo Maíz (M), ya que la estación libre de heladas dura más de 4 meses y medio y la temperatura media de las máximas del semestre más cálido, de mayo a octubre, es de 25'15°C que es superior a 21°C.

Combinando el tipo de invierno y el tipo de verano, puede decirse que la zona tiene un clima templado cálido, ya que la clase térmica de la zona es AvM.

Respecto al régimen de humedad, nos encontramos en un régimen mediterráneo, porque la precipitación invernal es mayor que la estival.

4.2. Clasificación climática de Köppen

Define diferentes tipos de clima según los valores representativos de la temperatura y precipitación de una región, independientemente de su situación geográfica. Está basada en la temperatura y precipitación media mensual y anual.

En este caso nos encontramos en un clima templado (C), porque la temperatura media del mes más frío está entre -3°C y 18°C.

En esta clasificación la segunda letra corresponde al régimen de lluvias. Para nuestros datos climáticos, nos encontraríamos en una zona de verano seco o mediterráneo, donde la precipitación media del mes más seco es menor a 1/3 de la precipitación media del mes más húmedo (s).

La tercera letra explica el comportamiento de las temperaturas. El verano es caluroso puesto que superan los 22°C de media en el mes más cálido, por lo tanto le corresponde la letra a, denominada subtropical.

Según la clasificación climática de Köppen, nos encontramos en un clima mediterráneo de veranos cálidos, con lluvias estacionales y temperaturas cálidas en verano, lo que correspondería con las siguientes letras (Csa).

4.3. Clasificación de Thornthwaite

La clasificación de Thornthwaite (1949) ha sido ampliamente asumida. Se basa en la consideración de la eficacia térmica, con la ETP del mismo autor, y la humedad disponible expresada como índice de humedad y de aridez en base al balance hídrico.

Supone un avance comparándolo con otras clasificaciones porque tiene en cuenta cómo afecta el clima al suelo y a la planta.

4.3.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)

La evapotranspiración potencial (ETP) se calcula mediante la siguiente fórmula propuesta por Thornthwaite:

$$ETP_{ajustada} = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

Donde: t = temperatura media mensual

I = Índice de calor anual. Se obtiene como $I = \sum_{i=1}^{12} i$;

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = (0.675 I^3 - 77.1 I^2 + 17.92 I + 492.39) \cdot 10^{-6}$$

Mes	Tª media °C	i	I	a	ETP _{ajustada}
Enero	5.6	1.19	59.49	1.43	14.67
Febrero	6.1	1.35	59.49	1.43	16.53
Marzo	9.1	2.5	59.49	1.43	29.38
Abril	12	3.76	59.49	1.43	43.64
Mayo	15.7	5.65	59.49	1.43	64.09
Junio	20.1	8.22	59.49	1.43	91.25
Julio	23.2	10.21	59.49	1.43	112.02

Agosto	23.1	10.14	59.49	1.43	111.33
Septiembre	18.9	7.49	59.49	1.43	83.56
Octubre	14.7	5.12	59.49	1.43	58.33
Noviembre	9.1	2.48	59.49	1.43	29.38
Diciembre	6.2	1.38	59.49	1.43	16.97

Tabla 8. Resultados evapotranspiración ajustada.

$$\text{ETP (mm/mes)} = \text{ETP}_{\text{ajustada}} \cdot K$$

K= coeficiente corrector;
$$K = \frac{d}{30} \cdot \frac{N}{12}$$

d = n° días del mes

N = n° máximo horas de sol (depende de la latitud)

Mes	ETP_{ajustada}	Días	N	K	ETP(mm/mes)
Enero	14.67	31	9.5	0.82	12,03
Febrero	16.53	28	10.52	0.82	13,55
Marzo	29.38	31	11.96	1.03	30,26
Abril	43.64	30	13.68	1.14	49,75
Mayo	64.09	31	14.6	1.26	80,75
Junio	91.25	30	15.24	1.27	115,89
Julio	112.02	31	14.94	1.29	144,50
Agosto	111.33	31	13.86	1.19	132,48
Septiembre	83.56	30	12.5	1.04	86,90
Octubre	58.33	31	11.12	0.96	55,99
Noviembre	29.38	30	9.8	0.82	24,09
Diciembre	16.97	31	9.16	0.79	13,40

Tabla 9 .Resultado evapotranspiración

La ETP total anual mediante el método de Thornthwaite es 759,62 mm/año.

4.3.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE HUMEDAD

Para calcular el índice de humedad es necesario hacer un balance hídrico del suelo.

En este balance intervienen los siguientes parámetros:

- (P) Precipitaciones medias mensuales.
- (ETP) Evapotranspiraciones potenciales medias mensuales.
- (ETR) Evapotranspiraciones reales mensuales
- (R) Reservas de agua del suelo
- (VR) Variación de la reserva de agua.

- (D) Déficits.

- (E) Excesos.

Para poder aplicar la fórmula para todos los suelos, sin particularizar unas condiciones concretas, se establecen las siguientes hipótesis:

- La reserva de agua (R) en el suelo varía entre 0 y 100mm ($0 \leq R \leq 100$).

- Existe exceso de humedad en los meses en los que las reservas del suelo superen el valor de 100.

- En los meses suficientemente húmedos, la ETR coincide con la potencial.

- Existe déficit de humedad en los meses en que la ETR es inferior a la ETP.

- En los meses que por falta de humedad no se alcancen las condiciones potenciales, la evapotranspiración real (ETR) corresponde a las precipitaciones del mes sumadas a las reservas del suelo del mes anterior. ($ETR_i = P_i + R_{i-1}$).

BALANCE HIDRICO DE THORNTHWAITE							
Mes	P	ETP	R	VR	ETR	D	E
Enero	42.81	12.03	100	30.78	12.03	0	9
Febrero	35.46	13.55	100	21.91	13.55	0	30.9
Marzo	31.32	30.26	100	1.06	30.26	0	32.5
Abril	62.83	49.75	100	12.25	49.75	0	44.75
Mayo	65.87	80.75	85.12	-14.88	80.75	0	0
Junio	58.01	115.89	27.24	-57.88	115.9	0	0
Julio	26.4	144.50	0	-118.1	53.64	90.86	0
Agosto	39.69	132.48	0	0	39.69	92.5	0
Septiembre	54.24	86.90	0	0	54.24	32.66	0
Octubre	63.64	55.99	7.65	7.65	55.99	0	0
Noviembre	60.17	24.09	43.73	36.08	24.09	0	0
Diciembre	56.42	13.40	79.1	43.02	13.40	0	0
Total	596.46	759.7	642.84	-	543.3	216.02	117.15

Tabla 10. Balance hídrico de Thornthwaite. Fuente: Elaboración propia.

Calculamos los índices de exceso (I_E) y de déficit (I_D) de humedad, relacionando déficit y el exceso total anual con la ETP anual y expresando los resultados en %.

Con los datos obtenidos en la tabla anterior se obtienen los siguientes resultados:

$$I_E = \frac{E}{ETP} \cdot 100 = \frac{117.15}{759.7} \cdot 100 = 15.42\%$$

$$I_D = \frac{D}{ETP} \cdot 100 = \frac{216.02}{759.7} \cdot 100 = 28.43\%$$

A continuación hallamos el índice de humedad de Thornthwaite, que se define como el porcentaje de excesos menos el 60% del porcentaje de falta de agua, es decir:

$$I_H = I_E - [0.6 \cdot I_D] = 15.42 - [0.6 \cdot 28.43] = -1.63$$

Con lo cual el valor de I_H se encuentra comprendido en el intervalo $0 \geq I_H \geq -20$, lo que clasifica el tipo de clima como seco subhúmedo, correspondiente a la letra C₁.

4.3.3. VARIACIÓN ESTACIONAL

La variación estacional en función de la humedad lo clasifica con la letra s, denominado exceso de agua invernal moderado, al estar el índice de exceso de agua comprendido entre $20 > I_E \geq 10$.

4.3.4. EFICACIA TÉRMICA

Según Thornwaite, la ETP es un índice de eficacia térmica del clima considerado. La suma de las evapotranspiraciones potenciales medias mensuales (ETP), que en nuestro caso

es 759.7 mm, se encuentra comprendido entre los valores $855 \geq ETP \geq 712$, por lo tanto es considerado como clima mesotérmico con la sigla B₂.

4.3.5. CONCENTRACIÓN TÉRMICA EN VERANO

Se determina por la suma de la ETP durante los tres meses de verano en relación a la ETP anual, y es expresada en %:

$$ETP_{\text{julio}} = 144.5 \text{ mm} \quad ETP_{\text{agosto}} = 132.48 \text{ mm} \quad ETP_{\text{septiembre}} = 86.9 \text{ mm}$$

$$ETP_{\text{Verano}} = 363.88 \text{ mm} \quad ETP_{\text{anual}} = 759.7 \text{ mm}$$

$$\text{Concentración de la eficacia térmica} = \frac{ETP_{\text{Verano}}}{ETP_{\text{anual}}} \cdot 100 = 47.89 \%$$

Como el valor obtenido es inferior a 48.0, le corresponde la letra a'.

Por lo tanto, el clima de la zona de acuerdo con los datos obtenidos puede representarse por la siguiente formula climática según Thornthwaite: **C₁ s B₂ a'**, y la siguiente definición climática.

“Clima seco subhúmedo con exceso de agua invernal moderado, segundo mesotérmico y alta concentración de la eficacia térmica en verano”

5. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION

5.1. Evapotranspiración estándar FAO Penman-Monteith

El método de FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método estándar para el cálculo de la evapotranspiración de referencia, siendo el método que produce resultados relativamente exactos y consistentes en climas áridos y en climas húmedos. Este método requiere de datos meteorológicos como son la temperatura del aire, la humedad atmosférica, la velocidad del viento y la radiación. También cuenta con previsiones para su uso en situaciones de falta de datos.

La siguiente formula se utiliza para obtener el valor de la evapotranspiración de referencia, la cual expresa el poder evaporante de la atmosfera en un lugar y época del año sin tener en cuenta el cultivo ni los factores asociados a él. La ecuación es la derivada de la ecuación original de Penman-Monteith y las ecuaciones de resistencia aerodinámica y de resistencia superficial:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Dónde: R_n = Radiación neta en la superficie del cultivo.

G = Flujo del calor del suelo.

T = Temperatura media aire a 2m altura.

u_2 = Velocidad del viento a 2m altura.

e_s = presión de vapor de saturación.

e_a = presión real de vapor.

$(e_s - e_a)$ = déficit de la presión de vapor.

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor.

γ = constante psicrométrica.

Calcularemos por separado cada uno de los factores que intervienen en la ecuación de Penman-Monteith, y después hallaremos la evapotranspiración.

- La radiación neta en la superficie del cultivo (R_n) es la diferencia entre la radiación neta de onda corta (R_{ns}) y la radiación neta de onda larga (R_{nl})

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

Mes	R_n (MJ/m ² día)	R_{ns} (MJ/m ² día)	R_{nl} (MJ/m ² día)
Enero	1.96	2,56	0,60
Febrero	2.92	5,32	2,40
Marzo	4.98	7,78	2,80
Abril	7.47	10,44	2,97
Mayo	10.65	14,25	3,60
Junio	12.39	16,13	3,74
Julio	13.52	17,50	3,98
Agosto	11.28	15,29	4,01
Septiembre	6.7	9,59	2,89
Octubre	3.86	5,72	1,86
Noviembre	2.22	2,71	0,49
Diciembre	1.14	1,58	0,44

- Para hallar la radiación neta de onda corta, utilizamos la siguiente fórmula:

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$$

Donde empleamos la radiación solar, R_s , que se calcula a partir de los siguientes datos; la radiación extraterrestre (R_a), duración real de la insolación (n) y duración máxima posible de la insolación (N).

$$R_s = \left(0.75 \frac{n}{N}\right) R_a$$

En la primera tabla se muestra el resultado obtenido, para los todos los meses, de la radiación de onda corta diaria y la radiación solar diaria. Los datos utilizados corresponden a la siguiente tabla.

Mes	$R_{ns}(\text{MJ/m}^2 \text{ día})$	$R_s (\text{MJ/m}^2 \text{ día})$
Enero	2,56	3,33
Febrero	5,32	6,92
Marzo	7,78	10,11
Abril	10,44	13,56
Mayo	14,25	18,51
Junio	16,13	20,95
Julio	17,50	22,74
Agosto	15,29	19,87
Septiembre	9,59	12,46
Octubre	5,72	7,43
Noviembre	2,71	3,53
Diciembre	1,58	2,06

Mes	Ra (MJ/m ² día)	N (h)	n (h)
Enero	13,8	9,3	3
Febrero	19,2	10,4	5
Marzo	26,3	11,7	6
Abril	34,1	13,2	7
Mayo	39,5	14,4	9
Junio	41,9	15,0	10
Julio	40,8	14,8	11
Agosto	36,3	13,7	10
Septiembre	29,2	12,3	7
Octubre	21,4	10,8	5
Noviembre	15,1	9,6	3
Diciembre	12,4	9,0	2

Tabla . Radiación extraterrestre mensual para 42° (R_a), insolación máxima mensual para 42° (N) y número de horas reales de sol (n). Extraído de: Evapotranspiración Cultivo FAO y Atlas Climático de Aragón.

- Para calcular la radiación de onda larga (R_{nl}), utilizamos la siguiente fórmula:

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{max}^4 + T_{min}^4}{2} \right] (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

Donde:

σ = constante de Stefan-Boltzmann ($4,903 \cdot 10^{-9}$ MJ/ día m² K⁴)

T_{max,K} = temperatura máxima absoluta durante el periodo mensual.

T_{min,K} = temperatura mínima absoluta durante el periodo mensual.

e_a = Presión de vapor real (kPa)

R_s/R_{so} = radiación relativa de onda corta. (valores ≤ 1,0)

R_s = radiación solar calculada (MJ/ día m²)

R_{so} = radiación en un día despejado (MJ/día m²)

En la siguiente tabla, mostramos los resultados obtenidos de radiación de onda larga.

Mes	R _{nl} (MJ/ día m ²)
Enero	0,60
Febrero	2,40
Marzo	2,80
Abril	2,97

Mayo	3,60
Junio	3,74
Julio	3,98
Agosto	4,01
Septiembre	2,89
Octubre	1,86
Noviembre	0,49
Diciembre	-0,44

Calculamos la radiación para un día despejado (R_{so}), ya que es el único dato que nos falta. En la siguiente tabla mostramos los resultados obtenidos.

$$R_{so} = (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} z) R_a$$

Donde;

z = elevación sobre el nivel del mar (m)

R_a = radiación extraterrestre

Mes	R_{so}
Enero	10,51
Febrero	14,62
Marzo	20,03
Abril	25,97
Mayo	30,08
Junio	31,91
Julio	31,07
Agosto	27,65
Septiembre	22,24
Octubre	16,30
Noviembre	11,50
Diciembre	9,44

- Para calcular el flujo de calor del suelo (G), nos basaremos en la idea de que la temperatura del suelo tiene similar tendencia a la de la temperatura del aire. Para periodos mensuales, asumiendo una profundidad media del suelo y una capacidad calorífica constante del suelo de $2.1 \text{ MJ/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$, utilizamos:

$$G_{\text{mes},i} = 0.07 (T_{\text{mes},i+1} - T_{\text{mes},i-1})$$

Dónde:

$T_{\text{mes},i}$ = temperatura media del aire en el mes i ($^\circ\text{C}$).

$T_{\text{mes},i-1}$ = temperatura media del aire en el mes $i-1$ ($^\circ\text{C}$).

$T_{\text{mes}, i+1}$ = temperatura media del aire en el mes $i + 1$ ($^{\circ}\text{C}$).

Mes	Flujo de calor del suelo (G)
Enero	-0.007
Febrero	0.245
Marzo	0.413
Abril	0.462
Mayo	0.567
Junio	0.525
Julio	0.21
Agosto	-0.301
Septiembre	-0.588
Octubre	-0.686
Noviembre	-0.595
Diciembre	-0.245

- La presión media de vapor de saturación (e_s) la calculamos en función de la temperatura del aire. Para un mes, debe ser calculada como el promedio de la presión de saturación de vapor a la temperatura máxima media y la presión de saturación de vapor a la temperatura mínima media del aire para ese periodo.

$$e_s = \frac{[e^o(T_{\max}) + e^o(T_{\min})]}{2}$$

$$e^o(T_{\max}) = 0.6108 \cdot 2.7183^{\left[\frac{17.27 \cdot T_{\max}}{T_{\max} + 237.3}\right]}$$

$$e^o(T_{\min}) = 0.6108 \cdot 2.7183^{\left[\frac{17.27 \cdot T_{\min}}{T_{\min} + 237.3}\right]}$$

Utilizando las formulas anteriores, obtenemos los resultados mostrados en la siguiente tabla:

Mes	$e^o(T_{\max})$	$e^o(T_{\min})$	e_s (kPa)
Enero	1.203	0.716	0.959
Febrero	1.286	0.726	1.006
Marzo	1.630	0.860	1.245
Abril	1.987	1.023	1.505
Mayo	2.564	1.270	1.917
Junio	3.462	1.619	2.540
Julio	4.219	1.901	3.060

Agosto	4.147	1.962	3.054
Septiembre	3.075	1.588	2.331
Octubre	2.281	1.287	1.784
Noviembre	1.517	0.916	1.216
Diciembre	1.244	0.752	0.998

- La **presión real de vapor (e_a)** la calculamos a través de los datos de humedad relativa. Como disponemos de los datos de la humedad relativa máxima y mínima mensual, utilizamos la siguiente fórmula:

$$e_a = \frac{e^o(T_{min}) \frac{HR_{max}}{100} + e^o(T_{max}) \frac{HR_{min}}{100}}{2}$$

Siendo;

e_a = presión real de vapor (kPa)

$e^o(T_{min})$ = presión de saturación de vapor a la temperatura mínima mensual (kPa)

$e^o(T_{max})$ = presión de saturación de vapor a la temperatura máxima mensual (kPa)

HR_{max} = humedad relativa máxima (%).

HR_{min} = humedad relativa mínima (%).

Mes	HR_{max}	HR_{min}	e_a(kPa)
Enero	96	36.2	0,561
Febrero	94	25.1	0,503
Marzo	92	17.3	0,537
Abril	94	20.2	0,681
Mayo	96	23.6	0,912
Junio	94	19.4	1,097
Julio	88	20.5	1,269
Agosto	85	19.8	1,244
Septiembre	92	18.4	1,013
Octubre	98	28.4	0,955
Noviembre	98	30.5	0,680
Diciembre	98	32.8	0,572

- La **pendiente de la curva de presión de saturación de vapor (Δ)** la calculamos mediante la siguiente ecuación, siendo T la temperatura media del aire de cada mes.

$$\Delta = \frac{4098 \cdot \left[0.6108 \cdot 2.7183^{\left(\frac{17.27 \cdot T}{T+237.3} \right)} \right]}{(T + 237.3)^2}$$

Mes	Temperatura	Δ
Enero	5.6	0.063
Febrero	6.1	0.065
Marzo	9.1	0.078
Abril	12	0.092
Mayo	15.7	0.114
Junio	20.1	0.145
Julio	23.2	0.172
Agosto	23.1	0.171
Septiembre	18.9	0.136
Octubre	14.7	0.108
Noviembre	9.1	0.078
Diciembre	6.2	0.065

- Para el cálculo de la **constante psicométrica (γ)** utilizamos la siguiente ecuación:

$$\gamma = 0.665 \cdot 10^{-3} (P) = 0.063 \text{ KPa/ } ^\circ\text{C}$$

Siendo:

P = presión atmosférica, para z = 590 m

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065 z}{293} \right)^{5.26} = 94.52 \text{ KPa}$$

Una vez obtenidos todos los datos procedemos al cálculo de la **evapotranspiración de referencia**, utilizando la fórmula de Penman-Monteith antes mencionada:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Mes	ET ₀ mm/día	ET ₀ mm/mes
Enero	1,16	35,96
Febrero	1,59	44,52
Marzo	2,44	75,64
Abril	2,95	88,5
Mayo	3,93	121,83
Junio	4,71	141,3

Julio	5,60	173,6
Agosto	5,11	158,41
Septiembre	3,29	98,7
Octubre	2,10	65,1
Noviembre	1,56	46,8
Diciembre	1,09	33,79

Tabla 11. Resultado de la evapotranspiración de referencia diaria y mensual.

5.2. Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar

Este cálculo examina la evapotranspiración de un cultivo que se desarrolla en condiciones óptimas, libre de enfermedades y con buena fertilización. Para determinar la evapotranspiración del cultivo, se multiplica la evapotranspiración de referencia por el coeficiente del cultivo. En este caso, como se trata del diseño y planificación del riego, utilizaremos únicamente el enfoque de un coeficiente único de cultivo, que incorpora las características del cultivo y los efectos promedios de la evaporación del suelo.

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Donde:

ET_c = evapotranspiración del cultivo (mm/día).

K_c = coeficiente del cultivo (adimensional)

ET_o = evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

En la siguiente tabla, identificamos los valores de K_c en las distintas etapas del cultivo, Los datos han sido obtenidos del libro “El cultivo del pistacho”, al ser los más específicos para las distintas etapas del cultivo.

Estado fenológico	Fecha	K_c
Reposo	Dic – Marzo	0,1
Fase I	Abril	0,25
Fase I/II	Mayo	0,8
Fase II	Junio	1,13
Fase II/III	Julio	1,19
Fase III	Agosto	1,16
FaseIII/Postcosecha	Septiembre	0,93
Postcosecha	Octubre	0,56
Postcosecha/reposo	Noviembre	0,35

Tabla12. Valores del coeficiente del cultivo para las distintas etapas. Extraída de: “El cultivo del pistacho”

Aplicando los coeficientes del cultivo a la evapotranspiración de referencia, hallamos la evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar diaria y mensual, que se muestran en la siguiente tabla:

Mes	ET_o (mm/día)	K_c	ET_c (mm/día)	ET_c (mm/mes)
Enero	1,16	0,1	0,116	3,59
Febrero	1,59	0,1	0,159	4,45
Marzo	2,44	0,1	0,244	7,564
Abril	2,95	0,25	0,74	22,2
Mayo	3,93	0,8	3,14	97,34
Junio	4,71	1,13	5,32	159,6
Julio	5,60	1,19	6,66	206,46
Agosto	5,11	1,16	5,93	183,83
Septiembre	3,29	0,93	3,06	91,8
Octubre	2,10	0,56	1,18	35,4
Noviembre	1,56	0,35	0,55	16,5
Diciembre	1,09	0,1	0,109	3,38

Tabla 13 . Resultados de la evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar.

ANEXO 8.

INDICE

INDICE.....	119
1. INTRODUCCIÓN.....	120
2. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO.....	120
2.1. Muestreo	120
2.2. Resultados obtenidos.....	120
2.2.1. CARACTERES FÍSICOS DEL PERFIL EDÁFICO.....	120
2.2.3. CARACTERES QUÍMICOS.....	120
3. ANALISIS DEL ESTUDIO.....	121
3.1. Caracteres físicos	121
3.2. Caracteres químicos	121

1. INTRODUCCIÓN

Conocer las características y propiedades del suelo es un hecho fundamental para poder utilizarlo de forma adecuada, ya que es el medio de sustento de la planta. En el posterior estudio se ha realizado un análisis de los resultados de las muestras tomadas en la finca colindante a la del proyecto.

Nos hallamos entre el comienzo de la depresión del Ebro y las sierras exteriores según las unidades morfoestructurales surpirenaicas, conocidos como somontanos u hoyas.

Los somontanos son depresiones erosivas de gran amplitud que conservan restos de la cobertera cuaternaria, generando complejos sistemas de glaciares y terrazas. Diversos niveles de glaciares albergan pequeños acuíferos, pero interesantes por su posible uso agrícola o de abastecimiento.

Según el libro de itinerarios edáficos por el Alto Aragón y clasificándolo según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, nos encontramos en una zona de suelos calcisoles. Los calcisoles se caracterizan por tener una acumulación de carbonato cálcico a cierta profundidad.

2. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

2.1. Muestreo

Para conocer las características del suelo se tomaron muestras en tres puntos distintos de la parcela alejados de los bordes, a 30 cm de profundidad.

2.2. Resultados obtenidos

2.2.1. CARACTERES FÍSICOS DEL PERFIL EDÁFICO.

Resultados según el USDA.

GRANULOMETRÍA	
Elementos gruesos(> 2 mm)	8%
Arena gruesa (0,5 - 2 mm)	15%
Arena fina (0,05-0,5 mm)	37%
Limo (0,002 - 0,05 mm)	26%
Arcilla (< 0,002 mm)	23%

Con los datos obtenidos se determina la clase textural del suelo entrando para ello en el triángulo de texturas, y resulta ser un suelo **Franco-Arcillo-Arenoso**.

2.2.3. CARACTERES QUÍMICOS

FERTILIDAD	
pH (H ₂ O) 1:2,5	8.2
Materia orgánica (%)	2

Nitrógeno total (%)	0,11
Salinidad (CE en dS/m)	1,40
Carbonatos totales (%)	20,8
Relación C/N	13
Fósforo Olsen (ppm)	9
Magnesio (meq/100g)	1,4
Sodio (meq/100g)	7,5
Potasio (meq/100g)	125,4

3. ANALISIS DEL ESTUDIO

3.1. Caracteres físicos

Teniendo en cuenta la granulometría y la estructura del suelo, se obtiene que es un suelo aceptable para el cultivo, con una estructura Franco-Arcillo-Arenosa.

La profundidad del suelo no va a presentar problemas para el cultivo ya que permite cualquier desarrollo de raíz.

3.2. Caracteres químicos

- **pH:** el valor del pH obtenido es alcalino. Esto se debe a la cantidad de carbonatos que hay en el suelo. Es un valor aceptable.
- **Materia orgánica:** el valor se sitúa en 2, que es un valor bueno.
- **Nitrógeno total:** se sitúa en un valor medio, por lo que no es necesario ningún aporte adicional.
- **Salinidad:** medida en el extracto de pasta saturada se calcula midiendo la conductividad eléctrica (en dS/m). El valor obtenido ha sido de 1.4 dS/m, el cual es bajo y por lo tanto el suelo es no salino. Además el pistacho es muy tolerante a la salinidad, solo se ve afectado en valores superiores a 6 dS/m.
- **Relación C/N:** el resultado es 13, considerado un valor normal.
- **El fósforo:** se sitúa en 9 ppm, un poco por debajo del rango óptimo situado entre 12 y 18.
- **El potasio:** es un valor que se encuentra en un nivel alto, entre 90-150.
- **Cationes solubles:** Tanto los niveles de magnesio y sodio se encuentran en el rango de valores aceptables para el desarrollo de las plantas.

