



**Escuela Politécnica
Superior de Ingeniería**
Universidad de La Laguna

SECCIÓN DE INGENIERIA AGRARIA

GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y DEL MEDIO RURAL

SEGUIMIENTO DE LA FENOLOGÍA GENERAL EN EL PERIODO DE FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DE OLIVO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ARICO



Pablo Mérida García

La Laguna, Julio 2018



AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO
POR SUS DIRECTORES
CURSO 2017/2018

DIRECTOR – COORDINADOR: Antonio Fernando Molina
DIRECTOR: Doña Guacimara Reina Alonso

como Director/es/ del alumno Pablo Mérida García en

el TFG titulado:
Seguimiento de la fenología general en el periodo de
floración y fructificación de olivo en el término
municipal de Arico n° de Ref.

doy/damos mi/nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que confirmo/confirmamos que el alumno ha cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento de Trabajo Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

La Laguna, a 15 de junio de 2018.

Fdo: [Signature]
Guacimara Reina Alonso
(Firma de los directores) [Signature] Antonio Fernando Molina

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO

INDICE

1- RESUMEN	1
ABSTRACT	2
2- INTRODUCCIÓN	4
3- OBJETIVO	5
4- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
Taxonomía	8
Descripción botánica	8
Condiciones ambientales	9
Temperatura	9
Demanda Hídrica	11
Distribución geográfica	11
El olivo en España	12
El olivo en Canarias	14
Importancia económica	16
Multiplicación	18
Tradicional	18
Moderna	19
Plantación	19
Análisis de la Parcela	19
Diseño de la plantación	22
Procedimiento de plantación	23
Fenología	25
Crecimiento de brotes	26
Inducción floral	26
Iniciación floral	27
Reposo de yemas	27
Desarrollo floral	28
Polinización y fecundación	30
Cuajado y abscisión de frutos	30
Crecimiento y desarrollo del fruto	32
Maduración del fruto	33

Parámetros de maduración para la variedad Arbequina	35
Composición de la aceituna	36
Seguimiento de la fenología.....	37
Labores culturales	42
Riego.....	42
Abonado	50
Poda.....	56
Mecanización	60
Plagas y enfermedades y accidentes.....	63
5- MATERIALES Y MÉTODOS	68
Ubicación del ensayo	70
Manejo del cultivo.....	71
Condiciones ambientales	73
Caracterización de la fenología floral.....	74
Momento de endurecimiento del hueso	77
6- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
Condiciones ambientales	81
Caracterización de la fenología floral de cada ramo.....	91
Momento de endurecimiento del hueso de la aceituna.....	113
7- CONCLUSIONES	118
Recomendaciones	121
CONCLUSIONS	122
Recommendations	124
8- BIBLIOGRAFÍA.....	125
APENDICE DE CÁLCULO DE FENOLOGÍA.....	132
Figuras y tablas del procedimiento de cálculo	133
APENDICE DE CÁLCULO DE MOMENTO DE ENDURECIMIENTO DEL HUESO	140
Peso	140
Volumen	144
APÉNDICE FOTOGRÁFICO.....	148

Agradecimientos

De manera general agradezco a todas las personas que han colaborado tanto para la realización de este proyecto, como a lo largo de mi carrera en ingeniería agrícola: familia, profesores, tutores, compañeros y amigos.

De manera especial agradezco la oportunidad que me brindaron mi madre y mi padre, en paz descansen; sin ellos nada de esto hubiese sido posible, asimismo la ayuda e implicación de mi familia para la terminación de mis estudios.

Agradezco de forma afectuosa a mi mujer Daniela por su paciencia, energía y colaboración en la realización de este como otros muchísimos proyectos en mi vida.

1- RESUMEN

Título: Seguimiento de la fenología general en el periodo de floración y fructificación de olivo en el término municipal de Arico

Autores: Mérida-García, Pablo; Perdomo-Molina, Antonio; Medina-Alonso, María Guacimara

La superficie dedicada al cultivo del olivo en Tenerife ha experimentado un aumento, entre los años 2008 y 2015 al pasar de 67,5 a 295,8 hectáreas.

Debido al poco conocimiento de su cultivo en las islas, es importante identificar el ciclo productivo y su adaptación en nuestras condiciones climáticas. El clima afecta a los estadios fenológicos de floración, fructificación y momento del endurecimiento del hueso. Este proyecto fin de grado tratará de esclarecer cómo se comporta fenológicamente el olivo en el municipio de Arico, Tenerife.

Para determinar las fechas de los estadios fenológicos de floración y fructificación en el año 2016, se realizó un seguimiento de la fenología mediante un registro fotográfico con el fin de precisar las fechas de plena floración, cuajado de aceitunas y crecimiento vegetativo; teniéndose en cuenta la orientación y los tercios de los ramos muestreados.

Para conocer el momento del endurecimiento del hueso se tomaron 100 frutos por parcela y se cortaron con navaja por la mitad para comprobar la resistencia del hueso. El endurecimiento de hueso, se comparó con un estudio realizado en la misma parcela en el año 2014.

Se registró el tiempo meteorológico con un datalogger y con estaciones meteorológicas cercanas, a fin de relacionarlo con la evolución de los estadios fenológicos.

De media, la plena floración ocurrió el 4 de junio (fecha atrasada respecto a la bibliografía), el cuajado el 30 de junio y en el caso del endurecimiento del hueso se encontró un atraso de 30 día respecto a los datos obtenidos en el estudio de 2014. No se encontraron diferencias apreciables entre las distintas orientaciones, y respecto a los tercios, se adelantó en el principio el 1º tercio, sobre la mitad del estudio se atrasó el 3º tercio y en el final del estudio se adelantó el 3º tercio.

Finalizando la primavera el desarrollo vegetativo tuvo un crecimiento lineal en el norte y sur, mientras que en el este y oeste la tendencia fue exponencial.

La floración, cuajado y endurecimiento del hueso se retrasó en la campaña de 2016 debido a la falta de precipitaciones en dicho año y a las elevadas temperaturas en el invierno.

Palabras clave: *Olea europaea*, Arbequina, Meteorología, Flor, Cuajado, Endurecimiento del hueso, Crecimiento vegetativo.

ABSTRACT

Title: Monitoring of a general phenology during the flowering and fruition olive period in the municipality of Arico.

Authors: Mérida-García, Pablo; Perdomo-Molina, Antonio; Medina-Alonso, María Guacimara

The destined surface for olive farming in Tenerife has experimented an increase between the years 2008 and 2015, rising from 67,5 to 295,8 hectares.

As a result of the poor knowledge of olive farming in the islands, it is important to identify the productive cycle and its adaptation to our climate conditions. The climate affects phenological phases of flowering, fruition and the moment of the olive pit hardening. This end-term project will try to clarify how the olive behaves phenologically in the municipality of Arico in Tenerife.

To determine the dates of the seasonal phenological phases of flowering and fruition during the year 2016, a monitoring of the phenology was done by making a photographic record to precise the full flowering, the fruit setting of olive and the vegetative growth of the olive tree as well as taking into account the orientation and the third part of the sample branches.

A hundred fruits per smallholding were taken and cut in halves to know the moment for the pit hardening and to prove the resistance of the olive pit. The hardening in the olive pit was compared with a study of the same smallholding in the year 2014

A datalogger and weather stations were used to register the meteorological conditions with the aim to relate them with the evolution of phenological phases.

The full flowering happened on June 4th (a delay date in respect of the biography), the fruit setting was on June 30th. In regard to the olive pit hardening, a 30 days delay was found in respect to the results obtained from the study in 2014. There were not any significant differences between the distinct orientations. Turning to the thirds, these overtook at the beginning of the first third; the half of the study delayed in the last third, but at the end of the study, the last third came early.

By the end of spring, the vegetative development had a linear growth in the north and south of Arico whereas to the west and east this tendency had an exponential growth.

Due to the lack of precipitation and the high temperatures during the winter of 2016, the flowering, the fruit setting and the olive pit hardening campaign was delayed.

Key words:

Olea Europea, Arbequina, meteorology, flower, fruit setting, olive pit hardening, vegetative development.

2- INTRODUCCIÓN

2- INTRODUCCIÓN

La superficie dedicada al cultivo del olivo en Tenerife ha experimentado un crecimiento importante en los últimos años, llegando a ocupar unas 54,3 hectáreas, principalmente en el sur de la isla, concretamente en Güimar y Arico con 23.5 y 12.2 hectáreas respectivamente.

El ISTAC refleja un crecimiento más que notable entre los años 2008 y 2015 al pasar de 67.5 a 295.8 hectáreas cultivadas de olivo en Canarias lo que significa que el área cultivada ha aumentado más de cuatro veces en el Archipiélago.

Debido al poco conocimiento e investigación en las islas de su cultivo, resulta importante identificar el ciclo productivo del olivar y la adaptación del mismo en nuestras condiciones climáticas. Es difícil determinar las zonas adecuadas para su establecimiento como cultivo comercial. En las zonas costeras, donde las temperaturas son más elevadas a lo largo del año, pueden presentarse dificultades para la floración, por falta de vernalización. Sin embargo en zonas altas se producen abortos de los embriones sin motivo aparente.

El ciclo de este árbol se ve alterado respecto a las zonas productoras de Península, no coincidiendo las fechas de los diferentes estados fenológicos de ambos lugares.

Las condiciones climáticas afectan al momento que se manifiestan los sucesivos estadios fenológicos productivos (de floración y fructificación), a su intensidad y a la aparición de plagas y enfermedades en el olivar.

Otro aspecto a considerar en la fenología productiva del olivar es conocer el momento que se produce el endurecimiento del hueso de la aceituna ya que este estado fenológico es de gran importancia a la hora de implantar estrategias de riego y abonado por estar relacionado con la síntesis de aceite en la aceituna.

Este proyecto fin de grado tratará de esclarecer cómo se comporta fenológicamente el olivo en las condiciones del sur de Tenerife, concretamente en el municipio de Arico, cuestión fundamental para que el desarrollo del sector se haga de forma ordenada y con criterios técnicos.

3- OBJETIVO

3- OBJETIVO

El proyecto se basa en la observación de los estados fenológicos de floración y fructificación en el año 2016, con especial atención al momento de endurecimiento del hueso, al ser un estadio fundamental. Se pretende observar también la influencia de la orientación sobre el proceso de floración, crecimiento del fruto y endurecimiento del hueso y aproximarnos a la curva de crecimiento de los frutos de aceituna en las condiciones de ensayo.

Se abordarán ocho objetivos:

1. Caracterizar el tiempo meteorológico de la campaña 2015-2016 para relacionarlo con los parámetros de fenología del olivar.
2. Conocer el momento en el que produce la plena floración.
3. Conocer el momento en el que se produce el cuajado de aceitunas.
4. Determinar si la orientación de los brotes tiene influencia sobre la floración y fructificación.
5. Determinar si la orientación de los brotes tiene influencia sobre el endurecimiento del hueso.
6. Determinar si la orientación de los brotes tiene influencia sobre el crecimiento vegetativo del olivo.
7. Saber si hay diferencias en la floración, fructificación y crecimiento vegetativo dependiendo del tercio de ramo que se observe, siendo el 1º tercio el más interior, el 2º el intermedio y el 3º el más exterior.
8. Conocer el momento en el que se produce el endurecimiento del hueso en olivo en el año 2016 y compararlo con un estudio previo realizado en la misma parcela en el año 2014

4- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Taxonomía

El Olivo (*Olea europaea* L.) es un árbol perteneciente a la familia Oleaceae, una familia de árboles y arbustos común en regiones templadas y cálidas. Comprende alrededor de 29 géneros (Oteros, 2014), entre los cuales el género *Olea*, que incluye unas 35 especies distribuidas a lo largo del mundo (Rojo, 2014; Rapoport 2008). A la especie *Olea europaea* pertenecen 6 subespecies con áreas de distribución específicas: *Olea europaea* L. subsp. *laperrinei* (Montañas del Sahara); *Olea europaea* L. subsp. *cuspidata* (sur y este de África, y Asia central); *Olea europaea* L. subsp. *guanchica* (archipiélago de Canarias); *Olea europaea* L. subsp. *cerasiformis* (archipiélago de Madeira); *Olea europaea* L. subsp. *maroccana* (montañas de Agadir en Marruecos); *Olea europaea* L. subsp. *europaea* (olivos cultivados de la región Mediterránea) (Rojo, 2014) y *Olea europaea* var. *sylvestris* (Acebuches de la cuenca Mediterránea).

El árbol acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris* Brot.) es nativo de la cuenca del Mediterráneo y de este árbol surgió la especie del olivo (*Olea europaea* L.). El acebuche se extendió por el norte de la cuenca del Mediterráneo a partir del Holoceno, hace unos 11.800 años. Su distribución aumentó en contraposición del *Pinus nigra* tras el periodo Glacial. El acebuche se diferencia del olivo en que tiene menor porte y por poseer frutos más pequeños, con escasa carne y menor proporción de materia grasa (Marco 2011).

Descripción botánica

El olivo es un árbol perennifolio que puede alcanzar en crecimiento libre una altura entre 4 y 8 metros (Fernández, Barranco y Rallo, 2001) que alcanza después de muchos años de desarrollo, dado que el olivo es una especie muy longeva datándose olivos de 1.702 años en España y de mayor edad en Oriente Medio.

Según Perret y Moncada (1994) el olivo puede llegar a alcanzar entre 15 y 20 metros de altura.

Su tronco es tortuoso con corteza fisurada cuando envejece, grisácea o verde grisáceo (Barranco et al., 2001). La unión del tronco con la raíz tiende a engrosarse con el tiempo, lo cual se denomina "peana" que presenta unos abultamientos llamados óvulos ó zuecas de donde se emitirán nuevas raíces. (Marcos, 2015)

La estructura de su raíz depende de su método de multiplicación, teniendo una raíz principal predominante durante los primeros años cuando su germen fue de semilla, y teniendo muchas raíces adventicias en la base que actuarán como raíces principales cuando se multiplica el árbol por estaquilla, siendo este último método el más empleado en plantaciones comerciales. Las raíces más jóvenes tienen un color blanquecino, que cuando alcanzan un estado maduro cambian a color marrón dado el proceso de suberización (Fernandez et al., 2001). La profundidad máxima efectiva de las raíces (Zr) está entre 1,2 m (usado para la planificación de riegos) y 1,7m (para suelos sin

limitantes de crecimiento de raíces, con estrés hídrico ó en situación de secano) para olivar con una superficie sombreada del 40 - 60% (Allen, 2006).

Sus hojas son simples, de lanceoladas a oblongas con borde entero midiendo de 2.5 a 7.5 cm, opuestas con una epidermis coriácea, pecíolo corto y nerviación pinatinervada.

Presenta polimorfismo entre sus hojas de arboles en fase juvenil y en fase adulta (Oteros, 2014)

La parte del haz tiene una cutícula espesa y un color verdinegro, mientras que el envés tiene un color verde claro brillante casi plateado el cual está tapizado por tricomas escumiformes (Oteros, 2014).

Las flores están agrupadas en panículas axilares y están comprendidas de 10 a 40 flores (Gómez y Rapoport, 2008). Sin embargo según Oteros las inflorescencias del olivo están agrupadas en racimos axilares de 10 a 35 flores.

Las flores disponen de cuatro sépalos verdes soldados por la base los cuales forman un cáliz campanulado; cuatro pétalos blancos soldados por la base; dos estambres amarillos con dos lóbulos cada uno; ovario bilocular con dos óvulo en cada lóculo, de estilo corto y estigma grande y papiloso; las flores no presentan nectarios dado que su forma de polinización es anemógama.

Los granos de polen son isopolares de simetría radial, tricolporado, con colpos subterminales.

El polen del olivo presenta muchos problemas de alergia en las regiones donde está muy implantado su cultivo.

La aceituna es una drupa de forma elipsoidal a globosa de 1 a 4 cm de largo y de 0.6 a 2 cm de diámetro.

Es un fruto de pulpa carnosa que contiene las siguientes partes:

- Endocarpo: hueso de la aceituna
- Mesocarpo: pulpa o carne
- Exocarpo: piel o capa externa

Entre los tres forman el pericarpio el cual tiene su origen en la pared del ovario (Gómez y Rapoport, 2008).

Condiciones ambientales

El olivo es un árbol con capacidad de adaptación a condiciones ambientales variables.

Temperatura

El olivo está adaptado al clima mediterráneo de manera natural. El clima mediterráneo se caracteriza por tener inviernos suaves y veranos cálidos y secos.

Dicho árbol puede resistir temperaturas menores a -8°C mientras no sean prolongadas, sin embargo las heladas son perjudiciales sobre todo en variedades de floración temprana dado a que puede producir daños en los tejidos vegetativos (Oteros, 2014; Rojo, 2014; Fernández et al. 2001)

No obstante Marcos (2010) opina que no se puede decir que exista una temperatura mínima que pueda resistir el olivo dado que dicha supervivencia dependerá del momento en que se produzcan, la permanencia de dichas temperaturas, estado y edad del árbol. Afirma que hay olivos que han resistido temperaturas de -15°C , mientras temperaturas más altas conjuntamente con heladas pueden destruir plantas jóvenes.

El olivo es un árbol que necesita reposo invernal y acumular horas de frío para una floración homogénea en primavera. Según Tapia et al. (2003) la temperatura mínima para la acumulación en olivo es 12.5°C , por tanto las horas de frío (HF) serían las horas que las temperaturas bajen de 12.5°C . Otros autores como Velázquez, López y Méndez (2015) citando a Weinbenger (1950) piensan que el método más simple es el conteo de horas de frío con la temperatura umbral de 7.2°C y el modelo más adecuado para las condiciones de Tenerife es el modelo dinámico, citando a Fishman et al. (1987).

El modelo dinámico consiste en una serie de ecuaciones matemáticas, que contabilizan las Chilling Portions (CP) o porciones de frío, las cuales se acumulan una vez un valor intermedio alcanza un nivel crítico. Se asignará un valor a cada temperatura del registro, siendo el valor máximo 6°C y nulos a -2°C y 14°C . Según este método la acumulación del frío se revierte si acontecen temperaturas mayores de 14°C , constituyendo un registro acumulado desde noviembre hasta marzo (Velázquez et al., 2015)

Para que se sucedan los estadios fenológicos, el olivo necesita acumular calor por encima de un nivel (integral térmica). Dicha acumulación se mide en grados día ($^{\circ}\text{C}$ días), o la suma de los días que las temperaturas son mayores a dicho umbral. Para su cálculo se utilizan las temperaturas medias diarias y como temperatura umbral 10°C (1), hallando así los grados acumulados cada día, transformando los valores negativos en 0. Este conteo se efectúa desde septiembre y junio (marzo y diciembre en el hemisferio norte) (Tapia et al., 2003).

$$\text{Grados día} = \left(\frac{T^{\circ}\text{máxima} + T^{\circ}\text{mínima}}{2} \right) - 10^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

Para la variedad arbequina se requiere una acumulación de 515°C día para lograr la floración y de 2154°C día para alcanzar la maduración de frutos (Trentacoste & Puertas, 2002).

Altas temperaturas en floración desencadenarán un alto aborto ovárico, daño en el crecimiento vegetativo, mala fecundación, cambios metabólicos (Oteros, 2014) y perjuicio en los elementos reproductivos como las yemas y flores (Rojo, 2014).

La merma en la fecundación provocada por altas temperaturas (mayores de 30°C) es debida a que estas acortan la vida del óvulo, lo cual puede ser crítico y disminuir el cuajado (Fernández et al. 2001).

Las temperaturas templadas entre 15°C y 30°C son propicias para una óptima capacidad fotosintética y un proceso de fecundación satisfactorio (Barranco et al, 2001).

Demanda Hídrica

El olivo se considera resistente a las sequías, aunque con suficiente disponibilidad de agua tendrá un mejor crecimiento vegetativo y reproductor (Dell'Amico et al., 2012; Martinelli et al., 2012). Sin embargo sequías duraderas causarán deterioro en el olivo (Oteros, 2014) concretamente en la fotosíntesis (cierra los estomas en las hojas y limita el CO₂ utilizable) y en la longevidad del óvulo (Fernández et al. 2001).

Distribución geográfica

El olivo se empezó a cultivar en la región de Oriente Medio hace unos 6.000 años en la zona de Palestina (Oteros, 2014; Fernández et al., 2001) considerándose el centro primario de origen de su cultivo en Siria, Israel y sur de Turquía, el centro secundario en Grecia y las costas turcas del mar egeo y el centro terciario la isla de Sicilia y el sur de Italia. A partir de estos centros el olivo se distribuyó a lo largo de la cuenca mediterránea

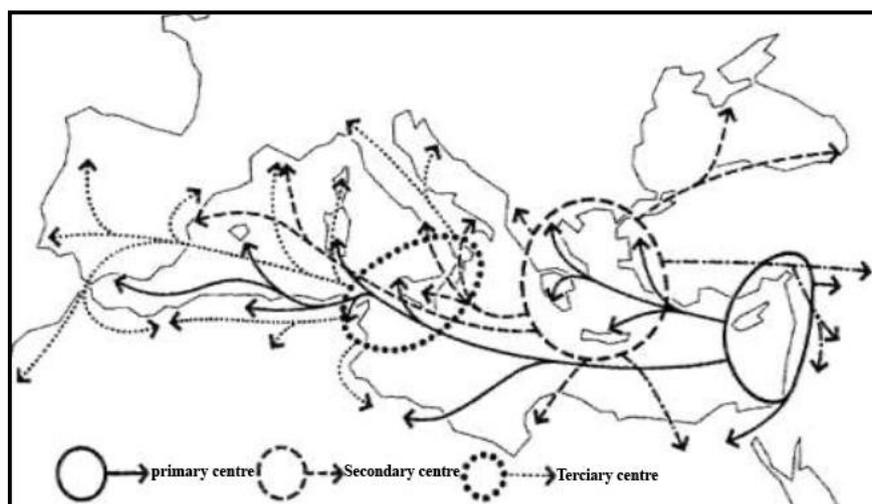


Figura 1 Evolución del cultivo del olivo y localización de los centros de origen (Simmonds, 1976).

España está datado su cultivo desde hace 3.000 años, introducido por los fenicios hacia el año 1100 A.C. (Pajarón, 2011) y cobrando mucha importancia en el periodo del imperio romano cuando se expande la superficie cultivada.

Actualmente se cultiva el olivo en numerosos países predominando los países mediterráneos (España, Italia, Grecia, Túnez, Marruecos, Israel, Francia, Turquía, Siria, etc.) pero también encontrándose en otros países como Argentina, EEUU, Sudáfrica, Australia o China.

El olivo en España

El olivar constituye uno de los principales cultivos en España constituyendo el 14 % del total de superficie agrícola española (Gómez y Barranco, 2009). La superficie de cultivo de olivar asciende a 2.584.067 hectáreas en la campaña 2013/2014 (Pérez, 2015).

La mayor superficie de olivar del mundo se encuentra en España representando el 24% del total mundial seguido por Túnez con un 18% (Gráfico 1). Respecto a producción mundial de aceituna (para almazara y de mesa) España lidera las estadísticas con el 38% y le sigue Italia con el 15% (Rojo 2014).