ANEXO 9. ANALISIS CALIDAD AGUA RIEGO

INDICE

INDICE	122
1. INTRODUCCION	123
2. ANALISIS CALIDAD AGUA DE RIEGO.....	123
3. INDICES DE PRIMER GRADO.....	125
3.1. El pH.	125
3.2. Presión osmótica del agua.....	126
3.3. Contenido total de sales.....	126
3.4. Sales existentes en el agua de riego.....	126
4. COMPROBACIÓN DEL ANÁLISIS	127
4.1. Criterio nº1	127
4.2. Criterio nº2	128
5. INDICES DE SEGUNDO GRADO	128
5.1. Relación de adsorción de sodio (SAR o RAS)	128
5.2. Relación de calcio (RC).	128
5.3. Relación de sodio (RS).	128
5.4. Dureza del agua.....	129
5.5. Índice de Eaton o carbonato sódico residual (CSR).....	129
6. NORMAS COMBINADAS PARA CARACTERIZAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS	129
6.1. Normas Riverside.....	129
6.2. Normas H Greene	130
6.3. Normas de Wilcox.	131
7. CONCLUSIONES	131

1. INTRODUCCION

El agua es un elemento principal para la nutrición de la planta y contiene disueltas diversas sustancias. Es fundamental realizar un correcto análisis de la calidad del agua que se va a usar en el riego, ya que en función de los resultados obtenidos, se decidirá si se puede utilizar en el riego o no.

Utilizaremos los métodos más utilizados para dar un criterio adecuado, calculando la cantidad de sales solubles en el agua para poder determinar la calidad del agua. En este estudio no se considera la relación entre el agua y el suelo.

Hay aguas que son consideradas peligrosas aunque no tengan un contenido alto de sales. El problema sucede cuando estas aguas están en el suelo ya que no podemos saber su futuro desarrollo.

Si disponemos de un suelo húmedo, la evapotranspiración disminuye la humedad del suelo pero deja las sales, por lo que el suelo se puede ir volviendo más salino conforme se va secando. En el caso de que se alcanzara un máximo de sales concentradas, algunas pueden precipitar, lo que alteraría las propiedades del suelo.

2. ANALISIS CALIDAD AGUA DE RIEGO

Sabiendo la existencia de un pozo en la parcela para poder utilizar el riego, los datos del análisis de agua han sido tomados de la parcela colindante a la nuestra, donde existe un cultivo de cerezos, también con riego de pozo.

Estas aguas están fuera de las consideradas afectadas o en riesgo de contaminación por nitratos (círculo negro, situación de la parcela) según los datos analíticos de la red de control de calidad de aguas subterráneas de la Confederación Hidrográfica del Ebro (Imagen 1).

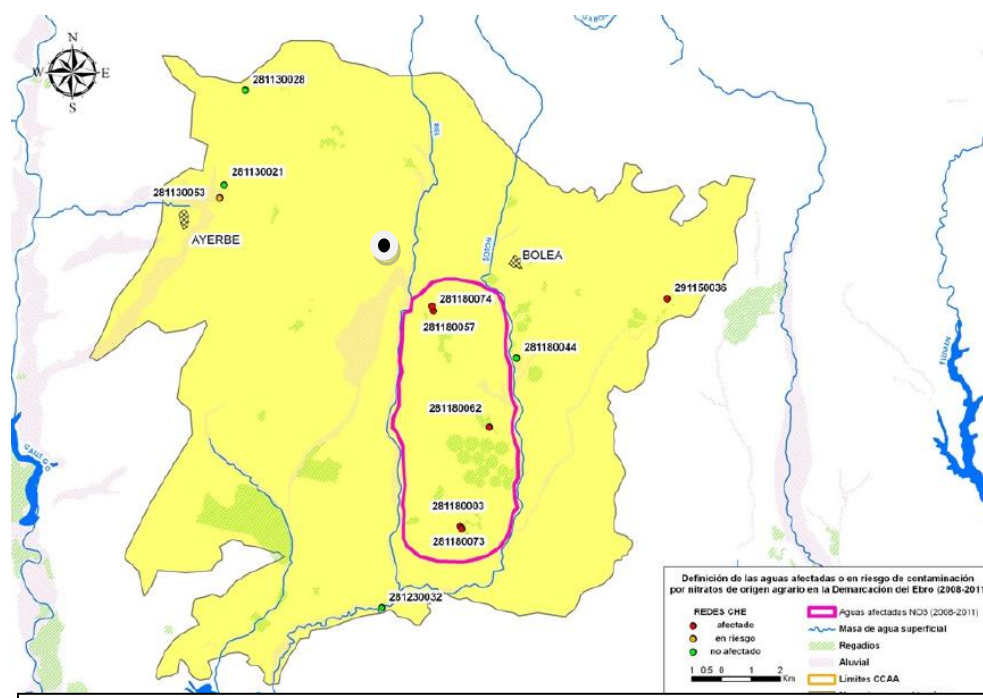


Imagen 1. DETERMINACIÓN DE LAS AGUAS AFECTADAS O EN RIESGO POR NITRATOS DE

Los resultados de los análisis son los siguientes:

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
pH	-	7,8
Conductividad a 20°C	μS/cm	723
Oxígeno disuelto	mg/l	8,6
Oxígeno disuelto	% saturación	85,1
Sólidos en suspensión	mg/l	39
Tabla 1. Resultados de los análisis.		

CATIONES			ANIONES		
	mg/l	Meq/l		mg/l	Meq/l
Calcio (Ca ²⁺)	127,6	6,36	Cloruros (Cl ⁻)	14,5	0,41
Magnesio (Mg ²⁺)	24,4	2,00	Sulfatos(SO ₄ ²⁻)	151,3	3,15
Sodio(Na ⁺)	10,2	0,43	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	303,5	4,97
Potasio (K ⁺)	2,4	0,06	Carbonatos(CO ₃)	<5,0	0
TOTAL		8,85	TOTAL		8,53

Tabla 2. Resultados Cationes v aniones.

OTROS IONES			
	mg/l		mg/l
Nitratos	29,6	Plomo	<0,010
Hierro	0,04	Mercurio	<0,0001
Cobre	<0,002		

Tabla 3. Resultados de otros iones

3. INDICES DE PRIMER GRADO

3.1. El pH.

El intervalo del pH que se considera óptimo para el agua de riego es entre 7 y 8. Nuestro pH es de 7.8, así que nuestra agua es óptima para el riego.

3.2. Presión osmótica del agua.

La presión osmótica del agua aumenta a medida que lo hace su concentración salina.

La relación es lineal y puede calcularse mediante la fórmula:

$$Po = 0.36 \times CE$$

Donde:

Po = Presión osmótica, en atmosferas.

CE = Conductividad eléctrica, en mmho/cm.

Entonces, el resultado es:

$$Po = 0,36 \times 0,723 = \underline{0.26 \text{ atm}}$$

3.3. Contenido total de sales.

El límite del contenido total de sales es problemático cuando supera el valor de 1 gramo/litro. La cantidad de sales disueltas e ionizadas en el agua es proporcional a la cantidad de corriente que pasara a través de esta, según la siguiente relación.

$$SD = 0,64 \times CE \text{ (a } 25^{\circ}\text{C)}$$

Donde:

SD= Concentración de sales en mg/l o ppm.

CE= Conductividad eléctrica en $\mu\text{mho/cm}$.

Nuestros datos están expresados en $\mu\text{S/cm}$ a 20°C , el factor de corrección a aplicar para obtener la CE a 25°C es el siguiente:

$$SD = 0,64 \times 723 \times 1,112 = 514,54 \text{ mg/l}$$

El contenido total de sales es de 514,54 mg/l o 0,514 g/l.

3.4. Sales existentes en el agua de riego.

Puede determinarse a partir de los valores de los iones. Para ello se tendrá en cuenta que las sales que contiene, en el agua de riego son:

- Cloruro sódico y magnésico (NaCl , MgCl_2)
- Sulfatos sódico, cálcico y magnésico
- Carbonato sódico (Na_2CO_3).
- Bicarbonato cálcico y magnésico.

1º) Sumar por separado los meq de calcio y magnesio y los de sulfatos y bicarbonatos. La menor de estas sumas se toma como representativa del contenido en bicarbonatos más sulfatos de calcio y magnesio.

$$- \Sigma (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = 8,36 \text{ meq/l} = A$$

$$- \Sigma (\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-) = 8,12 \text{ meq/l} = B$$

$$- B = \text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 = 8,12 \text{ meq/l}.$$

2º) Si en las sumas anteriores, los cationes superan a los aniones, el exceso se atribuye a cloruro magnésico (MgCl_2) y se interpreta que no hay sulfato sódico (Na_2SO_4).

$$-\text{MgCl}_2 = B - A = 0,24 \text{ meq/l}$$

$$-\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0 \text{ meq/l}$$

3º) En el caso de que hubiese carbonatos, todos ellos se atribuyen a carbonato sódico.

4º) La diferencia entre los cloruros (Cl^-) dados por el análisis y los posibles MgCl_2 calculados en la segunda regla, se atribuyen a cloruro sódico (NaCl).

$$-\text{NaCl} = \text{Cl}^- - \text{MgCl}_2 = 0,41 - 0,24 = 0,17 \text{ meq/l}.$$

Las sales que podemos encontrar en el agua son: Cloruro sódico y magnésico, sulfatos cálcico y magnésico y bicarbonatos cálcico y magnésico.

4. COMPROBACIÓN DEL ANÁLISIS

Para realizar una correcta comprobación podemos usar dos criterios:

4.1. Criterio nº1

Realizamos la suma de cationes en meq/l y la multiplicamos por un coeficiente que estará entre 80 y 110, que deberá ser igual a la conductividad eléctrica expresada en $\mu\text{mho/cm}$, por lo tanto:

$$K = \frac{723}{8,85} = 81,7$$

El resultado obtenido, 81,7 está dentro del intervalo indicado anteriormente. Por lo tanto el análisis cumple esta comprobación.

4.2. Criterio nº2

Se realiza la suma de aniones que debe ser igual a la suma de cationes, expresados en meq/l. Se permite un error del 5% tanto por exceso como por defecto.

$$- \Sigma \text{ Cationes} = 8,85$$

$$- \text{Diferencia} = 0,32$$

$$- \Sigma \text{ Aniones} = 8,53$$

$$- \text{Error cometido} = 3,61\%$$

5. INDICES DE SEGUNDO GRADO

5.1. Relación de adsorción de sodio (SAR o RAS)

La relación de adsorción de sodio hace referencia a la concentración del ion sodio y los iones calcio y magnesio. Su valor numérico se determina mediante la siguiente fórmula, donde todos los cationes se expresan en meq/l.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Un alto contenido de sodio en el agua de riego puede inducir elevados valores de P.S.I. (Porcentaje de sodio intercambiable) en el suelo, con sus efectos negativos de pérdida de estructura por dispersión e hinchamiento. Se puede hablar de peligro con valores superiores a 10.

En nuestro caso:

$$SAR = \frac{0,43}{\sqrt{\frac{6,36 + 2,00}{2}}} = 0,1028 \text{ meq/l}$$

Por lo tanto $0,1028 < 10$, así que se puede considerar un agua optima para el riego.

5.2. Relación de calcio (RC).

La relación de Calcio nos indica la proporción del contenido de calcio respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/l y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RC = \frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + Na^+ + Mg^{2+}} = \frac{6,36}{6,36 + 0,43 + 2,00} = 0,72 \text{ meq/l}$$

5.3. Relación de sodio (RS).

La relación de sodio nos indica la cantidad de sodio que hay en el agua en relación a otros cationes. Se calcula mediante la siguiente formula, donde todos los datos van en meq/l.

$$RS = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Na^+ + Mg^{2+}} = \frac{0,43}{6,36 + 0,43 + 2,00} = 0,04 \text{ meq/l} = 0,00092 \text{ g/l}$$

Se estima que con concentraciones en agua superiores a 0,2 o 0,3 g/l, puede dar lugar a toxicidades.

5.4. Dureza del agua.

Otro índice importante en los estudios de calidad del agua es la dureza, que hace referencia al contenido de calcio que hay en el agua, calculado mediante la siguiente fórmula, donde la concentración de los cationes se expresa en mg/l.

$$F = \frac{(Ca^{2+} \cdot 2.5) + (Mg^{2+} \cdot 4.12)}{10}$$

Sustituyendo los valores correspondientes se obtiene un valor de **32,72**, por lo que se entiende es un agua dura.

5.5. Índice de Eaton o carbonato sódico residual (CSR).

Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes de calcio y magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato. Se calcula mediante la siguiente fórmula, en meq/l:

$$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) = -3,39 \text{ meq/l}$$

Este índice dice que no son buenas las aguas con un contenido superior a 2,5 meq/l, las que presentan un contenido de 1,25 a 2,5 meq/l son regulares y las aguas buenas son con valores inferiores a 1,25 meq/l.

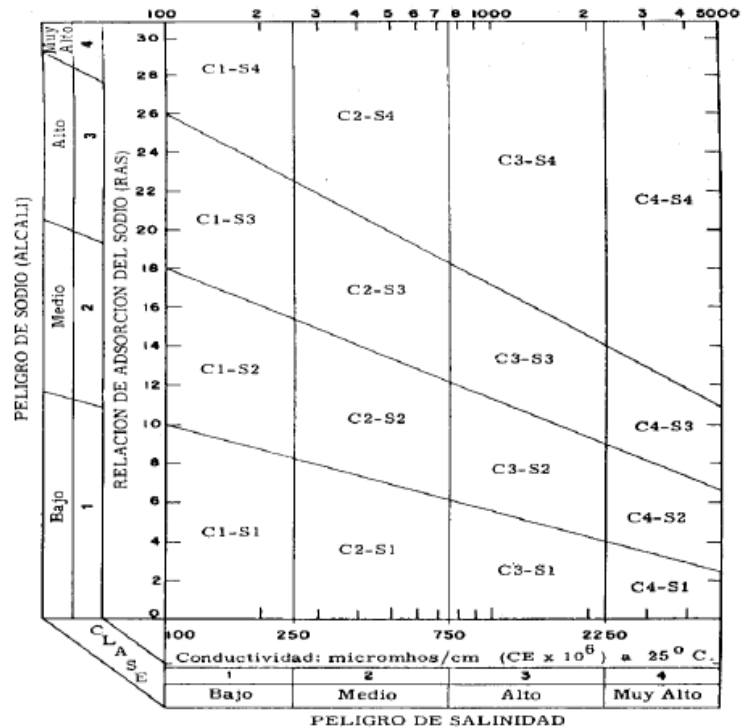
En nuestro caso el valor obtenido es inferior a 1,25 meq/l, por lo que el agua es apta para el riego.

6. NORMAS COMBINADAS PARA CARACTERIZAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Existen muchos criterios para obtener un resultado sobre la calidad del agua a utilizar. En este apartado utilizaremos los de mayor aceptación y que se basan en la utilización combinada de algunos índices antes descritos.

6.1. Normas Riverside.

Relaciona la conductividad eléctrica y el SAR. Según estos dos índices se establecen dieciséis clases de aguas en función del riesgo de alcalinización y salinización.



Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego. (U. S. Soil Salinity Laboratory).

Entramos en el diagrama con los valores de SAR= 0,102 y CE= 723, se obtiene una clasificación del agua C2 – S1, que indica un riesgo medio de salinización del suelo y muy bajo de alcalinización.

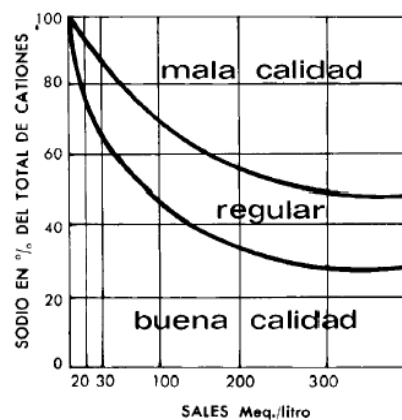
6.2. Normas H Greene.

La norma H.Greene toma datos de la concentración total del agua expresado en meq/l con relación al porcentaje de sodio.

El porcentaje de Na⁺ sobre cationes $(0,43/8,85) \times 100 = 4,85\%$

Concentración total (cationes + aniones) = 17,38 meq/l

Con estos valores se entra en la grafica y se obtiene un agua de buena calidad para el riego.



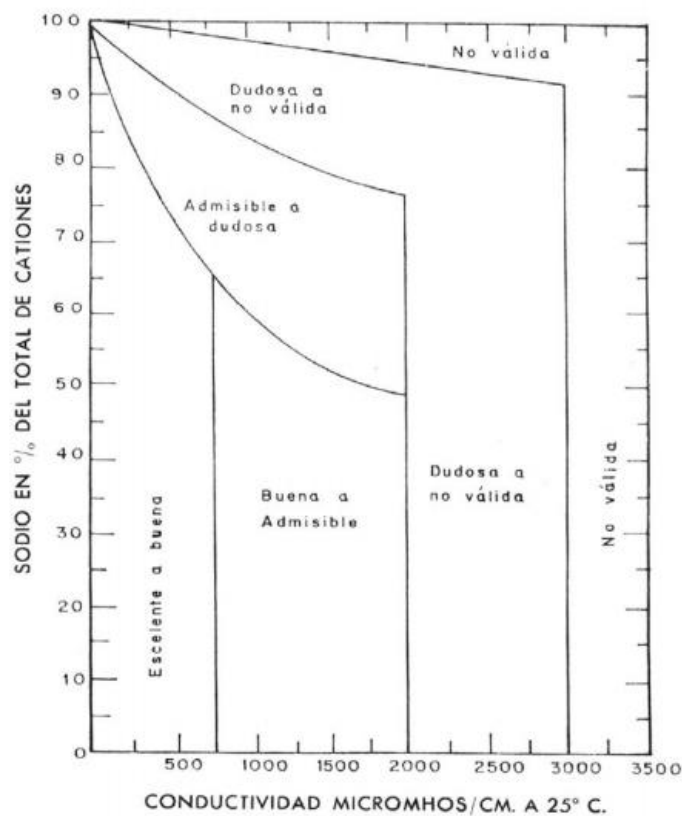
6.3. Normas de Wilcox.

Esta norma considera los índices para clasificar las aguas de riego, siendo el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica en $\mu\text{mhos/cm}$.

El porcentaje de sodio que hemos hallado es: $(0,43/8,85) \times 100 = 4,85\%$.

La conductividad eléctrica a 25°C es de $723 \mu\text{mhos/cm}$.

Utilizando la siguiente grafica se obtiene una clasificación de agua de excelente a buena.



7. CONCLUSIONES

En este anexo se ha comprobado que el agua no presentará problemas en un futuro en el desarrollo de los cultivos, ya que cumple con todos los requisitos de calidad. El agua la obtenemos de un pozo que se encuentra dentro de la parcela.

ANEXO 10. DISEÑO Y MANEJO DE LA PLANTACION

INDICE

INDICE.....	132
1. DISEÑO.....	135
1.1. Marco de plantación	135
1.3. Orientación	135
1.4. Distribución.....	135
2. RIEGO	136
2.1. Introducción.....	136
2.2. Influencia del riego en el pistacho	137
2.3. Riego deficitario controlado.....	137
2.4. Características del riego localizado.....	138
2.5. Calendario de riego	139
3. PLANTACIÓN.....	140
3.1. Introducción.....	140
3.2. Época de plantación	140
3.3. Preparación del terreno	141
3.4. Transporte y plantación	141
3.5. Operaciones post-plantación	142
4. EL INJERTO	143
4.1. Tipos de injerto	144
4.1.1. EL INJERTO DE ESCUDO	144
4.1.2. EL INJERTO DE CHIP	145
4.1.3. EL INJERTO “MIXTO”	146
4.1.4. EL INJERTO DE ANILLO.....	146
4.1.5. EL MINI-INJERTO.....	147
4.1.6. OTROS INJERTOS	147
4.2. Factores que influyen en el prendimiento	148

4.3. Manejo del árbol injertado	150
4.4. Injerto en bolsa	151
4.5. Pies madres.....	151
4.7. Comparación entre planta injertada o injerto en el campo	152
5. MANTENIMIENTO DEL SUELO.....	153
5.1. Suelos desnudos	153
5.2. Con cubierta vegetal	154
5.3. Asociación de cultivos	155
5.4. Escarda.....	156
5.5. HERBICIDAS.....	156
6. LA PODA	157
6.1. Introducción.....	157
6.2. Tipos de poda.....	157
6.3. Poda de formación	157
6.3.1. ARBOLES MASCULINOS	158
6.3.2. ARBOLES FEMENINOS	158
6.4. Poda de producción	160
6.5. Poda de rejuvenecimiento	161
6.6. Poda en verde	161
6.7. Poda mecánica	162
7. FERTILIZACIÓN EN EL PISTACHO	162
7.1. Introducción.....	162
7.2. Factores que influyen en la fertilización	162
7.3. Nutrientes	163
7.4. Macronutrientes	164
7.4.1. NITRÓGENO:.....	164
7.4.2. FÓSFORO:	165
7.4.3. POTASIO:	166
7.4.4. MAGNESIO:.....	167
7.4.5. CALCIO:	167

7.5. Micronutrientes	168
7.5.1. HIERRO	168
7.5.2. MANGANESO	168
7.5.3. BORO	169
7.5.4. COBRE	170
7.5.5. ZINC	171
7.6.6. MOLIBDENO	171
7.6.7. CLORO Y SODIO	172
7.7. Programa de abonado	172
7.7.1. ANTES DE LA PLANTACIÓN	172
7.7.2. DESPUÉS DE LA PLANTACIÓN	172
7.8. Plan anual de fertilización.	173
 8. POLINIZACIÓN	 173
8.1. El polen	174
8.2. Polinización artificial	174
 9. LA COSECHA	 175
9.1. La Recolección	176
9.2. El transporte	177

1. DISEÑO

Un buen diseño de la plantación es importante para el correcto desarrollo a medio y largo plazo. Los aspectos analizados son: el marco de plantación, la orientación y la distribución de las variedades. En la siguiente imagen se puede observar la parcela donde se instalará el cultivo.



Imagen 1. Parcela para el cultivo de pistachos. Fuente: Sigpac

1.1. Marco de plantación

El marco de plantación se ve altamente influenciado por la calidad del terreno. A peores condiciones edafológicas y de disponibilidad de agua, se deben elegir marcos más amplios para poder mantener producciones rentables con el tiempo. Esto también ayuda a reducir la humedad ambiental y aumenta el porcentaje de frutos abiertos.

Otro factor a tener en cuenta antes de establecer la densidad de la plantación es el vigor del portainjerto y de la variedad. Tanto el patrón *P. terebinthus* como la variedad femenina Kerman tienen un vigor moderado, no así Sirora, que tiene un vigor alto.

El marco de plantación elegido será de 7 x 7 m dando como resultado 204 plantas por hectárea, y un total de 816 árboles en la plantación. Elegimos este marco amplio debido a que la humedad relativa durante los meses de verano, es próxima al límite que se asocia a posibles problemas de enfermedades en el futuro, por lo que al reducir la densidad de la plantación, conseguimos reducir la humedad ambiental. El hecho de que sea una zona con presencia de viento predominante noroeste- muchos días del año también mitigará este efecto.

1.3. Orientación

La situación de la propia parcela reúne aspectos favorables como que se halla lejos de una hondonada o valle que pueda acumular aire frío o agua. A su vez, la orientación es cara sur, lo que significa una menor exposición a posibles heladas tardías.

1.4. Distribución

La colocación de las diferentes variedades estará repartida del siguiente modo:

- Las variedades femeninas Kerman y Sirora se situarán separadas en la plantación, como se muestra en la siguiente imagen. Aprovechando que los

vientos dominantes de la zona provienen del oeste – noroeste y al ser Sirora una variedad más temprana, la situaremos en la zona oeste de la parcela para que las polinizaciones iniciales de esta variedad puedan favorecer también las de Kerman.



Imagen2. Emplazamiento variedad Kerman

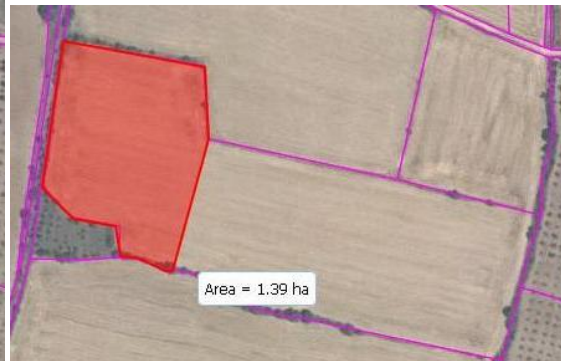
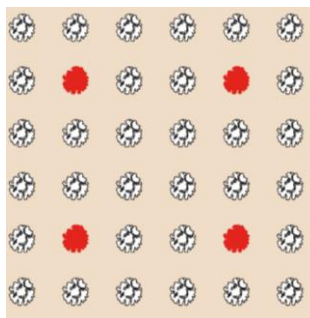


Imagen3. Emplazamiento variedad Sirora

- La zona que comprende la variedad Sirora se compondrá del siguiente modo:
 - 253 árboles de la variedad femenina Sirora.
 - Variedades masculinas: 4 Mateur, 26 C. especial y 2 Peter.
- La zona que comprende la variedad Kerman se compondrá del siguiente modo:
 - 472 árboles de la variedad femenina de Kerman.
 - Variedades masculinas: 7 C. especial, 47 Peter y 5 Chaparrillo.
- La proporción de árboles macho y árboles hembra será 1:8, y se distribuirá como se observa en la siguiente imagen, donde los arboles masculinos aparecen en rojo.



2. RIEGO

2.1. Introducción

Las plantas ven afectados sus procesos fisiológicos cuando requieren más agua de la que disponen, pudiendo influir negativamente en su desarrollo.

El riego supone una ventaja productiva importante en todos los cultivos, sobre todo si las precipitaciones son mínimas en ciertas épocas del año. La elección de instalar riego en una explotación es una inversión importante, pero favorece en muchos aspectos al cultivo.

Para nuestra plantación instalaremos un sistema de riego localizado por goteo.

2.2. Influencia del riego en el pistacho

Aunque este cultivo se ha seleccionado como alternativa de secano en muchas zonas de la península por su facilidad para tomar agua, la respuesta al riego es muy buena. En condiciones de regadío adecuadas y unos mínimos cuidados, consigue una excelente calidad de fruto y una alta rentabilidad y productividad.

La principal ventaja y objetivo del riego en el pistacho es el aumento de la producción. Con riego podemos permitirnos aumentar la densidad de plantación y por tanto, la cantidad de árboles que producirán siempre y cuando dispongamos de un volumen de agua suficiente. Otro aspecto que se beneficia con el riego es la cantidad de kilos producidos por árbol. Como la poda de producción tiene mayores posibilidades de renovación en regadío, se buscará un mayor tamaño de los árboles y por tanto, una mayor capacidad productiva.

Desde un principio la ventaja de disponer de riego en la parcela es evidente, consiguiendo reducir el periodo improductivo del pistachero. El crecimiento de los árboles es un proceso muy sensible a la falta de agua. En plantaciones de secano, una producción significativa puede alcanzarse a los 6 o 7 años reduciéndose a los 4 o 5 años en regadío, siempre que la dosis y el momento de riego sean los adecuados.

Otro aspecto que está relacionado con el riego es el mayor porcentaje de frutos abiertos que se obtienen en relación a plantaciones en secano. Estos frutos abiertos son de mayor valor comercial que los cerrados. Además, se ha demostrado que largos intervalos de riego seguidos así como la falta de agua entre abril y primeros de junio, aumentan el número de frutos cuya piel se encuentra rajada o abierta, cuya apertura podría ser en un futuro un problema por infección de hongos.

Antes de producirse la elección del riego en una plantación de pistachos hay que asegurarse su utilidad. El coste de la plantación aumenta considerablemente si se instala el riego. También se incrementa la presencia de malas hierbas, con especial efecto negativo sobre el pistachero en los periodos más críticos. Un adecuado control de la maleza podría ser también ventajoso, al reducir la erosión y mantener una posible fauna auxiliar.

Los cultivos de regadío son más propensos a desarrollar enfermedades debido a la mayor humedad existente. Especialmente, el pistachero es muy sensible a estas, por lo que tendremos que tener especial cuidado en su control. Por ejemplo, se ha constatado una mayor incidencia de la verticilosis en plantaciones de regadío.

2.3. Riego deficitario controlado

Se pueden producir situaciones en las que aun teniendo agua de manera habitual, no dispongamos de ella en algún periodo de sequía (habitual en nuestra zona). El riego deficitario controlado (RCD) es una técnica que consiste en un aporte de agua menor al que la planta necesita en un momento fenológico concreto, pero sin apenas efecto sobre la cosecha.

Es una acción delicada puesto que si el nivel de estrés hídrico es elevado y las restricciones son excesivas en determinadas fases del cultivo, habrá una disminución importante de la cosecha. Es importante conocer cada año el estado fenológico en el que se encuentra la planta para poder aproximar el nivel de estrés hídrico de los árboles. Recortes superiores al 20% del agua aplicada pueden provocar condiciones severas de estrés hídrico.

Como hemos visto en el anexo de la fisiología y botánica, el desarrollo del fruto en el pistacho se produce en tres fases. La fase I determina el tamaño del fruto y es sensible al estrés hídrico. La fase II es la menos sensible al estrés hídrico, por lo que podemos disminuir al máximo el aporte del riego. La fase III, desarrollo del grano, es la más sensible al estrés hídrico y en la que debemos concentrar los aportes de agua en caso de no disponer de toda el agua necesaria.

Si las restricciones de riego son muy altas, deberíamos mantener el estrés hídrico hasta julio (generalmente, dependiendo del estado fenológico de ese año) y concentrar los riegos en agosto, en la fase más sensible. Esto supondría una reducción de la producción pero sería la mejor estrategia posible, ya que un riego de apoyo desde junio no mejoraría el estrés hídrico de la planta y sería un malgasto del agua.

2.4. Características del riego localizado.

El riego localizado se caracteriza por aplicar el agua en una zona determinada del suelo, y se caracteriza por:

- No moja, en general, la totalidad del suelo, aplicando el agua sobre o bajo su superficie.
- Utiliza pequeños caudales a baja presión.
- Aplica el agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión, que en algunos casos puede ser alto.
- Al reducir el volumen de suelo mojado y, por tanto, su capacidad de almacenamiento de agua, se opera con la frecuencia necesaria para mantener un alto contenido de humedad en el suelo (riego de alta frecuencia).
- Al igual que la aspersión permite realizar los abonados a la vez que se realiza el riego (fertirrigación).
- Es posible la utilización de aguas salinas ya que las sales se acumulan fuera del bulbo húmedo, es decir, fuera de la zona de absorción de las raíces.
- Se favorece la lucha contra malas hierbas, que se concentran en el área húmeda, lo que facilita su tratamiento.
- Se consigue ahorrar agua, ya que sólo se humedece una parte del suelo, si bien en la realidad se gasta casi la misma cantidad de agua que en el riego por aspersión, ya que se obtiene un rendimiento más elevado, y esto provoca que el agricultor

riegue con más frecuencia de la necesaria, pues el bulbo se mantiene muy húmedo, y como consecuencia el consumo de agua es elevado.

- Se da un incremento en la precocidad, en la productividad y en la calidad del producto.

Como inconvenientes conviene destacar:

- Facilidad de obturaciones de los emisores. Este es el principal problema del riego localizado. Estas obturaciones pueden tener diversa naturaleza y pueden ser: de tipo físico, como partículas inorgánicas (arenas, limos, etc.); de tipo biológico como materia orgánica, algas y elementos bacterianos; de tipo químico, producidos por precipitación de fertilizantes y carbonatos.
- Ocasiona el lavado localizado de las sales, creando zonas de acumulación salina en la periferia del bulbo húmedo. Por eso, ante una ligera lluvia las sales pueden ser arrastradas a la zona radicular y se hace aconsejable el funcionamiento del riego en caso de lluvia, para así lixiviar las sales acumuladas y evitar que alcancen a la raíz.

2.5. Calendario de riego

En plantaciones jóvenes las necesidades hídricas son menores que en estado adulto por lo que debemos aportar todas sus necesidades para acortar lo máximo posible este periodo. Durante este periodo, realizaremos riegos más cortos y frecuentes. La disposición del riego en este periodo será de 2 goteros a unos 50 cm del tronco. Conforme vayan creciendo, se irá aumentando el número de goteros.

En plantaciones adultas, el número de goteros por árbol será de 16, situados en dos líneas de goteros, una a cada lado del árbol. De este modo obtenemos un método más eficaz de riego, con un menor coste y un menor estrés en la planta.

En la siguiente tabla se puede observar la cantidad de agua que es necesario aplicar en nuestra parcela en cada mes:

MES	Estado fenológico	Kc	Precipitación (mm)	Aporte Riego (m ³ /mes)
Enero	Reposo	0,1	42.81	-
Febrero	Reposo	0,1	35.46	-
Marzo	Reposo	0,1	31.32	-
Abril	Fase I	0,25	62.83	18,15
Mayo	Fase I/II	0,8	65.87	77,05
Junio	Fase II	1,13	58.01	130,57
Julio	Fase II/III	1,19	26.4	163,470
Agosto	Fase III	1,16	39.69	145,567
Septiembre	Fase III / Postcosecha	0,93	54.24	75,089

Octubre	Postcosecha	0,56	63.64	28,014
Noviembre	Postcosecha/ Reposo	0,35	60.17	13,48
Diciembre	Reposo	0,1	56.42	-

Tabla1. Calendario de Riego.

El riego será necesario a partir de la fase I que suele coincidir con el mes de abril, cuando la evapotranspiración aumenta respecto a los meses invernales y las reservas de agua en el suelo disminuyen. Finalizará cuando el árbol comience el reposo vegetativo.

Las cantidades de agua mensuales a aportar pueden variar si la precipitación de cada mes es inferior a la del estudio. En caso de existir restricciones de agua para riego, se distribuirá como fue explicado en el punto anterior sobre el riego deficitario controlado.

El riego post-cosecha es importante en caso de que no se cubran las necesidades con las precipitaciones. Durante esta fase se produce la acumulación de reservas que se utilizarán durante las primeras fases del cultivo al año siguiente.

3. PLANTACIÓN

3.1. Introducción

Antes de realizar cualquier plantación es importante realizar un estudio edafoclimático para evitar una elección errónea del terreno o una mala ubicación que pueda tener en un futuro consecuencias económicas muy costosas para el productor.

Una vez comprobada la viabilidad de la plantación en una zona, hay que concretar el lugar. Lo ideal es una parcela nivelada, donde el viento pueda circular libremente sin obstáculos. Respecto a la orientación es preferible situarlas cara sur por la menor incidencia de heladas tardías que las del norte, así como las situadas en ligeras pendientes antes que las de la parte baja de un valle.

Tan importante como la elección del lugar es conocer el historial de la propia parcela donde se llevara a cabo. Esta información puede evitarnos graves problemas en el futuro por la presencia de hongos en la parcela. Por ejemplo, en el caso de que los cultivos anteriores de la parcela hayan sido tomate, remolacha, melón, olivo o algodón, se recomienda hacer una analítica del suelo para determinar la presencia del hongo *Verticillium dahliae* K, el cual puede permanecer en el terreno durante décadas.

3.2. Época de plantación

Como norma general los momentos más favorables para efectuar la plantación son noviembre o febrero/marzo, en días nublados con temperaturas suaves, entre 10°C y 15°C.

La plantación se efectuará en noviembre cuando las condiciones climáticas sean favorables y la planta esté aclimatada, favoreciéndose de las lluvias de otoño invierno para su

desarrollo radicular. Además, en la primavera siguiente se podrán reponer las marras de las plantas que no lleguen a brotar.

La mayoría de las plantaciones suelen plantarse durante el periodo de reposo, en febrero/marzo, debido a la seguridad que proporciona hacerlo durante este periodo. Realizarla en esta época tiene algunos inconvenientes en comparación a realizarlo en noviembre, como la pérdida de varios meses de crecimiento, poca adaptabilidad al terreno y el retraso en la reposición de marras, ya que la brotación es más tardía.

3.3. Preparación del terreno

Antes de realizar la plantación, deberemos realizar varias operaciones de preparación y acondicionamiento del terreno. Estas acciones van encaminadas a dejar el suelo en las condiciones idóneas para el desarrollo de la planta.

Entre dos y cinco meses antes de efectuar la plantación, debemos nivelar la parcela y realizar la operación de subsolado a una profundidad de 80 a 100 cm por toda la parcela. Si no se puede realizar en la totalidad del terreno, se llevara a cabo por las hileras donde irán los árboles.



Imagen 4. Subsolado de la parcela.

3.4. Transporte y plantación

El transporte de las plantas desde el vivero hasta la plantación ha de realizarse a una temperatura entre 0º y 10ºC. Se exigirá al vivero garantías de procedencia y estado sanitario. Una vez recibidas las plantas, el agricultor mantendrá las plantas en un lugar preparado hasta su plantación. Si se procede a plantarlas después de las primeras fuertes heladas, conseguiremos una mayor resistencia de la plantación al frío.

La mayoría de las plantaciones se llevan a cabo con el sistema radicular envuelto en un cepellón de tierra o protegido por un plástico. Las plantas han de poseer como mucho, dos savias (dos crecimientos en dos periodos vegetativos). Otro aspecto a controlar es la protección de las raíces del aire y la luz en el momento de la plantación.

La apertura de hoyos difiere de la planta no injertada y la injertada. Si los pies vienen en bandejas entre 45 y 54 alveolos, un pase de vertedera sobre la línea de los arboles es

suficiente. Si la planta es injertada, sería más conveniente realizar hoyos mecánicamente con una barrena acoplada a un tractor.

Una vez retirada la estacilla que señala la ubicación del árbol, procedemos a la plantación, mediante un plantador manual o de forma directa. Es recomendable enterrar la planta dos o tres centímetros por encima de su cepellón así como pisar la tierra de su alrededor una vez plantada para elevar el aislamiento del sistema radicular a las bajas temperaturas. Sobre su colocación, intentaremos dejar el pie lo más perpendicular posible.

Otra forma, aunque menos frecuente, es con el pie a raíz desnuda o con árboles injertados. Estos se enterrarán medio palmo más por encima del cepellón siempre y cuando no se tape la unión injerto/patrón. En casos con la raíz desnuda, deberemos recortar la parte aérea, dejando entre dos y cuatro yemas del brote del injerto para evitar el colapso y su muerte ante la imposibilidad de las raíces para alimentar a un elevado número de ramas.

Otro método de plantación más rápido, consiste en realizar el subsolado y la plantación al mismo tiempo.

3.5. Operaciones post-plantación

Tras la plantación, deben realizarse una serie de operaciones y cuidados en la planta para facilitar el desarrollo y la adaptación de la planta.

El riego post-plantación se considera imprescindible en las 48 horas posteriores a la plantación. Con él, conseguimos favorecer el arraigo de la planta, asentando el terreno alrededor del árbol y facilitando el despliegue radicular de la planta. En nuestro caso, al disponer de riego por goteo en la parcela, fijaremos un gotero por planta a menos de un palmo de distancia de la planta, sin dejar que se sequen los primeros 15 cm del suelo. Se recomienda una cantidad de entre 5 y 15 litros/árbol para plantas no injertadas, y unos 30 litros para plantas injertadas. Posteriormente con el crecimiento del árbol, debemos separar los goteros para evitar un excesivo aporte de agua que pueda provocar el desarraigo de árboles por fuertes vientos.



Imagen 5. Riego post-plantación

Otra operación fundamental es el control de las malas hierbas. Su control mecánico en plantaciones jóvenes puede realizarse mediante una labor de limpieza de 1/1'5 metros a cada lado del árbol. También se podrá utilizar la lucha química, identificando a las malas hierbas de la zona y su sensibilidad a los herbicidas para hacer una correcta elección del producto a utilizar. Otro peligro para la plantación es la presencia de roedores, que hace necesaria la protección de los pies con protectores ventilados de una altura aproximada entre 60/70cm y con buena resistencia a las mordeduras.

No es conveniente aportar abonos nitrogenados inicialmente ya que potencian un desarrollo longitudinal del tronco en exceso y rebaja su resistencia al frío.

A la primavera siguiente posterior a la plantación se realizará la reposición de marras. El desarrollo de las plantas en general será muy reducido. Al siguiente año, con un mayor desarrollo, llegarán al mes de julio con el diámetro necesario para recibir el injerto. En caso de que la plantación sea con planta injertada, no se recomienda tocarla hasta el invierno siguiente, cuando se dejara el brote del injerto más vigoroso y perpendicular al suelo. El resto de ramas se eliminarán.

4. EL INJERTO

El injerto es la técnica que nos permite la unión entre dos individuos, de la misma o diferente especie, como uno solo. Lo forman un patrón o portainjerto y un cultivar o variedad. El patrón aporta el sistema radicular y la variedad la parte aérea. De este modo obtenemos las ventajas que nos proporcionan cada individuo, un sistema radicular más adaptado al medio y con mayor resistencia a plagas y enfermedades, y un cultivar seleccionado para la obtención del fruto deseado.

Debido a problemas de enraizamiento mediante estaquillado y las pocas garantías sanitarias que ofertan los clones de cultivares auto-enraizados, el injerto es la única opción para el desarrollo del pistachero. También nos permitirá cambiar los cultivares antiguos por otros nuevos en un futuro, a razón de las exigencias del mercado.

En el pistachero no se debe injertar en un mismo árbol cultivares masculinos y femeninos ya que la variedad masculina, al ser de mayor vigor, se desarrollaría mucho más que la femenina, que es la que produce los frutos.

Las herramientas utilizadas son una navaja, una tijera de mano y gomas de atar. Las dos primeras deben ser limpiadas constantemente. Una opción es desinfectarlas con alcohol o lejía.

Existen dos opciones de injerto dependiendo del lugar donde se lleven a cabo; los realizados en campo y los injertos en bolsa o maceta. Los injertos en campo se hacen en la plantación sobre el portainjerto y el otro se realiza en un lugar con condiciones más

controladas, y cuando el prendimiento y la cicatrización han sido buenos se trasladan a la parcela.

Existen muchas formas de realizar un injerto pero cada especie frutal tiene unas modalidades de injertos con resultados más satisfactorios que el resto. El más utilizado para el pistachero a nivel mundial es el injerto de escudo, obteniéndose niveles de prendimientos superiores al 90% siempre que se den ciertas condiciones favorables.

4.1. Tipos de injerto

4.1.1. EL INJERTO DE ESCUDO

Es el injerto que mejores resultados proporciona tanto en campo como en maceta. También se le conoce como injerto en T, injerto de escudete o injerto de yema. Se realiza desde finales de junio hasta septiembre, cuando tanto la yema como la corteza del pie se despeguen sin dificultad.

La técnica del injerto de escudo consta de los siguientes pasos. El primero consiste en limpiar las ramas de los primeros 30 -40 centímetros del portainjerto. Cuando haya alcanzado un diámetro de 12 milímetros, se realizarán dos cortes no mayores de un milímetro de profundidad a esa misma altura. Los cortes tendrán forma de T, realizando uno transversal y otro longitudinal, este último no más grande de los 2 centímetros. Se separan con cuidado las solapas generadas en el corte. Algunos estudios nombran la posibilidad de realizar este corte 4 o 5 días antes de introducir la yema para que la planta tenga su máxima expresión de cicatrización en el momento del injerto.

La yema la hemos obtenido de una vareta de un pie madre y tiene forma de escudo con un peciolo. Esta yema se introducirá y deslizará en el corte realizado en el pie hasta que la parte superior de la yema quede al mismo nivel que el corte transversal del pie. Posteriormente lo ataremos al portainjerto sin tapar la yema del escudo, con una fuerza media para permitir la entrada de oxígeno que facilite su cicatrización. La parte inferior de la yema debe estar atada más fuerte que la superior.



Imagen6. Corte en T y separación de solapas (imagen izquierda), Yema obtenida en forma de escudo medieval (imagen central) e introducción de la yema hasta que la

Pasados unos veinte días podemos saber si la yema sigue viva o se ha secado. En caso de secarse, volveríamos a realizar el injerto por debajo del primer intento tantas veces haga falta hasta conseguir su prendimiento. Cuando la yema brote y alcance 20 o 25 centímetros podemos cortar la guía unos 5 centímetros por encima del injerto. Hay que estar seguro antes de realizar este corte de que la yema está viva. Otra posibilidad es que la yema permanezca latente y brote en la primavera siguiente, o tras varios años.

Si la brotación de la yema ha ocurrido al principio del verano, el brote tendrá tiempo de endurecerse antes de las heladas. Pero si ha ocurrido en la segunda mitad de agosto, puede que sufra daños por ellas. Una manera de evitar que brote y la yema quede dormida hasta la siguiente primavera es evitar el despunte por encima del injerto y restringir el riego durante esas fechas.



Imagen7. Injertos de escudo en pistacho. El más alto se secó y hubo que hacer un segundo por debajo. Fuente: Elaboración propia

4.1.2. EL INJERTO DE CHIP

No se utiliza tanto como el de escudo porque, si se consiguen prendimientos elevados durante primavera con el injerto de chip, suelen producirse altos valores de prendimientos también en verano mediante el injerto de escudo, siendo este más fácil de hacer.

La amplitud térmica debe ser inferior a los 10°C durante los días previos y posteriores al injerto para que prenda. Cuando existen diferencias que superan los 15°C, el desarrollo de la yema es muy lento y se deshidrata al producirse una mala cicatrización de la herida.

Este proceso se inicia en los meses de poda (febrero o marzo) cuando se guardan varetas envueltas en tela o papel de filtro humedecido y se conservan herméticamente a

temperaturas entre 4°C y 6°C durante dos o tres meses. Cuando se observan las yemas hinchadas del portainjerto es el momento óptimo para realizar el injerto.

Se extrae una yema de la vareta conservada. Mediante un corte en bisel por debajo de la yema y otro por encima, obtenemos el llamado chip. A su vez, en el portainjerto se hace un corte de bisel hacia abajo y extraemos la corteza en función de la longitud del chip. El último paso consiste en encajar el chip en el hueco del portainjerto y atarlo fuertemente envolviendo todo menos la yema. El proceso de cicatrización es más lento que en el injerto de escudo.



Imagen 8. Corte en el portainjerto, encaje del chip en el hueco y posterior atado.

Fuente: www.jardin-mundani.com

4.1.3. EL INJERTO “MIXTO”

Se desarrolló este injerto por los problemas de prendimiento con el injerto de escudete en variedades como Peter o Golden Hills. Algunos viveros importantes de California, que producen el mayor número de plantas injertadas a nivel mundial, utilizan este método y los prendimientos son cercanos al 90%. Se trata de una combinación de un injerto de escudo, por los cortes realizados en el patrón en plena actividad de la planta, y el injerto de chip, por la obtención de la yema con la misma técnica, sin movimiento de savia.

La técnica se aplica desde abril hasta septiembre, cuando la corteza del patrón se despega fácilmente. Se hace sobre patrones con un diámetro medio entre 6 y 12,5 mm.

La yema se recoge en febrero durante la poda y se conserva a baja temperatura. Se extrae realizando un corte por debajo de ella, y otro por encima de dos centímetros cada uno, obteniéndose así un escudo de unos cuatro centímetros. En el portainjerto realizaremos los cortes propios del injerto de escudete a unos cincuenta centímetros de altura. El escudo con la yema ha de ser pequeño para que quede lo más pegada a la superficie del patrón. Este se irá introduciendo poco a poco en el portainjerto abriendo el pequeño corte inicial. Acto seguido se procederá a su atado como se explica en el injerto de escudo.

4.1.4. EL INJERTO DE ANILLO

Consiste en un anillo circular de corteza con una yema, que se ata en el hueco del portainjerto, hecho previamente.

Tiene tan buenos resultados como el injerto de escudo, ya que la deshidratación de la yema es mucho más lenta al tener mayor superficie de contacto con el patrón. La realización de este tipo de injerto es más difícil que la de escudo y por lo tanto más lenta.

Otro factor a tener en cuenta es que la vareta y el pie han de tener un diámetro similar para que la yema pueda abrazar al portainjerto.

4.1.5. EL MINI-INJERTO

Su ejecución es muy cuidadosa ya que su éxito depende de la perfecta unión entre sus cambiums. Se realiza en el estado de plántula de ambas especies. La yema de un cultivar se inserta en forma de cuña en el portainjerto recién brotado.

4.1.6. OTROS INJERTOS

- Injertos de parche o de chapa: son interesantes en pies con gran diámetro debido a su corteza muy gruesa. Se realiza un corte rectangular de unos dos centímetros en una vareta que es más gruesa de lo habitual. La yema queda en el centro del parche rectangular. En el portainjerto se realiza un corte del mismo tamaño que el parche, donde se encajara y se atara.

Se obtiene la yema en forma de rectángulo de una vareta más gruesa que lo habitual.



Imagen 9. Injerto de chapa. Fuente: "El cultivo del pistacho"

- Injerto de canutillo: Ha proporcionado buenos resultados en algunas plantaciones. Tiene ciertos inconvenientes que no animan a su uso. Si el injerto falla, hemos de reponer el pie al haber eliminado su yema apical. Además, la realización del mismo es más difícil que la de escudo.

Consiste en extraer una yema junto a un anillo completo del mismo diámetro que la parte más externa del pie. De esa zona se quita la corteza y se introduce el anillo hasta que quede perfectamente encajado. El resto del pie que sobresale por encima del anillo se corta. Si está bien hecho, no hará falta ningún atado.

- Injerto sobre la rama: Este tipo de injerto consiste en un injerto de escudo en ramas de gran diámetro. Suelen tener un porcentaje de prendimiento por encima del 80%. Esta

técnica se emplea para sobreinjertar otros cultivares o para beneficiarse del gran vigor del pie tras varios injertos fallidos. Cuando el injerto alcanza cierto desarrollo es necesario sujetarlo para que no se rompa por su propio peso.

4.2. Factores que influyen en el prendimiento

- Temperatura

Es el factor que más influye en el injerto. Si las temperaturas son extremas, el prendimiento es mucho menor. Esto se debe a que la temperatura limita la producción de tejido nuevo entre la yema y el patrón, lo que dificulta su unión.

Para conseguir una rápida unión entre ambas partes, el pie debe estar en proceso de crecimiento para recibir la yema. En España las oscilaciones térmicas son muy frecuentes, por lo que es difícil visualizar el momento en el que el pie se encuentra en plena actividad para ser injertado. Un indicador es que cuando las temperaturas se mantengan estables en una amplitud térmica de 10°C durante varios días, el árbol estará en situación ideal para cicatrizar la yema injertada.

- Humedad

La humedad ambiental es un factor de gran importancia. Una alta humedad aumenta la supervivencia de la yema, por que las células de parénquima que forman el tejido del injerto son muy sensibles a la deshidratación. Algunos estudios afirman que la presencia de una película de agua sobre la superficie de encallamiento estimula más que una humedad relativa del 100%.

- El riego

Los portainjerto regados consiguen amortiguar los efectos negativos de las temperaturas extremas y sus oscilaciones. Se estima que unos 300 litros por pie durante el verano posterior a la plantación permitirán tener unas buenas condiciones en el pie para recibir el injerto. Este hecho aumenta la tasa de éxito de los injertos realizados en julio respecto a los de agosto.

- El suelo

El laboreo disminuye la compactación del suelo y aumenta la eficiencia nutricional de la planta. En experiencias en campo se ha observado que eleva el porcentaje de prendimiento.

La presencia de malas hierbas disminuye el prendimiento por la competencia que ejercen sobre los recursos. Se debe mantener limpio de malas hierbas dos o tres metros alrededor del árbol.