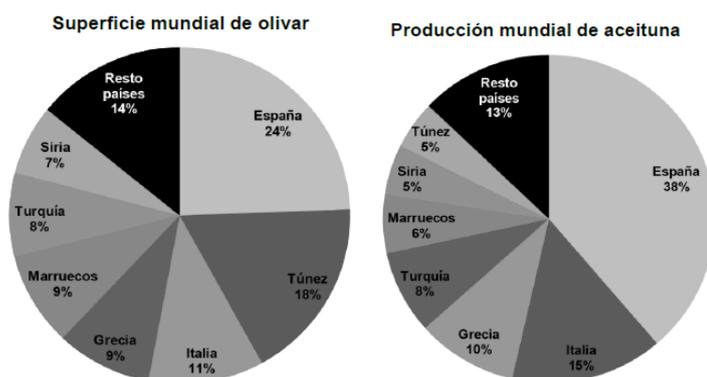


Gráfico 1 Distribución de la superficie de olivar y producción de aceituna a nivel mundial en el año 2013 (Fuente FAOSTAT)

España es el principal productor de aceite de oliva a nivel mundial como así lo reflejan las estadísticas:

- Según el Consejo Oleícola Internacional (COI), España representa el 38% del aceite de oliva y el 26% de la aceituna de mesa en todo el mundo (Gráfico 2)

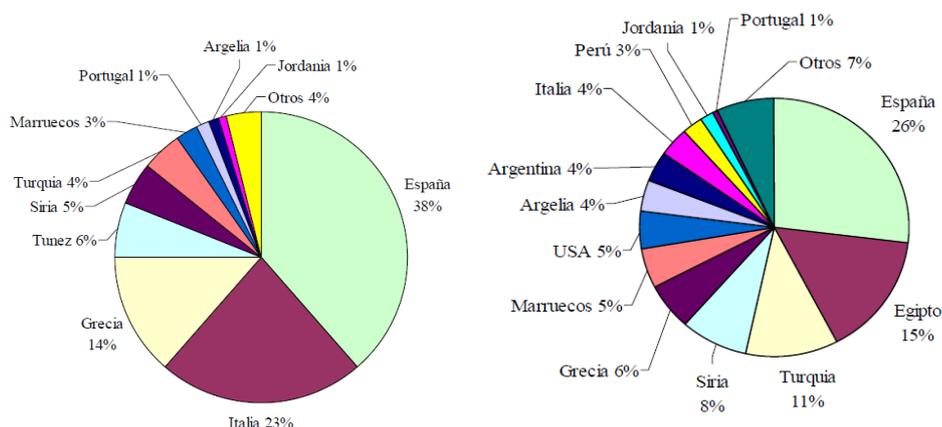


Gráfico 2 Países con producción de aceite de oliva y aceituna de mesa entre 2002-2007 (Fuente: COI)

- En 2012 según el servicio de estadística de la FAO (FAOSTAT) España fue con diferencia el principal productor mundial produciendo un total de 1.383.900 toneladas de aceite de oliva, seguido por Italia con 572.000 ton. y Grecia con 350.200 ton (Gráfico 3)

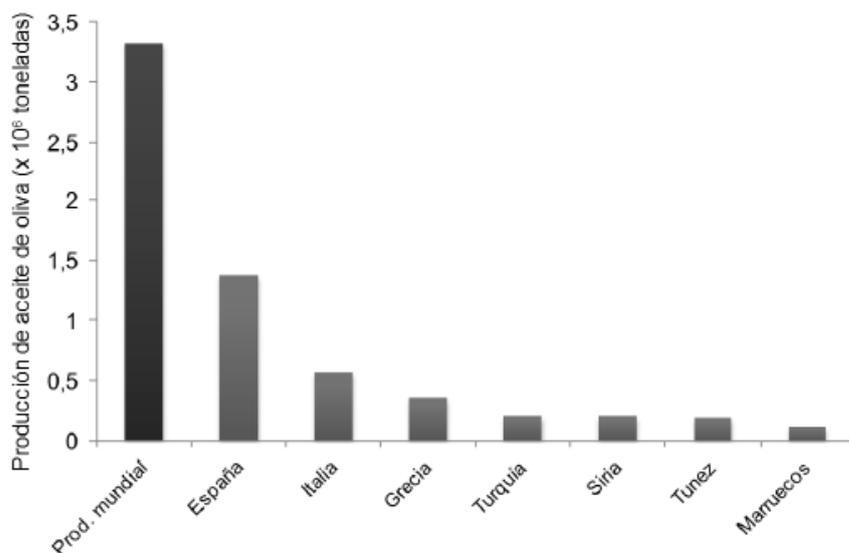


Gráfico 3 Producción mundial de aceite de oliva en el año 2012 (Fuente FAOSTAT)

En España el principal destino de las aceitunas es la elaboración de aceite de oliva (aceituna de almazara) en más del 90% (Oteros 2014) (Gráfico 4), en torno a 2.300.000 ha en total (Gráfico 5) y la aceituna de mesa en torno 163.000 ha (Gráfico 6). Como podemos ver la superficie se mantiene prácticamente estable en la última década (Gráficos 5 y 6)

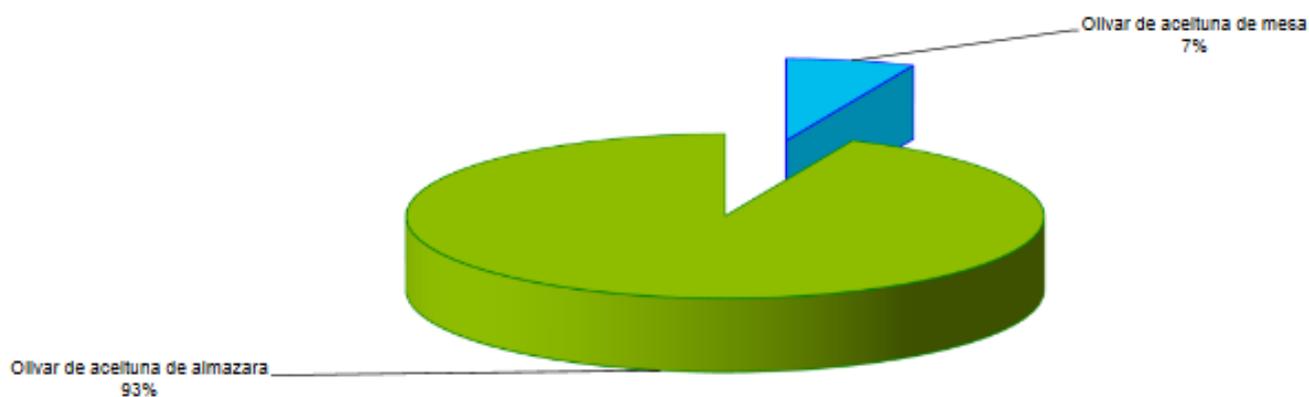


Gráfico 4 Distribución de la superficie en plantación total de olivar (Oteros con datos del Mapama 2014)

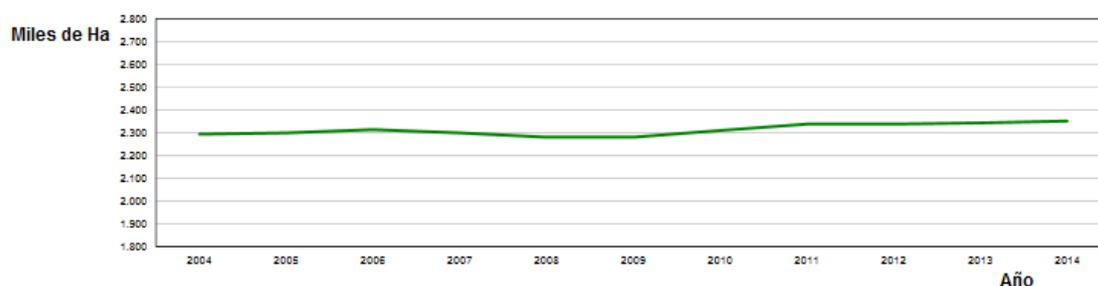


Gráfico 5 Evolución de la superficie total de olivar de aceituna de almazara (Mapama, 2014)

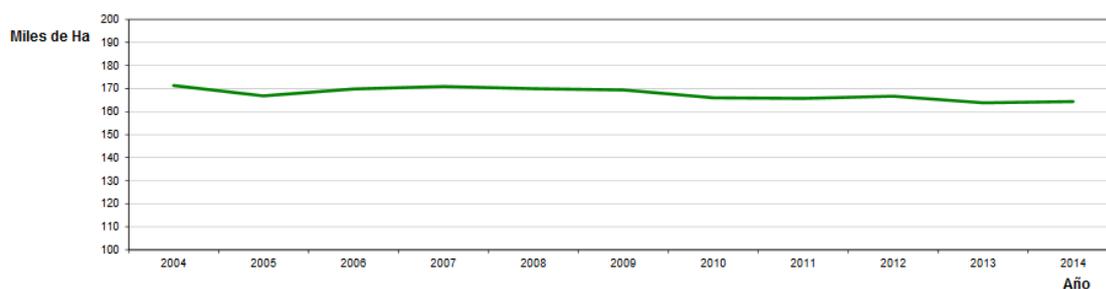


Gráfico 6 Evolución de la superficie de la aceituna de mesa (Mapama, 2014)

Sin embargo, la producción de aceituna de mesa en España en los últimos años ha sufrido ligeras oscilaciones entre 375.000 y 510.000 toneladas aproximadamente (gráfico 7), y mayores oscilaciones ha sufrido la producción de aceituna para aceite de oliva, sobre todo en los últimos años, habiendo unas diferencias de 5.250.000 toneladas (gráfico 8)

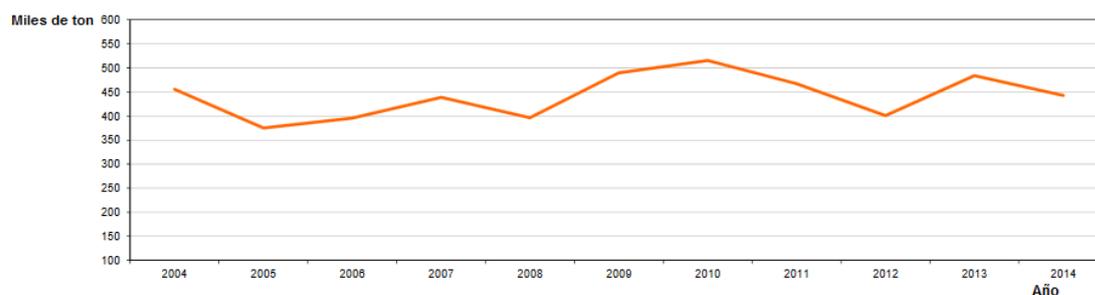


Gráfico 7 Evolución de la producción aceituna de mesa (Mapama, 2014)

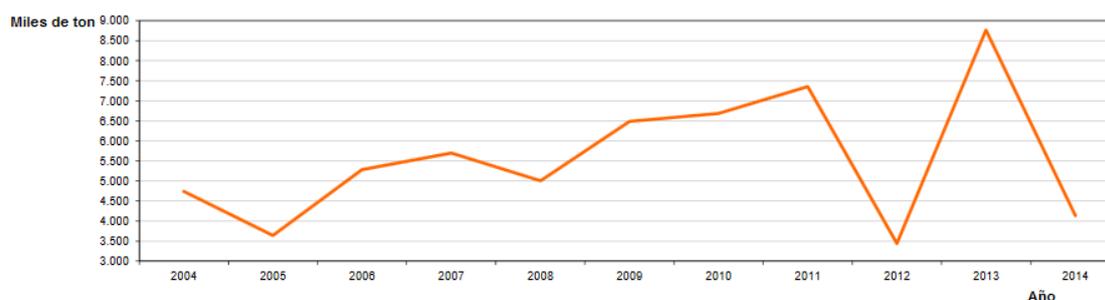


Gráfico 8 Evolución de la producción de aceituna de almazara (Mapama, 2014)

El olivo en Canarias

En Canarias podemos observar que el cultivo y/o explotación del olivo no tiene la repercusión económica que ha alcanzado en otras comunidades autónomas (Gráfico 9)

Según mi opinión, esto podría deberse a factores culturales, geográficos y climatológicos.

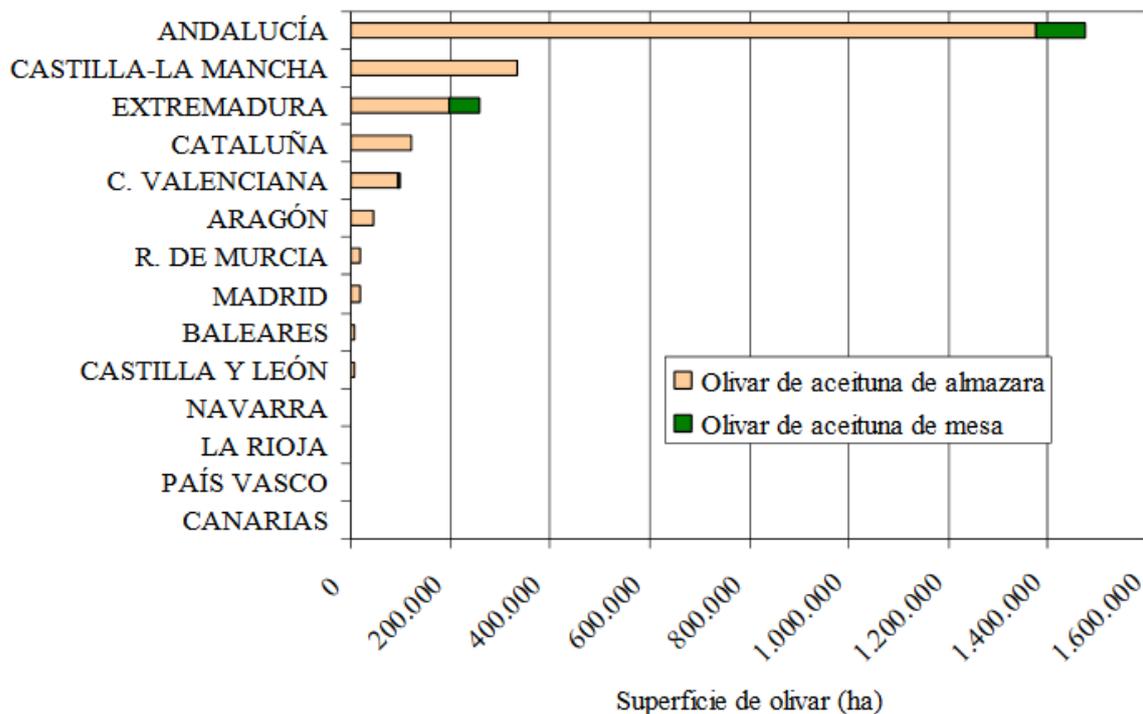


Gráfico 9 Superficie de olivar en Comunidades Autónomas (Fuente: MARM, 2006)

Sin embargo el olivo está en pleno auge en Canarias, dado que el área cultivada ha aumentado más de cuatro veces entre los años 2007 y 2015 (ISTAC 2017). Se han pasado de 71.1 a 306.7 hectáreas en el archipiélago, siendo actualmente Gran Canaria la isla con mayor superficie de cultivo (47,6% del total) (grafico 10).

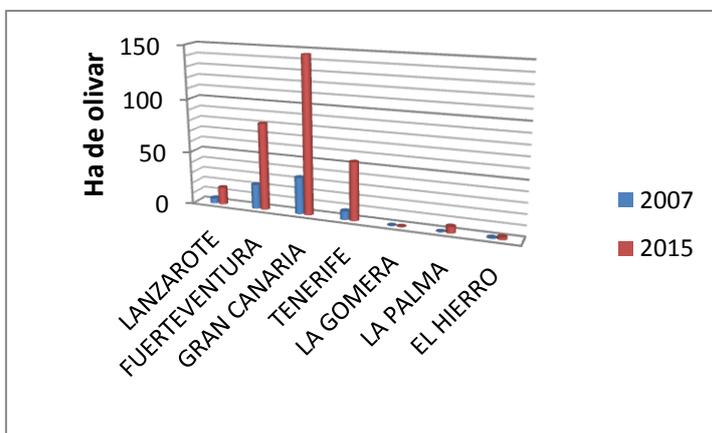


Gráfico 10 Superficie de olivar en Canarias (Fuente: Elaboración Propia con datos del ISTAC 2017)

Según el mapa de cultivos de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias, las superficies de cultivo de olivo en las principales islas productoras (Gran Canaria, Fuerteventura, Tenerife y Lanzarote), se sitúa sobre las 300 Ha. La distribución por islas se recoge en la tabla 1.

Tabla 1 Superficie de olivar en las principales islas productoras en Canarias

Olivo		
Isla	Hectareas olivar	Año toma de datos
Gran Canaria	129.01	2013
Fuerteventura	80.82	2014
Tenerife	74.65	2016
Lanzarote	15.59	2014

Fuente: Elaboración Propia con datos de Mapa de Cultivos de Canarias, 2017

La producción de aceitunas del archipiélago fue de 187 toneladas en 2014 (Gobierno de Canarias, 2014)

Dado que el presente estudio se enmarca en el municipio de Arico en la isla de Tenerife resultará interesante determinar la distribución del olivar entre los diferentes municipios, del cual se concluye que se trata del 2º municipio de la isla en hectáreas cultivadas (Gráfico 11)

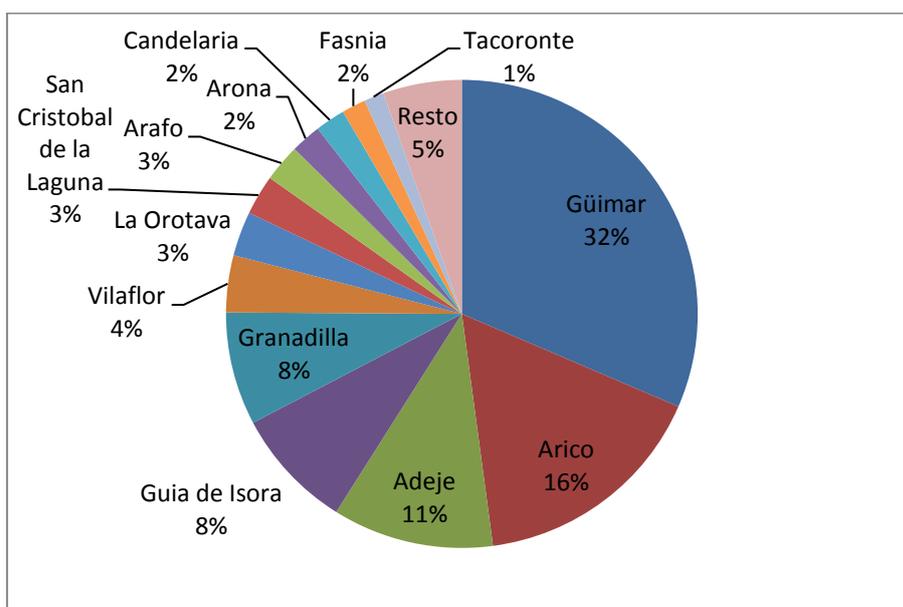


Gráfico 11 superficies de olivar en los municipios de Tenerife (Fuente: Elaboración Propia con datos de Mapa de Cultivos de Canarias)

Importancia económica

Destacaremos la importancia del aceite de oliva, ya que es el destino predominante de este cultivo. Entre las distintas calidades del aceite de oliva se puede observar que los precios tienen en las últimas campañas una tendencia al alza, siendo su pico de precio a finales de la campaña 2014/ 2015 (Gráfico 12).

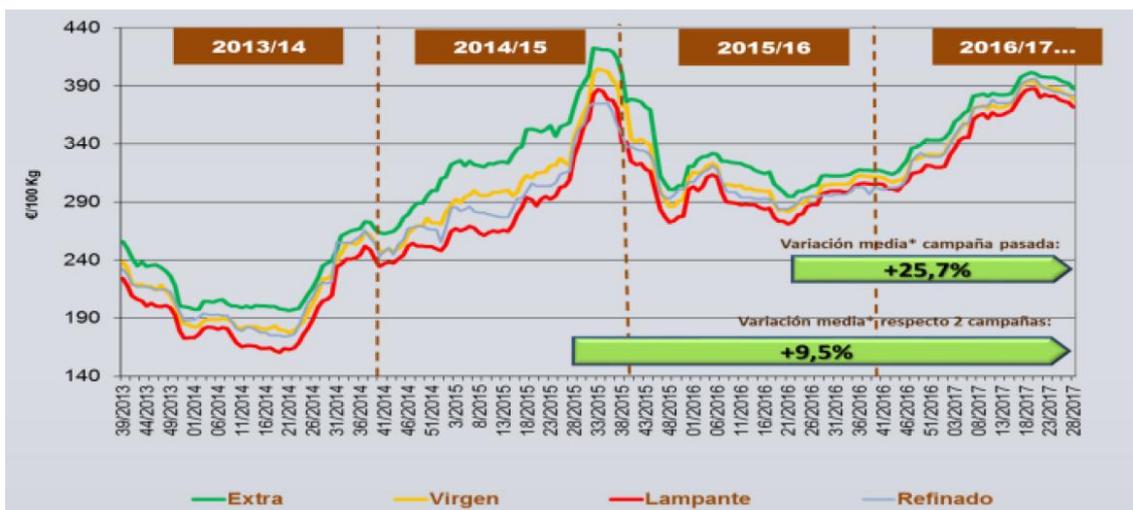


Gráfico 12 Evolución del precio de los aceites de oliva en las últimas campañas (Dirección general de producciones y mercados agrarios, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente)

La clasificación del aceite de oliva que se recoge en el gráfico 12, según el Consejo Oleícola Internacional COI, es la siguiente:

- Aceite de oliva virgen: "son los aceites obtenidos del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por otros medios físicos en condiciones especialmente térmicas, que no produzcan la alteración del aceite, que no haya tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado".
- Aceite de oliva virgen extra: "aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 0.8 gramos por 100 gramos".
- Aceite de oliva lampante: "aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es superior a 3.3 gramos por 100 gramos y/o cuyas características organolépticas y demás características correspondientes a las fijadas para esta categoría en la presente norma. Se destina a las industrias de refinado o a usos térmicos".
- Aceite de oliva refinado: "es el aceite de oliva obtenido de los aceites de oliva vírgenes mediante técnicas de refinado que no provoquen ninguna modificación de la estructura glicéridica inicial. Su acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 0.3 gramos por 100 gramos"

El sector del aceite oliva se estima que en el año 2017 podrá facturar más de 4.500 millones de euros con los precios actuales del aceite en su conjunto (García, 2017).

Este sector incluye 1.806 almazaras (molinos donde se extrae el aceite a partir de la aceituna), unas 1.450 envasadoras (García, 2017).

Multiplicación

Se ha seguido en gran medida lo expuesto por Fernández et al. 2001 a partir de este apartado, indicándose solamente cuando son otros los autores consultados.

Tradicional

El método más utilizado es el arraigado de estacas leñosas o zuecas de la parte inferior de los troncos, sobre todo en el norte de África y Oriente Próximo. Las zuecas tienen el gran problema que dañan de manera importante el árbol del cual se extraen. Más utilizado es el sistema por estacones esencialmente para la reposición de huecos en la plantación. Se emplean troncos quitados en la poda de formación, con escasas o ningunas raíces, las cuales deberá formar en la nueva ubicación. El sistema antiguo más utilizado en España es el enraizamiento de estacas leñosas de 60 cm, en huecos de 1 m de largo por 1 m de profundidad. Más recientemente se usan estacas leñosas de 20 cm de largo y de 5 a 10 cm de ancho enraizadas en bolsas de plástico. El injerto en el olivo no está ampliamente extendido por su coste, dado que tarda de cuatro a cinco años en vivero, empleándose solamente en la Toscana italiana y el Levante español.

Propagación por semilla: Con este método de multiplicación se obtendrán plantas heterogéneas, por tanto no se recomienda para las variedades comerciales, pero servirá para la multiplicación de patrones de injerto, repoblaciones forestales y en proyectos de mejora genética mediante cruces programados.

La técnica habitual consiste en los siguientes pasos:

1. Extraer las semillas cuando el fruto esté maduro con deshuesadora.
2. Se lavan las semillas con agua tibia o una disolución de hidróxido sódico del 1 al 3%
3. Los huesos se dejarán secar durante días y su conservación idónea será en un medio frío y húmedo.
4. Para la preparación de la semilla para la siembra, se han de bañar en agua a 30-35 °C durante 5 o 6 días.
5. Colocar las semillas entre capas de arena húmeda y un lugar oscuro durante un mes.
6. Se realizará la siembra en semillero con una dosificación de 2,5-3 kg/m².
7. El trasplante a la era de injerto se realizará cuando las plantas tengan de 4 a 5 nudos, su densidad será de 150 plantas/ m².
8. Transcurrido un año se trasplantarán al vivero de crianza donde al cabo de 2 o tres años estará la planta preparada para la plantación.

Este método de multiplicación es costoso y demora mucho tiempo, además presenta variabilidad en la capacidad de germinación de las distintas variedades. Por ejemplo la variedad 'Arbequina' tienen una tasa de germinación del 100% a finales de agosto, momento en que el embrión consigue la longitud y peso máximos.

Moderna

- **Enraizamiento de estaquillas semileñosas bajo nebulización:** este método de propagación se apoya en el uso de reguladores de crecimiento que favorecen la emisión de raíces. El procedimiento consta de tres fases:
 1. Enraizamiento: emisión de raíces en la parte baja de estaquillas con hojas. Las células diferenciadas recuperan funciones meristemáticas, las cuales se dividen y forman primordios radicales que se desarrollarán formando nuevas raíces.
 2. Endurecimiento: fomenta la actividad de las raíces formadas, lo que puede durar de una a tres semanas. Para conocer el éxito del enraizamiento se ha debido desarrollar un brote de un par de hojas, momento que se ha de realizar un trasplante a un recipiente mayor.
 3. Crianza: desarrollo de plantones en maceta. Es recomendable que se complete en una fase vegetativa terminando el endurecimiento a final del invierno. La copa debe de alcanzar un metro como mínimo en el momento de la plantación, para permitir la recolección mecánica.

Condiciones ambientales idóneas:

Para que el enraizamiento sea un éxito se ha de suministrar calor de fondo a las estaquillas (20-24 °C) mediante un sistema de calentamiento. El sustrato más usado es la perlita agrícola, sin embargo podría servir cualquier otro siembre que sea adecuadamente compacto y estable; mantener la humedad idónea y no contener semillas, ni nematodos, ni hongos patógenos. Para conservar las estaquillas hasta la emisión de raíces, se debe mantener una humedad ambiental elevada mediante la nebulización intermitente.