- El portainjerto

El diámetro del tronco del portainjerto es el factor interno de mayor influencia. Los ensayos efectuados afirman que cuando el pie posee un diámetro entre 16 y 20 milímetros,

es óptimo para ser injertado. Diámetros mayores de 20 milímetros disminuyen el prendimiento.

El vigor está estrechamente relacionado con el diámetro. Si se observa que el vigor en cualquier pie es menor que la media general de la plantación, se deberá reemplazar por otro de mayor vigor cuanto antes.

Existen dos momentos en los que no deberemos realizar cortes en el portainjerto durante el periodo estival; cuando el árbol tiene un exceso de savia (debido a un alto estrés causado por temperaturas superiores a 32°C) y cuando tiene un escaso fluido de savia (porque las temperaturas han disminuido por debajo de los 20°C, por falta de agua o porque está finalizando el ciclo.)

- El cultivar

Los distintos cultivares no poseen el mismo prendimiento. Dependiendo de la variedad, tienen mayor o menor facilidad para el prendimiento. Además, Los masculinos tienden a tener menores niveles de éxito que los femeninos.

- Pie madre

Los pies madres son arboles injertados con las variedades deseadas que servirán exclusivamente para extraer yemas para injertar. Estos árboles han de ser podados todos los años en pulgares para asegurarse de que las yemas generadas sean vegetativas y no de flor.

La yema que se extraerá tiene que estar suficientemente madura y que tenga un diámetro similar al portainjerto, sea cual sea la modalidad de injerto.

- Respecto al injerto

Como se ha mencionado anteriormente, el injerto de escudo es el más apropiado para el pistachero, aunque en invernadero también se utiliza el mixto.

Los cortes en el portainjerto para introducir la yema han de ser lo más superficiales posibles para evitar dañar sus tejidos internos. A poder ser, se realizará en la cara norte del pie para reducir el número de horas de sol sobre la yema.

El periodo y momento de llevar a cabo el injerto también son importantes. Aunque el periodo ideal es el mes de agosto, se deben realizar injertos desde primeros de julio y no finalizar hasta el final del verano, siempre que el movimiento de la savia nos lo permita. Respecto al momento, se debe hacer al atardecer cuando las máximas empiezan a disminuir y las mínimas a aumentar durante dos o tres días.

La goma utilizada para atar debe permitir la oxigenación de las heridas para que puedan formar callo en la unión.

- Injertador

Este factor tiene poca importancia en el éxito del prendimiento. Unas mínimas nociones y la supervisión por un experto de los primeros injertos son suficientes para que no influya negativamente en el prendimiento.

4.3. Manejo del árbol injertado

Una vez injertado el árbol tendremos que poner atención en varios aspectos para que se desarrolle sin problemas.

Para evitar la rotura por el viento o por el roce de algún apero y facilitar su desarrollo vertical, el brote tierno procedente de la yema injertada se debe entutorar. El tutor ha de ser de unos dos metros de altura, rígido y resistente. Se debe enterrar unos 40 centímetros y a unos diez centímetros del pie. Se ira atando conforme vaya creciendo para evitar que se rompa.

Otra medida de protección es la puesta de protectores que permitan el paso del aire al interior, para proteger el pie de roedores. Debe estar anclado al terreno y tener una altura suficiente para evitar las mordidas.



Imagen 10. Protectores. Fuente: "El cultivo del pistacho"

En función del estado de la yema injertada realizaremos distintas operaciones. Si la yema está latente, no debemos recortar el portainjerto más allá del mes de julio ya que podemos inducir a la brotación en agosto y el brote se podría helar en el otoño o invierno. Si al principio de la primavera sigue latente, se puede realizar un recorte progresivo cada diez días hasta conseguir su brotación. Por lo contrario, si la yema ha brotado, se recomienda pinzar ligeramente las ramas del pie dejando una rama lateral como tirasavias hasta que el brote de la yema alcance los 30 centímetros, momento en el que podremos cortar el pie por encima del brote.

4.4. Injerto en bolsa

El injerto en bolsa o maceta es una alternativa al injerto en campo más difícil de realizar. Consiste en desarrollar el portainjerto de no más de dos savias en una maceta, hasta que tenga una altura de 10 a 20 centímetros y un diámetro de 10 a 12 milímetros en el menor tiempo posible. Llegados a esas medidas se realizará el injerto de escudo para, una vez que el prendimiento y la cicatrización hayan ido bien, trasladarlo a la plantación.

Esta técnica tiene mayor tasa de éxito conforme las condiciones climáticas son más favorables para su desarrollo. Las zonas del litoral no tienen tanta oscilación térmica ni temperaturas extremas como el interior de la península y se aproximan a los valores óptimos para su éxito (25°C - 10°C). Por otra parte una humedad alta, entre 70% y 80% es ideal para evitar el deshidratamiento de la yema.

El injerto en maceta sufre mayormente los factores que afectan negativamente al injerto en campo debido a los periodos de estrés que sufre, más constantes y duraderos al desarrollarse en una maceta. El estrés que sufre una planta en maceta es parecido a los sufridos en una plantación de secano.

Tiene la ventaja de que se pueden realizar muchos más injertos que en campo al tener las condiciones climáticas más favorables. Si las condiciones (especialmente temperaturas) del vivero son parecidas a la plantación, el éxito de prendimiento será similar.



Imagen 11. Injerto en bolsa. Fuente: "El cultivo del pistacho"

4.5. Pies madres

Los pies madres son árboles que suministran las yemas para los injertos. Están previamente injertados con la variedad deseada que en un futuro utilizaremos en la plantación.

En las plantaciones donde el agricultor opta por realizar el injerto en campo, es fundamental disponer del suficiente número de pies madres para que abastezcan con sus yemas. Parcelas de 3 hectáreas necesitan por lo menos, 9 pies madre hembra y 3 pies madre macho. Estos deben ser plantados 2 o 3 años previos a realizar la plantación. Un pie madre de 2 años puede proporcionarnos entre 6 y 8 yemas y uno de 3, puede llegar hasta las 10 yemas.

El manejo del pie madre es diferente al de cualquier otro árbol de la plantación. Se pueden situar en un marco de plantación de 2 x 2 o de 2 x 4 metros y los riegos han de ser frecuentes durante todo el verano para estimular su crecimiento.

La poda es la acción más importante sobre el pie madre. Cuando el brote de la yema tiene 80 – 90 centímetros, se procede a su pinzamiento en invierno. Al siguiente verano dejaremos que salgan entre 3 y 6 ramas laterales en la zona más alta del brote. Llegados nuevamente al invierno, despuntaremos estas ramas dejando dos o tres yemas en cada una. De estas yemas brotarán las varas que, previa limpia de hojas a nivel del peciolo, darán las yemas para injertar año tras año tras una cuidadosa elección.



Imagen 12. Pie madre. Fuente: “El cultivo del pistacho”

4.7. Comparación entre planta injertada o injerto en el campo

Cada modo tiene sus ventajas e inconvenientes por lo que no existe una mejor o peor elección. La elección de realizar un modo u otro para el proceso del injerto depende directamente del agricultor.

La ventaja de adquirir plantas ya injertadas, aparte de evitar la tarea del injerto, es la anticipación de la producción, siempre y cuando las condiciones en las que venga la planta

sean buenas y no permanezca mucho tiempo en la maceta. La planta de este modo tiene un coste elevado y no suele tener garantías del material vegetal suministrado. Otro inconveniente es que si no se despliega manualmente el sistema radicular del árbol, su desarrollo puede retrasarse incluso morir en los siguientes meses. Además, el agricultor siempre dependerá de la planta injertada al no haberse familiarizado con el injerto.

Si el agricultor opta por realizar el injerto en campo, consigue reducir costes al adquirir solo el pie, pudiendo obtener las yemas mediante la preparación de pies madres. Esta elección también producirá una mayor heterogeneidad en la plantación debido a la variabilidad del prendimiento. También puede conllevar un retraso en la expectativas de la plantación y retrasar la producción si los primeros prendimientos han sido bajos.

5. MANTENIMIENTO DEL SUELO

El mantenimiento del suelo y las acciones que conllevan son las que nos proporcionan un medio favorable para el desarrollo de la planta. Los objetivos son la mejora de las propiedades del suelo y la nutrición del sistema radicular, evitando la competencia con otras plantas.

Existen dos formas de manejo del pistachero en general en el mundo. En plantaciones tradicionales, como las que hay en Turquía, Irán e Italia, apenas realizan labores de cuidado sobre las plantaciones. En plantaciones modernas (Estados Unidos, Australia, España), se utilizan técnicas de mantenimiento de suelo, así como de abonado, riego, poda, etc.

En nuestra zona las precipitaciones se concentran mayoritariamente en una época, por lo que tendremos que elegir un sistema que minimice las pérdidas de agua a través del suelo. También hay que tener en cuenta la erosión que se puede producir en la capa más superficial, que a su vez, es la más fértil.

Antes de decidir qué sistema optamos por utilizar para el mantenimiento del suelo, habrá que tener en cuenta diversos factores. El tipo de suelo, la disponibilidad del agua y la topografía del terreno, nos condicionan la elección del método a utilizar. No tiene por qué elegirse un solo sistema, puede ser la mezcla de varios, pero siempre intentando cumplir los siguientes objetivos:

- Aprovechamiento del suelo
- Aprovechamiento máximo del agua de lluvia.
- Evitar la erosión.

5.1. Suelos desnudos

- Laboreo: Es la técnica más antigua que se realiza en la agricultura y la más recomendable cuando la plantación es de secano y se producen pocas precipitaciones en verano. Al labrar, se airea el perfil labrado regenerando la estructura del suelo, elimina malas

hierbas, mejora el desarrollo y la nutrición del árbol, pero produce una mayor erosión en el suelo, una mineralización de la materia orgánica y una mayor probabilidad de producirse heladas primaverales. Se podría reducir el impacto negativo de esta técnica enterrando las hojas de otoño y/o aportando enmiendas orgánicas.



El periodo de labrar es en verano aunque se puede dar un pase durante el otoño/invierno para mullir el suelo tras la compactación sufrida por las maquinas durante la recolección. Esto favorecerá el almacenamiento de las lluvias de otoño e invierno y eliminará malas hierbas. En verano se pueden realizar de tres a seis pasadas ligeras removiendo el horizonte más superficial y quitando las malas hierbas.

- No laboreo: Consiste en no labrar el terreno. El suelo se mantiene libre de malas hierbas gracias al uso de herbicidas. Aunque tenga efectos favorables como; la conservación de la estructura del suelo, reducción de la erosión, una mayor eficiencia de aprovechamiento del agua de lluvia, etc., los efectos que conlleva el uso de herbicidas pueden afectar a la rentabilidad de la plantación, que depende de la calidad de los frutos. La aplicación de herbicidas aumenta los riesgos de fitotoxicidad y contaminación en los suelos y los acuíferos y su uso continuado puede traer problemas en un futuro para combatir plagas y enfermedades.

En terrenos de poca profundidad o textura franco-arenosa, el método de no laboreo junto con el continuo pase de aperos por la parcela para realizar otras tareas, eleva la compactación del suelo lo que podría afectar negativamente al desarrollo del árbol.

- Acolchado: Esta técnica trata de cubrir el suelo desnudo con materiales inertes como paja o láminas de plástico. Esto aumenta la compactación del suelo y eleva la presencia de plagas por lo que su uso no está recomendado.

5.2. Con cubierta vegetal

Consiste en el establecimiento de una cubierta vegetal en la plantación, dejando libre las líneas de los árboles. Tiene aspectos favorables e inconvenientes para la plantación. En

zonas como el sur de la península, donde existe escasez de agua y suelos poco profundos, no se emplea esta técnica. Si se desea utilizar, se aconseja instalar cubiertas temporales y no permanentes, para que el suelo este desnudo durante el periodo vegetativo y no compita con los árboles. En California se utiliza en algunas plantaciones utilizando la escarda química solo sobre las líneas de los árboles.

La cubierta favorece las propiedades del suelo, disminuyendo su compactación y erosión, rebaja la escorrentía de las aguas, reduce la nitrificación de los acuíferos así como el uso de herbicidas.

Los inconvenientes al elegir la cubierta vegetal son los siguientes: un aumento en la incidencia de malas hierbas, plagas y enfermedades, el cultivo elegido aumenta la competencia por el agua y los nutrientes, reduce el volumen explorado por el sistema radicular del pistacho, favorece las heladas primaverales y produce un mayor requerimiento hídrico en la plantación.



Imagen 13. Pistacheros con cubierta vegetal. Fuente: www.pistachosalamanca.es

5.3. Asociación de cultivos

Debido a la tardía entrada en producción del pistachero, muchos agricultores se han interesado por esta opción para sacar un mayor beneficio de la explotación. Consiste en combinar en la misma parcela, el cultivo del pistachero con otros cultivos como el almendro, el olivo o la vid.

La rentabilidad inicial del cultivo asociado suele perderse con el paso del tiempo al ser prioritario que el pistachero se desarrolle óptimamente para que tenga una buena producción. Además, existirá una mayor competencia de agua y nutrientes, se elevará la humedad relativa del entorno provocando un posible aumento de enfermedades y las necesidades hídricas aumentarán excesivamente para el mantenimiento de los dos cultivos. En marcos estrechos se agravará el problema de competencia entre los cultivos.

En diversas parcelas se ha comprobado que el pistachero tiene un menor desarrollo cuando se desarrolla con un cultivo asociado.

La asociación de cultivos solo sería factible en suelos muy profundos con gran disponibilidad de agua, pero aun así, la calidad del pistacho podría verse reducida por el aumento de humedad del entorno.

5.4. Escarda

La escarda es una operación de mantenimiento del suelo que consiste en eliminar las malas hierbas presentes en la plantación. Esta maleza produce un menor desarrollo del pistachero, sobre todo joven, y reduce significativamente su producción. Si la presencia es excesiva, puede ser refugio de plagas y aumentar la incidencia de enfermedades.

Dependiendo del tipo de mantenimiento elegido para el suelo, realizaremos distintos tipos de escarda.

- Mecánica: se utilizara una desbrozadora de latiguillos para limpiar las malas hierbas próximas al tronco. En plantaciones jóvenes, se puede realizar una limpieza distante de 1 - 1'5 metros a cada lado de la hilera de árboles. A partir del quinto año del injerto, se pueden realizar pases de cultivador cruzados en las calles durante el periodo vegetativo. Llegados al séptimo año tras el injerto, las labores se podrán centrar más en mejorar las propiedades del suelo, que en la eliminación de las malas hierbas.

- Química: Consiste en la utilización de herbicidas para la eliminación de las malas hierbas. Para elegir el herbicida adecuado lo primero es identificar la flora de la zona. Después hay que informarse de la sensibilidad de estas malas hierbas a los herbicidas.

5.5. HERBICIDAS

El uso de herbicidas ha de realizarse siempre siguiendo las indicaciones del fabricante; dosis a aplicar, plazo de seguridad, ausencia de viento durante la aplicación, etc.

A continuación se muestran algunas consideraciones a tener en cuenta para realizar el tratamiento con herbicidas.

- Las malas hierbas jóvenes son más vulnerables que las adultas.
- La reducción de la maleza durante el periodo de formación del árbol, eleva las posibilidades de un mayor control de las malas hierbas en el futuro.
- Se tendrá especial cuidado durante la aplicación con los chupones.
- Los tratamientos de preemergencia se aplican durante el reposo vegetativo en las hileras de los árboles. Para obtener una mayor eficacia en el tratamiento, se recomienda la acción del agua, ya sea por riego o por lluvia.
- En los tratamientos de postemergencia se debe tratar temprano y evitando el contacto con hojas y madera tierna de los árboles. Los árboles jóvenes son sensibles a estos herbicidas y pueden reducir el prendimiento del injerto o inhibir su desarrollo.
- Debemos utilizar las posibles y diferentes combinaciones de herbicidas de preemergencia en los años OFF para lograr una mayor eficacia en los aplicados de postemergencia.

Al no disponer de una guía de gestión integrada de plagas para el pistacho en España, nombraremos las materias activas que se utilizan en otros países.

- preemergencia: Flumioxacina, Isoxaben, Napropamida, Orizalina, Pendimetalina y Oxifluorfen.
- postemergencia: Cletodim, Fluazifop-p-butil, Glifosato, Glufosinato amónico 15% y Oxifluorfen.

6. LA PODA

6.1. Introducción

La poda es una acción fundamental en cualquier frutal y con especial relevancia en el pistachero debido a su gran dominancia apical.

El pistachero es relativamente vigoroso durante los primeros años. A partir del sexto o séptimo año después del injerto, su velocidad de crecimiento se reduce. Además sufre de una fuerte dominancia apical, lo que hace necesario un correcto manejo de la poda. Las heridas de la poda cicatrizan lentamente por lo que se aconseja tratarlas con alguna sustancia protectora, sobre todo las mayores de 2 centímetros de diámetro.

El periodo más aconsejable para efectuar la poda es durante el reposo invernal, abarcando desde primeros de febrero hasta mediados de marzo, antes de que se produzca el hinchamiento de las yemas. Podar demasiado pronto o tarde supondrá un debilitamiento del árbol.

6.2. Tipos de poda

Dependiendo de la edad del árbol, la poda puede dividirse en tres tipos de poda; poda de formación, poda de producción y poda de rejuvenecimiento.

6.3. Poda de formación

Esta técnica se debe aplicar durante los primeros 4 a 6 años. El objetivo es consolidar una buena estructura del árbol equilibrada en todas las direcciones, que facilite una recolección mecanizada y una aireación e iluminación correcta.

La formación más recomendable para cumplir los objetivos es una formación en vaso por pisos. En muchas ocasiones, esta poda estará influenciada por el vigor individual del portainjerto y/o cultivar.

Esta poda se inicia cuando el portainjerto (injertado o no) se planta en la parcela. Hay que intentar que la pequeña y delgada guía quede lo más recta posible y prestar atención para tutorarla en su momento adecuado, antes de que tienda a inclinarse. Cuando el brote procedente de la yema injertada tenga unos 30 cm de longitud, lo ataremos a su guía cuidadosamente. Aunque la guía sobrepase la altura de pinzamiento durante el verano, el despunte no ha de realizarse hasta el invierno siguiente.

En los primeros años de formación aparecerán los primeros racimos de frutos, que han de ser eliminados con el fin de recortar el máximo este periodo.

6.3.1. ARBOLES MASCULINOS

En estos árboles, se producirá el despunte a finales de invierno, cuando el árbol alcance unos 2 – 2'3 metros. En la siguiente primavera, cuando las yemas comiencen a hincharse, se eliminaran todas las que estén situadas por debajo de 1'7 – 1'8 metros, dejando las situadas en el extremo del árbol (últimos 30 – 60 cm).



Imagen 14. Árbol masculino con yemas en el extremo y ejemplo de situación final. Fuente: " el cultivo del pistacho

6.3.2. ARBOLES FEMENINOS

Durante el primer año, es posible que el árbol no alcance la altura de despunte, que para arboles femeninos es de 1'8 metros. Si el pie no es muy vigoroso, pueden surgir ramas laterales que deberán ser eliminadas para que la guía pueda alcanzar la altura deseada cuanto antes.

En el segundo año, o una vez alcanzados los 1'8 metros, procederemos a despuntar durante el invierno y a eliminar todas las ramas laterales existentes. Cuando comience la primavera, antes de la brotación, quitaremos todas las yemas situadas en los primeros 120 cm y en los últimos 10 – 15cm, quedándonos las yemas solo en 50 cm. Esto obedece a varias razones; eliminando las yemas del extremo, elevamos la resistencia mecánica del tronco para que el brote de la última yema salga lo menos vertical posible. La supresión de yemas en los primeros 120 cm se realiza para mejorar la recolección mecanizada y reducir las probabilidades de desarraigo del árbol.

Para conseguir una buena distribución y una mayor y mejor circulación de la luz y del aire, el objetivo es tener tres ramas principales formando ángulos de 120º entre sí, saliendo de diferentes puntos del tramo de 50 cm. Se recomienda dejar tres grupos de yemas con unas 4 yemas en cada uno, en la parte alta, media y baja de este tramo. Una vez llegados a mayo, con las ramas midiendo 10 cm, podemos ir suprimiendo ramas dejando las mejor

situadas hasta la llegada del invierno. Esta práctica se realiza para evitar que durante el verano solo tengamos las tres ramas principales, y que se desarrollen demasiado, alcanzando el metro de longitud en cultivares vigorosos, inclinándose por su propio peso.

En el tercer año, se produce la elección de las tres ramas principales eliminando las demás. Si estas ramas han superado 40 – 60 cm de longitud, han de ser despuntadas en el invierno.

De entre todas las ramas secundarias, se eliminarán las que salgan hacia el interior y exterior del árbol, quedándonos solo con una lateral en su parte media. Lo ideal es que las tres ramas laterales de cada rama principal posean la misma orientación. Para facilitar la elección de los primeros pisos es aconsejable disponer de suficientes ramas en su posición media y dejar únicamente las yemas del medio, suprimiendo las demás cuando comiencen a hincharse.

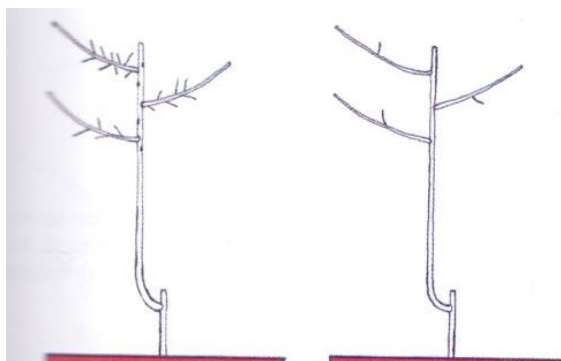


Imagen 15. Elección de las ramas laterales de cada rama principal para formar el primer piso.

Imagen extraída de: "El cultivo del pistacho"

Llegados al invierno del cuarto año, podemos realizar el segundo despunte a unos 40 – 60cm, correspondientes a la nueva prolongación del brote surgido de la yema despuntada anteriormente. A su vez, iremos consolidando cada piso pinzando las ramas que los forman a 30 – 40 cm. Si no han alcanzado esa longitud, se dejaran crecer para su despunte en el siguiente invierno.

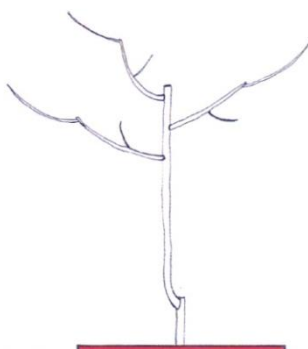


Imagen 16. Consolidación de los primeros pisos y despunte de la segunda prolongación de la rama principal. Imagen extraída de: "El cultivo del pistacho"

Al siguiente año durante la parada vegetativa, se pinzaran las terceras prolongaciones y se elegirán las ramas de los segundos pisos con orientación opuesta a la de los primeros. Las ramas de los primeros pisos se ramifican para dar los primeros frutos.

En el sexto año, el árbol podría quedar formado por tres prolongaciones o se podría despuntar una cuarta mientras se consolidan los segundos pisos y se eligen las ramas de los pisos de las terceras prolongaciones

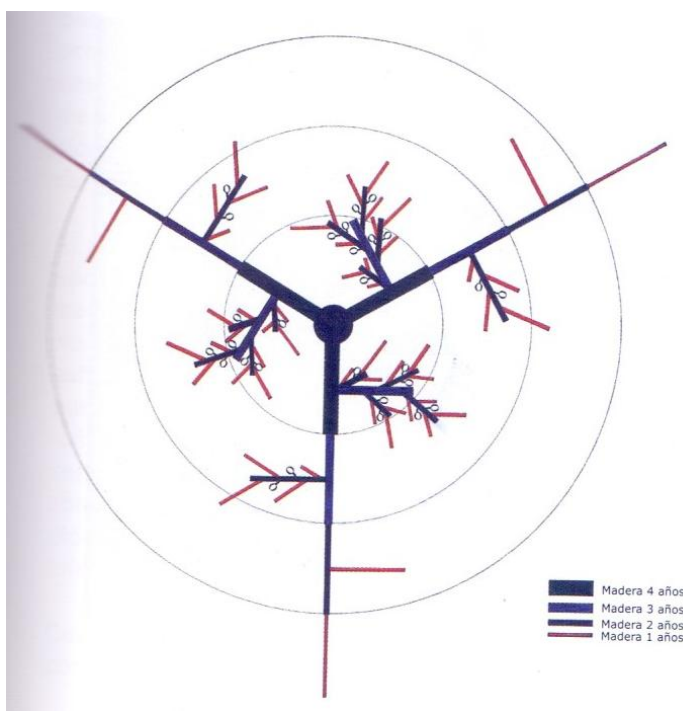


Imagen 17. Croquis en planta de un árbol idealmente formado de 6 años de injerto. Imagen extraída de "El cultivo del pistacho"

6.4. Poda de producción

La producción de pistacho se produce sobre madera de un año. Con la poda se producen importantes pérdidas de las reservas acumuladas en las ramas, por ello se recomienda que sea equilibrada, ligera y anual, realizada por un operario familiarizado con el comportamiento de la especie. En caso de podas bianuales, se realizara durante el invierno anterior al año con menor cosecha (año off).

Sin esta poda el árbol sería incapaz de mantener unas mínimas reservas para producir yemas de flor y llenar parte de los frutos de cada racimo, además de desarrollar ramas nuevas.

Los objetivos de esta poda son; el mantenimiento del árbol dentro de su propio espacio en la plantación, conseguir una producción más regular reduciendo la vecería, estimular la renovación de madera del árbol y mejorar las condiciones sanitarias al mejorar la aireación y la iluminación. La poda de producción será más intensa cuanto peor sean las condiciones del suelo.

La poda de producción consiste en varias tareas. La yema terminal de las ramas posee mayor facilidad para brotar y desarrollarse que las inferiores. Si esta dominancia apical no se atenúa, la producción se irá alejando del centro del árbol con ramas demasiado largas y la estructura del árbol se irá perdiendo con los perjuicios que conllevaría; más zonas sombreadas y escasamente aireadas y un debilitamiento general del árbol. Este despunte siempre habrá de realizarse sobre una yema de madera y no floral, puesto que perderíamos parte o la totalidad de la rama. Las pérdidas de reservas con el despunte serán menores que las producidas por el aclareo.

Durante el periodo de reposo se pueden observar crecimientos durante el periodo vegetativo. En árboles jóvenes con baja dominancia apical, se producen crecimientos cortos a partir de las yemas de la base de brotes largos de ramas sin despuntar o a lo largo de la rama entera cuando ya se ha despuntado. La mayor parte de la producción del árbol se sustentará en este tipo de brotes donde la mayor parte de sus yemas serán florales.

En condiciones muy favorables de cultivo se ha observado que la especie se regula por sí sola. Si se eliminan una cantidad concreta de racimos el árbol lo compensa elevando el número de frutos de cada uno y si se dejan pocas ramas, el árbol genera más racimos por rama.

6.5. Poda de rejuvenecimiento

El objetivo de esta técnica es regenerar el árbol agotado debido a su vejez. Se utiliza en la última etapa del árbol, aproximadamente a partir de los 40 o 50 años.

En esta última fase, el árbol posee mucha vegetación, pocas yemas vegetativas y aunque hay muchas fructíferas, estas no se pueden transformar por falta de reservas. La poda consiste en la eliminación de ramas que impidan el paso del aire y de la luz, y las ramas que estén mal posicionadas. Se ha de realizar anualmente hasta que las yemas terminales generen ramas con muchas yemas de madera que permitan su renovación al año siguiente.

6.6. Poda en verde

La poda en verde, tiene como finalidad eliminar la mayor cantidad de madera innecesaria durante la primavera.

No se recomienda practicar esta poda por la pérdida de reservas que conlleva. Aun así, una poda ligera para mejorar la iluminación y aireación del árbol, podría tener mayores beneficios que perjuicios.

Esta técnica se podría utilizar en primavera durante el periodo de formación, para seleccionar las ramas principales o eliminar ramas mal situadas, y para eliminar los brotes mal situados de la estructura principal del árbol.

6.7. Poda mecánica

La poda mecánica consiste en la utilización de una sierra circular rotativa, realizando varios pases a lo largo de las hileras de los árboles en periodos de dos o tres años. Estos cortes son indiscriminados ya que se despuntan todas y cada una de las ramas exteriores.

Aunque la poda mecánica sea una técnica más económica que la poda manual, no se recomienda su uso puesto que se ha demostrado que reduce la producción y el porcentaje de apertura del pistacho respecto a la manual.

Esta técnica solo se utiliza en arboles vigorosos de plantaciones de California, donde el árbol se desarrolla en condiciones muy favorables, con marcos de cultivo muy estrechos que favorecen la aplicación de esta técnica.

7. FERTILIZACIÓN EN EL PISTACHO

7.1. Introducción

El abonado o fertilización es una práctica fundamental en la agricultura. Consiste en aplicar a la plantación los nutrientes necesarios cuando estos no están disponibles, para satisfacer las necesidades nutritivas de las plantas.

Aunque el pistachero sea una especie muy rústica, responde bien a ciertas aplicaciones de abonado, sobre todo cuando el nivel de fertilidad del suelo es bajo. Las aplicaciones a realizar también dependen de la edad del árbol, puesto que las necesidades son diferentes para un pistachero joven y otro adulto.

7.2. Factores que influyen en la fertilización

Antes de establecer un plan de abonado para la plantación es necesario conocer los factores externos que tienen una mayor influencia en el proceso.

- pH: Interviene en la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Si el pH se encuentra fuera de los valores comprendidos entre 5'5 y 7'5, pueden producirse deficiencias, bloqueos o excesos de los nutrientes.
- Textura del suelo: Afecta a la capacidad de intercambio catiónico y la retención del agua, ambos aspectos relacionados con la nutrición.
- Marco plantación: El espacio explorado por el sistema radicular de los arboles estará relacionado con la distancia existente entre ellos. A marcos de plantación más amplios, mayor volumen explorado por las raíces y, por tanto, mejor nutrición.
- Profundidad del suelo: A mayor profundidad mayor volumen de almacenamiento para nutrientes y agua que aumenta la capacidad de nutrición del árbol.
- Portainjerto: Cada portainjerto tiene una eficiencia nutricional y vigor diferente, lo que afecta a su capacidad de absorber agua y nutrientes.

- Mantenimiento: Una plantación en regadío facilitará la absorción de nutrientes, gracias al agua, en contra de una en secano. El sistema de riego y la distribución del agua serán esenciales.
- Reservas de nutrientes: La cantidad presente de cada elemento puede afectar a otros elementos, como bloqueando su absorción por la planta. La carencia de algún elemento puede provocar la deficiencia de otro.
- Clima: La temperatura, precipitaciones, horas de sol, etc., son factores que tienen gran importancia para que se produzca una correcta absorción del abonado por la planta y su posterior transformación.

7.3. Nutrientes

Para que se produzca un óptimo crecimiento del árbol, son necesarios 14 nutrientes. Su importancia no se limita a su intervención en los procesos fisiológicos, sino también al papel que tienen en la resistencia de plagas y enfermedades y la calidad de los frutos.

Los nutrientes más abundantes en el fruto (pistacho) son el nitrógeno y el potasio, el cobre en el endocarpio (cascara) y el hierro en el mesocarpio (pellejo).

Dependiendo del tipo de suelo, sus carencias y su manejo, cada variedad mostrará unos síntomas u otros con el paso del tiempo. En la siguiente tabla se muestran el rango óptimo de los nutrientes y su valor crítico en el mes de agosto mediante un análisis foliar.

NUTRIENTE	VALOR CRÍTICO	RANGO DE SUFICIENCIA
Nitrógeno	1´8 %	2´2 – 2´5 %
Fósforo	0´14 %	0´14 – 0´17 %
Calcio	1´3 %	1´8 – 2 %
Potasio	1´6 %	1´3 – 4 %
Magnesio	0´6 %	0´6 – 1´2 %
Cloro	-	0´1 – 0´3 %
Manganeso	30 ppm	30 – 80 ppm
Boro	90 ppm	150 – 250 ppm
Zinc	7 ppm	10 – 15 ppm
Cobre	4 ppm	6 – 10 ppm

Tabla . Valores críticos e intervalo de normalidad en hojas del pistachero en agosto. Fuente: Extraído de “el cultivo del pistacho”

7.4. Macronutrientes

7.4.1. NITRÓGENO:

Las plantas requieren el nitrógeno en grandes cantidades, ya que lo utilizan para sintetizar compuestos como los aminoácidos o los ácidos nucleicos, que son fundamentales para llevar a cabo todos los procesos bioquímicos y fisiológicos. Se considera el nutriente limitante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Para que su aplicación sea efectiva, lo ideal es que una vez localizado en el suelo, sea diluido por agua una vez iniciada la brotación. Se suele aplicar en dos tiempos: el primero desde finales de marzo hasta mayo, y la otra mitad entre junio y julio de cara al llenado del fruto. No se debe incorporar a árboles recién trasplantados.

En plantaciones jóvenes, hasta el tercer año, la localización ha de realizarse próxima al tronco. A partir del tercer año y hasta el séptimo, en suelos profundos y de regadío, se pueden aplicar entre 8 -15 Kg de N/ha en la primera vez y 3 – 7Kg en Junio. En plantaciones adultas, a partir del séptimo año, se pueden aplicar 60 – 90Kg de N/ha para suelos profundos y de regadío en dos tiempos y para suelos poco profundos y de secano se abonaría una sola vez en primavera con una cantidad de 40 – 50Kg/ha.



Imagen 18. Síntomas de deficiencia de nitrógeno. Fuente: Extraído de “el cultivo del pistacho”

La falta de nitrógeno puede apreciarse en el árbol y las hojas. Produce un retraso en la brotación así como brotes cortos y delgados, hojas pequeñas de color verde pálido que suelen acabar amarillentas y cayendo de forma prematura, sobre todo en años de carga. Se considera niveles óptimos de nitrógeno en hoja cuando, para plantaciones jóvenes los valores están entre 2'6% y 2'9%, y 2'3% para árboles adultos.

7.4.2. FÓSFORO:

Es el segundo elemento limitante para el rendimiento del cultivo. Actúa en numerosos procesos bioquímicos como la fotosíntesis, respiración, transporte y almacenamiento de energía, etc. Es fundamental durante el crecimiento vegetativo. Incrementa la eficiencia en el uso del agua y mejora la calidad, el tamaño y la dehiscencia de los frutos entre otros.

Se recomiendan las cantidades de 50 – 120 Kg/ha en plantaciones de regadío con suelos profundos para su estabilización. En parcelas de secano con suelos poco profundos, la cantidad se reduce hasta los 25 – 50 Kg/ha aplicados en abril. El consumo por árbol de este elemento supera los 50 g/árbol en años de carga (años ON) aunque se almacena en el árbol durante los años OFF, cuando el consumo por árbol puede llegar hasta los 80 g/árbol.

La deficiencia de este elemento se puede apreciar sobre todo en las hojas basales, donde aparecerán manchas irregulares próximas al borde de la hoja, que acabaran deshidratándose y cayendo. Este hecho eleva la susceptibilidad del árbol a la verticilosis. También se aprecia un retraso en la brotación de las yemas.

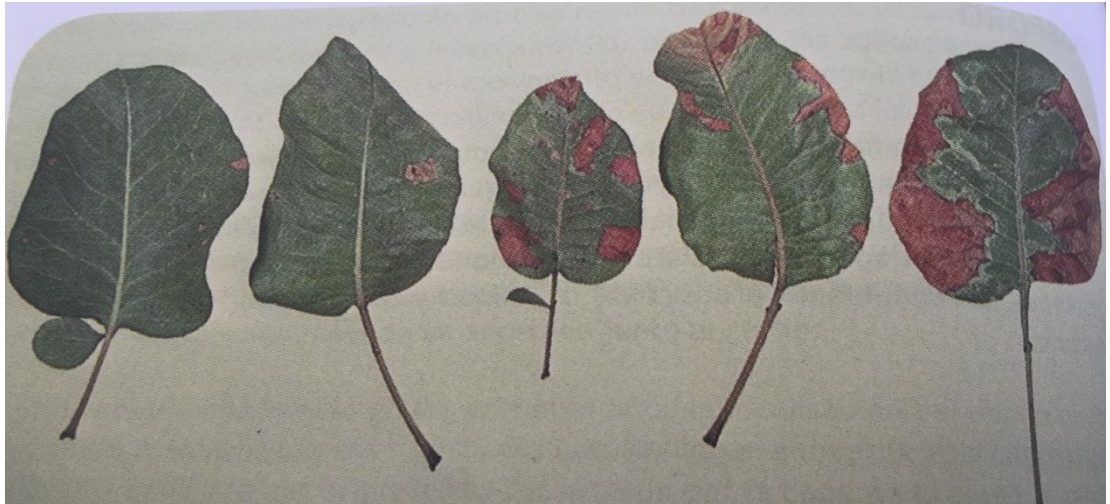


Imagen 19. Síntomas de deficiencia de fósforo. Fuente: Extraído de: “el cultivo del pistacho”

7.4.3. POTASIO:

Está relacionado con el crecimiento meristemático, síntesis de proteínas, almidones y azúcares y desempeña un papel fundamental en la apertura de las estomas. Mejora la calidad de los frutos así como su maduración, favoreciendo el proceso de fructificación y crecimiento vegetativo.

La aplicación del potasio tiene riesgos si se emplean cantidades mayores a las necesarias, porque puede perjudicar la producción y la calidad de los frutos al bloquear otros elementos como el calcio y el magnesio. Algunos estudios recomiendan su aplicación en forma de cloruro potásico (ClK) para aumentar la dehiscencia de los frutos siempre y cuando sean suelos con muy buen drenaje, no salinos y con agua disponible para conseguir un buen lavado. Si no es el caso la aplicación habría de realizarse en forma de sulfato o nitrato.

En plantaciones adultas un aporte medio de 120 – 250 Kg/ha en suelos profundos para regadío se considera suficiente. Si existe buena provisión de potasio en el suelo la cantidad se reducirá a unos 15 – 30 Kg/ha repartidas entre mayo, junio y julio.



Imagen 20. Síntomas de deficiencia de potasio. Fuente: Extraído de: “el cultivo del pistacho”

El déficit de potasio puede ser confundido con la toxicidad del sodio o cloro. Suele aparecer a principios del verano. Los síntomas más claros se aprecian en las hojas basales, aunque todas sufran la llamada quemadura, que consiste en un color verde pálido que acaba en tonos blancos, al mismo tiempo que los bordes se vuelven acorchados. El rango óptimo para un buen crecimiento se sitúa entre el 1 – 2%.

7.4.4. MAGNESIO:

Su importancia en las plantas se debe a que está presente en el centro de la molécula de la clorofila, por lo tanto es esencial para la fotosíntesis. Además también actúa en el metabolismo de las proteínas, activa numerosos procesos enzimáticos de transferencia de energía y actúa en la formación de frutos.

Por lo general todos los suelos tienen suficiente cantidad para satisfacer las necesidades del árbol. Si existe una deficiencia clara, se puede aportar mediante sulfato de magnesio u otras fórmulas complejas junto a otros nutrientes.

Se estima que se consumen 30Kg de magnesio por cada 2.000Kg/ha de cosecha. Solo un 15% de este elemento va a los frutos, el resto se acumula en las hojas que tras descomponerse, devuelven la mayor parte al suelo de manera natural.

Los arboles jóvenes son los más susceptibles a la falta de magnesio. Se aprecian los síntomas en las hojas más bajas, que van perdiendo el color por la punta y los laterales, necrosándose a color marrón, dejando una forma de V invertida en la base de los folíolos. Un exceso de calcio o potasio pueden bloquear la absorción del magnesio. Los niveles óptimos en hoja para algunos autores, se hallan entre 0.5% 1.25%.



Imagen 21. Síntomas de deficiencia de magnesio. Extraído de: “el cultivo del pistacho”

7.4.5. CALCIO:

Es un elemento esencial para las plantas. Estimula el desarrollo de raíces y hojas. Como catión divalente, se emplea para las funciones estructurales de la pared celular y

membranas. Interviene directamente en el rendimiento productivo, al reducir la acidez del suelo. Es el elemento más consumido junto con el nitrógeno durante el periodo vegetativo.

Este elemento suele encontrarse en los suelos, sobre todo donde se desarrolla el cultivo del pistacho, que por lo general son suelos ricos en carbonato cálcico. En ciertas circunstancias, podrían producirse bloqueos de otros elementos como el magnesio o el hierro.

La ausencia de calcio se aprecia en las hojas y los brotes aunque también afecta al sistema radicular. Las hojas son pequeñas, pocas, redondeadas y con los bordes que terminan deshidratándose y cayendo. Los brotes se marchitan rápido y la distancia entre los entrenudos es menor. El rango óptimo para un análisis foliar se sitúa entre 1'3% - 4%.

7.5. Micronutrientes

7.5.1. HIERRO

Se ha demostrado una relación entre el hierro y el peso final del fruto. Se utiliza como catalizador en la formación de clorofila y como portador de oxígeno en varios procesos enzimáticos.

La deficiencia de este micronutriente se produce en suelos con un pH alto o cuando existen grandes cantidades de fósforo, zinc, manganeso o cobre. Para corregir este déficit se pueden aplicar quelatos durante el mes de marzo (200 g/árbol) o sulfato de hierro (4Kg/árbol) aplicado al suelo.

La falta de hierro en la planta se puede observar en sus hojas, que se vuelven amarillas. Se produce la llamada clorosis férrica.

7.5.2. MANGANESO

El manganeso es esencial para la síntesis de la clorofila y numerosos procesos enzimáticos. Es un constituyente estructural de las proteínas, y está relacionado con la activación de enzimas como la arginasa y la fosfotransferasa.

Su aplicación en caso de deficiencias es por medio de sulfato de manganeso o abonos complejos donde se mezcla con otros micronutrientes importantes para el cultivo. Algunos autores afirman que su rango óptimo, en un análisis de suelo, debe ser de 13'3 – 28'6 ppm.

Los síntomas de la falta del manganeso se producen en las hojas. Estas adquieren su tamaño normal, pero se aprecia clorosis entre los nervios de la hoja, no en los bordes como en otros nutrientes. Se producen sobre todo en las hojas más bajas de las ramas. Su absorción puede complicarse si existe un exceso de hierro, cobre, zinc, sodio o potasio.

7.5.3. BORO

Es uno de los elementos más importantes para el pistacho por su papel en la fisiología, fructificación, floración y en la estructura de la pared celular. Aumenta los niveles de cuajado de frutos y el porcentaje de abiertos, como disminuye el de frutos vacíos.

La aplicación de boro solo ha de producirse cuando su cantidad en hoja este por debajo de 150 ppm. En estos casos pueden emplearse diversos productos tanto en primavera como en otoño. Los tratamientos en fertirrigación o de aplicaciones foliares llevados a cabo en distintas épocas de la primavera suelen ser más eficaces y corrigen las carencias para los siguientes tres o cuatro años. Un exceso de cal reduce la disponibilidad del boro en los suelos.

Su deficiencia en la planta no se observa hasta que el nivel se sitúa por debajo de 60 ppm a principios del verano o 70 ppm a finales. Las hojas aparecen con formas irregulares, frágiles y con los bordes vueltos hacia arriba. También afecta al sistema radicular reduciendo su crecimiento. Si el déficit es muy severo se produce la muerte de yemas apicales, retraso en la brotación y las yemas terminales se secan o si crecen, lo hacen con los entrenudos muy cortos.



Imagen 22. Síntomas de deficiencia de boro. Fuente: "El cultivo del pistacho"

En caso de haber demasiado boro, el borde de las hojas se vuelve necrosado y amarillo. Esto suele producirse en suelos muy salinos, mal drenados.



Imagen 23. Toxicidad por exceso de boro

7.5.4. COBRE

Posee un papel importante en la fotosíntesis y la formación de la clorofila al estar presente en varias enzimas y proteínas implicadas en los procesos de oxidación y de reducción.

La falta de cobre se corrige con pulverizaciones foliares después de la floración con quelato de cobre a razón de 100g/ha en 100 litros de agua. Independientemente de cuál sea el producto utilizado, debe aplicarse menos dosis que la marcada para evitar problemas de toxicidad, sobre todo en suelos ácidos. El déficit es frecuente, especialmente en árboles jóvenes. Los síntomas se observan en julio/agosto cuando las hojas recién formadas en los brotes terminales son más pequeñas y redondeadas de lo normal. A finales de agosto las puntas se curvan y se secan. Los síntomas son parecidos a la falta de zinc, pero estos aparecen al principio de la primavera, no a mediados de verano. Un aumento del nitrógeno puede aumentar la deficiencia.

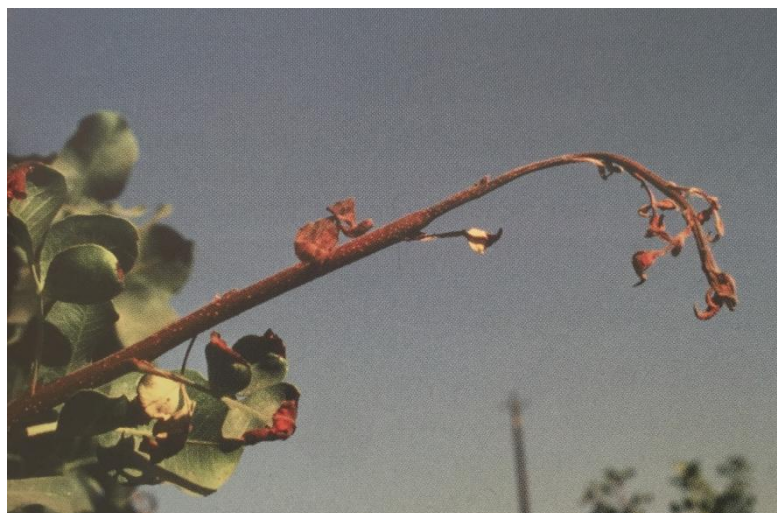


Imagen 24. Síntomas de deficiencia de cobre. Fuente: "el cultivo del pistacho"

Cuando se excede de la dosis, aparecen manchas tanto en hojas como en frutos. En los frutos pueden observarse lesiones con costra sobre la epidermis.



Imagen 25. Exceso de cobre en hoja. Fuente: “el cultivo del pistacho”.

7.5.5. ZINC

Es esencial para la síntesis de clorofila y la formación de hidratos de carbono. Ejerce su acción en numerosas reacciones metabólicas y sistemas enzimáticos. Está directamente relacionado con el polen y el desarrollo de la semilla.

Suele estar presente en la mayoría de los suelos. Cuando ocurre una falta de zinc, suele ser por las características del suelo y no por su presencia. Abonos como la urea o el sulfato de amonio suelen liberar cantidades de este elemento asimilables por el árbol. Debido a su inmovilidad, si se realiza una pulverización foliar en el periodo vegetativo, es recomendable realizar varias aplicaciones. Si el aporte es directo al suelo, una aplicación al año es suficiente. Se puede aplicar tanto en primavera como en otoño.

No se deben realizar aplicaciones cuando las yemas de flor se están abriendo.

La falta de este microelemento es frecuente en muchas áreas de cultivo. En un mismo árbol puede observarse esta carencia en algunas ramas y frutos a la vez que otras se muestren sanas, debido a la poca movilidad del elemento. Cuando las concentraciones foliares se encuentran menores a 7 ppm se observa la falta de zinc. Se aprecia un retraso en la brotación, y los brotes, hojas y peciolo son de tonos rojizos. Las hojas también son afectadas, con un tamaño pequeño con márgenes ondulados. Su déficit afecta a la calidad de los frutos.

7.6.6. MOLIBDENO

El molibdeno fija el nitrógeno y actúa en la síntesis de proteínas. Suele estar en la mayoría de suelos, especialmente en suelos calizos de elevado pH.

7.6.7.CLORO Y SODIO

El sodio estimula el crecimiento mediante el alargamiento celular. Se considera tóxico cuando la presencia en hoja es del 0'25%. Los síntomas de exceso de sodio son similares a la deficiencia de potasio.

El exceso de cloro se muestra del mismo modo que la toxicidad del boro. Se considera toxico cuando la presencia en hoja y en peso seco es superior al 0'3%. Es difícil separar los indicios de toxicidad de uno y otro.

7.7. Programa de abonado

7.7.1. ANTES DE LA PLANTACIÓN

En suelos de profundidades mayores a 80 cm el abonado de fondo ejerce una influencia positiva en el desarrollo del árbol y en su producción. En plantaciones con suelos de menor profundidad y con el portainjerto *P. terebinthus*, no se han observado diferencias de crecimiento con o sin abonado. Si se opta por aplicar abono, se realizará dos de meses antes de la plantación sobre la superficie del terreno enterrándose con un cultivador, o en hoyos, localizándolos a no más de 50 cm de profundidad, sobre la línea donde irán los árboles.

En suelos con bajo nivel de materia orgánica se recomienda aplicar unas 20t/ha de estiércol mediante un cultivador. Otra opción si se aplica localizado, es aplicar 2.500Kg/ha en suelos con una profundidad mínima de 80 cm. En suelos profundos con problemas estructurales o textura muy arenosa, se puede elevar la cantidad a 40 – 60t/ha..

Se puede utilizar un abonado orgánico a base de estiércol para mejorar la estructura del suelo, el nivel de materia orgánica y la fertilidad del mismo. Esta aplicación siempre será beneficiosa.

Si el sistema de riego incluye fertirrigación no es necesario realizar un abonado previo a la plantación. Este sistema cubrirá las necesidades de la plantación con el riego anual, tanto cuando son jóvenes como en el estado adulto. Además supone una reducción de gasto de agua y de fertilizantes.

7.7.2. DESPUÉS DE LA PLANTACIÓN

Al principio, en plantaciones jóvenes, el abonado por regla general no será necesario hasta que los arboles tengan entre 5 y 7 años, sobre todo en secanos de suelos poco profundos.

Lo más importante para realizar un correcto abonado es conocer la situación actual de nuestra plantación. Realizando un análisis del suelo podremos conocer el estado de las reservas de nutrientes en él, su disponibilidad y otros parámetros como el pH o la capacidad de intercambio catiónico.

A partir del sexto o séptimo año se recomienda realizar análisis foliares en el mes de julio cada cuatro o cinco años, para conocer el estado nutricional del árbol. También han de realizarse si se observa alguna anomalía en el árbol. De este modo, podremos actuar si los niveles de los elementos están por debajo del valor crítico.

7.8. Plan anual de fertilización.

El pistachero es muy sensible a las posibles toxicidades causadas por un abonado excesivo, por lo que su dosificación es muy importante.

AÑO	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	ZINC	MANGANESO
5	10 -15	10	-	3	2
6	10 – 15	10	-	4	2
7	10 – 15	10	-	5	2
8 y +	40 - 50	25	15 - 30	7 - 10	2 - 4

Tabla 2. Programa de fertilización general de secano y orientativo en Kg/ha. Fuente: “El cultivo del pistacho”

Todas las cantidades de nutrientes expresadas en la tabla son orientativas y pueden modificarse en función de las deficiencias mostradas tras un análisis foliar, y en función de las características del suelo y del tipo de plantación.

El nitrógeno se debe aplicar en el ámbito de acción de las raíces del árbol. En años ON y plantaciones jóvenes de regadío, se repartirán 8-15 Kg/ha en abril, 3-7 Kg/ha en junio y otros tantos en agosto. En años OFF las cantidades se reducirán a un tercio de las mismas. Una vez adultas, la cantidad aumentaría a 60- 90 Kg/ha repartidas en abril y junio.

El fósforo se aplica en una sola vez en marzo–abril. En regadío, la cantidad aumentaría hasta 30 Kg/ha y una vez la plantación sea adulta, a partir del séptimo año y en suelos profundos, la cantidad puede aumentar hasta los 80 Kg/ha.

El potasio se aplica cada dos o tres años en partes iguales en tres veces, mayo, junio y julio a base de sulfatos. En regadío y suelos profundos, se aplicarán 180 Kg/ha en total en años ON, reduciendo la cantidad a la mitad en años OFF. La deficiencia de zinc y cobre se corrigen con sulfatos en otoño o finales de abril, tras la floración. La falta de hierro se corrige con quelato de hierro aplicando 200/300 g/árbol en marzo.