Plantación

Análisis de la Parcela

Previamente se ha de evaluar las características del suelo en todo su espesor para el establecimiento del olivar. Dicha información se tomará mediante catas en el terreno, lo que ofrecerá datos acerca de las condiciones mecánicas para la implantación de las raíces. Además será interesante realizar un análisis de cada horizonte para conocer las propiedades físicas y químicas del suelo, lo que permitirá conocer y reparar las limitaciones de la parcela antes de realizar la plantación. Dichas limitaciones podrán ser debidas a las siguientes variables:

- **Textura:** interviene en la retención del agua y nutrientes en el suelo, aireación, oposición a la penetración de las raíces, capacidad de laboreo y erosionabilidad.
- **Pedregosidad:** disminuye la capacidad de contención de agua y nutrientes en el suelo, reduce el drenaje, dificulta las labores y entorpece la recolección de aceituna en superficie. Sin embargo ofrece resguardo frente al choque del agua de lluvia, disminuye la escorrentía y erosión y mantiene mejor la humedad del suelo.

- **Aireación:** en la respiración las raíces toman O_2 y expulsan CO_2 de los poros del suelo. Si estos poros están ocupados por agua la aireación se reduce y las raíces padecen la privación de O_2 , provocando una asfixia debida a encharcamiento del suelo. El encharcamiento puede estar ocasionado por la aparición de una capa subsuperficial de poca o nula permeabilidad, como es el caso de las arcillas masivas.

El olivo es un árbol sensible a la asfixia radical, sobre todo en etapas de crecimiento. Dicha sensibilidad varía de un cultivar a otro dado que algunos de ellos crean raíces adventicias encima del cuello y según la edad del árbol cuanto más joven sea el olivo, mayor sensibilidad tendrá.

- **Profundidad efectiva:** se refiere al máximo espesor del terreno donde las raíces del olivar pueden explorar y conseguir agua y nutrientes. la forma de comprobar la profundidad efectiva es observar directamente los perfiles del suelo mediante una cata del terreno. La profundidad efectiva suele estar condicionada por:
 - Existencia de un estrato continuo de roca dura (horizonte R) usual en terrenos montañosos ó escarpados.
 - Presencia de una capa cementada por carbonato cálcico, frecuente en suelos calcáreos antiguos.
 - Existencia de un horizonte de arcillas compactadas, lo cual es habitual en terrenos planos y antiguos.
 - Aparición de una capa freática, común en proximidades de ríos y en vaguadas.

Las raíces del olivo no se alejan de la superficie del suelo, siendo pocas las raicillas que superan el metro de profundidad, por lo tanto la profundidad efectiva no será un problema si supera 1 m de profundidad.

- **Erosionabilidad:** existen regiones que por topografía y precipitaciones tienen riesgo de erosión hídrica, lo cual merma la capa superficial fértil, e incluso dejará destapadas las raíces y formará cárcavas. La erosión se agranda con pendientes más pronunciadas, largo de la ladera y erosionabilidad del terreno, lo que depende de la consistencia estructural, que a su vez depende de la riqueza de materia orgánica del suelo.

Se puede contener la erosión manejando correctamente el suelo en pendientes inferiores al 6%, y para pendientes mayores, se requerirá de estructuras como banales, terrazas o planificar la plantación siguiendo las curvas de nivel.

- **pH del suelo:** se trata de un parámetro importante en el entorno químico que rodea a las raíces, dado que regula las concentraciones de numerosos nutrientes. El olivo crecerá bien en terrenos que su pH oscile entre 5,5 y 8,5. Suelos con mayor acidez pueden manifestar toxicidad en aluminio o manganeso, pero suelos con pH menor a 5,5 no son habituales en zonas olivareras. Suelos con pH más alto presentan toxicidad en sodio, dificultan la penetración radical, el drenaje y aireación, sin embargo los suelos con pH mayor a 8,5 aparecen cuando se riega con agua rica en sodio. Zonas con terreno calcáreo presentarán un pH alto y posibles complicaciones en cultivo por clorosis férrica, sin embargo el olivo suele desarrollarse bien en dichos suelos.

- **Exceso de sales:** si el contenido de sales solubles es alta, los vegetales tienen complicaciones para sorber agua y se ven afectados por toxicidad de algunos iones. El extracto saturado de la tierra será el que revelará la conductividad eléctrica del suelo (CE_{es}), que en el caso del olivo, una $CE_{es} \geq 4$ dS/m provocará reducciones de cosecha del 10% y con una $CE_{es} \geq 8$ dS/m el olivo se verá gravemente perjudicado en crecimiento y producción.
Este exceso de sales podrá estar provocado por la composición salina del terreno o del uso de agua de riego de baja calidad. El olivar de secano no suele presentar problemas de salinidad, sin embargo, en regadío la salinización será una complicación progresiva si se riega con aguas marginales. Es por ello importante realizar lavado de sales con el incremento del tiempo de riego por encima de las exigencias del cultivo, además de un análisis del agua de riego.
- **Excedente de sodio:** se considera un suelo sódico aquel que tiene una relación alta de sodio respecto al contenido de calcio y magnesio. Presentarán inconvenientes al terreno por la dispersión de partículas de arcilla y la pérdida de estructura del suelo. Asimismo, la abundancia de sodio en el suelo provocará toxicidades y desequilibrios nutritivos en las plantas. La unidad que se utiliza para expresar la sodicidad es el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI). Se valorará un suelo como sódico cuando sobrepase un PSI de 15%, sin embargo el olivo se verá perjudicado en producción y crecimiento cuando el PSI obtenga valores entre 20 y 40%. No será un problema común en las zonas olivareras de secano ni de regadío.
- **Toxicidad por boro y cloro:** el boro y el cloro son nutrientes importantes para el desarrollo del olivo, pero se requieren en pequeñas cantidades, un excedente podrá crear toxicidad que cause merma en el crecimiento. El olivo se considera resistente al excedente de estos elementos, teniendo una reducción del 10% con concentraciones de 10-15 mmol/l de cloruros y con 2 ppm de boro. En secano solo plantearán problemas los suelos salinos, mientras que en regadío, el riego con aguas con acumulación de cloro y/o boro excesivas. El excedente de boro suele provenir por una corrección excesiva de una carencia detectada, dado que en el caso del boro, las concentraciones de carencia y toxicidad en suelo son muy cercanas.

Las reservas disponibles de nutrientes en el terreno, no suelen ser un factor restrictivo para la plantación, siendo más restrictivas las limitaciones físicas o químicas anteriormente descritas. Los olivos con buena situación nutritiva podrán soportar durante años limitaciones en los nutrientes del suelo sin que su producción se vea mermada, gracias a que posee órganos de reserva. Por ello será más acertado justificar la fertilización en el análisis foliar, dado que ofrece una información más precisa del estado nutritivo. Aun así, será recomendable realizar un análisis de suelo previo a la plantación, para saber la fertilidad de la tierra, y cada cuatro o cinco años, para realizar un seguimiento. El muestreo del suelo consta de tres pasos:

- **Muestreo del suelo:** Las muestras han de ser representativas de la parcela y de las diferentes capas del suelo, de manera que se tomen submuestras en cantidad

suficiente. Para ello se tendrá que subdividir la parcela para el muestreo, recoger las muestras de cada estrato de tierra en lugares distantes entre sí, mezclar la muestra de cada capa en cada subparcela y por último enviarlas al laboratorio correctamente identificadas con: término municipal, provincia, plantación, parcela, profundidad y fecha.

- **Análisis de muestras en laboratorio:** Se realiza mediante varios métodos de análisis.
- **Interpretación de resultados:** Se refiere a asignar la caracterización de nivel (bajo, muy bajo, medio, alto o muy alto) de determinado nutriente en el suelo. Aún así, la concentración del nutriente no aclarará la disponibilidad que tendrá el olivo de él, siendo un factor dependiente de la capacidad tampón del suelo y del contenido de agua, entre otras variables. De forma general las concentraciones adecuadas de nutrientes en el suelo serán las que se detallan en la tabla 2.

Tabla 2 Concentraciones recomendables de nutrientes para el establecimiento del olivar

Contenidos de nutrientes en el suelo					
Nutriente	Unidad	Concentración			
		Muy baja	Baja	Media	Alta
Nitrogeno total (N)*	%	<0,05	0,06-0,1	0,11-0,20	>0,21
Fósforo (metodo Olsen)	ppm	<4	5-11	12-24	>25
Potasio intercambiable **	ppm	< 60	61-120	121-280	281-500

* para una mineralización adecuada la relación C/N debe estar entre 10 y 13

** En terreno arcilloso incrementar estos valores un 30%

Tapia et al., 2003

Diseño de la plantación

El olivo crece generalmente en regiones donde la luminosidad no resulta un impedimento, siempre y cuando los árboles no se sombreen entre sí. Más limitante resulta la escasez de agua, por lo se deberá racionar el agua en regadío hasta cubrir necesidades y en secano, conservar el suelo con el que se cuente, para mantener la humedad. Si se realiza un diseño apropiado se conseguirá reducir la etapa improductiva, además de emplear eficientemente el medio de cultivo y la mecanización del olivar.

- **Elección de variedades:** sabiendo las particularidades de las variedades de olivo, se podrá elegir las que se ajusten a los requerimientos del mercado y que tengan rentabilidad. Será recomendable tener una variedad polinizadora que coincida en el periodo de floración con la variedad principal y que madure en fechas diferentes, dado a que se obtendrá un cuajado superior, mayor producción, escalonamiento de la recogida y utilización de la maquinaria y mano de obra eficiente.

La variedad polinizadora se debería colocar a favor de los vientos dominantes para facilitar la polinización, y podrán colocarse formando bloques cuadrangulares de una o varias filas. En Canarias no es aconsejable la elección de variedades vigorosas, porque crecerán excesivamente en nuestras

condiciones, reduciendo la relación crecimiento vegetativo/producción y como consecuencia, aumentarán los costes de las podas (Medina y Perdomo 2015).

Plantación según terreno:

- Terreno plano: en pendientes inferiores al 6% se plantarán los olivos en un marco de plantación uniforme.
- Pendiente que supera el 6%: será aconsejable realizar la plantación siguiendo las curvas de nivel, para mejorar el paso de maquinaria y disminuir la escorrentía.
- Pendiente superior al 12%: se deberá construir terrazas que sigan las curvas de nivel.
- Pendiente superior al 25%: la construcción de bancales será imprescindible para evitar la erosión excesiva. Estas estructuras dificultan la mecanización y resultan excesivamente costosas.
- Plantación en caballones: en suelos con una capa subsuperficial con problemas de drenaje, será conveniente realizar la plantación sobre caballones de medio metro de altura y de metro de ancho, dado que protege a las raíces del probable encharcamiento. Se deberán realizar con tierra del horizonte superficial.
- **Densidad de plantación:** en las plantaciones de secano tradicionales la densidad de plantación está vinculada a las precipitaciones de la zona y suele contener un máximo de 100 olivos / ha. En estos sistemas el índice de copa (tamaño del área cubierta por la copa) será inferior a otros sistemas de plantación ya que alcanza aproximadamente el 30%, lo que repercute en una baja productividad, dado su reducido índice de área foliar (LAI). En Canarias la densidad no deberá superar los 200-300 árboles/ha, y se deberá permitir el paso de maquinaria entre las calles de 6 a 8m de ancho. El ancho de dichas calles se podrá reducir en lugares ventosos y con mucha altitud, para mitigar los impactos del viento (Medina y Perdomo, 2015).

Procedimiento de plantación

En primer lugar habrá que romper la suela de labor (en el caso que exista) con un subsolado o pase de reja penetrando 50 cm en el suelo. A continuación será recomendable suprimir las malezas que pudieran encontrarse con un cultivador o grada (Medina et al., 2015).

El marcado de los lugares donde se plantarán los olivos representando el marco de plantación se llama replanteo. Se realizará clavando unas estacas en los lugares indicados para seguir una alineación, o bien marcando con cal u otro método de señalización. Posteriormente se abrirán los hoyos para el trasplante. Existen dos métodos:

-Sistema tradicional: Se realizará un hoyo cúbico de metro de lado y se enterrarán cuatro estacones, los cuales enraizarán y prenderán, para posteriormente seleccionar los cuatro pies que forman el olivo adulto.

-Sistema moderno: En un hoyo de 50 cm de profundidad y 50 cm de diámetro se colocará el cepellón de 30 cm traído del vivero. Se podrá realizar el hoyo con retroexcavadora con pala de 40 cm de ancho o utilizando ahoyadoras. El momento de realizar dependerá del tipo de suelo, ya que si el terreno es compacto se podrá abrir el hoyo en verano para plantar en otoño, sin embargo, si el terreno está disgregado, se realizará justo antes de plantar para evitar que se desmorone si lloviese.

Cada plantón ha de tener bien desarrollado el sistema radical, tener al menos 1 m de altura y estar conformado por un eje de crecimiento, para lo cual se ha de eliminar los brotes inferiores. Deberán rechazarse las plantas si han permanecido un periodo superior a dos años en maceta o bolsa. Si las raíces se encontrasen enroscadas en la bolsa o maceta se deberán desapelmazar y cortar hasta que se distribuyan de forma homogénea (Medina et al., 2015).

Es aconsejable intercambiar la capa superficial (mezclada con compost o estiércol) y la profunda para ofrecer mejores condiciones de fertilidad a la planta (Medina et al., 2015). En el momento de la plantación se ha de comprimir alrededor de cada plantón con el fin de lograr una unión efectiva entre el cepellón y el suelo, posteriormente se ha de aplicar 50 litros de agua por pie para favorecer la unión con el suelo.

Con el fin de sostener el tronco del plantón en posición vertical se aconseja la colocación de un tutor cuando se realice la plantación. Dicho tutor ha de ser rígido y resistente para evitar el movimiento del tronco por viento o dobleces por el peso de la copa. Se colocarán dirigidos hacia los vientos predominantes para evitar roces. Tendrá una altura de alrededor de 170 cm de los cuales se enterrarán 50 cm y se atará sin apretar el tronco en la parte que sobresalga por varios puntos (figura 2). Si el material del tutor es la madera, esta deberá estar protegida contra la humedad, para evitar la pudrición en los 3 años que se necesitará en campo. Dicho problema no se presentará en los tutores de metal, los cuales son recuperables y no se pudren, con el inconveniente de ser más costosos. Para evitar roces entre el tronco y tutor, (de madera o metal) será preciso forrarlos con un protector, usualmente se utilizarán mangueras de riego localizado usadas, debido a su fácil disponibilidad.

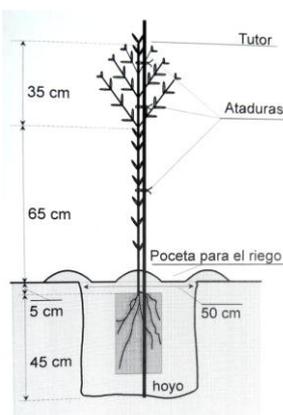


Figura 2 Esquema de plantación de plantón de olivo en el terreno (Fernández et al, 2001)

Otro problema recurrente en las plantaciones de olivo es el ataque de conejos y roedores a los troncos de los árboles, para protegerlos se usará tubos que rodeen al tronco y eviten el ataque.

Fenología

La fenología aporta información sobre la cadencia periódica de los procesos biológicos en el olivo tales como la floración y fructificación. Estos dependen de las características de la especie y la interacción con la meteorología de la zona. (Sáenz et al. , 2003)

El olivo florece en ramos que el año anterior crecieron vegetativamente, es por eso que si un año el olivo tiene un gran crecimiento vegetativo y poca producción de aceitunas, el año siguiente la producción de aceitunas será mayor. Este efecto se denomina vecería, es por ello que se produce un ciclo bienal que ocurre de forma cíclica (Figura 3).

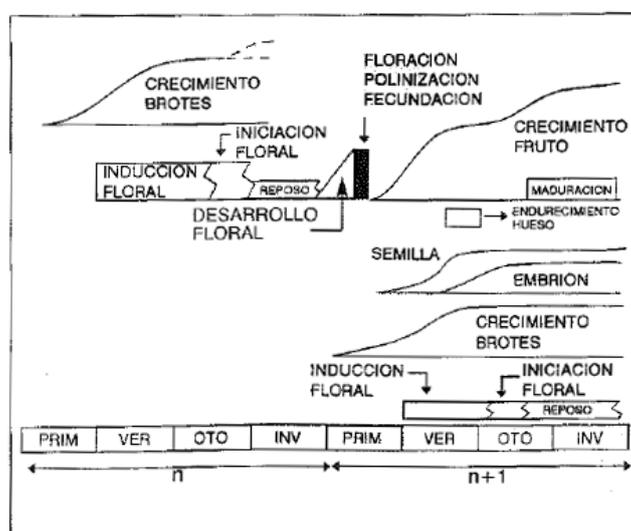


Figura 3 El ciclo bienal del olivo (Fernández et al., 2005)

La vecería se debe a tres motivos:

- La carga de aceitunas inhibe el estímulo reproductor de las yemas mediante el aumento de la producción de ácido clorogénico en las hojas.
- Se solapan el crecimiento vegetativo y de frutos, por lo que existe una gran competencia por los foto-asimilados, y el fruto se desarrollará en el crecimiento vegetativo el año precedente. Así que tendrá gran importancia el crecimiento vegetativo del año anterior para determinar el potencial productivo del año (Oteros, 2014). Un año con alta producción los asimilados primero estarán disponibles para el desarrollo de los frutos, disminuyendo el crecimiento vegetativo (Rojo, 2014).
- La viabilidad de la floración será menor en un año de descarga.

El florecimiento del olivo se desarrolla en las axilas de las hojas y comienza de Abril a Junio (en el hemisferio norte). La diferenciación de las yemas (vegetativas o de flor) se produce a mediados de verano, y viene determinado

por la cantidad de gliberelinas y otras hormonas, y la producción de frutos de ese año (Determinará la cantidad de yemas de flor del año siguiente), denominándose inducción floral.

El crecimiento de las yemas comenzará a desviarse en los árboles en carga y en descarga:

- Los árboles en carga presenta crecimiento de yemas en el otoño, en invierno las yemas se inhiben debido a las hojas (paralataencia) y no requieren horas de frío para crecer vegetativamente.
- Los árboles en descarga empiezan a entrar en reposo en otoño y además, precisan un periodo de acumulación de horas de frío en invierno para brotar sus yemas florales en primavera (endolataencia).

Estos factores determinarán los cambios en el ARN que diferenciarán a las yemas latentes (Rojo, 2014).

Crecimiento de brotes

La brotación de las yemas vegetativas se produce posteriormente a las yemas florales, al final de marzo y dura aproximadamente hasta mitad de julio, constituyendo el flujo de crecimiento vegetativo de primavera, considerado el más importante del ciclo fenológico. Entre septiembre y mitad de octubre se produce el segundo flujo, llamado flujo de crecimiento vegetativo de otoño, el cual necesita de lluvias o de riego para poder producirse. Este comportamiento es propio de olivos cultivados en clima mediterráneo (Oteros, 2014).

En zonas de climas más suaves el crecimiento toma la forma de una campana de gauss, que empieza en primavera, alcanza su pico en verano y disminuye en otoño conforme bajen las temperaturas (Oteros, 2014).

El desarrollo vegetativo está determinad por la fotosíntesis y por la presencia de competencia de asimilados en otras partes de los árboles, y las marcas de crecimiento vegetativo se corresponden al tamaño de hojas y el alargamiento de los entrenudos (Oteros, 2014).

Lo olivos jóvenes están en una fase de crecimiento vegetativo indefinido mientras disponga de agua y nutrientes a demanda y la temperatura se sitúe entre 10-30°C, porque temperaturas mayores a 35°C impide el correcto crecimiento de brotes, puesto que conduce al cierre de estomas, impidiendo el intercambio gaseoso (Oteros, 2014).

Inducción floral

La inducción floral es el resultado de las modificaciones fisiológicas que sufre una yema para pasar al estado de yema de flor. Dichos cambios fisiológicos dependen de los estímulos que recibe el árbol desde junio hasta octubre, pocas semanas luego de la polinización del año anterior, debido a que se observa una transformación bioquímica en las yemas (Oteros, 2014). Según Hammami la inducción floral de las yemas del mismo año ocurre en el mes de julio.

La cantidad de fruto en desarrollo es uno de los factores de mayor relevancia para determinar la inducción floral, ya que al formarse la semilla se sintetizan giberelinas, lo cual inhibe la diferenciación floral de las yemas presentes. Un método para disminuir el efecto inhibitorio de la presencia de fruto es realizar un aclareo de frutos a las 6- 7 semanas después de la floración, lo cual incrementará la inducción floral y aumentará la cosecha del año siguiente.

En años de carga la inducción floral estará frenada y la primavera siguiente la floración será limitada (floración de retorno); sin embargo si la producción de frutos es escasa un año, la inducción floral será elevada y la floración del año siguiente cuantiosa.

En este estado la yema no se diferenciará morfológicamente en yema de flor o vegetativa. El destino de los primordios foliares variará dependiendo si la yema ha recibido la inducción floral o no, siendo futuras hojas si su crecimiento es vegetativo o brácteas si se desarrolla una inflorescencia (figura 4) (Gomez y Rapoport 2008)



Figura 4 Corte longitudinal de yema de olivo indiferenciada y en reposo

Iniciación floral

La iniciación floral es la modificación de una yema después de la inducción floral por modificaciones histoquímicas o morfológicas en el meristemo. O como afirma Rojo (2014) se producen desigualdades en el contenido de almidón y niveles de ARN, por lo tanto no se conoce fehacientemente la existencia de cambios morfológicos en la dimensión de las yemas en esta fase fenológica.

Reposo de yemas

Las yemas no se diferencian apreciablemente durante el reposo invernal o latencia (Hammami, 2012). La latencia es la falta de crecimiento visible en el meristemo de las yemas. Los motivos de la latencia son:

- Paralatencia: existencia de estructuras que impiden el desarrollo de las yemas
- Endolatencia o reposo: incapacidad del crecimiento de la yema aun con condiciones ambientales propicias para su desarrollo, motivado por procesos endógenos.
- Ecolatencia o quiescencia: ausencia de desarrollo en las yemas por condiciones ambientales adversas.

La brotación floral se desarrollará en una fecha variable, según cultivares, a partir de Enero en el hemisferio norte y alcanzará gradualmente la máxima brotación. La forma de determinar la fecha de máxima brotación o periodo de salida del reposo es realizando muestreos en los árboles de la parcela de olivar (gráfico 13).

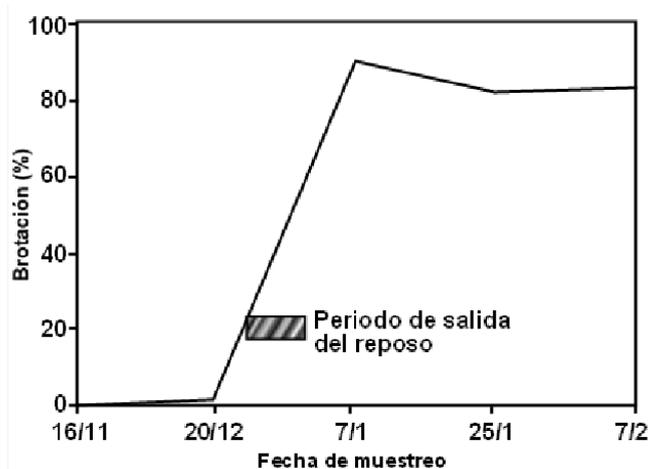


Gráfico 13 Evolución del porcentaje de brotación de yemas de olivo en invierno de 1993 (fuente: D. Barranco et al. 2001)

Hasta la fecha de la salida del reposo la causa de la inhabilitación de las yemas es la endolatenia, además frenada por la presencia de hojas (paralatenia) y condicionada por la meteorología desde la salida del reposo hasta la brotación (ecolatenia).

Se podrá clasificar la latencia en un periodo de reposo por motivos fisiológicos o endógenos (endolatenia y paralatenia) que requerirá de la acumulación de horas de frío invernales. El siguiente periodo será quiescente debido a la inactividad de las yemas por condiciones ambientales desfavorables (ecolatenia), requerirá de acopio de horas de calor primaverales para brotar y terminar el reposo de las yemas (Oteros, 2014).

Desarrollo floral

La brotación de las yemas empieza el elongamiento y desarrollo de las inflorescencias, el cual avanzará en una sucesión de estadios fenológicos sin pausa hasta la anthesis (apertura total de la flor). El olivo necesita una elevada intensidad lumínica para que se diferencien las yemas foliares y se desarrollen los brotes, por tanto la zona más activa productivamente será la cara exterior de la copa del olivo. (Oteros, 2014)

Revisten interés en esta fase la duración del florecimiento, la fecha en que este se produce y el crecimiento de los órganos florales. La inflorescencia crece, se distinguen los botones florales y se configura la corola con pétalos inmaduros. Con el paso de los días los botones aumentarán de tamaño y las corolas empezarán a tornarse verde claro y por último blancas, para después abrirse y que se vean los estambres (Rojo, 2014).