Algunos estudios afirman que los cultivos donde se combinan fertilización orgánica e inorgánica mejoran el estado nutricional y la producción del pistacho, aunque su número es muy limitado a nivel mundial.

8. POLINIZACIÓN

La polinización es un aspecto muy importante en cualquier cultivo. El pistacho es una especie dioica, con flores masculinas y femeninas en distintos pies. Por ello, es imprescindible la presencia en la plantación de árboles machos capaces de suministrar el

polen a las flores de las variedades femeninas. Se recomienda tener una proporción de un 10% de árboles machos en la plantación al inicio. Pasados 15 o 20 años, los machos producirán tanto polen que se podrá reducir su presencia al 2%, pudiendo reinjertarse el resto con femeninos.

El proceso de la polinización en el pistacho es anemófila, es decir, se produce por el efecto del viento. El empleo de abejas no es bueno porque solo son atraídas por las flores masculinas al no tener nectarios las femeninas. Esto produce una gran pérdida de polen.

Este proceso se inicia cuando en las inflorescencias masculinas, las anteras se abren y comienzan a soltar polen (estado fenológico F). Lo ideal es que las inflorescencias femeninas se encuentren en el estado fenológico D o E para que la polinización sea efectiva. Se estima que el periodo de recepción de polen por cada estigma es de dos a cuatro días.

El objetivo es conseguir la mayor sincronía de floración entre los cultivares masculinos y los femeninos. Para ello se recomienda utilizar más de una variedad masculina. Variedades más tardías que el correspondiente masculino, conseguirán un mayor solapamiento floral con los pies femeninos. Variedades más tempranas las utilizaríamos para reservar su polen y poder realizar la polinización artificial en el caso de que la natural no haya podido tener lugar por condiciones meteorológicas.

Otros factores que afectan a la polinización son la temperatura y la humedad. Los valores de la humedad superiores al 90% pueden dificultar la liberación del polen y los inferiores al 50% reducirán la retención del grano de polen en las papilas del estigma. Respecto a la temperatura, esta puede afectar al crecimiento del tubo polínico o afectando a la actividad de los polinizadores.

8.1. El polen

El polen en la atmosfera puede durar de uno a dos días. En cada gramo de polen pueden existir más de diez millones de granos de los cuales, en condiciones normales, suelen depositarse en el estigma unos 20. Una vez en el estigma húmedo, el polen se hidrata pudiendo comenzar su germinación entre 2 y 10 horas después. El estigma en floración tiene un aspecto turgente de color blanco, que pasados tres o cuatro días, comienza a oscurecer y pierde la capacidad de hidratar los granos de polen y por tanto de hacerlos germinar. La viabilidad del polen va disminuyendo con el paso del tiempo.

8.2. Polinización artificial

Este proceso se realiza en previsión a que en determinados años no se pueda realizar la polinización natural por falta de polen debido a condiciones climatológicas (lluvias persistentes, heladas, etc.)



Imagen 26. Polinización artificial en California. Fuente: "el cultivo del pistacho"

Para llevar a cabo este proceso, deberemos disponer de cultivares machos tempranos de los cuales recogeremos el polen y lo secaremos durante dos o tres días. Después se guardarán en recipientes herméticos a una temperatura de 4 a 6°C. Cuando la inflorescencia femenina se encuentre en el estado D o E, dispondremos de 2 a 4 días para realizar la polinización. El polen previamente recogido se mezcla con alguna sustancia inerte para facilitar su dispersión por el aire. La técnica empleada es proyectar mediante un fuelle o un dispositivo de aire comprimido hacia los árboles femeninos a favor del viento. Algunos estudios afirman que es suficiente con suministrar unos 80 - 100 gramos de mezcla por árbol.

9. LA COSECHA

El momento de la recolección del fruto es fundamental, ya que la calidad dependerá del estado de madurez y del momento de su recogida del árbol.

Cada variedad tiene una fecha aproximada de maduración dependiendo de la genética del cultivar y de las condiciones térmicas de cada año, sobre todo primavera y verano. En los cultivares tempranos suele ser entre finales de agosto y finales de septiembre y en cultivares tardíos, entre mediados de septiembre e incluso hasta noviembre. Dentro de un mismo árbol, los frutos situados en la periferia y en la parte superior maduran antes, así como los orientados al sureste. El momento óptimo de madurez de los frutos se puede saber cuándo estos sufren los siguientes cambios relevantes.

- El color del epicarpio (capa más externa) es de color verde al principio y cuando está maduro, pasa a ser rosa oscuro en la mayoría de los cultivares. En el caso de algunos cultivares, como Kerman, no debemos confundirnos con los frutos vacíos, que no se aprecian cambios en su coloración y se mantienen en tonalidades amarillas.

- El mesocarpio (pellejo) es fácil separarlo de la cáscara con los dedos. Esto indica que el fruto ya está maduro.

- Si algunos frutos han caído al suelo es indicativo de que el momento óptimo de recolección ha pasado.



Imagen 27. Frutos maduros de pistacho. Fuente: www.venelogia.com

9.1. La Recolección

El mejor momento teóricamente para iniciar la recolección es aquel en el que el porcentaje de frutos abiertos, el contenido de las grasas y el peso de los frutos es el máximo. Esto no se puede llevar a cabo estrictamente ya que lo prioritario suele ser recoger la cosecha en el menor tiempo posible y con la máxima calidad.

Se suele iniciar cuando el 60 - 70% de los frutos llenos de un racimo se separan fácilmente de su cáscara. Aunque la maduración es escalonada, no se recomienda recoger los frutos en varias veces porque los frutos que se quedan en el árbol pierden calidad al mantenerse más tiempo del necesario en el árbol.

Si se cosecha demasiado pronto, habrá mayor número de frutos sin abrir y con menor peso de grano. Si por lo contrario, se recogen demasiado tarde, el número de frutos afectados por insectos y el manchado de la cáscara aumentan considerablemente. También aumenta la posibilidad de la presencia de hongos que pueden originar mal sabor y en el peor de los casos, aflatoxinas.

La recolección deberá llevarse a cabo en periodos secos ya que un exceso de humedad ambiental, aumenta la posibilidad de que los frutos se contaminen con hongos.

Existen dos modos de realizar la cosecha del pistacho; manual y mecánica.

-Recolección manual: El fruto se recoge a mano, se echa a unos cestos que después se llevan a un remolque. El mayor problema de esta acción es que favorece la dispersión de hongos entre los frutos, con la pérdida de valor comercial que supone. Suele llevarse a cabo en países como Irán, Siria, Afganistán, etc.

-Recolección mecánica: Se utilizan máquinas para la cosecha, con diversas opciones; vibrador acoplado al tractor con una malla sobre el suelo, vibrador de paraguas, vibrador de

ramas, máquinas autopropulsadas y otras posibles combinaciones. Los rendimientos por superficie son muy variables según el método empleado. La técnica con mayor rendimiento es la utilización de máquinas autopropulsadas, empleadas en Estados Unidos y Australia, cuyo rendimiento se sitúa en aproximadamente 110 árboles a la hora. El vareo tradicional no está recomendado por el debilitamiento que produce al árbol. Es importante un buen diseño de la plantación para poder usar un modo u otro de recolección.



Imagen 28 . Vibrador de paraguas recogiendo pistacho. Fuente: www.maquinariavalero.com

Una vez cogido el fruto, se trasladará hasta una nave o almacén donde se debe proceder a su inmediato pelado o a una planta de procesado.

9.2. El transporte

El trayecto desde el campo hasta la planta de procesado debe realizarse en el menor tiempo posible y en las mejores condiciones para evitar la proliferación de hongos en los frutos o el aumento del manchado de la cáscara.

Una vez recolectado el fruto, debe procederse a su pelado antes de las 48 horas. Si se desea mantener la cosecha sin pelar durante más de dos días o transportarla, el fruto deberá estar en cámaras frigoríficas a 0°C y una humedad relativa no superior a 75%. En estas condiciones se ha demostrado que pueden aguantar varias semanas siempre que se haya realizado una limpieza previa, quitando hojas, ramas y frutos dañados.

Según experiencias californianas, el periodo máximo que una carga puede permanecer en camiones bien ventilados es de 48 horas. La ventilación en el medio de transporte deber ser mínimo un 5% de la superficie total de sus paredes.

ANEXO 11. CALCULO AGRONOMICO E HIDRAULICO

INDICE

INDICE.....	178
1. INTRODUCCIÓN.....	180
2. CÁLCULO NECESIDADES HÍDRICAS	180
2.1. Necesidades agua de riego.....	180
2.1.1. NECESIDADES NETAS.....	180
2.1.2. NECESIDADES TOTALES	181
3. DIMENSIONADO DEL RIEGO LOCALIZADO	184
3.1. Dosis de riego.....	185
3.2. Porcentaje de superficie mojada.....	185
3.3. Área mojada por un emisor.....	185
3.4. Número mínimo de emisores.....	186
3.5. Separación entre emisores.....	186
3.6. Intervalo entre riegos.....	187
3.7. Volumen emitido por el emisor.....	187
3.8. Tiempo de riego en cada módulo.....	188
4. CÁLCULO DEL CAUDAL FICTICIO CONTINUO EN EL RIEGO LOCALIZADO.....	188
5. ANALISIS HIDRAULICO	189
5.1. Calculo hidráulico.....	191
5.1.1. CALCULO TOLERANCIA DE PRESIONES	192
5.1.2. CÁLCULO PÉRDIDAS DE CARGA EN RAMALES PORTAGOTEROS.	192
5.1.3. PRESIÓN NECESARIA AL INICIO DEL LATERAL	194
5.1.4. CALCULO TUBERÍAS PRIMARIAS.....	195
6. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	196
6.1. Definición de las zanjas	196
6.2. Excavación de la zanja tubería primaria	196

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se va a estudiar la cantidad de agua que hay que suministrar al cultivo, teniendo en cuenta varios factores que nos afectan a la hora de conocer la reserva de agua en el suelo y la efectividad en la aplicación de dicha agua. Posteriormente, también se realizará el diseño y dimensionado del riego localizado.

Conocer las necesidades exactas de la plantación es muy importante para saber la cantidad de agua a aportar y realizar un correcto dimensionado. Las necesidades han sido calculadas en el estudio climatológico, teniendo en cuenta todos los parámetros.

Las precipitaciones cubren una parte de las necesidades de la plantación, pero no son suficientes para cubrirlas totalmente, por lo que se hace indispensable el uso del riego.

2. CÁLCULO NECESIDADES HÍDRICAS

2.1. Necesidades agua de riego

El agua a utilizar proviene de pozo situado en la parcela y todos sus parámetros están recogidos en el anexo 9 de calidad del agua, cuyo resultado fue apto para su uso como agua de riego.

2.1.1. NECESIDADES NETAS

La fórmula completa para el cálculo de las necesidades netas utilizada en teoría es la siguiente:

$$N = (ET_c + P_p) - (P_e + C_a + \Delta\theta)$$

- Siendo:
- ET_c = evapotranspiración mensual del cultivo
 - P_p = Percolación profunda.
 - P_e = Precipitación efectiva.
 - C_a = Aporte ascenso capilar.
 - $\Delta\theta$ = Variación humedad del suelo.

Podemos prescindir de varios de estos parámetros en la práctica, ya que no afectan de manera significativa al resultado final, por lo que se podría calcular mediante la siguiente expresión:

$$N_n = ET_c - P_e$$

- Siendo:
- N_n = Necesidades netas mensuales.
 - P_e = Precipitación efectiva.
 - ET_c = Evapotranspiración mensual del cultivo

Calcularemos la precipitación efectiva utilizando la ecuación de Cuenca (1989):

$$P_e = f(D)[1.25 \times P^{0.824} - 2.93] \times 10^{0.000955 \times \text{Etc}}$$

- Dónde:
- P_e = Precipitación efectiva mensual (mm/mes).
 - P = Precipitación total mensual (mm/mes).
 - ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/mes).
 - $f(D)$ = Función correctora para el déficit de humedad del suelo, diferente de 75mm.

La función correctora se calcula mediante la siguiente fórmula (Cuenca, 1989);

$$F(D) = 0.53 + (0.0116xD) - (8.94 \times 10^{-5} \times D^2) + (2.32 \times 10^{-7} \times D^3)$$

Dónde: - D = Déficit de humedad en el suelo (mm).

Por tanto el resultado obtenido de la precipitación efectiva es el siguiente:

MES	Precipitación efectiva (P_e) (mm)
JUNIO	26,83
JULIO	16,78
AGOSTO	23,93
SEPTIEMBRE	26,10

2.1.2. NECESIDADES TOTALES

Para el cálculo de las necesidades totales de los cultivos se tienen en cuenta las necesidades netas (N_n), la eficiencia de aplicación del sistema (E_a), las necesidades de lavado de sales (FL) y la falta de uniformidad de riego

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - K) \times CU}$$

Donde la K es:

- en caso de pérdidas: $K = (1 - E_a)$
- en caso de lavado: $K = LR$

En la aplicación práctica se elige el mayor valor de K en los dos casos posibles. En nuestro caso:

$$K = (1 - 0.95) = 0.05$$

$$K = 0.26$$

La eficiencia de aplicación, según Keller, para climas áridos correspondería con un valor de 0.90 para una textura media.

Para calcular las necesidades de lavado (LR) en riegos localizados de alta frecuencia utilizamos la siguiente expresión:

$$LR = \frac{CE_w}{2 \cdot CE_e}$$

Siendo:

- LR = necesidad de lavado en tanto por uno.
- CE_w = Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm)
- CE_e = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (máximo que tolera un cultivo determinado sin que se produzca disminución en el rendimiento de la cosecha, mmhos/cm)

Por lo tanto:

$$LR = \frac{0.723}{2 \cdot 1.4} = 0.26$$

Para el cálculo de las necesidades reales, son necesarios aplicar una serie de factores correctores a la ET_c , obteniéndose así un valor de ET_c corregido, dado que son cultivos que se van a regar mediante riego localizado, y este sistema lo requiere para no sobredimensionar la red de riego. Por otra parte no se ha tenido en cuenta la precipitación efectiva para el cálculo de las necesidades netas.

- Corrección por efecto de localización.

Este método corrige la ET_c basándose en la fracción de área sombreada por la planta a la que se denomina A y que se define como “la fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a la superficie total”. A efectos prácticos se hace coincidir con la proyección sobre el terreno de la cubierta vegetal de la planta.

Este método supone que a efectos de evapotranspiración el área sombreada se comporta casi igual que la superficie del suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada elimina agua con una intensidad mucho menor.

En nuestro caso tenemos un marco de plantación para el pistacho de 7 x 7 m y con un diámetro medio de área sombreada de 4 m.

La corrección por localización consiste pues, en, multiplicar la ET_c por un coeficiente de localización K_1 , cuyo valor depende de A.

$$A_s = \frac{\pi 4^2}{4} = 12.56$$

La fracción del suelo sombreado es:

$$A = \frac{A_s}{\text{marco plantacion}} = \frac{12.56}{7 \times 7} = 0.25$$

Una vez conocido el valor de A, se pasa al cálculo del coeficiente de localización K_1 por medio de los métodos de diferentes autores:

- Aljibury et al: $K_1 = 1.34 \times A$ (1)
- Decroix: $K_1 = 0.1 + A$ (2)
- Hoare et al: $K_1 = A + 0.5 (1-A)$ (3)
- Keller: $K_1 = A + 0.15 (1-A)$ (4)

Los resultados obtenidos, de los cuales descartaremos los valores extremos y haremos la media de los restantes, son los siguientes:

Autores	Aljibury et al.	Decroix	Hoare et al	Keller
Valor K_1	0.335	0.35	0.625	0.36

El resultado obtenido para la K_1 es **0.355**

- Corrección por condiciones locales

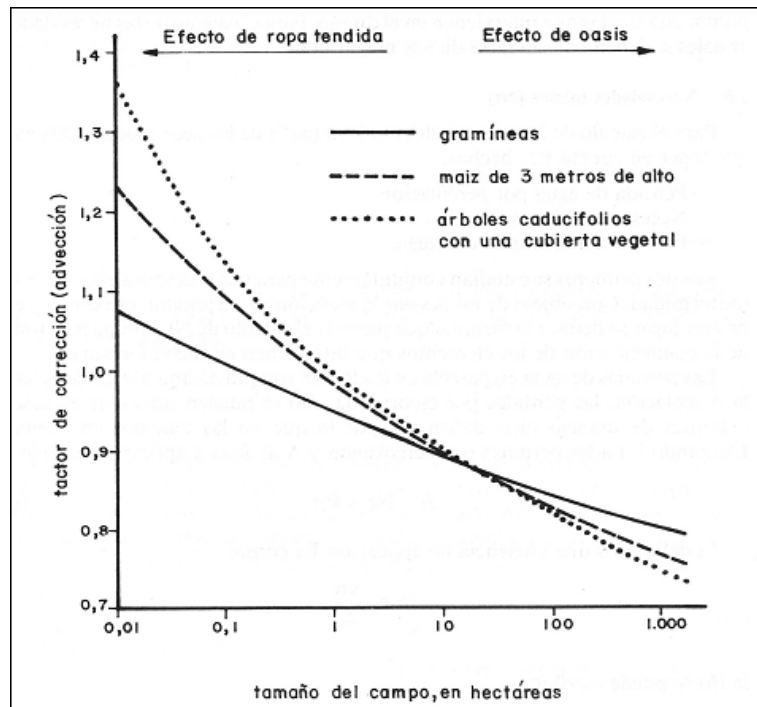
Corrección por variación climática.

Cuando la ET_c utilizada en el cálculo equivale al valor medio del periodo estudiado, debe mayorarse multiplicándola por un coeficiente, porque las necesidades calculadas también serían un valor medio, por lo tanto, un valor insuficiente para la mayoría de los años. En los riegos localizados de alta frecuencia, el volumen de suelo mojado es reducido y por tanto los coeficientes son siempre elevados.

Adoptamos el criterio de Hernández Abreu de aplicar siempre un coeficiente comprendido entre 1.15 y 1.20. Se adopta un valor de **$K_2 = 1.20$**

Corrección por advección.

Los efectos del movimiento de aire por advección, tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende, además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. En caso de pequeñas parcelas, el microclima del cultivo será distinto según esté rodeado de una masa verde o de un terreno sin cultivar, lo que origina un aire más caliente en el segundo caso. Por lo tanto, el siguiente coeficiente K_3 vendrá en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada.



En nuestro caso, teniendo una parcela de 4 ha y un cultivo de árboles caducifolios con cubierta vegetal, tenemos un coeficiente **$K_3 = 0.96$**

Una vez calculados los tres coeficientes podemos saber el valor de la evapotranspiración corregida:

$$ET_c \text{ corregida} = ET_c \times K_1 \times K_2 \times K_3 = ET_c \times 0.355 \times 1.20 \times 0.96 = ET_c \times 0.41$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados. En las necesidades netas no se ha tenido en cuenta la precipitación efectiva.

MES	ET _c (mm)	ET _c corregida (mm)	P total (mm)	P efectiva (mm)	Nn (mm/mes)	Nt (mm/mes)
JUNIO	159,6	65,43	58.01	26,83	65,43	97,97
JULIO	206,46	84,64	26.4	16,78	84,64	126,74
AGOSTO	183,83	75,37	39.69	23,93	75,37	112,86
SEPTIEMBRE	91,8	37,63	54.24	26,10	37,63	56,34
OCTUBRE	35,4	14,51	63.64	27,15	14,51	21,72

3. DIMENSIONADO DEL RIEGO LOCALIZADO

Consiste en un riego localizado de alta frecuencia, donde se aplican cantidades muy ajustadas de agua, impidiendo alguna posible acumulación de sales que produjera estrés hídrico a la planta. Para el mes más crítico, julio, las necesidades reales son de 126,74 mm,

por lo que dimensionaremos la instalación para poder regar durante un determinado tiempo, todos los días de ese mes.

3.1. Dosis de riego

La dosis de riego se considera como las necesidades reales diarias del mes crítico, julio en nuestro caso, por lo tanto tenemos:

$$N_t = \frac{126.74}{31} = 4.08 \text{ mm/día}$$

$$4.08 \times 7 \times 7 = 199.92 \text{ l/árbol día.}$$

3.2. Porcentaje de superficie mojada.

Una de las características del riego localizado es que solo aplican el agua a una parte del suelo. En la práctica del diseño, el concepto de porcentaje de suelo mojado se constituye por el “porcentaje de superficie mojada”, que aunque es menos significativo es más fácil de manejar y medir.

El parámetro “porcentaje de superficie mojada” se representa por P. Keller y recomienda los siguientes valores mínimos para el caso de árboles:

Clima húmedo → $P_{\text{mínimo}} = 20\%$

Clima árido → $P_{\text{mínimo}} = 33\%$

Otros autores recomiendan aumentar a un 40% en caso de árboles con marcos amplios en climas áridos.. En nuestro caso tomaremos un 40%.

3.3. Área mojada por un emisor

Los emisores elegidos para la instalación del riego localizado son mangueras de polietileno de alta calidad con un diámetro interior de 13,2 mm que presentan el gotero incorporado.

Este tipo de emisor tiene un caudal nominal de 4 litros a la hora dentro del rango de presiones recomendadas por el fabricante, que van desde 0.7 a 4 atmósferas de presión.

El radio del bulbo húmedo del emisor se calcula mediante diferentes expresiones dependiendo de la textura del suelo, ya que esta influenciará la forma del bulbo y por lo tanto su radio. La fórmula que tenemos que escoger es la de textura media, por ser la más cercana a nuestras características.

Textura del suelo	Diámetro
Textura fina	$D = 1,2 + 0,10 \cdot q$
Textura media	$D = 0,7 + 0,11 \cdot q$
Textura gruesa	$D = 0,3 + 0,12 \cdot q$

D = Diámetro de la superficie mojada (m)

q = Caudal del emisor (l/h)

Estas fórmulas deben usarse con prudencia, ya que la textura del suelo no informa adecuadamente el movimiento del agua en el mismo, puesto que influyen otros factores, tales como la estratificación o la presencia de piedras.

Con caudal 4 l/hora $D = 1.14\text{m}$ $A_e = \pi \times r^2 = 1.02 \text{ m}^2$

3.4. Número mínimo de emisores.

El mínimo número de emisores a implantar se calcula con la siguiente fórmula:

$$e \geq \frac{Sp \cdot p}{100 \cdot Ae}$$

Siendo:

- e = número de emisores.
- Sp = superficie ocupada por planta.
- P = porcentaje mínimo de suelo mojado.
- A_e = Área mojada por un emisor (m^2)

Sustituyendo nuestros valores en la formula anterior se obtiene:

$$e > \frac{49 \times 40}{100 \times 1.02} = 15.85$$

Por lo tanto, tendremos que tener un mínimo de **16 emisores por árbol**. Los colocaremos en dos mangueras para mejorar la eficiencia, colocando 8 emisores por manguera y dos mangueras por planta.

$$e > \frac{1 \times 40}{100 \times 1.02} = 0.39 \text{ emisores/m}^2$$

3.5. Separación entre emisores.

El marco de plantación de los emisores se define como $Se \times SI$, siendo el primero la separación entre los emisores y el segundo entre los laterales; SI tomará un valor de 350 cm en los cálculos que se van a realizar.

Para establecer la separación entre los emisores (S_e) dentro del lateral de riego, es necesario tener en cuenta el solape mínimo entre los bulbos húmedos, ya que si no es así puede ocurrir que las raíces que se desarrollan en un bulbo húmedo no puedan atravesar una distancia entre bulbos de suelo seco, impidiendo el total aprovechamiento del suelo húmedo.

Calculamos el marco teórico de los emisores:

$$0.39 \text{ emisores/m}^2 = 2.56 \text{ m}^2/\text{emisor}$$

$$SI = 3.5 \text{ m}$$

$$S_i \times S_e = 2.56 \text{ m}^2/\text{emisor}$$

Entonces:

$$S_e = 2.56/3.5 = 0.73 \text{ m} = 73 \text{ cm}$$

Una vez conocida la separación entre emisores, se realiza la comprobación del solapamiento entre bulbos. Los valores de solape se recomienda que estén comprendidos entre el 10 y el 20 por ciento, que será el utilizado. El solapamiento se calcula de la siguiente manera:

$$S_e = r \cdot \left(2 - \frac{a}{100} \right)$$

Dónde:

- **a** = Porcentaje de solapamiento
- **r** = Radio del bulbo húmedo.

$$S_e = 0.51 \times (2 - 0.2) = 0.918 \text{ m} = 91.8 \text{ cm}$$

Como el valor obtenido (91.8cm) es mayor que el calculado anteriormente (73cm), se comprueba que a una distancia de 73cm se cumple el solapamiento.. Al no disponer de estas distancias en términos comerciales, la separación entre emisores más cercano al calculado es de 75cm, por lo que es la que utilizaremos.

Por lo tanto, la nueva superficie mojada por emisor será:

$$S_e \times S_i = 0.75 \times 3.5 = 2.62 \text{ m}^2/\text{emisor}$$

Al cambiar la superficie mojada por emisor también cambiara el nº de emisores por metro cuadrado, que será:

$$e = 1 / 2.62 = 0.38 \text{ emisores/m}^2$$

3.6. Intervalo entre riegos.

El intervalo de riego es generalmente la variable menos rígida y por lo tanto la que más se puede modificar. Desde el punto de vista agronómico no existe un valor mínimo, se podría incluso regar continuamente las 24 horas del día, pero ello conlleva muchísimos inconvenientes, entre otros la inflexibilidad del sistema que, por ejemplo, no permitiría recuperar el tiempo perdido por una avería. En la práctica valores inferiores a la unidad, es decir, más de un riego diario exigen un cierto automatismo en la instalación.

Nuestros cálculos estarán dirigidos entonces a hacer un riego al día, al menos en el periodo más crítico.

3.7. Volumen emitido por el emisor.

El volumen emitido por el emisor (V_e) se calcula con la siguiente fórmula:

$$Ve = \frac{N_t \cdot I}{e}$$

- Siendo:
- Ve = volumen emitido por el emisor, (litros por emisor)
 - N_t = Necesidades totales diarias (mm/día)
 - I = Intervalo entre riegos (días)
 - e = Número de emisores por metro cuadrado.

Por lo tanto el volumen emitido es:

$$Ve = \frac{4 \times 1}{0.38} = 10.53 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \text{ por emisor}$$

3.8. Tiempo de riego en cada módulo.

Se entiende por módulo, el conjunto de emisores que riegan al mismo tiempo. El tiempo de riego se calcula con la siguiente expresión:

$$t = \frac{Ve}{q_q}$$

Siendo:

- t = Tiempo de riego (horas)
- Ve = Volumen de agua emitido por el emisor (litros)
- q_q = Caudal nominal del emisor (l/h)

Aplicando la expresión anterior, obtenemos un tiempo de riego de 2.63, o lo que es lo mismo 2 horas y 38 minutos para cada sector y un total de 5 horas y 15 min para toda la plantación.

4. CÁLCULO DEL CAUDAL FICTICIO CONTINUO EN EL RIEGO LOCALIZADO.

El caudal ficticio continuo representa las necesidades reales de riego calculadas mes a mes (para todo el periodo de riegos) y expresadas en forma de caudal continuo, es decir, en litros/ segundo y hectárea.

En particular, al caudal ficticio continuo del mes de máximas necesidades se le va a llamar caudal característico, y se calcula de la siguiente manera:

$$q_c = \frac{N_n}{E_a} \cdot \frac{1}{8.64 \cdot N}$$

Siendo:

- q_c = Caudal característico en L/ s y Ha.
- N_n = Necesidades netas del cultivo más exigente en el mes crítico(mm/mes).
- E_a = Eficiencia de aplicación del sistema de riego en tanto por uno.
- N = Número de días del mes crítico.

Aplicando la expresión anterior se obtiene el caudal característico con un valor de **0.52 l/s Ha.**

5. ANALISIS HIDRAULICO

Distribución de caudales

Dividiremos la parcela en dos sectores para optimizar el diámetro de las tuberías y en caso de avería, que no pueda afectar a toda la parcela. Cada sector regará el tiempo calculado en el cálculo agronómico.

Trazado de la red de riego.

Para el trazado de la red de riego se ha tenido en cuenta el lugar del pozo y la colocación de las tuberías lo más rectas posibles para mantener las válvulas alineadas. Se ha intentado siempre que las tuberías vayan por los lindes de la parcela. Con esto facilitaremos la instalación y el mantenimiento de la red de riego, además de abaratar costes.

Elección de materiales.

Los materiales utilizados en la red de distribución son el policloruro de vinilo (PVC) y el polietileno (PE) de alta densidad. La elección de estos materiales plásticos se justifica por las siguientes características:

El funcionamiento hidráulico de estos plásticos presenta coeficientes de fricción bajos, reduciendo las pérdidas de carga y en consecuencia reduciendo los diámetros de las tuberías.

En la fase de explotación de la red presentan una gran facilidad de reparación ya que existe una gran cantidad de piezas especiales en el mercado que facilitan estas operaciones.

Diámetros comerciales

Los diámetros comerciales existentes de tubería de P.V.C. y de PE según la norma U.N.E. 53-112 son:

PVC	PRESIONES NOMINALES			
	0,4 MPa	0,6 MPa	1,0 MPa	1,6 MPa
Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)
16	-	-	-	13,60
20	-	-	-	17,00
25	-	-	28,40	21,20
32	-	-	36,00	27,20
40	-	36,40	36,00	34,00
50	-	46,40	45,20	42,60
63	59,40	59,20	57,00	53,60

75	71,40	70,60	67,80	63,80
90	86,40	86,60	81,40	76,60
110	105,60	103,60	99,40	93,60
125	120,00	117,60	113,00	106,40
140	134,40	131,80	126,60	119,20
160	153,60	150,60	144,60	136,20
180	172,80	169,40	162,80	153,20
200	192,00	188,20	180,80	170,40
250	240,20	235,40	226,20	213,00
315	302,60	296,60	285,00	268,20
400	384,20	376,60	361,80	340,60
500	480,40	470,80	452,20	-
PE	PRESIÓN NOMINAL			
	0,4 MPa	0,6 MPa	1,0 MPa	1,6 MPa
Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (mm)
25	-	-	21,00	20,40
32	-	-	28,00	26,20
40	-	36,00	35,20	32,60
50	-	46,00	44,00	40,80
63	-	58,20	55,40	51,40
75	-	69,20	66,00	61,40
90	-	83,00	79,20	73,60
110	-	101,60	96,80	90,00
125	118,80	115,40	110,20	102,20
140	133,00	129,20	123,40	114,60
160	152,00	147,60	141,00	127,60
180	171,20	166,20	158,60	150,80
200	190,20	184,60	176,20	163,60
225	218,00	207,80	198,20	184,00
250	237,60	230,80	220,40	204,60
280	266,20	258,60	246,80	229,20
315	299,60	290,80	277,60	257,80
355	337,60	327,80	312,80	290,40
400	380,40	369,40	352,60	327,20
450	428,00	415,60	396,60	368,00
500	475,40	461,80	440,80	409,00
560	532.60	517.20	493.60	458.20
630	599.20	581.80	555.20	515.40
710	675.20	655.60	626.00	-

800	760.80	738.80	705.20	-
900	856.00	830.60	794.20	-
1000	951.20	923.00	882.40	-
1200	1141.40	1107.60	-	-

Timbrado de las tuberías.

La presión mínima necesaria en la red para el correcto funcionamiento del sistema es de 33.9 mca. Al no ser una presión excesivamente alta, colocaremos todas las tuberías de presión nominal 6 atmosferas para asegurarnos de un correcto funcionamiento de la red.

Uniones

Todas las series comerciales de tubería de PVC disponen de tres tipos de unión, junta elástica, adhesivo y unión roscada. En este caso se decide optar por la unión mediante junta elástica.

Las tuberías de Polietileno deberán ser unidas mediante soldadura por termofusión o por accesorios de ajuste mecánico. En caso de utilizar accesorios o uniones con junta elástica sin resistencia axial, debido al alto coeficiente de dilatación de la tubería, deberá preverse que no pueda producirse desacople de la unión.

Sobrepresiones en la red de riego.

La presión de servicio de las tuberías debe resistir la presión estática de la red más las sobrepresiones que se originen. Éstas se producen principalmente por las siguientes causas:

- Cierre de válvulas de mariposa que aíslan los ramales.
- Cierre de un hidrante.
- Acumulación de aire en la red.
- Llenado de la red.

Las medidas que se toman para evitar o reducir las posibles sobrepresiones son las siguientes:

- Cierre de las válvulas de mariposa y cierre de un hidrante, las sobrepresiones se reducen colocando válvulas de cierre lento.
- Para evitar las acumulaciones de aire en las conducciones se colocarán ventosas que lo evacuen.

5.1. Calculo hidráulico

En este apartado se realizarán los cálculos necesarios para conocer las pérdidas de carga existentes en toda la red y así, poder determinar los diámetros de las tuberías.

5.1.1. CALCULO TOLERANCIA DE PRESIONES

Conociendo las características de los goteros se puede conocer la tolerancia de presión en la subunidad de riego para el dimensionado de los ramales según Keller:

$$\Delta H = M (h_a - h_{ns})$$

Dónde:

- h_a = presión media
- h_{ns} = presión mínima

El factor M depende del número de diámetros que se vayan a utilizar. Se recomienda utilizar un valor de M para 2.5.

Los datos dados por el fabricante son; la presión mínima es 7 m.c.a. y la presión media es 16 m.c.a.

$$\Delta H = 2.5 (16 - 7) = 22.5 \text{ mca}$$

Conocida la variación de tolerancia de presiones, estas se reparten entre las tuberías primarias y las laterales.

Aceptaremos que las pérdidas de carga se repartan por igual entre la tubería lateral y la primaria:

$$\Delta H_l = \Delta H_p = \frac{\Delta H}{2} = 11.25 \text{ mca}$$

5.1.2. CÁLCULO PÉRDIDAS DE CARGA EN RAMALES PORTAGOTEROS.

Los datos necesarios para el cálculo hidráulico de las pérdidas de carga en los laterales son:

- La presión mínima de trabajo de estos goteros autocompensantes es de 7 mca.
- La presión máxima de trabajo de estos goteros autocompensantes es de 25 mca.
- La presión nominal de funcionamiento se toma como referencia en 7
- La separación entre laterales (S_o) es de 3.5 m. La separación entre emisores (S_e) es de 0,75 m.
- El diámetro nominal es de 16 mm y diámetro interior 13,2 mm.
- El caudal del emisor es de 4 l/h

Para el cálculo de las dimensiones de los ramales portagoteros, al ser una finca irregular donde los ramales no miden lo mismo, escogemos el ramal más desfavorable de cada sector, debido a su mayor número de emisores y por tanto mayor necesidad de agua.

Para cada módulo tenemos que ver que lateral es el desfavorable y realizar los cálculos en torno a él.

Describiremos con detalle los cálculos realizados para el primer módulo y los demás serán calculados mediante una hoja Excel.

En el primer sector, el lateral más desfavorable tiene una longitud de 102 metros, con 136 emisores y el caudal total a transportar es de 544 l/h.

Calcularemos el régimen hidráulico que tendrá la tubería mediante el número de Reynolds, para seleccionar la fórmula más adecuada para el cálculo de la pérdida de carga. Para RLAF y 20°C, se utilizan la siguiente expresión:

$$Re = 352.64 \frac{q}{d}$$

Dónde:

- q = Caudal (l/h).
- d = diámetro interior (mm).

En nuestro caso el resultado es 13.901, lo que clasifica el régimen hidráulico en turbulento liso, por lo tanto utilizaremos la ecuación de Blasius para calcular la pérdida de carga unitaria.

$$J = 0'473 \cdot d^{-4.75} \cdot q^{1.75}$$

Dónde:

- q = caudal del lateral (l/h).
- d = diámetro del lateral (mm).

La pérdida de carga unitaria obtenida en el lateral más desfavorable del sector uno es:

$$J = 0'473 \cdot 13.2^{-4.75} \cdot 544^{1.75} = 0'11 \text{ m/m}$$

El efecto de la conexión emisor-lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro lateral. La pérdida de carga unitaria incluido el efecto de las conexiones (J') se obtiene al mayorar J.

$$J' = J \frac{S_e + f_e}{S_e}$$

Siendo:

- S_e = separación entre emisores (m).
- f_e = longitud equivalente de la conexión (m).

En términos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, que depende del tipo de conexión. En nuestro caso, la conexión del emisor al lateral es interlínea, por lo que el valor de f_e es 0.23. Por lo tanto el resultado obtenido es $J' = 0.14 \text{ m/m}$.

La pérdida de carga en el lateral de mayor longitud se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Siendo:

- J' = pérdida de carga unitaria.
- L = longitud del ramal.
- F = Factor de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores, la relación entre la separación entre laterales y emisores y en función del coeficiente m . En nuestro caso $F = 0,368$.

De esta forma el resultado es:

$$h_f = 0,14 \cdot 0,368 \cdot 102 = \mathbf{5,47 \text{ m. c. a.}}$$

Una vez explicado el proceso, resumiremos los resultados de los laterales más desfavorables en cada sector, en la siguiente tabla, donde podemos observar que las pérdidas de carga son menores que las admisibles y por lo tanto cumplen.

SECTOR	REYNOLDS	J	J'	h_f
1	13.901	0,11	0,14	5,47
2	17.785	0,17	0,22	10,63

5.1.3. PRESIÓN NECESARIA AL INICIO DEL LATERAL

Al ser laterales alimentados por un extremo y en terrenos horizontales, la presión al inicio del lateral deberá cumplir la siguiente expresión:

$$h_m = h_a + 0,733h_f$$

Dónde:

- h_m = Presión inicial
- h_a = Presión media
- h_f = Perdida de carga por rozamiento.

Por lo tanto:

$$h_m = 16 + 0,733 \cdot 5,47 = 20 \text{ mca}$$

La presión inicial necesaria para el lateral más desfavorable en el primer sector es de **20 mca**. A continuación realizamos los mismos cálculos para el segundo sector, donde obtenemos una presión de **23,8 mca**.

5.1.4. CALCULO TUBERÍAS PRIMARIAS

Una vez calculada la presión inicial que tenemos que aportar en el lateral más desfavorable de cada módulo, podemos calcular las pérdidas de carga admisibles en la tubería primaria.

Para el cálculo de las pérdidas de carga en la tubería por rozamiento se utiliza la formula general propuesta por Darcy – Weisbach, que corresponde a la siguiente expresión:

$$h_r = J \cdot L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Dónde:

- h_r = Pérdida de carga por rozamiento continuo (mca)
- J = Pérdida de carga unitaria (m/m)
- L = longitud de la conducción (m)
- f = factor de fricción.
- v = velocidad del fluido en el interior de la tubería (m/s).
- D = Diámetro interior de la conducción (m)
- g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

El factor de fricción se ha calculado mediante el diagrama de Moody, el cual nos da un valor de fricción si conocemos el número de Reynolds y la rugosidad relativa.

Para riegos localizados se recomienda que la velocidad media no sobrepase 1,5 m/s. Para realizar una aproximación al diámetro de la tubería con el anterior criterio, utilizamos la siguiente fórmula:

$$D > \sqrt{0,236Q}$$

Los resultados son: para el sector 1, $D > 81,7$ mm y para el sector 2, $D > 85$ mm. Realizamos el cálculo de las pérdidas de carga para distintos diámetros interiores, de los cuales seleccionamos los siguientes:

- Para el sector 1: un diámetro interior de 103,6 mm. El resultado de las pérdidas de carga es de 10,01 mca que cumple con las pérdidas de carga admisibles.
- Para el sector 2: un diámetro interior de 103,6 mm. El resultado de las pérdidas de carga es de 10,14 mca, que cumple con las pérdidas de carga admisibles.

La presión necesaria al inicio de las tuberías primarias, las hallamos sumando la presión necesaria en el inicio del lateral más desfavorable de cada sector y la pérdida de carga de la propia tubería primaria.

SECTOR	1	2
LONGITUD	180	190
Q ACUMULADO (l/h)	28.288	30.624

f	0,05	0,048
D. interior (mm)	103,6	103,6
TUB. COMERCIAL	110 PN 6	110 PN 6
HR (mca)	10,01	10,14
Presión inicial (mca)	30,01	33.9

6. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Toda instalación de riego fija y permanente, conlleva consigo un movimiento de tierra para enterrar las tuberías primarias, ya que en este caso los laterales de riego no irán enterrados al ser un riego por goteo

Para enterrar la tubería haremos una zanja, y la acondicionaremos para después colocar la tubería. La dimensión de la zanja dependerá del diámetro de la tubería a colocar y de la longitud de esta

6.1. Definición de las zanjas

Para la colocación de las tuberías en el terreno se hace necesaria la excavación de una zanja y cuyas dimensiones varían en función del diámetro a colocar. Las dimensiones correspondientes se muestran en la siguiente tabla:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
$\varnothing \leq 200$	$\varnothing \text{ (m)} + 0,6$	$\varnothing \text{ (m)} + 1$
$\varnothing > 200$	$\varnothing \text{ (m)} + 0,7$	$\varnothing \text{ (m)} + 1$

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor $10 + \varnothing/10$ (cm). Desde la generatriz inferior hasta 30 cm por encima de la generatriz superior, se rellenará con material seleccionado de tamaño menor de 2 cm. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

6.2. Excavación de la zanja tubería primaria

Sector	Longitud (m)	Tubería	Anchura (m)	Profundidad (m)	Volumen (m³)
1	180	110 PN 6	0,71	1,11	141,86
2	190	110 PN 6	0,71	1,11	149,74

Total de m³ excavados para la tubería primaria: 291,6 m³.

ANEXO 12. INSTALACION DE BOMBEO Y DISEÑO DEL CABEZAL HIDRAULICO

INDICE

INDICE.....	197
1. CÁLCULO INSTALACIÓN DE BOMBEO.....	198
2. POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO:.....	199
3. ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO	200
4. ESTUDIO DE CAVITACIÓN	201
5. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO	201
5.1. Cálculo del tiempo de parada de la bomba.	201
5.2. Cálculo de la celeridad de la onda y de la longitud crítica.....	202
5.3. Cálculo de la sobrepresión debida al golpe de ariete.....	203
5.4. Elección del timbraje.....	203
6. DISEÑO CABEZAL DE RIEGO	204
6.2. Cálculo del cabezal de riego	205
6.2.1. CÁLCULO FILTROS DE ARENA	205
6.2.2. CÁLCULO FILTROS DE MALLA	208
6.2.3. CÁLCULO CONTADOR DE AGUA	209
6.3. Pérdida de carga total en el cabezal	209
7. ESTUDIO DEL POZO	210
8. CASETA PREFABRICADA DE HORMIGÓN	213

1. CÁLCULO INSTALACIÓN DE BOMBEO

Para calcular los elementos que constituyen la instalación de bombeo se hace necesario conocer:

- Caudal a impulsar: $0,0085 \text{ m}^3/\text{s}$ ($30,63 \text{ m}^3/\text{h}$).
- Densidad del agua: $1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$
- Cota de aspiración: 595 m.s.n.m.
- Cota de descarga: 600 m.s.n.m.
- Longitud tubería aspiración: 5 m
- Longitud tubería de impulsión: 0 m.
- Diámetro de la tubería de impulsión (D_i): 90 mm.
- Temperatura de cálculo: 15°C
- Velocidad media del agua en la tubería: $1,5 \text{ m/s}$

Debemos conocer la altura manométrica de elevación para poder dimensionar la instalación. Se expresa del siguiente modo:

$$H_{me} = H_a + h_a + H_i + h_i$$

Dónde:

- H_a : Altura geométrica de aspiración.
- h_a : Pérdidas de carga producidas en la aspiración.
- H_i : Altura geométrica de la impulsión.
- h_i : Pérdidas de carga producidas en la impulsión.

De este modo, dispondremos de una tubería de aspiración que sufrirá una pérdida de carga. Calcularemos el n° de Reynolds con los datos de velocidad ($1,5 \text{ m/s}$), diámetro de la tubería (90mm) y de la viscosidad del agua a 15°C ($1,14 \cdot 10^{-6}$). El resultado obtenido es 118421,05.

Una vez calculado Reynolds, calcularemos el factor de fricción mediante la fórmula logarítmica de Jain, y con ello las pérdidas de carga por rozamiento continuo mediante la fórmula de Darcy-Weisbach. El resultado obtenido es $f = 0,024$ y $h_a = 0,18 \text{ mca}$.

Por lo tanto determinaremos la altura manométrica de elevación (H_{me}):

$$H_{me} = 5 + 0,18 = 5,18$$

Se adopta como altura manométrica de elevación de diseño el valor de 5,18 mca.

Como la presión que debe dar la bomba para el correcto funcionamiento de la instalación es de 39,9 mca, tomaremos este valor.

2. POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO:

Lo primero a realizar es calcular la potencia útil del grupo electrobomba que viene dada por la siguiente expresión:

$$N_u = \frac{\rho \cdot Q \cdot H_{me}}{75}$$

Dónde:

- N_u : Potencia del grupo de bombeo, en C.V.
- Q : Caudal a elevar por cada bomba, en m³/s.
- H_{me} : Altura manométrica de elevación, en m.
- ρ : Densidad del agua, en Kg/m³.

Aplicando nuestros datos:

$$N_u = \frac{1000 \cdot 0.0085 \cdot 39,9}{75} = 4,5$$

Para que la bomba pueda aportar la potencia útil al flujo es necesario que reciba una potencia algo superior en su eje de accionamiento de tal manera que se puedan compensar los rendimientos. Así surge la potencia en el eje de la bomba, que es la que deja disponible el motor para ser aprovechada por la bomba a la hora de transmitir la potencia útil y vencer rozamientos y pérdidas de carga. De esta manera:

$$N_{eje} = \frac{N_u}{\eta_B} = \frac{4,5}{0,75} = 6 \text{ CV}$$

Para que el motor de accionamiento deje disponible una potencia en el eje igual a la calculada anteriormente, es necesario que absorba una potencia eléctrica superior de manera que se compensen los rozamientos mecánicos y las pérdidas eléctricas en ese motor. Esos rozamientos y pérdidas se evalúan a través del rendimiento del motor (N_m) y se calcula como:

$$N_{\text{motor}} = \frac{N_{\text{eje}}}{\eta_m} = \frac{6}{0,75} = 8 \text{ CV}$$

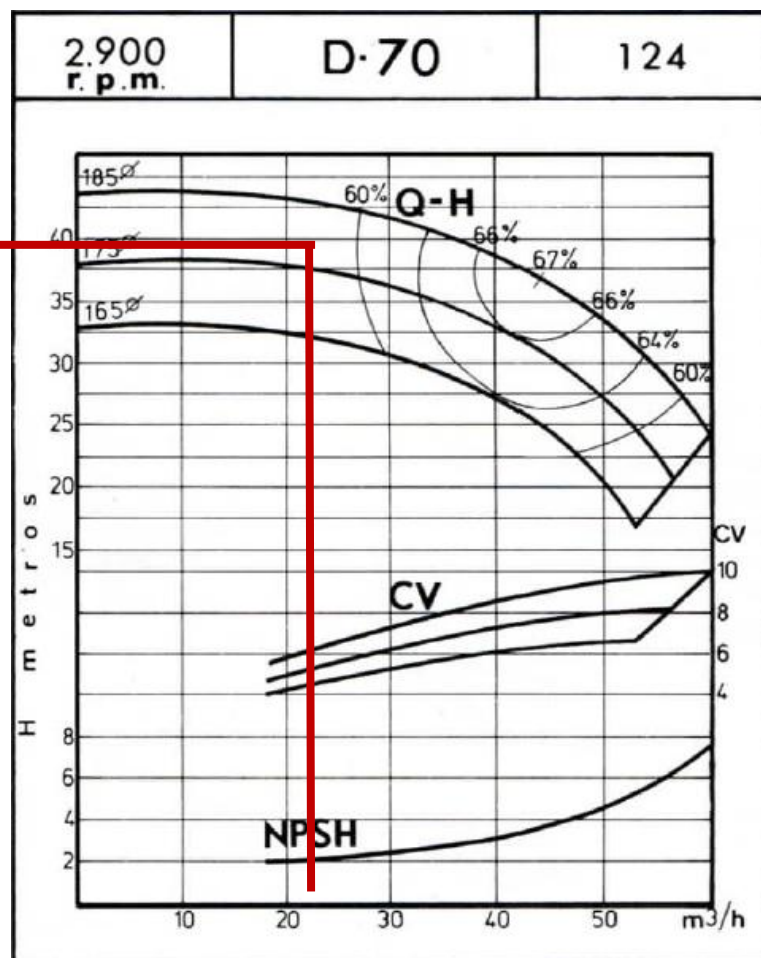
3. ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Para cumplir con las necesidades de la instalación tanto en caudal como en altura manométrica, se necesita un equipo de bombeo que suministre un caudal total de 30'63 m³/h y una altura de 39,9 mca, así como un motor que desarrolle aproximadamente 8 CV.

Con estos datos y viendo los diferentes catálogos comerciales se opta por la instalación de la siguiente electrobomba con las siguientes características:

- Régimen de revoluciones: 2.900 rpm
- Diámetro del rodete: 180 mm
- Rendimiento: 62%
- Modelo: D.70

La curva característica de la bomba seleccionada es la siguiente:



Se establece como punto de funcionamiento de la bomba el que resulta de la intersección de las dos rectas, por lo que se exigirá al fabricante de la bomba, un recorte de rodete a 180mm.

4. ESTUDIO DE CAVITACIÓN

Para realizar este cálculo se necesita conocer la temperatura máxima a la que se estima que puede funcionar la bomba en servicio normal, estableciéndose en 40°C.

Calcularemos la altura neta de aspiración:

$$\text{NPSH(A)} = \frac{P_{\text{atm}}}{\gamma} - H_a - h_a - h_v - h_t$$

Siendo:

- $\frac{P_{\text{atm}}}{\gamma}$ = Presión atmosférica absoluta al nivel del mar (mca)
- H_a = Altura geométrica de aspiración (m).
- h_a = pérdidas de carga totales en aspiración (mca).
- h_v = Presión a la que se produce la evaporación del agua considerando la temperatura ambiente a la que funcionará la bomba.
- h_t = Reducción de la presión atmosférica absoluta debido a la altitud sobre el nivel del mar.

Por lo tanto:

$$\text{NPSH (A)} = 10 - 5 - 0,18 - 0,25 - 0,375 = 4,19 \text{ mca.}$$

Según la gráfica anterior, la bomba tiene un NPSH (R) de 3 mca. No se producirá cavitación porque se cumple que $\text{NPSH (A)} > \text{NPSH (R)} + 0,5\text{m}$.

5. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

Con la parada del grupo de impulsión, y el cierre violento de válvulas se produce en la tubería de impulsión una sobrepresión denominada golpe de ariete, para compensar esta sobrepresión deben dimensionarse mecanismos que lo amortigüen.

5.1. Cálculo del tiempo de parada de la bomba.

Según la expresión de E. Mendiluce se define el tiempo de parada de la bomba como:

$$T = \frac{K \cdot L \cdot V}{G \cdot H_{ME}} + C$$

Dónde:

- K = Coeficiente de ajuste que depende de la longitud de la tubería de impulsión, en este caso para tuberías inferiores a 500m, $K = 2$.

- C = Coeficiente de ajuste que depende de la relación entre la altura manométrica a impulsar y la longitud de la tubería de impulsión, en este caso $C=0$.

- V = Velocidad del agua (1,5m/s).

- L = longitud de la tubería de impulsión (m).

- G = aceleración de la gravedad, $9,81 \text{ m/s}^2$.

- H_{me} = altura manométrica de impulsión (m).

El resultado obtenido del tiempo de parada de la bomba es 0,29 segundos.

5.2. Cálculo de la celeridad de la onda y de la longitud crítica.

La celeridad de onda o velocidad a cual se propaga se define con la siguiente expresión:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48'3 + K \frac{D}{e}}}$$

Siendo:

- D = diámetro interior del tubo (mm).

- e = espesor del tubo, (mm).

- K = coeficiente que depende del material de la tubería. Para PVC, $K = 33'3$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48'3 + 33'3 \frac{86'6}{3'4}}} = 330'65 \text{ m/s}$$

Por lo tanto:

- Si $T < \frac{2L}{a}$, siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre rápido y se utiliza la fórmula de Allievi.