La floración dará comienzo cuando las temperaturas máximas estén comprendidas entre 20°C y 24°C y las mínimas entre 9°C y 11°C (Aguilera et al., 2013) siendo determinantes las temperaturas durante los dos meses anteriores al florecimiento. La floración se adelantará si las temperaturas son elevadas en los meses de marzo y abril y se retrasará si las temperaturas son bajas. La persistencia de la floración obedece a las

temperaturas después de la apertura de las flores más adelantadas, si estas son bajas habrán floraciones extensas, sin embargo temperaturas elevadas reducen el periodo de floración.

La fecha de la floración media del olivo es muy variable, dándose en Córdoba el 10 de mayo con 20 días de margen entre años. En España es frecuente que el olivo florezca entre el día 24 de abril y el 15 de junio, siendo la fecha de máxima difusión polínica (día pico) el 14 de mayo, durando 58 días; mientras que en Italia el olivo florece entre 16 de mayo y 2 de junio, con su día pico el 24 de mayo, durando 18 días (Aguilera et al., 2013). En Castilla la Mancha tras 10 años de muestreos la fecha más adelantada es el 18 de mayo, el promedio el 7 de junio y el más atrasado el 19 de junio (Sáenz et al., 2003). Según Rojo (2014) la floración ocurre desde finales de abril hasta principios de junio y posee una duración de 10 días aproximadamente. El cambio climático que se está produciendo en el área mediterránea hará que aumenten las temperaturas, con lo cual se adelantará generalizadamente las fechas de floración (Aguilera et al., 2013). En Mendoza, Argentina el día pico para la variedad arbequina es el 4 de noviembre (que en el hemisferio norte corresponde al 4 de mayo) (Trentacoste & Puertas, 2002).

El desarrollo y aptitud fructífera de las flores provoca una competencia por asimilados en el olivo, y la brotación de las yemas se ve afectada negativamente por defoliaciones intensas en invierno, la afección del repilo o recolección tardía de la cosecha, dado que los asimilados se movilizarán prioritariamente hacia los frutos. La disponibilidad de agua y nutrientes entre brotación y seis semanas antes de la antesis, es importante para evitar la merma de flores por inflorescencia y evitar el aborto ovárico. El aborto ovárico ocurre por la competencia de asimilados entre flores y crecimiento vegetativo mientras se desarrolla el pistilo, de todas formas no es frecuente que afecte a la productividad del olivar ya que no afecta al cuajado último de frutos.

Cuando las flores malogran el ovario en una fase temprana, dan lugar a flores masculinas imperfectas con gineceo estéril, lo cual se denomina ginoesterilidad (figura 5). Dichas flores crean polen viable, y si el fenómeno es generalizado en el árbol se denominará "olivo masculino", lo cual no es usual, dado que las labores que el olivo requiere, no lo favorece (Oteros, 2014).



Figura 5 flor perfecta (izquierda) y flor ginoesteril de olivo (derecha) (Barranco et al. 2001)

Polinización y fecundación

La polinización del olivo ocurre cuando se completa la floración y consiste en la transferencia de polen desde el estambre de una flor hasta el pistilo de la misma u otra flor. El olivo es una especie preferente anemógama, dado a que el viento puede trasladar el polen entre las flores a distancias de kilómetros, pero usualmente a una distancia menor a 40 metros. La polinización del olivo comenzó siendo entomófila (transporte del polen mediante insectos), pero actualmente se considera mixta, considerándose principalmente anemófila (Oteros, 2014). Se piensa que la anemogamia del olivo haya sido propiciada por el manejo cultural que favorece la aparición de una cantidad importante de flores, dado que en años de floraciones poco abundantes, se puede observar una gran presencia de abejas, lo cual denota una polinización entomófila (Oteros, 2014).

Para una polinización efectiva, participan de manera importante los movimientos de masas de aire que están determinados por las condiciones atmosféricas como la radiación solar, temperatura, humedad relativa y presión (Rojo, 2014). Este tipo de dispersión polínica favorece la polinización cruzada, la cual es importante dado a que el olivo es autoincompatible. Siendo el motivo el menor crecimiento del tubo polínico en polen del mismo genotipo (Oteros, 2014). La autoincompatibilidad ocurre porque el pistilo reconoce con las papilas estigmáticas el polen de la variedad a la que pertenezca el olivo, sin embargo acepta el desarrollo del tubo polínico del polen de otras variedades. Con el polen propio también puede ocurrir la fecundación, pero disminuirá el cuajado, es por ello que las nuevas plantaciones incluyen variedades polinizantes. En algunos cultivares la autopolinización es más frecuente, obteniéndose frutos partenocárpicos denominados zofairones (Oteros, 2014).

La fecundación se produce en el momento que el tubo polínico que ha crecido desde el grano de polen (nutrido en el estigma y estilo de la flor) alcanza el ovulo, después de 1 a 3 días, se liberan los gametos masculinos, se fusionan con la oófera y los núcleos polares formando el cigoto y el endospermo respectivamente. Todo este proceso desencadenará a la creación de la semilla y fruto, además de marchitar progresivamente los pétalos hasta su caída (Gómez y Rapoport 2008).

Cuajado y abscisión de frutos

El primordio seminal que inicia su crecimiento, también denominado óvulo funcional, es el único que es fecundado de los cuatro existentes. A continuación, el endospermo aumenta de tamaño, ya que en esta fase será el impulsor del crecimiento de la semilla. Mientras, el cigoto sigue en estado de latencia hasta que se transforme en embrión varias semanas después, cuando la semilla haya alcanzado unas dimensiones considerables. El óvulo funcional tras la fecundación aumenta de tamaño y el sistema vascular experimenta un extenso aumento, y los otros tres óvulos terminan por abortar pocos días después.

La polinización cruzada adelanta el aumento de tamaño del óvulo funcional comparada con la autopolinización. Dicho aumento de tamaño provoca el posterior crecimiento del

ovario que a los 10-15 días después, podrá diferenciarse como una pequeña aceituna (Oteros, 2014). Puede darse el caso de que se desarrollen frutos de apariencia normal, pero sin que desarrolle la semilla debido al aborto del embrión posteriormente a la fecundación, concretamente en las primeras etapas de crecimiento del embrión, con el endospermo y la semilla en desarrollo (Gómez y Rapoport 2008). Según D. Barranco el embrión ha de ocupar la mayor parte de la semilla para que su aborto no repercuta en la abscisión del fruto, aún así esta circunstancia si influirá en el tamaño final del fruto.

Las causas que afectan al cuajado de la aceituna son una interrelación entre causas fisiológicas del árbol (viabilidad del polen, compatibilidad varietal, correcto desarrollo del tubo polínico, saco embrionario maduro y desarrollo correcto del fruto) y la situación ambiental en el que el olivo se encuentre. Situaciones climáticas desfavorables para el cuajado son altas o bajas temperaturas en el momento de la fecundación, vientos secos que sequen el estigma y nieblas o lluvias que apelmacen y arrastren el polen de las anteras y estigmas (Gómez y Rapoport 2008).

Los requerimientos de asimilados que tienen los frutitos en desarrollo provocan competencia entre ellos mismos y con los ovarios sin fecundar, provocando una gran abscisión de frutos y ovarios. Inicialmente dentro de la misma inflorescencia y después con las inflorescencias adyacentes. La caída de frutos empieza con el crecimiento de las primeras aceitunas y se extiende durante 6 a 8 semanas después del florecimiento, cayendo del orden del 96-99% de las flores en años de carga de floración y cosecha abundante, por lo que se estima que con una flor perfecta por inflorescencia es adecuado para alcanzar una cosecha máxima (Oteros, 2014). Se estima que un olivo en año de carga podrá disponer de 500.000 flores, por lo tanto con que un 1 o 2% de estas flores logre cuajar, se conseguiría una buena producción (Gómez y Rapoport 2008).

Con los frutos establecidos y en crecimiento, no se sucederán nuevas caídas hasta la maduración, exceptuando por causas accidentales o provocado por enfermedad.

En los zofairones la fecundación no es imprescindible para su crecimiento, el cual es más moderado, por lo tanto ejercerá menor presión sobre los asimilados disponibles en el árbol. Reduciéndose así considerablemente la competencia con los frutos vecinos por lo que la abscisión será mínima y se formarán racimos de aceitunas (figura 6).



Figura 6 Racimos de zofairones (izquierda) y aceitunas normales (derecha) (Oteros, 2014).

Crecimiento y desarrollo del fruto

El crecimiento del fruto encaja en gráfica en forma de doble sigmoide (Figura 3) compuesta de dos etapas diferenciadas: una primera etapa de crecimiento y división celular que expande el fruto, y una segunda etapa de expansión celular que incrementa el tamaño. Entre las fases se endurece el endocarpo entre 7 y 9 semanas posteriormente a la floración, ello provoca un estancamiento o frenada en el crecimiento del fruto. Al final de la segunda etapa ocurre el enverado de la epidermis que inicia la maduración. El crecimiento del fruto y su maduración es un proceso que dura entre 4 y 5 meses de los cuales los 2 primeros se aprecia mayor actividad celular (Rojo, 2014).

El endurecimiento del endocarpo o hueso de la aceituna, empieza a los pocos días después de la anthesis, lignificándose algunas células. Las células lignificadas se denominan esclereidas y en ellas se depositan gradualmente paredes celulares secundarias de lignina que acaban ocupando todo el espacio celular, llegando a la desaparición del interior celular vivo. En el hueso de la aceituna se diferencian tres zonas: zona principal que ocupa casi todo el hueso con células comunes y alargadas, zona interior con células alargadas y zona pegada a la semilla compuesta por un fino estrato de pequeñas células. El límite del hueso con la pulpa de la aceituna lo distingue un anillo de haces vasculares, los cuales posteriormente se engrosarán y se ensamblarán entre sí para aportar agua y asimilados para el fruto en crecimiento. En torno a los haces vasculares se formarán surcos fibrovasculares que conferirán al hueso su estructura típica (Gómez y Rapoport 2008). Este proceso hasta que el embrión adquiere un desarrollo suficiente, tiene un carácter disperso y una velocidad de lignificación lenta que empieza en la zona principal exterior. A partir de que la semilla logra su tamaño definitivo y el embrión acelera su crecimiento, la lignificación de las células del endocarpo es colectiva y de forma acelerada a partir de las seis semanas de la floración. Existen diferencias entre variedades en el patrón de esclerificación y en el número de días desde la floración (Gómez y Rapoport 2008). Este endurecimiento provoca la imposibilidad de atravesar la aceituna con una navaja correctamente afilada.

La importancia del endurecimiento del hueso radica en el cambio de la abonada nitrogenada, dado a que comienza la síntesis de grasas en el mesocarpo, acaba la caída de aceitunas y comienza la inducción floral en los brotes crecidos desde la salida del reposo. La aparición de frutos semillados después del momento de endurecimiento, tiene como resultado la inhibición sobre la inducción floral, lo cual repercutirá en la floración de retorno, provocando vejería en el olivo. En el momento de endurecimiento del hueso, se podrá reducir la aplicación de riego sin repercusiones en la cosecha, logrando así un ahorro de agua considerable. En un estudio de tres años realizado en Bovera, Lleida a 360 m.s.n.m, las fechas de endurecimiento del hueso fueron 5 de julio y 17 de julio en los años lluviosos y el 15 de julio en el año seco. El clima de la zona es mediterráneo-continental, con otoños y primaveras lluviosas e inviernos y veranos secos, siendo la pluviometría media de 400 mm (Tovar 2001).

El factor que más repercute en el tamaño del fruto es el número de aceitunas en el olivo, siendo inversamente proporcional al tamaño del fruto, esto es, a mayor cantidad de

aceitunas en el olivo, menor tamaño tendrá, y al contrario, a menor número de aceitunas, mayor tamaño tendrán. Este parámetro es muy importante en la aceituna de mesa, donde se requieren determinados calibres, siendo práctica habitual el aclareo de flores y frutos hasta los 25-30 días después de la floración para que repercuta en el calibre final del fruto. Aclareos pasado ese margen de tiempo, difícilmente repercutirá en el tamaño final del fruto.

Maduración del fruto

La producción de ácidos grasos en el mesocarpo o pulpa, define el rendimiento graso en la drupa, el cual comienza con la creación de triglicéridos previo a la aglomeración transitoria de lípidos. Se comienzan a almacenarse lípidos en la aceituna en la parada de crecimiento que acontece en el endurecimiento del hueso, y finaliza al comienzo de la maduración, donde alcanza su valor máximo de lípidos, el cual se modificará únicamente por alteraciones en el contenido de humedad.

Se define como época de maduración el intervalo de tiempo desde que el fruto manifiesta manchas violáceas hasta que el fruto entero presenta una coloración definitiva. Dicha época está determinada por la situación climática y las particularidades de la variedad. Un nivel de carga alto del árbol, aplaza la maduración.

Los factores que indican la maduración en la aceituna son: La respiración, el cambio de lípidos en el fruto y hoja, progreso de los ácidos grasos, cambio en la cantidad de ácidos orgánicos de frutos y hojas (correlación ácido málico/cítrico), modificación de la cantidad de hierro que metaboliza hormonas de abscisión, vigor del embrión, desarrollo de polifenoles, y más indicativamente se asocia la maduración al color de la aceituna. La aceituna en un inicio tiene un color verde, se torna a verde amarillento por su disminución de clorofila, después se depositan antocianinas que le confiere un color de rojizo a violáceo y termina en negro. El pigmento empieza a notarse desde el ápice y prosigue hacia el pedúnculo, posteriormente se colorea la carne desde la superficie hacia el hueso (Figura 7).



Figura 7 Fases de maduración según la variación del color del fruto (Fernández et al. 2001).

En determinados cultivares la síntesis de antocianinas solamente se puede producir en algunas células del exocarpo, lo que produce que solo se colorea parcialmente, como es el caso de la variedad arbequina.

La evolución de la coloración de la piel de la aceituna, posibilita disponer el índice de madurez, donde la aceituna se cataloga en ocho categorías. Este procedimiento se efectúa como se describe:

1. Se toman cerca de 2 kg de aceitunas a la altura del investigador en las cuatro orientaciones del olivo. La muestra se alojará en bolsas de plástico convenientemente identificada para su traslado al laboratorio (Tovar. 2001)
2. De esa muestra se separan 100 aceitunas las cuales se clasifican en ocho clases que van del 0 al 7.
3. Para calcular el índice de madurez (I.M.) se suman los productos de cada clase por su número de aceitunas, dividido todo entre 100 (2). por tanto dará un valor entre 0 y 7 (Cuadro 1)

- **Clase 0: Piel verde intensa**
- **Clase 1: Piel verde amarillento**
- **Clase 2: Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto. Inicio del envero**
- **Clase 3: Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final del envero**
- **Clase 4: Piel negra y pulpa blanca**
- **Clase 5: Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa**
- **Clase 6: Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso**
- **Clase 7: Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso**

A,B,C,D,E,F,G,H: número de frutos por clase 0,1,2,3,4,5,6,7 respectivamente

$$I.M.=\frac{Ax0+Bx1+Cx2+Dx3+Ex4+Fx5+Gx6+Hx7}{100} \quad (2)$$

Cuadro 1 Fórmula del índice de madurez (I.M.) (Fernández et al. 2001)

El nivel de maduración conveniente para la recolección dependerá del uso que se le dará a la aceituna cosechada, así para obtener aceite necesita adquirir un grado de madurez próximo a 3.5. Sin embargo si su uso es para aceituna de mesa, el aderezo definirá el grado de madurez: Aderezado en verde, clase 0 y 1; tipo negro, clase 1; aceitunas negras naturales, clase 5 y 6.

Atendiendo únicamente al color externo del fruto se puede clasificar el grado de madurez de la aceituna, transformando la escala y la fórmula del Índice de Madurez (I.M.) (3), quedando de la siguiente forma:

- Clase 0: Verde intenso
- Clase 1: Verde amarillento
- Clase 2: Enverado
- Clase 3: Violeta
- Clase 4: Negro

$$I.M. = \frac{Ax_0 + Bx_1 + Cx_2 + Dx_3 + Ex_4}{100} \quad (3)$$

De este modo será más cómoda la realización de los muestreos en campo, dado que no se tendrá que abrir la aceituna para conocer su grado de madurez. El muestreo que se realiza para determinar el momento de recolección de las aceitunas (el cual corresponde a un I.M. de 3.5) dado a que el momento varía según cultivares y carga del árbol (gráfico 14) (Barranco et al., 1998)

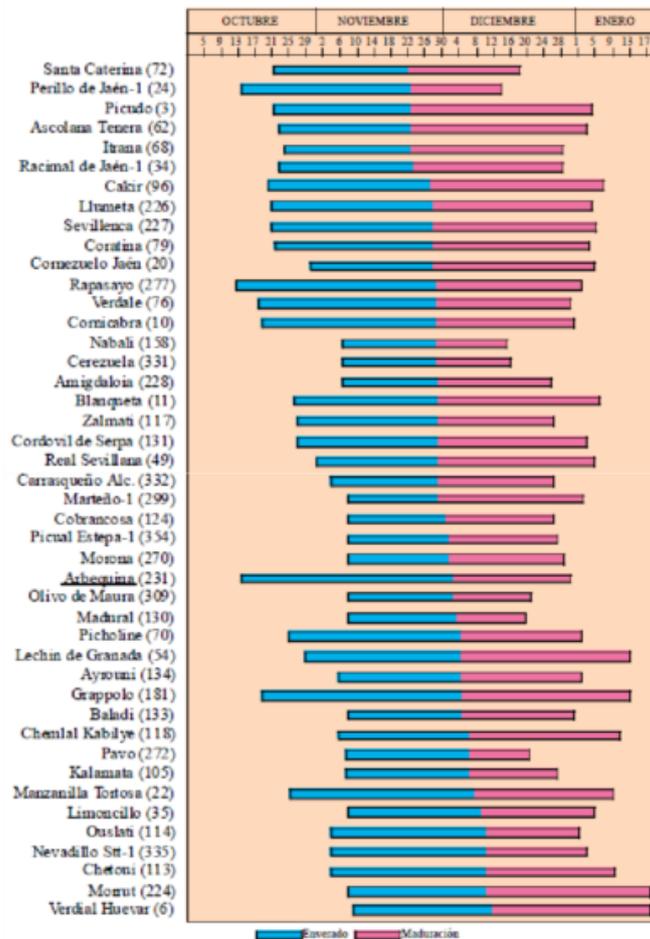


Gráfico 14 Momento de maduración de cultivares de olivo en Córdoba (Barranco et al. 1998)

Parámetros de maduración para la variedad Arbequina

Nótese que para la variedad Arbequina el envero comienza el 13 de octubre y termina el 4 de diciembre, y su maduración comienza el 4 de diciembre y termina el 1 de enero en Córdoba (Gráfico 14). Se inicia el enverado cuando aparece por primera vez frutos de la clase 2, comienza la maduración cuando el estado de madurez más frecuente son aceitunas de la clase 3 y termina la maduración cuando se ven de forma frecuente frutos de clase 4. En Extremadura la variedad Arbequina alcanza el IM=2 el día 9 de diciembre (Montaño, 2018). Para la determinación fenológica se rellenará un registro de los estados de madurez a intervalos de tiempo periódicos, y se interpolará para obtener las fechas de las fases de la aceituna. Para hacer un registro de la variedad, se tomarán datos de distintas campañas y se efectuará una media (Barranco et al. 1998). En

Mendoza, Argentina la maduración de la variedad arbequina es el 16 de abril (que en el hemisferio norte corresponde al 16 de Octubre) (Trentacoste y Puertas, 2002).

Concretamente para la variedad Arbequina el fruto no evoluciona de manera habitual en su maduración, dado al sistema intensivo o superintensivo habituales en los olivares con predominio de esta variedad (Montaño, 2018).

Por ese motivo existen otros métodos para la determinación de la madurez, como pueden ser la resistencia a la penetración o el Indicador de color con colorímetro.

- Para la determinación con colorímetro se utiliza la fórmula cromática b^*-a^* para la variedad Gordal. Muestra mayor exactitud que el Índice de Madurez excepto superado el envero. Será útil en el caso de la aceituna de mesa y poco útil en aceituna de almazara (Montaño, 2018).
- La firmeza de la aceituna se comprueba mediante la resistencia a la penetración con un penetrómetro. La maduración ocasiona el reblandecimiento de los frutos, y la cuantificación de la firmeza viene siendo utilizada para evaluar la idoneidad de la aceituna de almazara refrigerada, antes de su utilización. La resistencia a la penetración evoluciona de manera sigmoideal conforme avanza la maduración. La información que ofrece la resistencia a la penetración de la aceituna es variada: deformación del fruto al aplicarle presión, resistencia del mesocarpo a 3 mm bajo la piel, o la pendiente de la función de fuerza aplicada hasta la rotura del epicarpo.

Todos estos indicadores mejoraran la comprensión de los cambios fisiológicos producidos en la maduración, y ofrecerán una sensibilidad superior al I.M. para el seguimiento de los cambios fisiológicos, especialmente en la variedad Arbequina (Montaño, 2018).

Hay una correlación entre pérdida de firmeza de la pulpa con el aumento del rendimiento graso del fruto, siendo más acentuada que con el cambio de coloración (IM). Concretamente el valor más vinculado a la madurez es la pendiente de la función de fractura de epicarpo, permitiendo mejorar el seguimiento fenológico y prever fechas de maduración con mayor precisión que otros métodos (Montaño, 2018).

Composición de la aceituna

La aceituna totalmente madura contiene de un 70 a 90% de su peso en pulpa, 9-27% en hueso y 2-3% en semilla; según cultivares, maduración, condiciones del árbol, etc. El agua y el aceite constituyen los elementos predominantes en la pulpa y en semilla, siendo el agua un 50-60% en la pulpa, un 30% en la semilla y un 9% en el hueso. El aceite representa un 20-30% en la pulpa, un 27% en la semilla y un 1% en el hueso.

Otros componentes que posee la aceituna son: 3-4% de azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa en la pulpa; 4% de polisacáridos como celulosa (30% en el hueso), lignina y hemicelulosa; 0.3-0.6% de sustancias pépticas en la pulpa; hidratos de carbono en hueso (41%) y en la semilla(27%); proteínas en la semilla (10%) y en la pulpa (1-3%) y 1-3% de compuestos fenólicos en la pulpa.

Seguimiento de la fenología

La determinación y seguimiento del estado fenológico general de una plantación o grupo de árboles, se realizará observando varias plantas que sean representativas del cultivo. Este seguimiento se realiza en distintas fechas para poder realizar una escala temporal de los estados fenológicos de la plantación (Urbina, 2001).

Se examinarán las plantas en cada muestreo con el fin de estimar el estadio fenológico más frecuente que se extrapolará al resto de la plantación con el fin de realizar las operaciones de cultivo adecuadas a cada momento. Adicionalmente se deberán considerar los estadios fenológicos más atrasados y más adelantados que obtengan como resultado al menos un 3-5% de las observaciones, a fin de no valorar los estadios fenológicos excepcionales y muy poco frecuentes en el desfase fenológico (Urbina, 2001).

Hay varias escalas para la determinación de los estados fenológicos:

- Estados Fenológicos Tipo, en el cual los estadios fenológicos se denominan como las primeras letras del alfabeto (Figura 8), según Caballero, Alvarado, Benito y Jiménez.

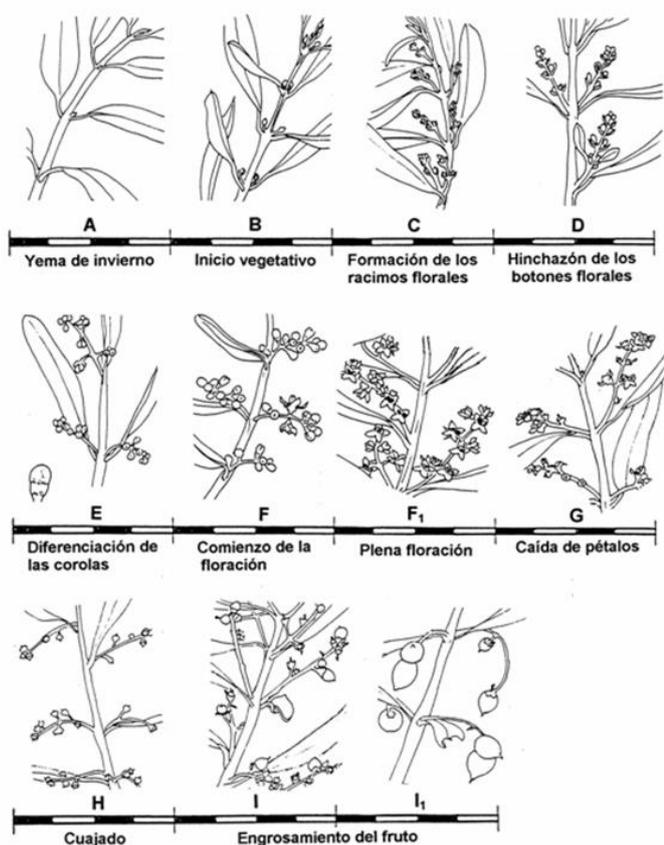


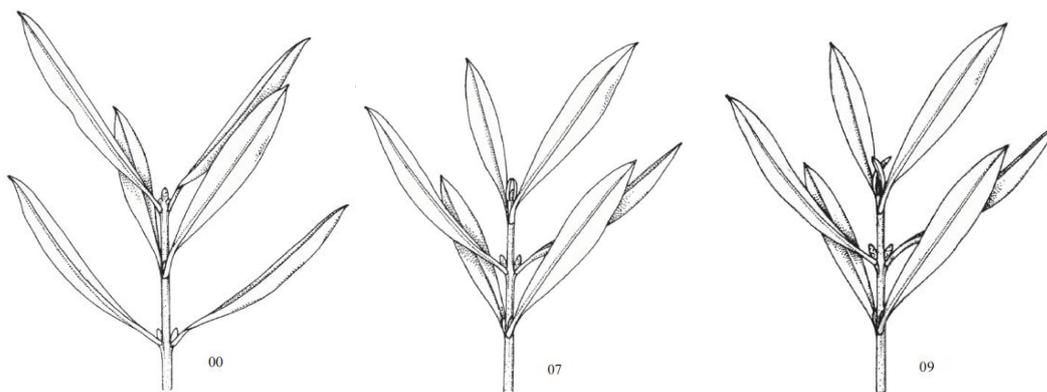
Figura 8 Estados fenológicos del olivo (Colbrant y Fabre)

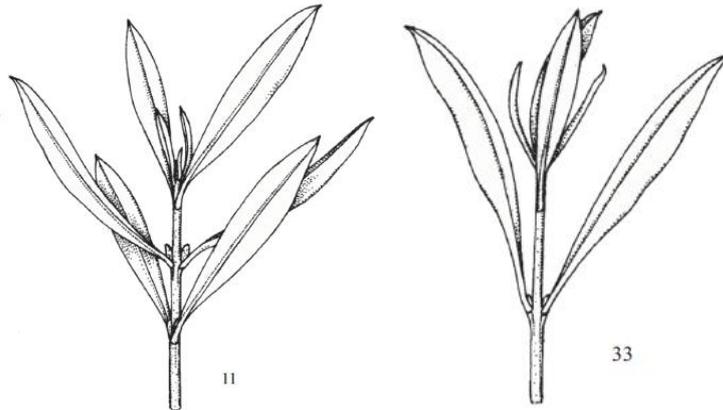
- BBCH (Basch-Bayer-Ciba-Hoerchst) (Urbina, 2001): Es la escala más común para determinar los diferentes estados fenológicos. Dicha escala esta creada por un grupo de trabajo alemán que incluye: El Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura de Alemania (BBA), el Instituto federal de Variedades (BSA), La Asociación Alemana de Agroquímicos(IVA) y el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeerer/Erfurt (IGZ) y varios científicos colaboradores. Esta escala está adaptada al olivo por Sanz-Cortéz et al. en el año 2002 (Figura 9). El código BBCH posee diez estadios básicos (de 0 a 9) y numerosos estadios secundarios (de 0 a 9 variable según el cultivo) (Urbina, 2001).

Olivo Sanz-Cortés et al, 2002

BBCH-Descripción de las fases fenológicas del olivo (*Olea europaea* L)

Código	Descripción
Estadio principal 0: Desarrollo de las yemas vegetativas	
00	Las yemas foliares, situadas normalmente en el ápice de los brotes del año anterior, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y de color ocre.
01	Las yemas foliares comienzan a hincharse y se entrecubren, dejando ver los nuevos primordios foliares.
03	Las yemas foliares se alargan y se separan de la base.
07	Las hojitas exteriores siguen abriéndose sin separarse del todo, permaneciendo unidos los extremos apicales.
09	Las hojitas exteriores siguen separándose y las puntas se entrecruzan.





Estadio principal 1: Desarrollo de las hojas

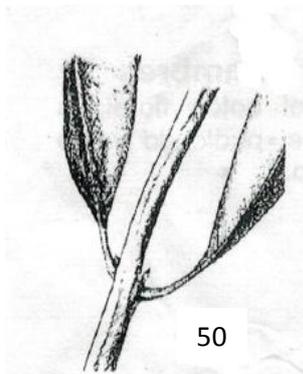
- 11 Las primeras hojas se separan del todo, tienen un color gris verdoso.
 - 15 Se separan más hojas pero sin alcanzar su tamaño final. Las primeras hojas adquieren una tonalidad verdosa en el haz.
 - 19 Las hojas alcanzan el tamaño y forma característicos de la variedad
-

Estadio principal 3: Desarrollo de los brotes

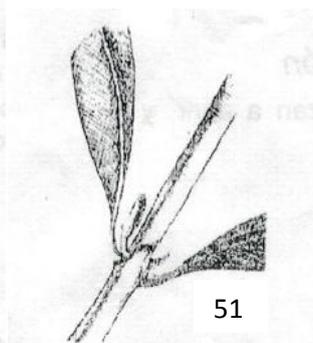
- 31 Los brotes alcanzan el 10 % de su tamaño final.
 - 33 Los brotes alcanzan el 30 % de su tamaño final.
 - 37 Los brotes alcanzan el 70 % de su tamaño final
-

Estadio principal 5: Desarrollo de las inflorescencias

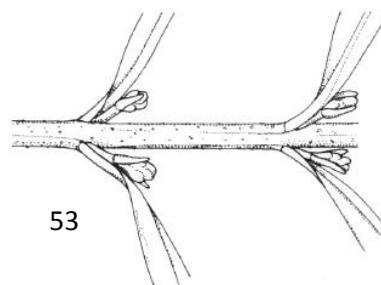
- 50 Las yemas florales, situadas normalmente en las axilas de las hojas, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y con brácteas de color ocre.
 - 51 Las yemas florales comienzan a hincharse y se separan de la base mediante un pedúnculo.
 - 53 Las yemas florales se abren: empieza el desarrollo del racimo floral.
 - 54 Los brazos del racimo floral comienzan a alargarse.
 - 55 Racimo floral totalmente expandido, los botones florales empiezan a abrirse.
 - 57 La corola, de color verde, es mayor que el caliz.
 - 59 La corola cambia del color verde al blanco.
-



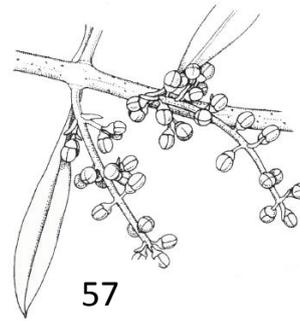
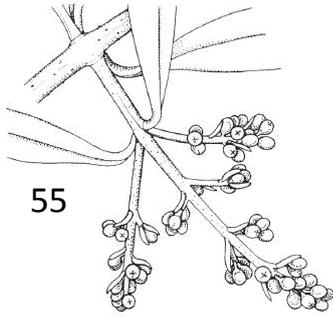
50



51

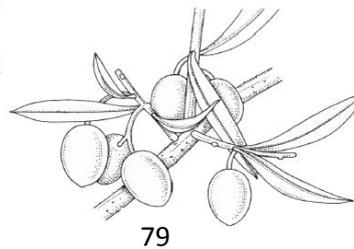
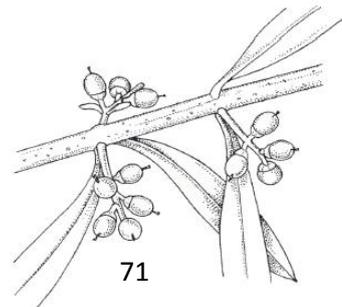
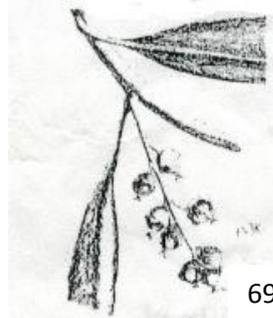
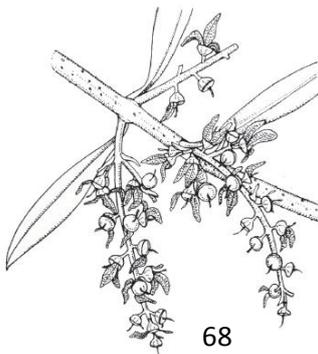
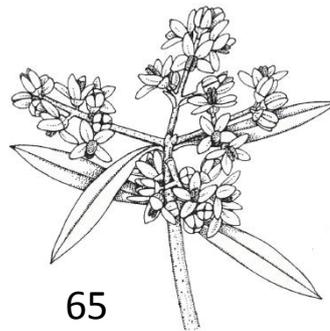
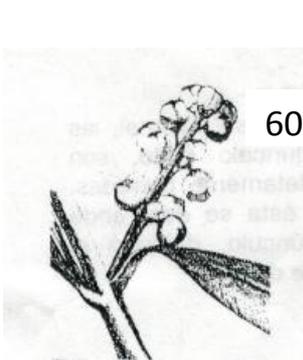


53



Estadio principal 6: Floración

- 60 Apertura de las primeras flores.
- 61 Comienzo de la floración: alrededor del 10 % de las flores están abiertas.
- 65 Plena floración: al menos el 50 % de las flores están abiertas.
- 67 Comienza la caída de pétalos blancos.
- 68 La mayoría de los pétalos han caído o están marchitos.
- 69 Fin de la floración, cuajado del fruto y caída de ovarios no fecundados.

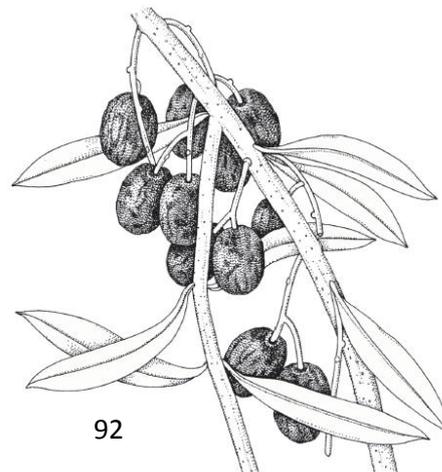
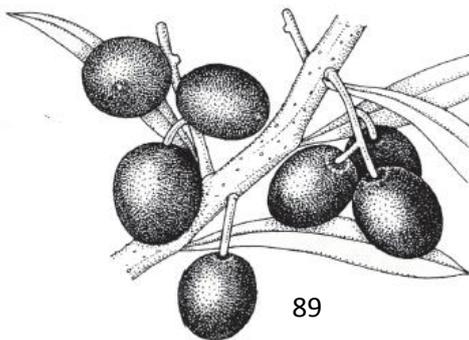
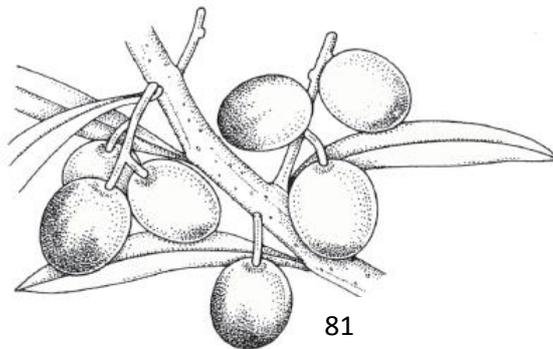
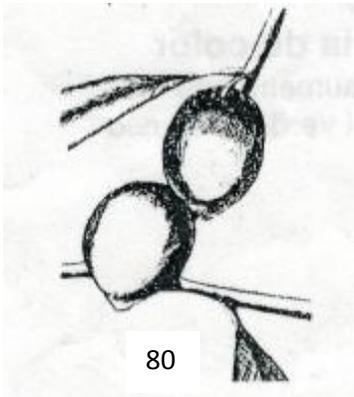


Estadio principal 7: Desarrollo del fruto

- 71 Tamaño de los frutos alrededor del 10 % de su tamaño final.
75 Tamaño de los frutos alrededor del 50 % de su tamaño final. Empieza a lignificarse el hueso (presenta resistencia al corte).
79 Tamaño de los frutos alrededor del 90 % de su tamaño final. Fruto apto para verdeo.
-

Estadio principal 8: Maduración del fruto

- 80 El color verde intenso de los frutos se vuelve verde claro, amarillento.
81 Comienzo de la coloración de los frutos.
85 Aumenta la coloración específica de los frutos.
89 Los frutos adquieren el color característico de la variedad, permaneciendo turgentes. Frutos aptos para la extracción de aceite
-



Estadio principal 9: Senescencia

- 92 Los frutos pierden su turgencia y empiezan a caer.
-

Figura 9 Estadios fenológicos BBCH y descripción (Sanz-Cortéz et al. 2002)

Labores culturales

Riego

El uso del riego en el olivar incrementa la producción de aceitunas, aún cuando la cantidad de agua aplicada es limitada.

La transpiración se define como la incorporación de CO₂ a través de los estomas a cambio de perder el vapor de agua de los espacios intercelulares de la planta. Esta pérdida de vapor de agua será restablecida mediante la absorción por las raíces, siempre y cuando haya agua disponible en el suelo, dado que si no hubiera, la planta sufrirá un déficit hídrico, que reducirá su producción. Al conjunto del consumo de agua por la planta (transpiración) y la evaporación de agua desde el suelo, se le conoce como evapotranspiración y determinará el gasto de agua del cultivo.

El olivo sigue unas pautas muy concretas para regular el nivel de evapotranspiración, que consiste en disminuir la apertura estomática por debajo del 50% en las horas centrales del día, dado a que el nivel de transpiración con los estomas abiertos es mucho mayor. La apertura total de estomas se produce a primeras horas de la mañana, por que el déficit de presión de vapor (DPV) será pequeño, sin embargo al medio día es máximo. Con esta estrategia el coste transpirativo será menor, que significa una mayor captación de CO₂ necesario en la fotosíntesis, para la cantidad de agua que transpiró.

Esto se traduce en un menor requerimiento de agua por parte del olivo, fruto de las adaptaciones que esta especie ha desarrollado a lo largo del tiempo, con las cuales es capaz de evitar la deshidratación excesiva. Otra de las adaptaciones que ha desarrollado el olivo para evitar la sequía, es la capacidad de obtener agua del terreno debajo del punto de marchitez permanente.

A pesar de las adaptaciones para la escasez hídrica, La producción del olivo se verá perjudicada por la falta de agua de forma diferente en cada proceso del ciclo productivo (Cuadro 2).

Cuadro 2 efectos del déficit hídrico en cada fase del ciclo anual

Proceso	Período	Efecto del déficit hídrico
Crecimiento vegetativo	Todo el año	Reducción del crecimiento y del número de flores al año siguiente
Desarrollo de yemas florales	Febrero-Abril	Reducción número de flores. Aborto ovárico
Floración	Mayo	Reduce fecundación
Cuajado de frutos	Mayo-Junio	Aumenta la alternancia
Crecimiento inicial del fruto	Junio-Julio	Disminuye el tamaño del fruto (menor número de células/fruto)
Crecimiento posterior del fruto	Agosto-Cosecha	Disminuye el tamaño del fruto (menor tamaño de las células del fruto)
Acumulación de aceite	Julio-Noviembre	Disminuye el contenido de aceite/fruto

(Fernández et al., 2001)

Calculo del riego

Para conocer la dosis de riego, se han de tener en cuenta multitud de factores entre los que incluye la evapotranspiración del olivo, las precipitaciones, la capacidad de retención de agua del suelo, el marco de plantación y el desarrollo de los árboles.

Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial máxima representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzca rendimientos óptimos. Esta depende de la evapotranspiración de referencia y el coeficiente de cultivo (Allen 2006).

Se puede definir como la pérdida de humedad que sufre un cultivo hipotético con una cobertura total, que crece en condiciones ideales, sin limitación alguna de agua y fertilizantes y sin problemas fitopatológicos. Como cultivo hipotético se ha elegido uno para el que se han definido los parámetros que necesita la fórmula de Penman-Monteith para su cálculo (4). Estos son: la altura de 12cm, su albedo de 0,23 y su resistencia superficial de 70 s/m (para $R_n > 0$) o 700 s/m (para $R_n \leq 0$), correspondiendo a la evapotranspiración de una pradera de gramíneas (Allen 2006).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 u_2)} \quad (4)$$

Donde:

- ET₀: Evapotranspiración de referencia [mm/día]
- R_n: Radiación neta en la superficie del cultivo [kJ/m².s]
- G: Flujo del calor de suelo [MJ/m².día]
- T: Temperatura media del aire a 2 m de altura [°C]
- u₂: Velocidad del viento a 2 m de altura [m/s]
- e_s: Presión de vapor de saturación [kPa]
- e_a: Presión real de vapor [kPa]
- (e_s-e_a): Déficit de presión de vapor [kPa]
- Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor [kPa/°C]
- γ: Constante Psicrométrica [kPa/°C]

La obtención de los parámetros de la ecuación Penman-Monteith necesita calibración local, para la cual se ha de contar con aparatos de medida costosos como termómetro, higrómetro, anemómetro y piranómetro, que medirán temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar respectivamente. Dada la dificultad de obtención de todos los parámetros de la fórmula de Penman-Monteith, podrá emplearse la expresión de Hargreaves (5) que únicamente necesita datos de temperatura:

$$ET_o = 0.0023 \times Ra \times (Tm + 17.8) \times (Tmx - Tmin)^{1/2} \quad (5)$$

Siendo: ET₀: Evapotranspiración de referencia [mm/día]

Tm: Temperatura media [°C]

Tmx: Temperatura máxima [°C]

Tmin: Temperatura mínima [°C]

Ra: Radiación extraterrestre [mm/día], para su obtención se buscará en la tabla 3 el valor correspondiente a la latitud del cultivo y al mes en el que se desea realizar el cálculo.

Tabla 3 Radiación extraterrestre según latitud y mes

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	A	S	O	N	Dc
Latitud	Ra (mm/día)											
20 °N	11,2	12,7	14,4	15,6	16,3	16,4	16,3	15,9	14,8	13,3	11,6	10,7
24 °N	10,2	11,9	13,9	15,4	16,4	16,6	16,5	15,8	14,5	12,6	10,7	9,7
28 °N	9,3	11,1	13,4	15,3	16,5	16,8	16,7	15,7	14,1	12,0	9,9	8,8
32 °N	8,3	10,2	12,8	15,0	16,5	17,0	16,8	15,6	13,6	11,2	9,0	7,8
36 °N	7,4	9,4	12,1	14,7	16,4	17,2	16,7	15,4	13,1	10,6	8,0	6,6
40 °N	6,4	8,6	11,4	14,3	16,4	17,3	16,7	15,2	12,5	9,6	7,0	5,7
44 °N	5,3	7,6	10,6	13,7	16,1	17,2	16,6	14,7	11,9	8,7	6,0	4,7
48 °N	4,3	6,6	9,8	13,0	15,9	17,2	16,5	14,3	11,2	7,8	5,0	3,7
20 °S	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,0
24 °S	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
28 °S	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
32 °S	17,8	16,2	13,8	10,9	8,5	7,3	7,7	9,6	12,4	15,1	17,2	18,1
36 °S	17,9	16,0	13,2	10,1	7,5	6,3	6,8	8,8	11,7	14,6	17,0	18,2
40 °S	17,9	15,7	12,5	9,2	6,6	5,3	5,9	7,9	11,0	14,2	16,9	18,3
44 °S	17,8	15,3	11,9	8,4	5,7	4,4	4,9	6,9	10,2	13,7	16,7	18,3
48 °S	17,6	14,9	11,2	7,5	4,7	3,5	4,0	6,0	9,3	13,2	16,6	18,2

(Fernández et al., 2001)

Nótese que la ecuación de Hargreaves es una estimación, por lo que se debe contrastar en cada región con la ecuación de Penman-Monteith aplicada a datos de una estación meteorológica cercana, a fin de verificar su correcto uso (Allen 2006).

Para el cálculo de la Evapotranspiración del cultivo se empleará la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_0 \times kc \times kr \quad (6)$$

Siendo: ET_C : Evapotranspiración del cultivo [mm/día]
 ET_0 : Evapotranspiración de referencia [mm/día]
kc: coeficiente de cultivo
kr: coeficiente reductor

- **Coficiente de cultivo (kc):** Este coeficiente representa la correlación entre la evapotranspiración del cultivo que sombrea totalmente el suelo (ET_c), y la evapotranspiración de referencia (ET_0). El kc ha de ser definido de forma empírica, dado que varía conforme crece el cultivo (gráfico 15) y engloba el efecto combinado de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo (Allen 2006).

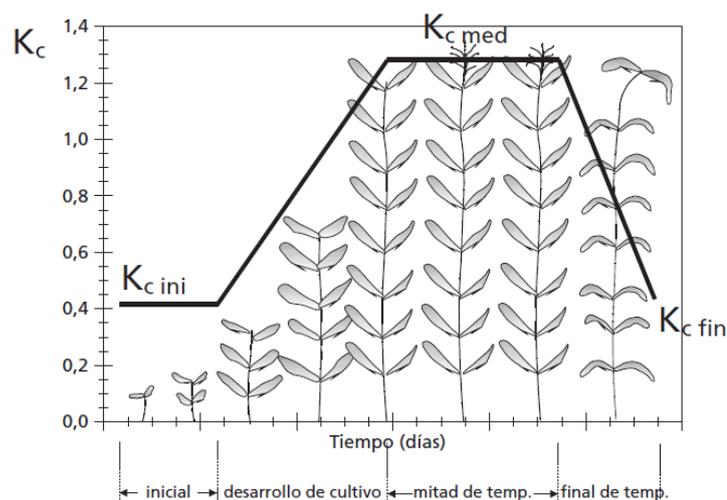


Gráfico 15 Evolución del coeficiente de cultivo dependiendo de las fases de desarrollo (Allen 2006)

El coeficiente variará conforme crezca el cultivo pasando por cuatro etapas:

- **Etapa inicial ($K_{c\ ini}$):** comienza a partir de la fecha de siembra y cuando el cultivo sombrea el 10% del suelo, en cultivos perennes comienza cuando brotan las primeras hojas (Allen 2006).
- **Etapa de desarrollo de cultivo:** desde que el suelo esté sombreado un 10%, hasta que se alcance el sombreado completo (o casi completo) del suelo (Allen 2006).
- **Etapa de mitad de temporada ($K_{c\ med}$):** abarca desde el sombreado completo hasta madurez que se inicia con los primeros síntomas de senescencia, amarilleamiento y caídas de hojas. En esta etapa el coeficiente alcanza su máximo valor (Tabla 4). En cultivos permanentes, esta etapa es la más amplia de todas (Allen 2006).
- **Etapa de finales de temporada ($K_{c\ fin}$):** engloba el periodo desde la madurez hasta la recolección o envejecimiento completo, en cultivos perennes que crezcan todo el año, se podrá asumir como fin de temporada la misma fecha de plantación (Allen 2006).

Tabla 4 Valores y duración de las etapas del coeficiente de cultivo en olivo

Duración y valor de las etapas de coeficiente de cultivo					
	$K_{c\ ini}$	$K_{c\ des}$	$K_{c\ med}$	$K_{c\ fin}$	$K_{c\ invierno}$
Coefficiente de cultivo (K_c)	0,65	-	0,45	0,65	0,50
Duración del Coeficiente (días)	20	90	60	90	105

(Allen, 2006)

El olivo tiene un coeficiente de cultivo más bajo que 1, lo que supone que consume menos agua que una pradera y que la mayoría de los cultivos herbáceos, teniendo los valores más altos en primavera y otoño; y mínimos en verano (Tabla 5).

Tabla 5 Evolución mensual del coeficiente de cultivo del olivo con 60% de cobertura de suelo

Coeficiente de cultivo por mes												
Kc	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	0,50	0,50	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,55	0,60	0,65	0,50

(Allen 2006 con datos de Pastor y Humanes 1998)

- **Coeficiente reductor (kr):** La edad y vigorosidad del olivar influirá en la ET_c , de forma que modificará la superficie cubierta de suelo, factores considerados por el coeficiente reductor (kr) (7). este coeficiente toma valores entre 1 (olivar superintensivo) y ligeramente superior de 0 (olivar recientemente plantado). En el caso de que un olivar tradicional de secano sea puesto en regadío, se incrementará el coeficiente reductor (kr), hecho que se considerará cuando se diseñe la red de riego.

$$kr = 2 \times Sc / 100 \quad (7)$$

Donde: kr: coeficiente reductor

Sc: Superficie cubierta: porcentaje de suelo cubierto por la copa del árbol al mediodía (8).

$$Sc = \frac{\pi \times D^2 \times N}{400} \quad (8)$$

Siendo: Sc: Superficie cubierta

D: Diámetro medio del árbol [m]

N: Densidad de plantación [olivos / ha]

Balance de agua en el suelo

Para la valoración del desarrollo del contenido de agua en el suelo, es posible determinar un balance de masas entre ingresos y salidas de agua en el sistema (9) (Figura 10) (Villalobos. 2008).