- Si $T > \frac{2L}{a}$, siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre lento y se utiliza la fórmula de Michaud.

En este caso $\frac{2 \times 5}{330'65} = 0'03$ segundos, y el valor de T es de 0,29 segundos, por lo tanto será un cierre lento y se utilizará la fórmula de Michaud.

5.3. Cálculo de la sobrepresión debida al golpe de ariete

Utilizamos la fórmula de Michaud :

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$$

Siendo:

- L = longitud de la tubería (m).
- v = velocidad del agua. (m/s).
- T = tiempo de parada de la bomba (s).
- g = aceleración de la gravedad (m/s²).

$$\Delta H = \frac{2 \cdot 5 \cdot 1'5}{9'81 \cdot 0'29} = 5'27 \text{ mca.}$$

Con lo que la presión máxima que se produzca en las tuberías cuando se paren las bombas es:

$$P_{\max} = H_{\text{me}} + \Delta H = 5 + 5'27 = 10,27 \text{ mca.}$$

5.4. Elección del timbraje

Disponiendo de un timbraje de 0,6 MPa sería suficiente para que no hubiera problemas de fisuración causados por un exceso de presión. Este timbraje soporta presiones de hasta 60 metros de columna de agua, con presión de rotura por norma a 240 mca que es superior a la presión máxima de cálculo.

6. DISEÑO CABEZAL DE RIEGO

El cabezal de riego es el elemento central de la instalación. Está formado por un conjunto de elementos que permiten realizar un tratamiento adecuado del agua de riego (filtrado, medición de caudal, control de presión, etc.). El cabezal irá instalado en la caseta prefabricada de hormigón.

Los elementos que forman parte del cabezal de riego son los siguientes:

- Filtros de arena.
- Filtro de malla.
- Contador de agua.
- Programador de riego.

Filtros de arena

Son necesarios para eliminar partículas orgánicas y partículas minerales de pequeño tamaño. Consiste en tanques metálicos en cuyo interior se coloca una gruesa capa de arena a través de la cual pasa el agua a filtrar.

Filtros de malla

A diferencia de los filtros de arena, los filtros de malla efectúan una retención superficial de las impurezas, lo que hace que su colmatación sea más rápida. Por ello se instalará como elemento de seguridad después del filtro de arena por si arrastrase la propia arena del filtro.

En la elección de un filtro de malla hay que determinar la superficie de la malla y el tamaño de los orificios, es decir, su número de mesh. La superficie de malla se calcula en función del caudal Q , y en función de los valores aceptables de la velocidad real (velocidad a través de los orificios).

Estos límites de velocidad equivalen a un caudal por un área neta y por un área efectiva de malla.

Contador

Se coloca en última instancia, después de los filtros de malla, para evitar que las impurezas del agua puedan afectar a la medición de caudal. El funcionamiento del contador es el siguiente:

Un eje vertical transmite, por medio de un acoplamiento magnético, el movimiento rotatorio de la turbina a un registro herméticamente cerrado, produciendo una pérdida de carga mínima. El amplio espacio libre alrededor de la turbina evita el bloqueo de la misma por impurezas contenidas en el agua.

Gracias al sistema magnético, el registro se mantiene absolutamente aislado del agua y productos contenidos en ella, por lo que la corrosión del mismo se hace imposible.

Dada la existencia de contadores incorporados en las mismas válvulas hidráulicas, se tomará una válvula reguladora de presión y caudal, y con el caudalímetro incorporado.

Programador de riego

El programador de riego que se ha elegido permite realizar el control total de la red de riego activando de forma automática cada uno de los módulos de riego, ya sea en base volumétrica o temporal.

Las características principales del programador son:

- Control simultáneo de varias líneas principales definidas por el usuario.
- Operación simple y fácil mediante teclado numérico y funcional.
- Pantalla de cristal líquido LCD.
- Menú de ayuda con información e instrucciones de funcionamiento de pantalla, accesible desde cualquier punto del programa.
- La aplicación de agua y fertilización puede aplicarse en base temporal o volumétrica.
- Programas de riego independientes para cada válvula.
- Capacidad de actuación de las válvulas de forma manual.
- Batería auxiliar de mantenimiento de programas e información, en caso de fallo de la tensión de alimentación.
- Condiciones de arranque, paro y espera independientes para cada sistema.
- Permite controlar diferentes entradas para contadores de agua, presostátos, tensiómetros, etc.
- Autotest y programas de diagnóstico tanto para el hardware como para el software.
- Capacidad de comunicación con un ordenador central vía cable.

6.2. Cálculo del cabezal de riego

A continuación realizaremos los cálculos de los componentes del cabezal de riego.

6.2.1. CÁLCULO FILTROS DE ARENA

Es necesario determinar las siguientes características:

- Tipo de arena
- Espesor de la capa
- Superficie filtrante
- Perdidas de carga y limpieza

Tipos de arena

El material más comúnmente empleado es la arena silíceá, aunque la arena puede tener otras procedencias. Se recomienda evitar que sea friable (para que no se vaya dividiendo con el uso) y no atacable por los ácidos.

Las arenas se definen por dos parámetros: El diámetro efectivo y el coeficiente de uniformidad.

- El diámetro efectivo es la apertura del tamiz que retiene el 90% de la arena, permitiendo el paso del 10% restante.
- El coeficiente de uniformidad es la relación entre las aperturas de los tamices que permiten el paso del 60% y del 10% de la arena. Debe estar comprendido entre 1.4 y 1.6.

El tamaño de las partículas que pueden atravesar los filtros es del orden de 1/10 a 1/12 del diámetro efectivo

Para seleccionar la arena se recomienda que solo se elija de un tipo, puesto que con el tiempo en caso de combinar arenas, el filtrado sería más deficiente.

Espesor de la capa de arena

En los filtros de arena se recomienda no colocar una capa de arena menor de 50 cm de espesor, por lo que nuestra capa será de 60cm.

Superficie filtrante

Los datos para calcular la superficie filtrante son los siguientes.

- Caudal = 30.624 l/h
- Diámetro mínimo de paso del gotero: 0,8mm.

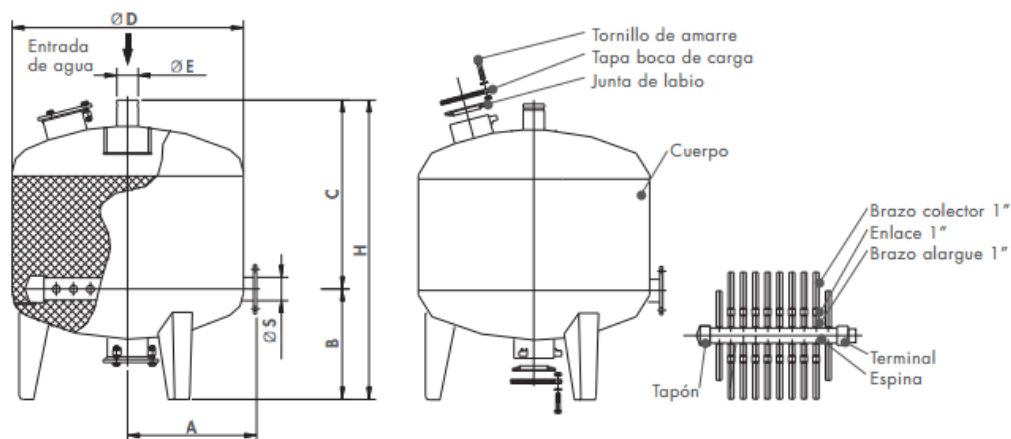
Se adoptará el criterio de que la velocidad media de agua no supere los 60 m³/h por m² de superficie de filtro. Por lo que obtendremos lo siguiente:

$$\text{Sección} = \frac{36,75}{60} = 0,61 \text{ m}^2$$

Estableceremos 2 filtros de arena en paralelo, para que cada filtro se pueda lavar con agua limpia procedente del otro. Por lo tanto tendremos una superficie de 0.305 m² y el siguiente diámetro:

$$D > \sqrt{\frac{4 S}{\pi}} = 0,62\text{m}$$

De acuerdo a los tamaños comerciales, colocaremos filtros de arena de 700 mm, modelo FAB-700, cuyas características son las siguientes:



Modelo	ØE	ØS	Dimensiones (mm)					Superficie filtrante (m ²)	Peso vacío (kg.)	Arena (kg.)
			ØD	A	B	C	H			
FAB-500	Rosca H 1" 1/2	Rosca H 1" 1/2	500	285	350	567	917	0,2	46	100
FAB-700	Victaulic 2"	Rosca H 2"	700	380	350	586	936	0,38	63	225
FAB-950	Victaulic 3"	Brida 3"	950	530	450	770	1220	0,71	128	500
FAB-1200	Victaulic 4"	Brida 4"	1200	665	450	815	1265	1,13	189	800

Modelo	Caudales (m ³ /h)		
	Caudal máx.	Nominal	Lavado
FAB-500	15	10	8
FAB-700	25	19	15
FAB-950	45	35	28
FAB-1200	75	55	45



Pérdidas de carga y limpieza

Cuando los filtros de arena están limpios provocan una pérdida de carga del orden de 1 a 2 metros de columna de agua (mca), dependiendo del tipo de arena y de la velocidad media del agua. A medida que se van colmatando, la pérdida de carga aumenta y cuando alcanza un valor del orden de 4-6 mca, se debe proceder a su limpieza, la cual es mandada por un presostato diferencial. Dicha pérdida de carga no será mayor de 3 mca dado que los presostatos se regularán para que estos actúen al llegar a 3 mca, de esta forma se ahorra energía en el caso de tener que bombear el agua.

Así pues se colocará un presostato diferencial por filtro.

Para el filtrado de los filtros se dispone de unas válvulas hidráulicas de contralavado de 3", cuyas características son:

Conexión lineal a filtro	Brida de 3"
Conexión en derivación para salida del agua de lavado	Rosca hembra 2"

Caudal máximo	60 m ³ /h
Distancia ente conexiones	282 mm.
Altura total	260 mm.
Material del cuerpo	Fundición.

Por lo tanto se colocará una válvula por filtro de arena.

6.2.2. CÁLCULO FILTROS DE MALLA

Para seleccionar el filtro de malla, tenemos que elegir el tipo de malla y la superficie del filtro.

El tipo de malla depende del caudal y el número de aperturas que contiene, conocido como numero de mesh. Para goteros de diámetro mínimo de 0,8mm, siguiendo el criterio de que el tamaño del orificio sea 1/7 el diámetro de paso del gotero, elegiremos una malla de acero de 150 mesh con un tamaño de orificio menor que 114 micras.

La superficie del filtro se calcula en función del caudal, incrementándolo un 20% por márgenes de seguridad. Para un caudal de 36.750 l/h y tamaño de orificio de 115 micras la velocidad ha de estar próxima a 0,5 m/s. Con esa velocidad el caudal por m² de área total del filtro es 446 m³/h. Con estos datos hayamos la superficie del filtro de malla.

$$S > \frac{36,75}{446}$$

El resultado es de 0,082 m². El filtro seleccionado es un filtro automático de acero inoxidable de 3", cuya área de filtrado es de 1140 cm². A continuación se muestran las medidas de dicho filtro, sus características más relevantes y la pérdida de carga que produce.

TABLA DE CARACTERISTICAS TECNICAS:												
d (nominal)	Ref.	Conexión	Rango de caudal recomendado m ³ /h.	Caudal mínimo de lavado m ³ /h.	Area de filtrado cm ²	Area de filtrado efectiva cm ²	Ratio	A cm.	B cm.	C cm.	E cm.	F cm.
2"	3-322	rosca	16-25	20	1140	408	1:27	38	77.5	70.3	61	25
3"	3-30	bridas	20-40	30	1140	408	1:12	38	77.5	67.5	64.5	25
4"	3-40	bridas	30-60	45	1660	593	1:10	38	94	83	80	25
4"S	3-41	bridas	40-80	55	3320	1160	1:20	38	120	83	80	25
4"M	3-49	bridas	40-80	55	3320	1160	1:20	38	120	53	62	25
6"	3-60	bridas	60-120	60	3320	1160	1:9	38	130	94.5	90	25
6"M	3-69	bridas	60-120	60	3320	1160	1:9	38	130	53	62	25

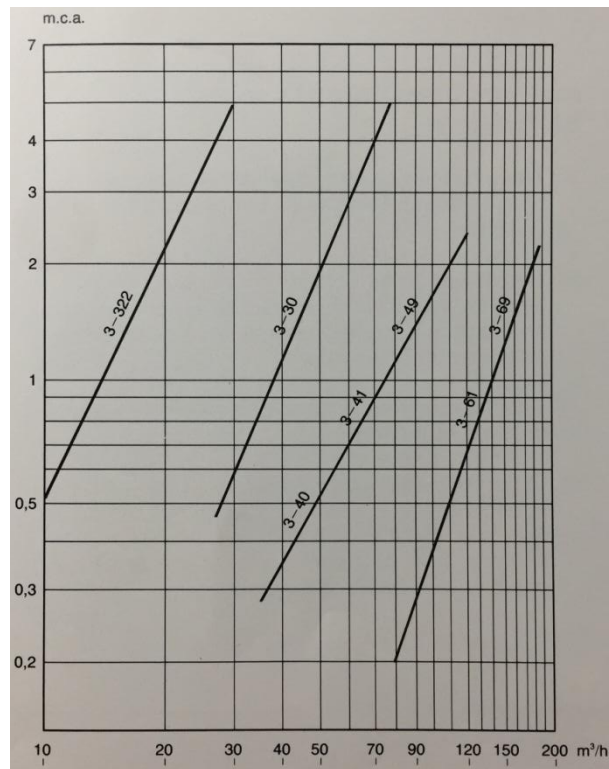
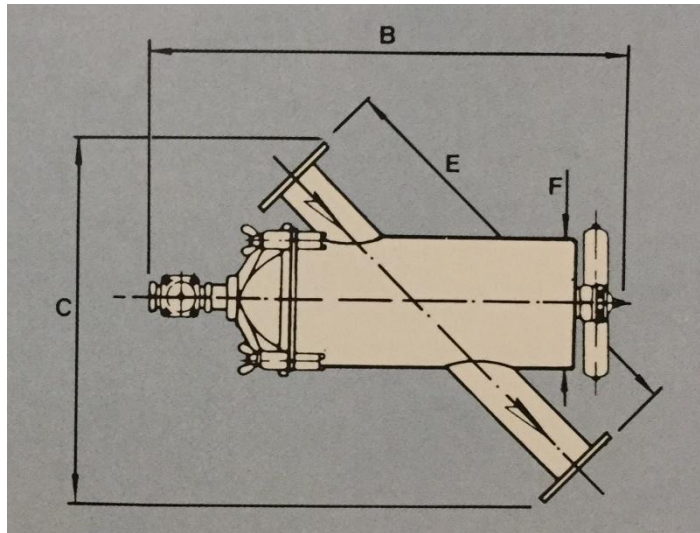


Imagen1. Pérdidas de carga del filtro de malla.

6.2.3. CÁLCULO CONTADOR DE AGUA

Dada la existencia de contadores incorporados en las mismas válvulas hidráulicas, se tomará una válvula reguladora de presión y caudal, y con el caudalímetro incorporado, con una pérdida de carga de 0,8 mca.

6.3. Pérdida de carga total en el cabezal

- Pérdidas en los filtros de arena: 3 mca.
- Pérdidas en el filtro de malla: 0,7mca.
- Pérdidas por válvula reguladora: 1 mca.

- Perdidas por el contador: 0,8
- Perdidas por las válvulas de mariposa: 0,5

Las pérdidas de carga no deberán ser superiores a los valores indicados, ya que los preostatos están tarados para ese valor para no perder energía. La pérdida de carga total en el cabezal es de 6 mca.

7. ESTUDIO DEL POZO

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos del aforo del pozo, encontrándose a 5m desde la superficie terrestre.

Hora	Tiempo de aforo (min)	Nivel dinámico (m)	Descenso (m)	Caudal l/s
7:45-8:00	0	5	0	8,6
8:01	1	5,12	0,12	8,6
8:02	2	5,15	0,15	8,6
8:03	3	5,2	0,2	8,6
8:04	4	5,25	0,25	8,6
8:05	5	5,4	0,4	8,6
8:07	7	5,44	0,49	8,6
8:09	9	5,54	0,54	8,6
8:11	11	5,52	0,52	8,6
8:13	13	5,6	0,6	8,6
8:15	15	5,65	0,65	8,6
8:20	20	5,75	0,76	8,6
8:025	25	5,86	0,86	8,6
8:30	30	5,92	0,92	8,6
8:35	35	6,01	1,01	8,6
8:40	40	6,09	1,09	8,6
8:50	50	6,2	1,2	8,6
9:00	60	6,29	1,29	8,6
9:10	70	6,8	1,8	8,6

9:20	80	7,	2	8,6
9:30	90	7,5	2,5	8,6
9:45	105	7,9	2,9	8,6
10:00	120	8,01	3,01	8,6
10:15	135	8,1	3,1	8,6
10:30	150	8,3	3,3	8,6
10:45	165	8,5	3,5	8,6
11:00	180	8,8	3,8	8,6
11:10	190	8,92	3,92	8,6
11:20	200	9,19	4,19	8,6
11:30	210	9,3	4,3	8,6
11:40	220	9,5	4,5	8,6
11:50	230	9,9	4,9	8,6
12:00	240	10,25	5,25	8,6
12:05	245	10,59	5,59	8,6
12:10	250	11	6	8,6
12:12	252	11,25	6,25	8,6
12:14	254	11,39	6,39	8,6
12:16	256	11,42	6,42	8,6
12:18	258	11,45	6,45	8,6
12:20	260	11,44	6,44	8,6
12:15	265	11,45	6,45	8,6
12:30	270	11,47	6,47	8,6
12:35	275	11,46	6,46	8,6
12:40	280	11,48	6,48	8,6
12:45	285	11,48	6,48	8,6
13:00	300	11,49	6,49	8,6

En la tabla anterior se puede seguir la evolución que ha seguido el aforo del pozo a lo largo del tiempo, para el caudal que necesitamos en la plantación, hemos trabajado durante todo el aforo con un caudal de extracción de 8,6 l/s, ya que nuestro objetivo es obtener **31.000** l/hora para el sector más exigente.

Conforme avanza el tiempo de extracción de agua del pozo, el nivel del pozo desciende. En el comienzo presenta un descenso equilibrado (en la primera hora desciende 1,29m) lo que indica que mantiene bien la extracción de agua.

A partir de la hora y media de funcionamiento de la extracción, el nivel dinámico ha disminuido con mayor pendiente hasta llegar a los 4,19m a las 3 horas y 20 minutos.

Esta disminución ha continuado hasta alcanzar los 6 m aproximadamente, cuando el pozo se ha estabilizado y el nivel dinámico no ha variado, por lo que hemos concluido el estudio de aforo de este pozo con un descenso de 6,49 m.

También se ha realizado un estudio de recuperación del pozo, el cual se puede observar en la siguiente tabla:

Hora	Tiempo real (min)	Tiempo de recuperación (min)	Nivel de recuperación (m)	Descenso (m)
8	0	0	0	0
8:01	1	1	11.35	0.14
8:02	2	2	11.27	0.22
8:03	3	3	11.06	0.43
8:04	4	4	10.95	0.54
8:05	5	5	10.86	0.63
8:07	7	7	10.7	0.79
8:10	10	10	10.5	0.99
8:15	15	15	10.36	1.13
8:20	20	20	10	1.49
8:30	30	30	9.5	1.99
8:45	45	45	9.05	2.24
9:00	60	60	8.98	2.51
9:05	65	65	8.82	2.67
9:10	70	70	8.49	3
9:15	75	75	8.06	3.43
9:20	80	80	7.76	3.73
9:25	85	85	7.71	3.78

9:30	90	90	7.4	4.09
9:40	100	95	7.27	4.22
9:50	110	100	7.09	4.4
10:00	120	105	6.71	4.78
10:10	130	110	7.52	4.97
10:20	140	115	6.4	5.09
10:30	150	120	5.9	5.59
10:40	160	125	5.59	5.9
10:50	170	130	5.4	6.09
11:00	180	135	5.28	6.21
11:10	190	140	5.0	6.49

Al pozo le costará recuperarse aproximadamente 2 horas, por lo que nos hallamos ante un pozo de buenas características, el nivel de recuperación es proporcional al tiempo, no existe ningún tramo sin recuperación ni ninguno que se recupere más de la media.

8. CASETA PREFABRICADA DE HORMIGÓN

Para el alojamiento y mantenimiento de la bomba y el cabezal de riego, se instalará una caseta de hormigón 3x3 prefabricada.

La caseta prefabricada de hormigón constará de 5 placas desmontables que se atornillan entre sí por medio de tornillería y manguitos fundidos en las placas. También dispondrá de una puerta de chapa galvanizada para el acceso a su interior.



Imagen2. Caseta prefabricada de hormigón.



ANEXO 13. ESTUDIO VIABILIDAD ECONOMICA

ANEXO 13. ESTUDIO VIABILIDAD ECONOMICA

INDICE

INDICE.....	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. SITUACIÓN ACTUAL	2
3. INGRESOS ANUALES	2
4. ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN	2
4.1. Consideraciones previas.....	2
4.2. Estudio de viabilidad.	4
5. CONCLUSIONES	4

ANEXO 13. ESTUDIO VIABILIDAD ECONOMICA

1. INTRODUCCIÓN

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicamente, se analizan varias variables económicas que reflejarán si la inversión es rentable.

Así de esta forma se va a calcular el VAN o Valor Actual Neto y el TIR o Tasa Interna de Rentabilidad. Los dos primeros son indicadores de rentabilidad absoluta y el tercero es un indicador de rentabilidad relativa.

El VAN dice que una inversión es rentable y viable cuando es mayor de cero. El TIR es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión igual a cero, da las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año.

Para calcular los índices señalados anteriormente, se considera una vida útil de la inversión de 40 años, sobre la cual se define la corriente de pagos y cobros analizando toda su superficie en conjunto.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la finca objeto de la transformación se viene cultivando de cereal de invierno de secano, normalmente cebada y ocasionalmente trigo.

3. INGRESOS ANUALES

Los ingresos anuales se deben a la venta de la producción del cultivo. El precio de los productos puede variar de un año a otro, por eso se ha tomado un precio que sea razonable teniéndose en cuenta los precios de años anteriores. Hemos supuesto un 10% de la producción que sean pistachos vacíos.

$$\text{Ingresos} = 3.5\text{€/Kg} \times 1800 \text{ Kg/ha} = 6.300 \text{ €/ha año}$$

4. ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

4.1. Consideraciones previas

Instalación de una plantación de pistachos con riego localizado en la localidad de Bolea (Huesca)

El presupuesto total de la inversión asciende a 44.044,64 €, sin incluir los honorarios del ingeniero. Incluyendo estos el presupuesto asciende a la cantidad de 45.365,97 €.

Los beneficios anuales serán los calculados anteriormente y serán fijos. No se tendrá en cuenta el factor que juega la inflación.

No se considerará el valor residual de los elementos de la explotación.

Se estima una vida útil de la plantación de 40 años.

Con lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica:

	Pago de inversión (€)	Pagos ordinario (€)	Pagos extraordinario (€)	Cobros ordinario (€)	Cobros extraordinario (€)	Flujo de caja anual (€)
AÑO 0	44.044,67	0		0		-44.044,67
AÑO 1		3560		0		-3.560,00
AÑO 2		3208		0		-3.208,00
AÑO 3		2856		0		-2.856,00
AÑO 4		2808		0		-2.808,00
AÑO 5		3496		0		-3.496,00
AÑO 6		4764		0		-4.764,00
AÑO 7		6032		4200		-1.832,00
AÑO 8		6072		11200		5.128,00
AÑO 9		6928		14000		7.072,00
AÑO 10		7704		18200		10.496,00
AÑO 11		7704		25200		17.496,00

ANEXOS A LA MEMORIA

AÑO 12		7704		25200		17.496,00
AÑO 13		7704		25200		17.496,00
AÑO 14		7704		25200		17.496,00
AÑO 15		7704		25200		17.496,00
AÑO 16		7704		25200		17.496,00
AÑO 17		7704		25200		17.496,00
AÑO 18		7704		25200		17.496,00
AÑO 19		7704		25200		17.496,00
AÑO 20		7704		25200		17.496,00
AÑO 21		7704		25200		17.496,00
AÑO 22		7704		25200		17.496,00
AÑO 23		7704		25200		17.496,00
AÑO 24		7704		25200		17.496,00
AÑO 25		7704		25200		17.496,00
AÑO 26		7704		25200		17.496,00
AÑO 27		7704		25200		17.496,00
AÑO 28		7704		25200		17.496,00
AÑO 29		7704		25200		17.496,00
AÑO 30		7704		25200		17.496,00
AÑO 31		7704		25200		17.496,00
AÑO 32		7704		25200		17.496,00
AÑO 33		7704		25200		17.496,00
AÑO 34		7704		25200		17.496,00
AÑO 35		7704		25200		17.496,00

AÑO 36		7704		25200		17.496,00
AÑO 37		7704		25200		17.496,00
AÑO 38		7704		25200		17.496,00
AÑO 39		7704		25200		17.496,00
AÑO 40		7704		25200		17.496,00
TOTAL		278.548		806.400		483.807,33

Según la tabla anterior, el flujo de caja comienza a ser positivo a partir del 8 año, dando un resultado positivo al final de 483.807,33€.

4.2. Estudio de viabilidad.

A partir de los flujos de caja calculados en el apartado anterior se han calculado los índices de rentabilidad que se exponen a continuación mediante una hoja Excel:

- Valor Actual Neto (3%)= 285.522
- Tasa Interna de Rentabilidad: 11%.

5. CONCLUSIONES

Observando los parámetros analizados en la evaluación financiera, podemos afirmar que el proyecto es rentable y se puede autofinanciar con los ingresos generados por el mismo.

Cuando el proyecto tiene un VAN mayor que cero indica que la inversión es viable desde el punto de vista financiero.

La tasa interna de rendimiento (TIR) alcanza un valor de 11% donde el VAN se hace cero, por lo que podemos afirmar que la rentabilidad es alta.

Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos se puede concluir que la inversión es rentable