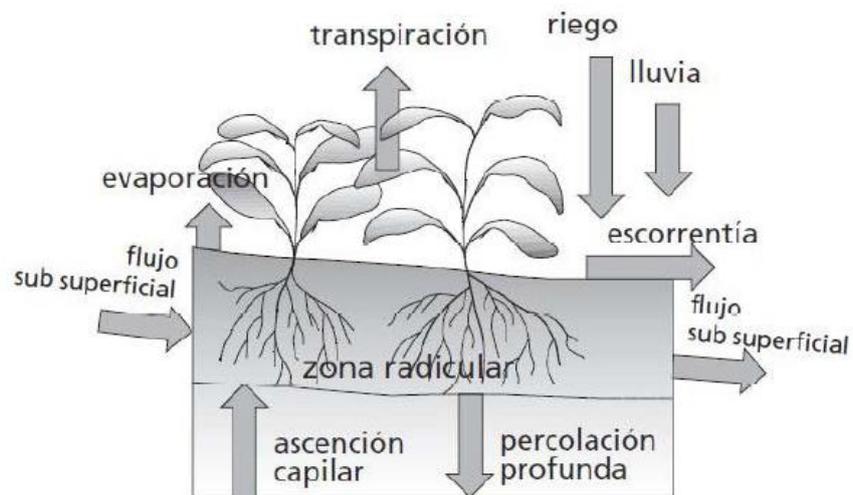


Figura 10 Balance de agua en el suelo (Allen 2006)

$$\Delta CAS = P + R - E_s - E_p - SC - PP + CF \quad (9)$$

Donde: CAS: contenido de agua en el suelo

P: precipitación

R: riego empleado

E_s : evaporación desde la superficie del suelo

E_p : transpiración

SC: escorrentía superficial

PP: percolación profunda

CF: contribución de la capa freática

Los cálculos se podrán realizar para ciclos de horas, días, decenas o meses (Villalobos. 2008).

Para la planificación de los riegos, el contenido de agua se expone como Déficit de Agua en el Suelo (DAS) que es el agua que se necesita para conseguir un contenido de agua adecuado para el cultivo (10) (Villalobos. 2008).

$$DAS_t = DAS_{t-1} + ET_c - RN - PE \quad (10)$$

Siendo: DAS_t : déficit de agua en el suelo al inicio del periodo (mm)

DAS_{t-1} : déficit de agua en el suelo al final del periodo (mm)

ET_c : Evapotranspiración máxima del cultivo

RN: riego neto

PE: Precipitación efectiva

Diseño agronómico

Para conocer el tiempo de riego, la frecuencia y la cantidad de agua a aportar se deberá tener en cuenta: tiempo disponible para regar, marco de plantación (separación entre filas y árboles), caudal del emisor (q_{nom}), coeficiente de uniformidad del emisor (UD), prueba de campo (profundidad mojada por volumen de riego), evapotranspiración de referencia (ET_0), momento de desarrollo del cultivo (coeficiente de cultivo: K_c), superficie cubierta (para cálculo de K_r), precipitación efectiva (Pe), calidad del agua de

riego (conductividad del agua: CEw), tolerancia del cultivo a la salinidad (conductividad que no produce cosecha: CEe), déficit permitido de manejo (MAD), porcentaje mínimo de suelo mojado, profundidad radicular efectiva y características del suelo (Capacidad de campo (θ_{cc}) y punto de marchitez (θ_{PM})).

Es conveniente formar una poceta de anillo para evitar encharcamientos en el cuello del olivo que favorecieran pudriciones fúngicas, así si se opta por riego por aspersión hay que evitar salpicaduras en el tronco por el mismo motivo (Medina et al.,2015).

Si el sistema de riego elegido es por goteo en aro, en etapas iniciales de la plantación la cantidad adecuada de emisores será 3 o 4, aumentándose de 6 a 8 conforme al crecimiento del olivo. No olvidar que se deberá aumentar el aro de manquera portagoteros para adecuar la aplicación de agua al diámetro de las raíces, además de controlar la humedad en los primeros 30 cm del suelo debajo la copa del olivo mediante catas manuales o con aparatos de control de humedad (Medina et al.,2015).

Estrategias de riego

Los cálculos descritos anteriormente se refieren al riego del olivar según sus necesidades teóricas de agua (ET_c), sin embargo se pueden aplicar diferentes estrategias de riego deficitario sin afectar a la producción:

- **Riego deficitario controlado (RDC):**

En olivar adulto tradicional, las necesidades de riego se encuentran en torno a 2.500 - 3.000 m³/ha y en olivares intensivos en 5.000 m³/ha con precipitaciones medias de 450-500 mm (Pastor, 2008).

Para que el riego deficitario controlado (RDC) optimice la producción anual se ha de tener presente que el olivo es más sensible al déficit hídrico en determinados periodos fenológicos, por lo que se recomienda disminuir el riego en fases de menor sensibilidad hídrica. En plantaciones de olivo de almazara, el periodo de menor sensibilidad al déficit hídrico se sitúa entre el endurecimiento del hueso (principios de julio) y el inicio de la maduración (mediados de septiembre), coincidiendo con el verano, momento en que la demanda evaporativa de la atmosfera es mayor (ET_0). Por lo tanto una limitación en la evapotranspiración del cultivo (ET_c) conducirá a un ahorro de agua notable, sin disminución de la producción (gráfico 16). Aun así se debe evitar un déficit hídrico estricto durante mucho tiempo, dado que el crecimiento del fruto se pararía de forma irreversible (Pastor, 2008).

La cantidad de agua suministrada podrá ser los requerimientos teóricos (ET_{max}), del 75% de Las necesidades (75% ET_c), del 50% de ET_c o del 25% de ET_c (Tovar 2001).

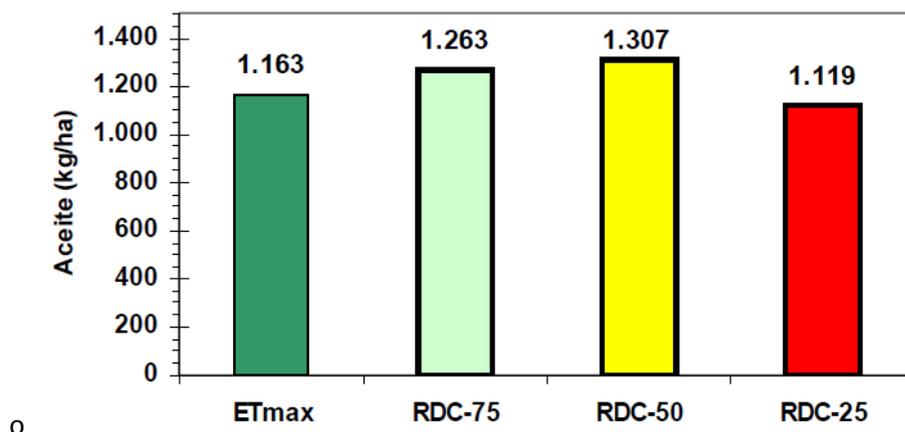


Gráfico 16 Reacción de la productividad (kg aceite/ha) a la estrategia de riego deficitario controlado (RDC), siendo RDC-75, RDC-50 y RDC-25, aportes del 75%, 50% y 25% del la ET_{max} (Pastor 2008, con datos de Alegre y col. 2001)

El RDC repercutirá en la mejora de la calidad del aceite y facilitará la extracción del aceite en la almazara, (Pastor et al., 2008) disminuyendo el porcentaje de humedad de las aceitunas, aumentando el contenido de polifenoles, estabilidad oxidativa, índice de madurez y las características organolépticas (Tabla 4) (Tovar 2001).

Tabla 4 Parámetros de calidad de aceite y su respuesta frente a RDC

Calidad del aceite con estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC)		
Parámetro	Unidad	Afectación
Porcentaje de grasa	% grasa	No se ve afectado significativamente por RDC
Porcentaje de humedad	% humedad	Aumenta según se riega más (Et_{max})
Índice de Madurez	IM	Aumenta según se riega menos (RDC-25)
Grado de acidez	% ácido oleico	No se ve afectado significativamente por RDC
Índice de peróxidos	meq O_2 activo/kg	No se ve afectado significativamente por RDC
Perfil de ácidos grasos	-	No se ve afectado significativamente por RDC
Pigmentos clorofílicos y carotenoides	mg de feofitina/kg y mg de luteína/kg	No se ve afectado significativamente por RDC
Color	Coordenadas L^* , a^* , b^*	No se ve afectado significativamente por RDC
Polifenoles totales	mg ác. cafeico/kg	Aumenta según se riega menos (RDC-25)
Estabilidad oxidativa	horas	Aumenta según se riega menos (RDC-25)
Amargor	K_{225}	No se ve afectado significativamente por RDC
Características organolépticas	Puntuación global	Mejora en RDC-75 y RDC-50, pero en RDC-25 aceites muy amargos y astringentes

(Tovar 2001)

- **Riego lineal**

Esta estrategia consiste en el empleo de cantidades crecientes de agua de riego en olivares jóvenes, modificando el coeficiente de cultivo (K_c) en el cálculo de la ET_c . En un estudio realizado en Seròs, Lleida, se aplicaron K_c de 0,25; 0,38; 0,50; 0,57; 0,64; 0,71 y 0,85 afectando a la calidad del aceite (Tabla 5) (Tovar 2001).

Tabla 5 Parámetros de calidad de aceite y su respuesta frente al Riego Lineal

Calidad del aceite con estrategia de Riego Lineal (RL)		
Parámetro	Unidad	Afectación
Porcentaje de humedad	% humedad	No se ve afectado significativamente por RL
Índice de Madurez	IM	No se ve afectado significativamente por RL
Grado de acidez	% ácido oleico	No se ve afectado significativamente por RL
Índice de peróxidos	meq O ₂ activo/kg	No se ve afectado significativamente por RL
Perfil de ácidos grasos	-	Cuanto más riego, mayor cantidad de ác. Oleico y ác. Palminoleico; y menos ác. Linoleico
Pigmentos clorofílicos y carotenoides	mg de feofitina/kg y mg de luteína/kg	Cuanto más riego, menor cantidad de pigmentos clorofílicos y carotenoides
Color	Coordenadas L*, a*, b*	Cuanto más riego, aceites más luminosos
Polifenoles totales	mg ác. cafeico/kg	Cuanto más riego menor cantidad de polifenoles
Estabilidad oxidativa	horas	Cuanto más riego menor estabilidad oxidativa
Amargor	K ₂₂₅	Cuanto más riego menor amargor
Características organolépticas	-	Cuanto más riego, menos frutado y menos amargo y picante

(Tovar 2001)

Abonado

La finalidad del abonado es saciar las necesidades nutritivas de los vegetales cuando los elementos nutritivos no están disponibles en las cantidades adecuadas en el suelo. Cuando se trata del abonado del olivo, los requerimientos de nutrientes en un árbol joven serán distintos que en un árbol desarrollado, así también la fertilidad del suelo influirá en las necesidades del árbol, siendo las necesidades mayores en suelos pobres en nutrientes.

Por estos motivos, será necesario variar la abonada según la edad del olivo desde el 1º al 7º año y a partir de ese momento, se aplicará una abonada para olivar adulto (tabla 6) (Guerrero y Jiménez 1999), siendo necesario efectuar análisis periódicos de tierra para conocer la parte de las necesidades del olivo que podrán ser cubiertas por los nutrientes presentes en el suelo, y su evolución temporal con el cultivo establecido.

Tabla 6 Necesidades nutritivas del olivo según la edad del árbol

Edad (Años)	Necesidades anuales (U.F. g/arbol)		
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)
1	155	65	140
2	225	95	205
3	295	125	270
4	455	190	415
5	730	305	670
6	1000	415	915
7	1065	445	975
8	1200	500	1100
9	1200	500	1100

(Guerrero y Jiménez, 1999)

Dichos nutrientes se han de aplicar al olivo en una proporción determinada a lo largo de la campaña (tabla 7). Según los porcentajes del cuadro 3, se puede determinar que las mayores necesidades de nitrógeno se ubican en el momento de la floración y en el cuajado de la aceituna (Estadio fenológico principal 6 y 69), las necesidades de potasio

aumentan tras el endurecimiento del hueso (estadio 75) y las necesidades de fósforo se mantienen más constantes durante el ciclo (García 2010).

Tabla 7 Porcentaje de nutrientes por mes en la campaña del olivar

Mes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Marzo	4.5	4	2
Abril	4.5	4	2
Mayo	22	17	10
Junio	22	17	10
Julio	21	17	21
Agosto	11	17	22
Septiembre	10	17	22
Octubre	5	7	11

(García 2010)

Los principales nutrientes que se necesitan en el cultivo según Guerrero y Jiménez (1999) ,son los siguientes:

- **Nitrógeno:** Principal nutriente, que forma en la planta aminoácidos, proteínas, clorofila, etc. El olivo lo asimila en forma de nitrato (NO₃⁻) y en menor medida de forma amoniacal (NH₄⁺).
- **Fósforo:** Nutriente importante para el correcto metabolismo de los azúcares y distintos compuestos orgánicos. Muy importante en el crecimiento, creación de raíces, floración, cuaje y maduración. La forma de asimilar el fósforo por el olivo es de forma de ortofosfatos (PO₄H₂ ó PO₄H²⁻).
- **Potasio:** Elemento fundamental para la formación de azúcares, proteínas y grasas, además de mediar en la apertura y cierre de estomas. se absorbe en forma de óxido de potasio (K₂O).
-El Nitrógeno, Fósforo y Potasio forman un grupo denominado macronutrientes
- **Calcio:** Elemento que regula la permeabilidad de las membranas celulares, confiere resistencia a los tejidos tiernos, actúa sobre el crecimiento y maduración de frutos e influye en la acción de muchas enzimas. Su forma de absorción es el óxido de calcio (CaO).
- **Magnesio:** Elemento que pertenece al pigmento de clorofila, el cual se moviliza con facilidad y está asociado al fósforo. La planta lo asimila en forma de ión Mg⁺⁺.
- **Hierro:** Elemento importante para la formación de la clorofila y en procesos como la fotosíntesis, respiración, metabolización del nitrógeno, etc. Pasa a formar parte de la planta en la forma de ión Fe⁺⁺.
- **Boro:** Nutriente necesario para el desarrollo de la planta, que participa en el desarrollo de las paredes celulares. El olivo es una especie que demanda una mayor cantidad de boro (B₄O₇²⁻) de lo habitual, por lo tanto es un elemento que se aporta en la fertilización de manera habitual.
- **Cloro:** Elemento que normalmente se encuentra en el agua de riego y que es necesario para el crecimiento del olivo. En exceso producirá una reducción en el

crecimiento y producción, no obstante el olivo es una especie más tolerante a la salinidad que la mayoría de los árboles frutales.

Para la realización de una abonada se deberá disponer de un análisis de tierra, agua de riego y conocer la edad de los árboles, dado a que las necesidades nutritivas varían según el momento de desarrollo del árbol, las cantidades de nutrientes presentes en la tierra y los nutrientes que trae aparejado el agua con la cual se riega.

Adicionalmente a las muestras de tierra y agua, será recomendable realizar muestreos foliares periódicos para ratificar los resultados de la abonada y conocer profundamente el estado nutritivo del cultivo así como deficiencias u excesos en los nutrientes. Dichos excesos podrán llegar a ser tóxicos como en el caso del Cloro (Cl), Boro (B) y sodio (Na) (Cuadro 2). El contenido en minerales de la hoja lo determina un gran número de variables como: grado de crecimiento, meteorología de la zona donde se encuentra, grado de nutrientes disponibles en el suelo, grado de desarrollo funcional y trabajo de las raíces, humedad del suelo y producción de aceitunas. Para poder emplear el análisis foliar como indicativo de estado nutritivo del olivo es necesario establecer unos umbrales fijos de concentración de nutrientes (Cuadro 3)

Elemento	Deficiente	Bajo	Adecuado	Alto	Tóxico
Nitrógeno, N (%)	<1,4	1,4-1,49	1,5-2,0	>2	-
Fósforo, P (%)	<0,05	0,06-0,09	0,1-0,3	-	-
Potasio, K (%)	<0,4	0,4-0,79	>0,8	>1	-
Calcio, Ca (%)	<0,3	0,31-0,99	>1	-	-
Magnesio, Mg (%)	<0,08	0,08-0,1	>0,1	-	-
Manganeso, Mn (ppm)	-	-	>20	-	-
Zinc, Zn (ppm)	-	-	>10	-	-
Cobre, Cu (ppm)	-	-	>4	-	-
Boro, B (ppm)	<14	15-18	19-150	-	185
Sodio, Na (%)	-	-	-	-	>0,2
Cloro, Cl (%)	-	-	-	-	>0,5

Cuadro 3 Concentraciones críticas de nutrientes de la hoja de olivo en el mes de julio (Elaborado a partir de datos recopilados de Fernández et al., 2001 y Hidalgo et al., 2008)

Lo más importante para la fiabilidad del análisis foliar es la fecha de muestreo y procedimiento que se realice para tal fin. Dado a que las concentraciones en hoja no son estables en el ciclo anual, se han de tomar las muestras en épocas que sean constantes, como son el mes de julio y el reposo invernal. Se deben tomar de 2 a 4 hojas por árbol sano (Si presenta síntomas de deficiencias o enfermedades se deberá realizar en un muestreo distinto) hasta completar una muestra de 100 hojas, para luego meterlas en una bolsa de papel, conservarlas en una nevera portátil para remitir al laboratorio. Se han de tomar hojas de la parte media hacia el ápice, de altura media del árbol y de todas las orientaciones, deben estar totalmente extendidas y contener el peciolo.

La interpretación del análisis ha de ser complementadas con una inspección visual del cultivo, dado a que en el caso del hierro, no se detecta en el análisis foliar.

Deficiencias nutricionales

- **Nitrógeno:** la falta de nitrógeno se manifiesta por una clorosis en la lámina de la hoja, provocada por una falta de clorofila (figura 11). Para su corrección se recomienda la aplicación de 0.5- 1 kg de abono nitrógeno por árbol.



Figura 11 hojas con carencia de nitrógeno (derecha) frente a hojas sin ninguna carencia (izquierda) (Fernández et al. 2001)

- **Fósforo:** La carencia en fósforo no es frecuente y ocurre cuando en el suelo es pobre en fosforo asimilable por el olivo (Hidalgo et al. 2008). Se manifiesta por un enrojecimiento del limbo foliar e intensas defoliaciones en las ramas antiguas (figura 12). Podrá aplicarse 0,5 kg/árbol de superfosfato para compensar dicha carencia.



Figura 12 Rama de olivo con carencia de fósforo (Hidalgo et al. 2008)

- **Potasio:** los efectos de la deficiencia de potasio a nivel visual son una clorosis en la punta de la hoja que se incrementa con el tiempo, le da una tonalidad amarillo bronceada a la hoja y por último provoca defoliación (figura 13)(Guerrero y Jiménez 1999). El origen de la deficiencia en potasio en el olivo son los suelos carentes en potasio, temperatura de la tierra, grado de humedad del suelo, productividad del árbol e interrelación con calcio y magnesio. La corrección de carencias en potasio demora bastante tiempo, aconsejándose aplicar 1-3 kg potasio/árbol en varias aplicaciones diluidas y frecuentes. Se empleará sulfato potásico si es una plantación de regadío, mientras que en secano se empleará nitrato potásico del 1-3% o bien sulfato potásico soluble al 4%.



Figura 13 Rama y hojas de olivo con carencia de potasio (Hidalgo et al. 2008) y (Montes, 2014)

- Hierro:** esta deficiencia se manifiesta con una clorosis internerval en hojas jóvenes, reducción del crecimiento de brotes y una reducción de la producción (figura 14)(Guerrero y Jiménez 1999). No es posible diagnosticar esta deficiencia con el muestro foliar, por que las concentraciones de hierro en hoja pueden ser iguales o mayores que en hojas normales. La causa de esta deficiencia suele ser el establecimiento del árbol sobre suelo calizo, el cual hace que el hierro no sea asimilable, o bien, si el olivar está regado con aguas ricas en bicarbonatos (Hidalgo et al. 2008). Para la corrección de la clorosis férrica lo más efectivo es la inyección en el tronco de sulfato ferroso, la aplicación de quelatos de hierro por riego, o bien espolvoreado en las proximidades del tronco si el olivar es de secano (Hidalgo et al. 2008). No será efectivo el uso de fertilización foliar en el caso del hierro, dado a que la permanencia del abono es muy corta, debido a la poca estabilidad frente a la luz (Hidalgo et al. 2008).



Figura 14 (Izq.) Hojas de olivo con carencia de hierro o clorosis férrica (Hidalgo et al. 2008); (Der.) olivo con síntomas de clorosis férrica (Fernández et al. 2001)

- Boro:** la carencia en boro se presenta como clorosis apicales, en los márgenes, surgimiento de gran número de brotes laterales "escoba de bruja" y deformaciones en frutos (figura 15). Las principales causas de la deficiencia en boro son la sequía y los suelos calizos con pH elevado. Sin embargo Hidalgo afirma que la deficiencia se produce en suelos ácidos y/o arenosos y pobres; además este elemento suele encontrarse en el agua de riego de manera suficiente. Será indispensable la realización del análisis foliar antes de cualquier tratamiento correctivo de la carencia, dado a que el abuso en la aplicación de boro, es tóxico para el árbol. El tratamiento más común es la aplicación al suelo

de 25-40 gramos/árbol ; así como una fertilización foliar de 0.1% en boro previa a la floración. Hidalgo recomienda aplicación foliar de borato sódico al 0.5% de disolución, 30 días antes de la floración.

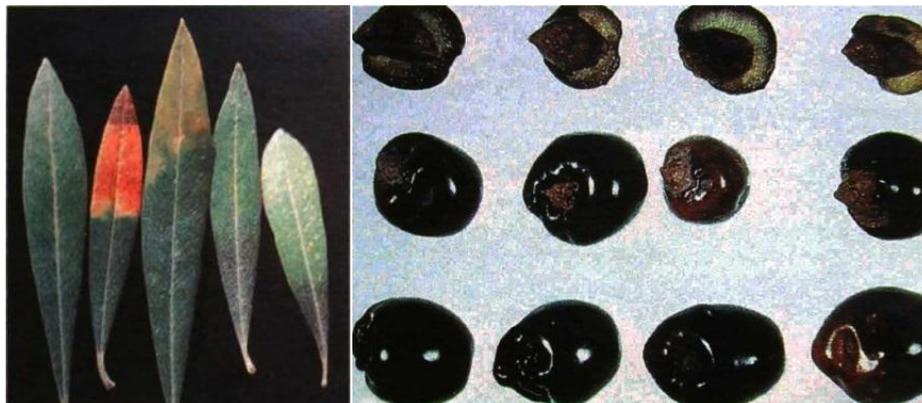


Figura 15 (Izq.) carencia de boro en hojas, (Der.) carencia de boro en frutos (Hidalgo et al. 2008)

- **Calcio:** La carencia en calcio se revela como clorosis en la zona apical de las hojas, coloraciones amarillo-anaranjadas en hojas antiguas con partes necrosadas y bordes rasgados (figura 16) (García, 2010). Es complicado encontrar deficiencias de calcio en suelos calizos, sin embargo en suelos ácidos se puede presentar dicha carencia, lo que provoca un menor crecimiento de los árboles y alterar la firmeza de la pulpa de la aceituna. Un excedente de calcio provocará deficiencias en potasio y magnesio. La corrección de la carencia de calcio se realizará encalando el suelo según el análisis de suelo del olivar.



Figura 16 carencia de calcio en ramo de olivo (Montes , 2014)

- **Magnesio:** Dicha carencia se expresa como una transición de zonas cloróticas desde el ápice hasta la base (García 2010). La carencia de magnesio es muy infrecuente que se presente y suele estar provocada por exceso de abonado en potasio, calcio o amonio. Si el olivar es de regadío este elemento suele estar en el agua de riego, por lo que no se deberá suministrar por otras vías. Sin embargo si presenta deficiencias en magnesio se podrá aplicar una fertilización foliar con sulfato de magnesio ó nitrato de magnesio a 0,5-0,7% (Hidalgo et al. 2008).
- **Zinc:** este elemento podrá presentar carencias en suelos ácidos sueltos y lavados o bien en los alcalinos, sin embargo, suele estar presente en el suelo en

cantidades suficientes. La carencia en zinc suele estar provocada por un exceso en la fertilización nitrogenada y de fósforo, Se manifiesta por una disminución del tamaño de los entrenudos, hojas y exceso de brotación lateral (figura 17). Su corrección se realizará aplicando foliarmente zinc quelatado a principios de primavera (Hidalgo et al. 2008).



Figura 17 Ramos con carencia en zinc (Hidalgo et al. 2008)

Poda

La poda es el procedimiento por el cual se altera la configuración natural de los árboles, con el fin último de conseguir la máxima producción. Con la elección del corte de ramas, se pueden favorecer o penalizar determinados crecimientos del olivo, para lograr una forma apropiada al manejo del olivar. El corte recomendado es la eliminación de ramas o ramos desde la base, no siendo recomendable despuntar (Medina y Perdomo, 2014). Con esta operación se busca el balance entre crecimiento y producción de aceitunas, mejorando la etapa productiva del árbol y postergando la senescencia. Se perseguirá con la poda mejorar la accesibilidad de los árboles, conformar estructuras firmes que soporten el peso de la cosecha, que ofrezcan resistencia al viento y aclarar la frondosidad dentro de la copa para facilitar la aireación y la impregnación de los tratamientos (Medina et al., 2014).

La severidad de la poda estará adaptada al periodo en que se encuentre el olivo, siendo poco severas en el periodo improductivo, ligeramente severas en el periodo adulto e intensas y eventuales en la senescencia.

Para llevar a cabo la operación de la poda es recomendable realizar secciones limpias, resguardar los cortes con masilla o producto antifúngico, esterilizar las herramientas regularmente, quemar los restos de árboles enfermos (podados al final) y usar equipos de protección individual para evitar riesgos laborales (Medina et al., 2014).

Poda de formación

Esta poda tiene dos propósitos importantes; por un lado la conformación de las ramas principales que sostendrán al olivo, acorde con el marco de plantación, como también facilitar la mecanización total del olivar. Esta poda se efectúa en la etapa improductiva juvenil del olivo (Pastor et al., 1998).

- **Poda de formación en el vivero:**

Pueden recibirse las plantas para plantación con dos formatos: 1. estacones o garrotes arraigados en bolsas de polietileno y 2. estaquillas semileñosas prendidas bajo nebulización. Para formar árboles de un solo tronco se deben utilizar olivos jóvenes, en desarrollo y con un solo eje de crecimiento, para ello se debe eliminar todas las ramificaciones vigorosas por debajo del metro de altura, dejando hojas y ramificaciones cortas. Se elegirá el tallo más desarrollado cuando la planta se recepcione con varios troncos, suprimiendo el resto. Se suprimirán regularmente los brotes por debajo de 1 metro para mantener el olivo con un solo pie, no despuntado de ningún modo el pequeño árbol (Medina et al., 2014).

Una vez en campo será muy importante un entutorado duradero, y dirigido a los vientos dominantes para sostener al pequeño olivo (Medina et al., 2014).

- **Poda de formación en plantaciones tradicionales:**

Los más usados son: a un tronco con dos palancas, de candelabro, con dos pies (dos estacas leñosas en el mismo hueco), vaso policónico (cada rama primaria forma su cono), de vaso o en redondo, de armazón, de cilindro bajo, sin tronco y palmeta libre (figura 18).

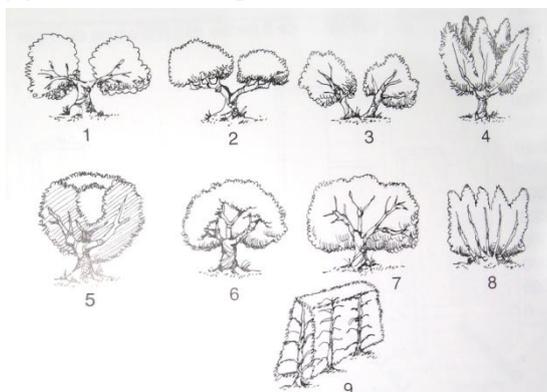


Figura 18 formas de poda en olivo. 1: con un tronco y dos palancas, 2: candelabro, 3: con dos pies, 4: vaso policónico, 5: vaso o en redondo, 6: armazón, 7: cilindro bajo, 8: sin tronco, 9: palmeta libre. (Fernández et al. 2001 tomado de Pansiot y Rebour, 1961)

El olivo se adaptará mejor a las formas de poda simples, reduciendo los costos de la poda y consiguiendo mejores rendimientos. La forma de varios troncos llamada estaca o garrote es la más usual en los olivares tradicionales andaluces. Las formas de un solo tronco más comunes son: Vaso cónico invertido, vaso cónico cilíndrico, vaso troncocónico, vaso policónico y globo (figura 19).

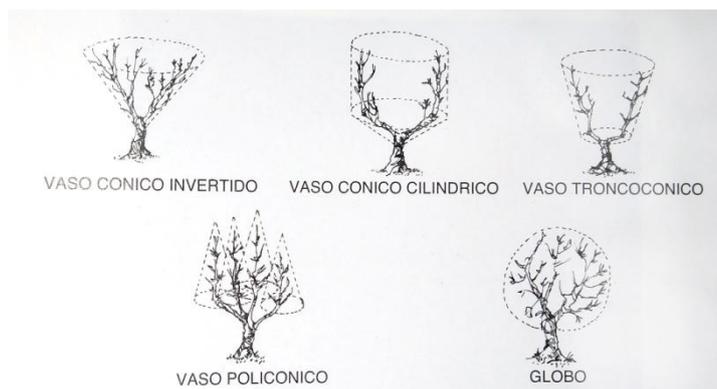


Figura 19 poda de formación a un solo tronco (Fernández et al. 2001)

- **Poda de formación en plantaciones intensivas:**

En este tipo de plantaciones se buscará una poda que consiga aprovechar eficientemente la radiación solar y el espacio, evitando sombreamientos, dada la alta densidad de plantación. Para ello, la poda a un solo tronco es la más adecuada y facilita la recolección con vibradores de tronco. Se recomiendan dos formas de la copa del olivo: en España en forma de vaso libre y en Italia en forma de monocono.

Poda de producción

Con este tipo de poda se conseguirá mejorar la iluminación, aireación y aminorar la ocurrencia de plagas y enfermedades. El momento idóneo para realizarla es tras la recolección de la cosecha (Medina et al., 2014).

- **Poda de producción en secano:**

Cuando se termina la etapa de formación, la poda procurará optimizar la iluminación y aireación en el interior de la copa, para conservar las ramas sombreadas y las hojas expuestas a la luz. Cobra especial importancia que los olivos no sobrepasen el volumen óptimo de copa, dado que afecta desfavorablemente al volumen del fruto, rendimiento graso, uniformidad y cantidad de cosecha. Un elevado volumen de copa consumirá rápidamente las reservas de agua en el terreno en el verano (máxima exigencia evaporativa), y la escasez hídrica perjudicará el desarrollo del fruto, o provocará desprendimientos de frutos en casos de déficits excesivos.

Para evitar un volumen de copa desmedido se podrá emplear una poda rigurosa, lo cual proporcionará mayores reservas de agua en el suelo en momentos delicados como el endurecimiento del hueso, lo que repercutirá positivamente en el tamaño del fruto. Aunque la obtención de aceite por olivo mejore en torno al 13% en olivares podados severamente, el agricultor deberá mantener la estabilidad ideal entre crecimiento vegetativo y productivo.

- **Poda de producción en regadío:**

En regadío es factible conservar plantaciones con amplias copas, reduciendo la magnitud de la poda o espaciándolas, dada la mayor capacidad productiva de

estos olivares. En este caso se deberán remover ramas cercanas al suelo por su escasa iluminación y calidad de fruto.

Poda de renovación o rejuvenecimiento

Al final de su etapa productiva el olivo presentará síntomas de senescencia como son la vejería, aceitunas pequeñas, limitado desarrollo vegetativo anual, hojas reducidas y ramos carentes de hojas. El modo de renovar la copa es de forma gradual y constante. No se recomienda no rebajar el volumen de copa más del 20% en cada poda de rejuvenecimiento para no perder demasiada producción (Medina et al., 2014).

La madera antigua posee numerosas yemas latentes que con los estímulos adecuados se transformarán en brotaciones robustas que podrán reconstituir el olivo. En el caso de que las brotaciones no sucedan, se podrá practicar un corte de arroje, que consiste en seccionar con motosierra una rama principal unos centímetros sobre la zona de unión con el tronco. Si el olivo se encuentra inactivo vegetativamente, es probable que no reaccione al corte de arroje, para lo cual se recomienda refrescar preliminarmente, realizando una poda de rebaje quitando chupones y troncos gruesos.

Si el olivo está formado a un solo tronco las ramas de transformación se crearán encima de las ramas principales, creándose ramas secundarias.

En zonas idóneas para el cultivo del olivo, se podrá rejuvenecer de manera radical la copa del olivo mediante el afrailado, consistente en el corte bajo la inserción de las ramas principales. Se regenerará la copa del olivo al completo, pero es poco apropiado para zonas con suelos de fertilidad insuficiente y regiones o años secos, por el peligro de menguar definitivamente su vitalidad.

Para olivos centenarios o con una altura considerable y volumen de copa desmedida se podrá cortar el tronco principal y las ramas principales a una altura de 4 metros para que sea accesible. Después de que broten las ramas principales, es esencial no efectuar poda ninguna mientras se reconstituye la copa nuevamente y se consiguen árboles productivos. A los olivos rejuvenecidos se les efectuará al cabo de 4 o 5 años, primero una poda de formación ligera, y después sucesivas podas de producción. Estas operaciones devolverán la productividad al árbol, sin embargo, podrían plantear problemas para la mecanización.

Poda mecánica

En la poda mecánica los cortes se llevan a cabo con una máquina de discos rotativos acoplada a un tractor, que se desplaza por la mitad de las filas a un ritmo uniforme. Los olivos se seccionarán de manera indistinta perpendicularmente o de forma sesgada, dependiendo de la forma deseada.

En las plantaciones de regadío, los resultados son muy satisfactorios, superando la producción promedio a los olivos podados tradicionalmente. Aún así, la poda manual de madera muerta, chupones y tocones es ineludible, dado el riesgo de pérdida de producción si estos órganos indeseables se mantuviesen.

El empleo de este tipo de poda será factible en: poda de producción, en plantaciones intensivas para adecuarlas al paso de maquinaria y en podas drásticas de

rejuvenecimiento. Es recomendable abandonar las podas mecánicas en etapas de 3 o 4 años para permitir la regeneración del olivo.

El problema de este método de poda es la complejidad de la recolección manual, problema que se soluciona desenmarañando manualmente, o con recolección mecánica directamente.

Mecanización

La mecanización de un olivar implica un incremento del rendimiento de la mano de obra, al disminuir el tiempo necesario por labor.

La mecanización de las explotaciones olivareras, depende de distintas circunstancias:

- **Circunstancias estructurales:** dimensiones del olivar (cuanto mayor sea, los costes por olivo disminuyen), clase de máquinas y dimensiones adecuadas, meteorología (condiciona la clase de máquina a emplear por su accesibilidad) y clase de suelo (incide de manera importante a la potencia necesaria para la labranza).
- **Circunstancias agronómicas:** el marco de plantación determinará la clase de máquina que se usará y sus medidas en la fase de diseño. La cantidad de pies por olivo será determinante para la mecanización, sobre todo de la recolección.
- **Circunstancias técnicas:** clase de tractor y aperos a precios accesibles, y posibilidad de obtención de repuestos y servicio técnico.
- **Circunstancias económicas:** organización de las propiedades, costos y disponibilidad de mano de obra.

Para la mecanización de una explotación será recomendable disponer de un registro de implementos de tractor y máquinas necesarias para cada labor a realizar (tabla 8 y figura 21).

Tabla 8 Mecanización de las labores más frecuentes del olivar

Tarea	Maquinaria	Foto
Tratamientos foliares	Atomizador o cuba con mangueras	1 y 2
Tratamientos herbicidas	Cuba + barra	3
Poda	Motosierra	4
	Podadora de discos	5
Hilarar ramón	Hileradora	6
Triturar ramón	Trituradora y Picadora	7 y 8
Abonado del suelo	Abonadora centrífuga	9
Incorporación de restos. Descompactación del suelo	Cultivador	10
Laboreo superficial Pases cruzados	Vibrocultivador	11
Laboreo superficial Pases cruzados	Grada de púas	12
Recolección mecanizada	Vibrador de tronco	13
	Máquina cosechadora olivar superintensivo	14
Preparación suelos recolección	Rulo	15
Limpieza de hojas suelo	Sopladora	16

(Fernández et al., 2001)

La recolección de la aceituna es la tarea principal, y por lo tanto es la que constituye más del 50% de los costes de la explotación del olivar.

Para la recolección tradicional de la aceituna se utiliza la técnica denominada vareo, que consiste en golpear lateralmente las ramas para derivar la aceituna sobre una manta o malla (figura 20).



Figura 20 Recolección tradicional de la aceituna mediante vareo sobre malla
(Fernández et al., 2001)



Figura 21 Maquinaria más utilizada en el olivar mecanizado (Fernández et al., 2001)

Plagas y enfermedades y accidentes

En las Tablas 9,10 y 11, se resumen las principales plagas y enfermedades, así como las medidas de control usuales.

Tabla 9 Principales plagas en el cultivo del olivo

PLAGAS					
Nombre	Nombre científico	Importancia	Daños	Época	Control
Mosca del olivo	<i>Bactrocera oleae</i> Gmel.	Plaga más importante	Fruto	Desde cuajado hasta recolección	Trampeo masivo cromático y sexual, cebos con piretroide, insecticidas organofosforados de alta penetración y refuerzo de hongos entomopatógenos
Prays o polilla del olivo	<i>Prays oleae</i> Bern.	Segunda plaga en importancia	hoja, fruto y sobretodo flor	Inicio de floración	Trampas con feromonas sexuales para monitoreo, aplicación de bacillus thuringiensis var. Kurstaki y insecticidas.
Cochinilla de la tizne	<i>Saissetia oleae</i> Bern.	Daño directo limitado	Hojas y brotes, favorece la negrilla	de Mayo a Septiembre	Tratamientos insecticidas, condiciones ambientales adversas (calor y viento seco)
Parlatoria o cochinilla violeta	<i>Parlatoria oleae</i> Colvee.	Daño directo limitado	Ramas, hojas y frutos	de Abril a Junio y de Julio a Agosto	Tratamientos insecticidas, condiciones ambientales adversas (calor y viento seco)
Serpeta	<i>Lepidosaphes ulmi</i> Linn.	Daño directo limitado	Hojas y ramas	Marzo-Abril, Junio-Julio y Agosto-Septiembre	Tratamientos insecticidas, condiciones ambientales adversas (calor y viento seco)
Barrenillo del olivo	<i>Phloeotribus scarabaeoides</i> Bern.	Plaga importante si alcanza altas poblaciones	Hojas, inflorescencias, frutos y sobretodo ramas	de Febrero a Mayo y de Junio a Septiembre	Tratamientos insecticidas organofosforados, uso de palos-cebo y quemado o retirada de restos e poda
Barrenillo negro del olivo	<i>Hylesinus oleiperda</i> F.	Daño directo limitado	Brotes y ramas	de Mayo a Octubre	Tratamientos insecticidas organofosforados
Polilla del jazmín glifodes	<i>Margaronia unionalis</i> Hübn.	Daño directo limitado en olivar adulto, pero puede causar daño importante en plantaciones o vivero	Hojas y fruto	de Mayo a Noviembre	Tratamientos insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides
Abichado o euzofera	<i>Euzophera pingüis</i> Haw.	Daño directo limitado en olivar adulto, pero puede causar daño importante en vivero o injertos	Ramas y troncos	Marzo-Abril y Septiembre- Octubre	Tratamientos insecticidas con aceite aplicado con brochas, mochilas o pistolas de baja presión
Acariosis o sarna	<i>Aceria oleae</i> Nalepa.	Daño directo limitado en olivar adulto, pero puede causar daño importante en plantaciones o vivero	hojas tiernas, inflorescencias y frutos	Todo el año, siendo más grave en Mayo-Junio	Tratamientos acaricidas o mismos tratamientos químicos usados contra prays
Algodón del olivo	<i>Euphyllura olivina</i> Costa.	Daño directo limitado, siendo muy raro el caso que produzca problemas (más de 10 insectos/inflorescencia)	Inflorescencias y yemas	de Marzo a Mayo y de Septiembre a Noviembre	Tratamientos insecticidas organofosforados
Otiorrinco o escarabajuelo picudo	<i>Othiorrhynchus cribricollis</i> Gyll.	Daño directo limitado en olivar adulto, pero puede causar daño importante en plantaciones	Hojas, ramos jóvenes, brotes y raíces (daño despreciable)	De Junio a Agosto	Tratamientos insecticidas nocturnos, bandas pegajosas en el tronco y tratar el pie del olivo con productos por ingestión
Gusanos blancos o gallina ciega	<i>Melolontha papposa</i>	Daños importantes en plantaciones de goteo en terreno arenoso	Raíces	De invierno a primavera del 3º año	Insecticidas en el agua aplicada
Arañuelo del olivo	<i>Liothrips oleae</i> Costa.	Daño directo limitado	Hojas, ramas, brotes y frutos	De Abril a Octubre, Teniendo una parada en Julio y Agosto	eliminación de refugios con la poda y tratamientos insecticidas organofosforados y piretroides
Mosquito de la corteza	<i>Reseliella oleisuga</i> Targ toz.	Daño directo limitado	Tallos	De Primavera a Verano	Aplicar pasta cicatrizante después de la poda, varear correctamente y tratamients insecticidas

(Fernández et al., 2001)

Tabla 10 enfermedades fúngicas de la zona aérea del olivo

ENFERMEDADES							
Tipo	Nombre	Nombre científico	Importancia	Daños	Sintomatología	Etiología y epidemiología	Control
MICOSIS AEREA	Repilo	<i>Spilocaea oleagina</i>	Enfermedad fúngica más importante	Intensa defoliación del árbol	Manchas circulares marrones con halo amarillo en el haz de la hoja	Conidióforos que producen esporas asexuales, dispersadas por la lluvia. Condiciones ambientales óptimas HR>98% y Tº óptima 15°C. Tiempo de incubación de 2 a 15 semanas.	Medidas culturales que mejoren la aireación, no abuso de fertilización nitrogenada ni potásica y elección de variedades más resistentes. Aplicación preventiva de productos cúpricos, o mezclas de cobre con fungicidas orgánicos
	Aceituna jabonosa	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	En condiciones favorables en Portugal e Italia considerada la enfermedad más importante. En las zonas húmedas de España puede alcanzar pérdidas del 40% de producción	Frutos, Hojas y Brotes.	Podredumbre apical, pérdida de peso y caída prematura de frutos, manchas necróticas, depresiones redondeadas de color pardo, deshidratación hasta quedar momificados pérdida de calidad del aceite; manchas necróticas, defoliación, desecación de hojas y brotes	En aceitunas forma conidiomas acervulares, con conidias unicelulares, hialinas, elipsoidales que germinan produciendo apresorios globosos de color marrón. Aceitunas momificadas que caen al suelo o que permanecen en el árbol; ramas afectadas: inóculo primario. Requiere: HR>90%, Tº 10-30°C (siendo la Tº óptima: 20-26°C), lluvia para la separación de conidias de los acérvulos y dispersión, aceitunas mojadas para germinar, la presencia de heridas le ayuda, sobre todo las producidas por la mosca del olivo, que además lo dispersa. Enfermedad que se produce en Otoño.	Medidas culturales: Favorecer aireación, eliminar aceitunas momificadas, adelantar recolección y variedades poco susceptibles en zonas afectadas. Susceptibilidad varietal afectada por ataques de mosca del olivo. Tratamientos: fungicidas cúpricos o mezclados con fungicidas orgánicos, mojando bien los frutos antes de las lluvias de otoño. Tratamiento coincidente con el de repilo, repetidos si el otoño es lluvioso y en variedades tardías. Zonas con ataques contra ramas se deben retirar las ramas afectadas y usar fungicidas sistémicos mezclados con fungicidas protectores (cúpricos)
	Emplomado	<i>Pseudocercospora cladosporioides</i>	Poco importante	Frutos y Hojas. Intensa defoliación, debilitamiento del árbol, caída de frutos y pérdidas en calidad del aceite	Manchas cloróticas en el haz de las hojas, en el envés manchas difusas grises o plomizas, donde el hongo esporula. En fruto lesiones redondeadas de color marrón y depresiones, que al madurar adquieren colores grises o azulados con halo amarillento en ocasiones. En otros cultivares las lesiones son más extensas y menos deprimidas	Los estomas se desarrollan en tejidos necrosados, que en tiempo húmedo emergen rompiendo la epidermis y producen dos masas de conidias. EL hongo se desarrolla en hojas más viejas y en hojas caídas. Los ataques en el fruto son más comunes en años con abundantes lluvias al final del verano.	Las medidas para controlar el emplomado son las mismas que para el repilo, prestando especial atención a las hojas caídas ya que son fuente de conidias.
	Negrilla	<i>Capnodium elaeophilum</i>	Poco importante	Hojas, Ramas, Troncos y en ocasiones en Fruto. Si el ataque es intenso el vigor del olivo disminuye	Capa negra constituida por micelios y esporas	Viven de forma saprofítica usando sustancias azucaradas producidas por la cochinilla de la tizne (<i>Saissetia oleae</i>) o por el propio árbol en condiciones de estrés. Una elevada humedad relativa y temperaturas suaves aumentan la severidad del ataque, siendo estos más graves en otoño o primavera en zonas bajas y húmedas.	Para el control de la negrilla se recomienda luchar contra la cochinilla y para evitar la exudaciones del árbol se realizará un poda de aclareo para mejorar la ventilación. Si el ataque es muy intenso deberá tratarse con fungicida
	Escudete	<i>Camarosporium dalmaticum</i>	Poco importante	Fruto	Lesiones necróticas redondeadas de 3-6 mm de diámetro con el centro deprimido y borde elevado y oscuro. A veces deshidrata el fruto de forma parecida a la aceituna jabonosa	Los puntos de color negro son picnidios que necesitan lluvia para provocar su salida y dispersarse mediante las gotas de agua. Se ve favorecida por las heridas en los frutos provocados por ataques de mosca del olivo	Controlar la mosca del olivo y con el tratamiento contra el repilo, se limitan los ataques
	Lepra	<i>Phlyctema vagabunda</i>	Poco importante	Fruto (en Hojas y Ramas causan un daño despreciable)	Lesiones necróticas redondeadas con el centro deprimido y borde elevado y oscuro. A veces deshidrata el fruto de forma parecida a la aceituna jabonosa	Ciclo similar a la aceituna jabonosa (las heridas la favorece, infecciones latentes). La fase epidémica importante ocurre en otoño con lluvias y temperaturas suaves.	Lucha con los mismos métodos que contra la aceituna jabonosa
	Otras podredumbres de fruto	<i>Fusarium, Alternaria, Cladosporium, etc.</i>	Poco importante	Frutos, se ve afectada la calidad del aceite	Aceitunas afectadas en avanzados estados de madurez con podredumbres	Hongos saprófitos que habitualmente se encuentran en la micoflora de las hojas, frutos y suelo.	Evitar daños en la aceitunas y reducir el tiempo de atrojado.
	Cancros	<i>Eutypa lata, Phoma incompta, Diplodia sp.</i>	Poco importante	Ramas	Desecación apical y muerte de ramas	Relacionado con infecciones radicales	Control de micosis radicales, Evitar el encharcamiento
	Caries del tronco	<i>Fomes, Phellinus, Polyporus, Stereum, etc.</i>	No se considera importante	Ramas y troncos de árboles viejos	Podredumbre blanca de la madera de consistencia esponjosa. Bultos en ramas que son cuerpos fructíferos. Destrucción de grandes zonas leñosas, pérdida de vigor y aceleración del envejecimiento.	Basidomiceto poliporáceo que degrada lignina. Accede por heridas de poda u otra índole, y se propaga a través de sus cuerpos fructíferos (ménsulas o costras)	Medidas preventivas: cortes de poda lisos e inclinados, desinfección de las herramientas, eliminación de los cuerpos fructíferos del hongo y cortar madera afectada. Tratar con fungicidas y cubrir con mastique. Si el ataque es grave se debe arrancar y renovar los olivos.

(Fernández et al., 2001)

Tabla 11 Enfermedades fúngicas de la raíz, virus, bacterias, nematodos y plantas parásitas en el olivo y *Xylella fastidiosa*

ENFERMEADES							
Tipo	Nombre	Nombre científico	Importancia	Daños	Sintomatología	Etiología y epidemiología	Control
MICOSIS RADICALES	Verticilosis	<i>Verticillium dahliae</i>	Enfermedad muy importante en olivares jóvenes	Ramas, inflorescencias y raíces	Apoplejía: Muerte rápida de las ramas o del árbol completo Decaimiento lento: desecación y momificado de las inflorescencias	Reproducción asexual por conidias, que producen microesclerocios que soportan condiciones ambientales difíciles. Dispersión por: movimientos de suelo infectado, aperos y herramientas, agua de riego y material vegetal infectado.	No cultivar en suelos infectados, material de plantación sano, Cultivares resistentes, rotación de cultivos antes de plantar, abonado en verde de gramíneas, eliminar arvenses, impedir la dispersión de hojas, defoliación : solarización, (Bromuro de metilo, cloropicrina, Metam-sodio: PROHIBIDOS).
	Podredumbre de raíces gruesas	<i>Armillaria, Rosellinia, Omphalotus</i>	Poco importante excepto en suelos encharcados	Raíces	Necrosis radical, desecación de ramas, chancros, pérdidas de vigor y muerte	Diversas etiologías y epidemias	Evitar encharcamientos mediante drenaje, subsolado, no realizar hoyos profundos ni pocetas, plantar en caballones
	Podredumbre de raicillas	<i>Phytophthora, Cylindrocarpon, Fusarium, etc.</i>	Poco importante excepto en suelos encharcados	Raicillas y si permanece el suelo encharcado, en raíces y cuello	Ocasional necrosis "pelando" las raicillas, se extiende por el sistema radical, detiene el crecimiento, amarilleamiento y caída de hojas, desecamiento apical, marchitez y muerte	Patogenicidad solamente en suelos encharcados. Una vez afectada la planta no tendrá posibilidad de recuperarse por el ataque de raicillas nuevas	Evitar encharcamientos mediante drenaje, subsolado, no realizar hoyos profundos ni pocetas, plantar en caballones
BACTERIOSIS	Ébola del olivo	<i>Xylella fastidiosa pv. Pauca</i>	Enfermedad más importante (Patógeno de Cuarentena en UE)	Destrucción de hojas, ramas y árbol	Chamuscado de las hojas, secado de ramas y muerte de la planta	Transmitida por hemipteros (sobre todo el cicadélido <i>Philaenus spumarius</i>) chupadores del xilema de una planta a otra. Bacteria termófila que beneficia las altas temperaturas (25-28°C)	Diagnóstico temprano, impedir la introducción de plantas afectadas, arrancado de árboles infectados, control químico de insectos, poda de ramos enfermos y investigación de variedades resistentes y biocontrol.
	Tuberculosis	<i>Pseudomonas savastanoi pv. Savastanoi</i>	Pérdidas del 1,3% de la cosecha en España	Troncos, ramas, brotes y frutos	Tumores o agallas de varios cm de diámetro. En las cavidades de los tumores la bacteria forma ácido indolacético y citoquininas, y allí sobrevive de una estación a otra	Produce exudados que al lavarse con la lluvia dispersa el patógeno. Tiene una fase resistente o epífita en partes aéreas. Zonas de infección: heridas de caída de hojas, insectos, heladas, granizo, poda y vareo. Dispersión a gran distancia por material vegetal, y a cortas distancias por herramientas, pájaros o mosca del olivo. Temperatura para infección :4-38°C Tº óptima: 23-24°C. Tiempo desarrollo: 10-14 días (Primavera-Verano) Zonas con riesgo alto: Abundantes lluvias en primavera con heladas tardías o granizo	Elección de cultivares resistentes (por lo general resistente al frío, escasa incidencia de tuberculosis). Eliminar tumores podando en tiempo seco y desinfectando la herramienta. Prevención: fertilización adecuada, riego de apoyo, control de plagas y enfermedades defoliantes. Tratamientos: mezcla de antibióticos: estreptomycin y terramicina aplicada en tumores jóvenes, violeta de genciana, caldo bordelés (acción bactericida, usado si hay riesgo de heladas o granizo, o después de que se produzcan) y fungicidas cúpricos usados contra repilo (reducen la fase resistente).
VIROSIS	Malformaciones, Amarillez	<i>Virus no identificados</i>	Importancia insignificante	Hoja, corteza y fruto	Malformaciones, amarilleamiento, parálisis parcial, esferosis y falcemia en hojas. Agrietamiento de la corteza, viruela y joroba de aceituna	Se desconoce	No utilización de árboles con síntomas en propagación
	Infecciones latentes, Amarillez	<i>Nepovirus, Cucumovirus, Oleavirus, Potexvirus, Capillovirus, Tomabovirus, Closterovirus y Fitoplasma</i>	Importancia insignificante	Hojas	Anillos latentes del olivo, mosaico de la arabis, enrollado foliar, mosaico del pepino, amarilleo	Infecciones latentes sin pérdida de vigor ni producción. Desconocimiento del ciclo y vectores de transmisión	Material de plantación libre de virus
NEMATÓDOS	Nódulos/ Lesiones radicales	<i>Meloidogyne, Pratielenchus, Helicotylenchus y Tylenchulus.</i>	Poca importancia	Raíces y raicillas	Pérdida de vigor, retraso en el crecimiento y decaimiento general	Nodulos radicales, lesiones corticales radicales, necrosis radicales y muerte de raicillas absorbentes	No se aplican medidas de lucha específica. La mejora de la fertilidad del suelo limita el ataque
FANEROGAMAS	Muérdago, Marojo, Cuscuta	<i>Viscum, Cuscuta</i>	Escasa importancia	Ramas y plantones de vivero	Planta que cubre el olivo,	Penetra en la planta huésped con raicillas (halustorios) con los que extraen la savia, dependiendo total o parcialmente del huésped	Destrucción de planta parásita y eliminación de ramas afectadas

(Fernández et al., 2001) (Palacio, 2017).

Accidentes climatológicos

Los daños por la climatología dependerán de la zona donde se establezca el olivar, siendo los daños por heladas frecuentes en zonas frías y por sequía, golpes de sol y vientos cálidos frecuentes en zonas cálidas.

Heladas o Bajas temperaturas

El olivo tiene resistencia parcial al descenso de temperaturas, dado a que cuando exceden los umbrales de resistencia provocan la muerte de ramas, brotes e inclusive el árbol entero, sin quedar afectado el cuello.

Los frutos se arrugan debido a la congelación, quedando los pedúnculos marrones, lo cual repercute empeorando la calidad del aceite. Los daños en hojas tiernas son más pronunciados, pasando a tener un color verde pálido y curvándose hacia el envés con fríos ligeros; fríos intensos ocasionan necrosis apicales; y heladas severas congelarán brotes, secará las hojas totalmente quedando adheridas, de forma parecida a la verticilosis, pero con color más oscuro. En tallos y ramas producirán fisuras en la corteza, dañando el cambium y favoreciendo la infección de la bacteria de la tuberculosis.

Heladas primaverales u otoñales afectarán peligrosamente al olivo, dañando tallos y ramas primarias.

La tolerancia al frío dependerá del momento del ciclo en el que se encuentre el olivo:

- En reposo invernal resiste el frío adecuadamente con umbrales de resistencia amplios (-10°C para hojas y -15°C para troncos), produciendo daños ínfimos
- En desarrollo vegetativo los umbrales de resistencia se reducen (-5°C para hojas)

Cuanto más joven sea el olivo más afectable será a las heladas

Humedad del suelo

El olivo es muy susceptible al encharcamiento, pero se repone rápidamente si ocurre durante un breve espacio de tiempo. Si el encharcamiento es prolongado provocará la muerte del árbol por falta de aireación de las raíces. El encharcamiento favorece la aparición de enfermedades fúngicas de las raíces, siendo más sensibles los árboles jóvenes. Los síntomas del exceso de agua, son: parada de crecimiento, clorosis foliar extendida, caída de hojas y frutos.

No obstante, en condiciones de sequía prolongada se producen muertes de ramas o de olivos enteros, constituyendo uno de los problemas más graves del olivar en años secos o extremadamente secos.

Fisiopatías

Los golpes de sol afectarán de manera severa a plantaciones jóvenes cuyos troncos no estén sombreados por las hojas. A modo preventivo se podrá adherir cal o la arcilla caolín en los troncos a modo de protección en verano.

El granizo daña gravemente los tejidos tiernos, siendo tanto más grave en la etapa de floración por las pérdidas de cosecha.

Las lesiones producidas por temperaturas y humedad son usadas por la bacteria *Pseudomonas savastanoi* para producir un tumor de manera oportunista y rápida.

Otras fisiopatías son la desecación apical del fruto ó podredumbre apical aseptica, debido a fluctuaciones rápidas de temperatura y humedad. Por último la gomosis, el melazo y el aborto ovárico, son de causas desconocidas.

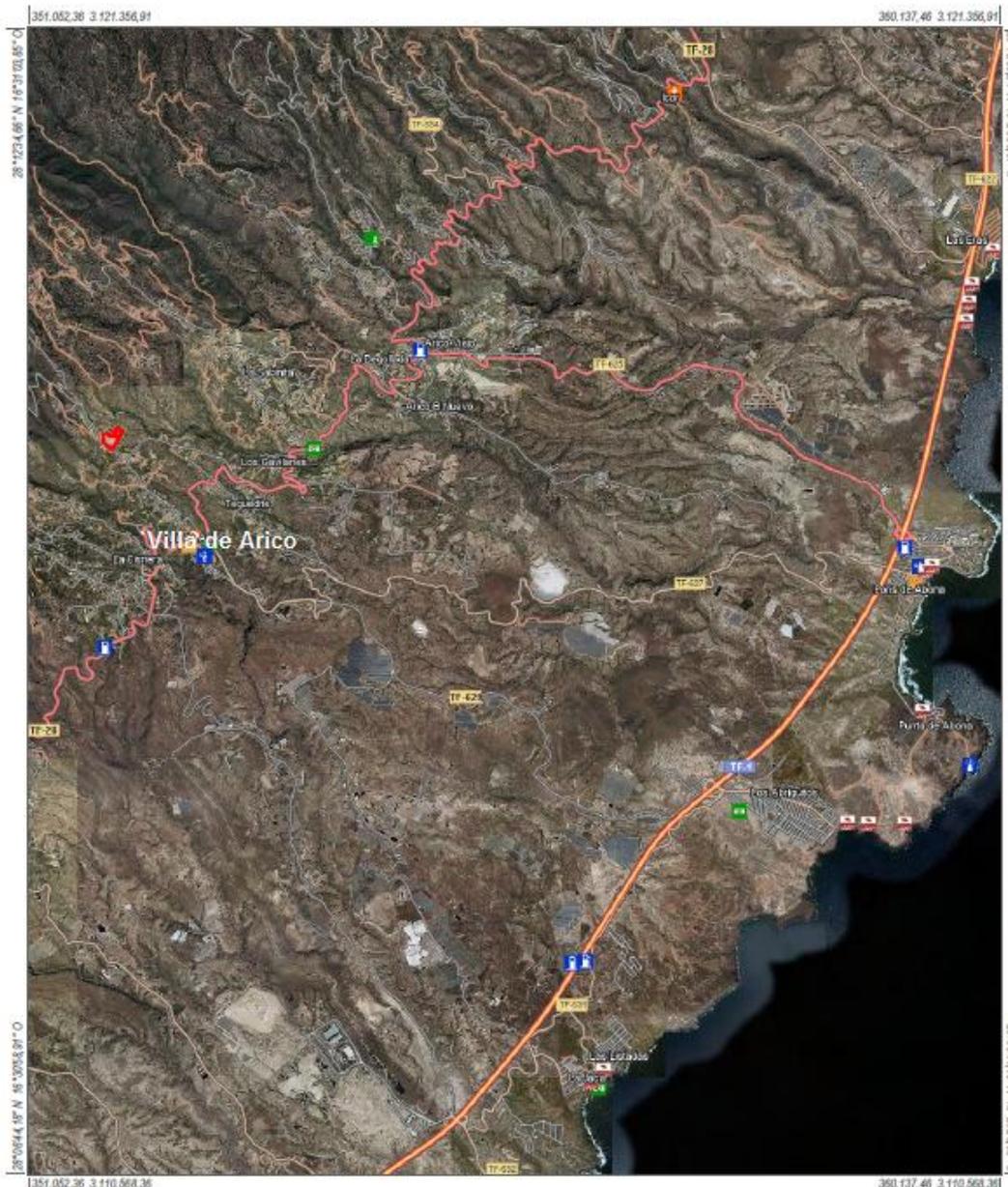
PARTE
EXPERIMENTAL

5- MATERIAL Y MÉTODOS

5- MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en Arico (figura 1), en la finca Canales Altas (figura 2) a 625 m de altitud, gestionada por la Sociedad Cooperativa Bodega Comarcal Cumbres de Abona.



Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias			
 Gobierno de Canarias	Información Técnica Sistema de Referencia ITRF93 Elipsoido WGS84: -semieje mayor: a=6.378.137 -aplantamiento: f=298,257223563 Red Geodésica REGCAN95 (v. 2001) Sistema de representación UTM Huso 28 (extendido)	Callejero Turístico (ortofoto) Escala aprox.: 1:48.325	 IDE Canarias www.abona.grafcan.es 
		Fecha y hora de Inspección: 12002018 12:15:11	

Figura 1 Plano de situación de la parcela experimental de Canales Altas.



Figura 2 Plano de emplazamiento de la parcela experimental de Canales Altas.

Manejo del cultivo

La finca dispone de 846 olivos siendo la variedad principal la arbequina (50%) disponiendo de las variedades picual (30%) y arbosana (20%) como variedades

polinizantes. La plantación se realizó en el año 2007 en 1.48 hectáreas de olivar de 3.73 hectáreas del total de la finca.

El marco de plantación es de 4 x 4 m y el sistema de riego elegido es riego por goteo a 30 centímetros contando cada árbol de 7 goteros de 4 l/h. Los olivos se riegan aproximadamente cada 15 días (siempre y cuando no llueva), contando cada árbol de 64 litros en cada riego. Cada árbol recibió el 26 de mayo de 2016 el abono granulado Herosol especial olivo (figura 3) bajo la copa, con un equilibrio de 20-5-10 +0.2 en NPK y Boro.



Figura 3 Abono empleado en la finca Canales Altas

Los árboles están formados a un solo tronco, recibiendo podas bianuales.

Se aplicaron en el año 2016 los siguientes tratamientos fitosanitarios:

- 4-5 enero: cipermetrin (piretroide) + abono foliar
- 11 marzo: Lambda cihalotrin + abono foliar
- 6-7 junio: cipermetrin (piretroide)
- 4-5 agosto: Imidacloprid

En las gráficas de producción de aceituna (tabla 1) de la finca se percibe un descenso en la productividad, probablemente producido por un riego deficiente y una escasa fertilización desde el año 2015, lo cual junto con otros factores, hace que se valla retrasando la fecha de recolección de las aceitunas (tabla 2)

Tabla 1 Producción total de aceitunas histórica en la finca de Canales Altas

Año	2013	2014	2015	2016
Kg de aceitunas	2.718	7.642,2	3.636,2	3.537,24

Tabla 2 Periodos de recolección en diferentes campañas en la finca Canales Altas

Año	Fecha de recolección	Fecha media
2014	3/10 al 21/10	12/10/2014
2015	9/10 al 26/10	17/10/2015
2016	24/10 al 3/11	29/10/2016

Condiciones ambientales

El tiempo meteorológico donde se encuentra la parcela experimental quedó registrado en el datalogger iButton DS1923 (figura 4) colocado en el árbol 9, el cual registró la Temperatura y Humedad Relativa del 01/02/2016 al 13/10/2016 (cada hora del 1 de Febrero hasta el 1 de Abril de 2016, y cada media hora del 1 de Abril al 13 de Octubre de 2016).

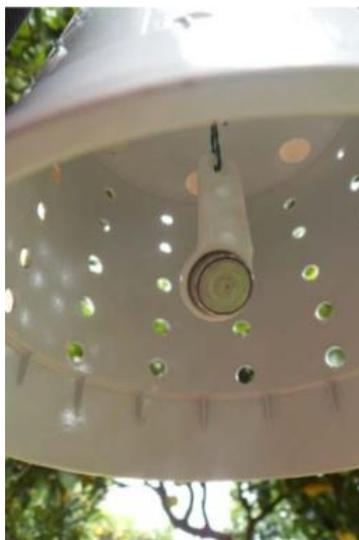


Figura 4 Datalogger iButton DS 1923 con protección de lluvia

Estos datos se compararon con los registrados en los años agrícolas 2013-2014, 2015-2016 y con la media de 17 años de registros (llamada media histórica) en las estaciones meteorológicas Abona (ABONACOPTH: la más cercana a la parcela a 410 m.s.n.m) y con la estación Charco del Pino (SMIGTH: la más similar en altitud a la parcela: 505 m.s.n.m).

Adicionalmente se midieron las horas de frío en la parcela (con los datos horarios obtenidos del datalogger desde el 1 de Febrero hasta el 13 de Octubre de 2016) mediante tres métodos: horas bajo el umbral de 7.2°C (Weinbenger, 1950), horas bajo el umbral de 12.5°C (Tapia et al., 2003) y Modelo Dinámico (Velázquez, 2015). Estos resultados se compararán con las medias obtenidas por Velázquez, López y Méndez en 2015 para las estaciones de Abona y Charco del Pino. Complementariamente se midieron los grados días desde el 1 de marzo hasta el 13 de Octubre de 2016 mediante la fórmula diaria de grados día (1)

$$\text{Grados día} = \left(\frac{T^0 \text{maxima} + T^0 \text{mínima}}{2} \right) - 10^0 \text{C} \quad (4)$$

La pluviometría en la parcela se supone igual a la de la estación meteorológica más cercana (ABONACOPH).

Caracterización de la fenología floral

Se seleccionaron 10 árboles (Figura 5) en los cuales se hizo un seguimiento semanal del estado fenológico. De cada uno de los arboles elegidos se marcaron 4 ramos en cada uno de los puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste) las cuales se fotografiaron para un mejor registro. Para la realización de dicha fotografía se colocó una cartulina blanca con guías para la correcta colocación del ramo muestreado. La cartulina tendrá para la mejor identificación de la foto el siguiente código AxRx(O) F: (Árbol x Rama x Orientación (Norte(N), Sur (S), Este (E) y Oeste (W)) Fecha), por ejemplo: (A1R1N 19/07/2016) (Árbol 1 Rama 1 Norte 19/07/2016).



Figura 5 Localización de los árboles muestreados del seguimiento fenológico en la parcela de Canales Altas.

Adicionalmente se registró la fenología general de cada árbol según la escala BBCH (figura 50 del apéndice fotográfico), anotando el estadio fenológico más atrasado, más

abundante y más adelantado en cada fecha de muestreo. Las fechas de muestreo fueron : 28-Abr-2016; 05-May-2016; 12-May-2016; 19-May-2016; 26-May-2016; 02-Jun-2016; 09-Jun-2016; 16-Jun-2016; 30-Jun-2016; 7-Jul-2016 y 18-Sep-2016. Se eligieron las siguientes fechas para simplificar el análisis: 28-Abr-2016; 19-May-2016; 09-Jun-2016; 30-Jun-2016 y 18-Sep-2016.

Una vez realizadas las fotografías se procedió a la caracterización de cada una de las yemas de cada ramo asignándole un número el cual se determinó que siguiese la codificación propuesta (Figura 6).

numero entero en nudo: derecha	} x.n : nudo.nudo bifurcado
Número prima en nudo: izquierda	
en ramos bifurcados (...): rama derecha	
En ramos bifurcados [...]: rama izquierda	
En ramos trifurcados (...): rama derecha	
En ramos trifurcados ... : rama central	
En ramos trifurcados [...]: rama izquierda	

Figura 6 Codificación del número de yema

Quedando cada yema de cada ramo registrada según la codificación propuesta (figura 7)



Figura 7 Ejemplo de numeración de yemas de un ramo. Árbol 5, ramo 3.

Para comenzar se asignarán los números de yema o nudo en cada ramo del muestreo (figura 25). Observando las fotos se registraron los códigos BBCH de los estadios fenológicos para cada yema (Figura 26) como se puede observar en el apéndice fotográfico las yemas van incrementando estadios fenológicos conforme pasan las fechas (figuras 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 y 49). Se advirtió que conforme avanzaba el muestreo en el tiempo iba aumentando en número de yemas, por lo tanto, este crecimiento vegetativo se contabilizó aparte del análisis de la floración y se marcó con colores verdes (figura 27) como muestra la leyenda (figura 28).

Se decidió hacer un seguimiento de la evolución de los estados fenológicos en distintas fechas, respecto a la orientación cardinal (Norte, Sur, Este y Oeste) y respecto a la porción de los ramos muestreados (1^{er} tercio: zona basal; 2^o tercio: zona media; 3^{er} tercio: zona apical). Para la correcta caracterización de las porciones de los ramos fructíferos, se dividieron el número total de yemas en tres, descartándose los ramos con numerosas bifurcaciones porque desvirtuarían los resultados (figura 29).

El número de yemas en el análisis de floración con crecimiento vegetativo, aumentó conforme se avanzaba en los muestreos, por lo que se cuantificó ese aumento por tercios (con ramos restringidos (figura 29)) y por orientación (figura 30). Se contabilizó el número de ocurrencias para cada estadio fenológico de la escala BBCH (tabla 10). Este método de obtención de datos imposibilita el análisis de la floración anual, debido a que el número de yemas no es constante y no será un análisis correlativo. Por lo que se realizaron adicionalmente tablas prescindiendo del crecimiento vegetativo, con un número de yemas constante, (figura 29) contabilizada en un cuadro de ocurrencias (Tabla 11).

Muchas yemas entre los muestreos perdieron la flor o el fruto que contenían, por lo tanto se decidió elaborar una tabla con todas las fechas de muestreo para cada ramo, con el fin de contabilizar el número de abortos (figura 32).

Con todos los datos del recuento de ocurrencias por estadios fenológicos se realizaron sumatorios de ocurrencias por tercio (1^o tercio, 2^o tercio y 3^o tercio) y por orientación (Este, Norte, Sur y Oeste).

Para determinar el estadio fenológico más frecuente de cada división se utilizó la moda de cada serie de datos. Sin embargo, para la determinación de los estadios fenológicos más atrasados y más adelantados se deberán utilizar valores representativos del conjunto de datos, porque en el caso de pocas ocurrencias alejadas del grueso del conjunto, no podrá considerarse un estadio fenológico relevante. Por ello se utilizaron los percentiles 5 para más atrasado y 95 para más adelantado en una serie de porcentajes acumulados (Figura 31) en los datos totales, división por orientación y división por tercios.

Una vez determinados los estadios fenológicos más atrasados, más frecuentes y más adelantados se elaboraran las tablas con los 3 estadios fenológicos más relevantes de cada fecha (tablas 4, 5 y 6).

Para la representación temporal de los estadios fenológicos más relevantes se decidió elaborar líneas de tiempo representando los estadios más frecuentes en cada periodo (figuras 22 y 23) con las cuales se podrá observar las diferencias entre los tercios y las orientaciones. Para la determinación del estadio 65 o Plena Floración (P.F.) se decidió realizar interpolaciones entre los estadios más frecuentes de las fechas que mostraron estadios superiores e inferiores.

Momento de endurecimiento del hueso

Se marcaron 5 árboles en la parcela (figura 8) buscando que todos tengan un diámetro de tronco similar, misma edad e igual variedad en condiciones fitosanitarias óptimas.



Figura 8 Localización de los árboles muestreados del endurecimiento del hueso en la parcela de Canales Altas.

De cada árbol se tomarán semanalmente 5 frutos de cada una de las caras del árbol u orientaciones (norte, sur, este y oeste), tomadas a la altura del observador (1.50 m) y tomados al azar. La recolección se iniciará cuando alcancen en más del 50% el estado

fenológico 69 " Fin de Floración- Cuajado" en su volumen de copa y finalizará cuando alcance el estadio 80 "Maduración del fruto".

Se tomarán 20 frutos por árbol, haciendo un total de 100 frutos por parcela estudiada.

Se tomarán las siguientes medidas:

- Resistencia del hueso a su corte mediante navaja: Se considerará con el hueso endurecido si presenta resistencia al corte (valor 1); y con el hueso blando si la navaja no muestra resistencia al corte (valor 0).

- Tamaño de cada uno de los frutos, ancho y largo, medido en mm empleando un calibrador o pie de rey marca amig - 0-200 mm Stainless-hardened (figura 9).

-Peso individual de los frutos empleando una balanza de precisión científica (en gramos) marca RADWAG (Figura 10)



Figura 9 Pie de rey y navaja usado en la toma de datos



Figura 10 Balanza de precisión usada en la toma de datos

Para los datos de resistencia del hueso de 2014 hay tres categorías (hueso blando, hueso un poco endurecido y hueso endurecido) por lo tanto se adaptaron los datos de endurecimiento del hueso del año 2014, para poder compararlos con los obtenidos en el año 2016; contrastándose la igualdad de medias de peso y volumen con el fin de agrupar

los casos de hueso un poco endurecido en alguna de las otras categorías (hueso blando o hueso endurecido).

Se analizaron los datos de peso, volumen y resistencia del hueso disponibles para 2014 y 2016 con el programa estadístico SPSS.

Para comenzar se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para los datos de pesos de las aceitunas, se analizó la normalidad de los volúmenes de las aceitunas, valores que se calcularon con la fórmula de volumen del esferoide (2) en donde a=ancho de la aceituna /2; y b= largo de la aceituna/2.

$$V(\text{cm}^3) = \frac{4/3 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot b}{1.000} \quad (2)$$

6- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales

El datalogger registró temperaturas (Gráfico 2) y humedad relativa (Gráfico 3) y la relación de sus medias diarias (Gráfico 4).

Se marcaron en los gráficos 2, 3 y 4 las fechas de los muestreos de fenología (28-04, 19-05, 9-06 y 18-09 de 2016); endurecimiento del hueso (19-7, 8-08, 17-08, 29-08 y 5-09 de 2016); y índice de madurez (19-07, 8-08, 17-08 y 29-08 de 2016).

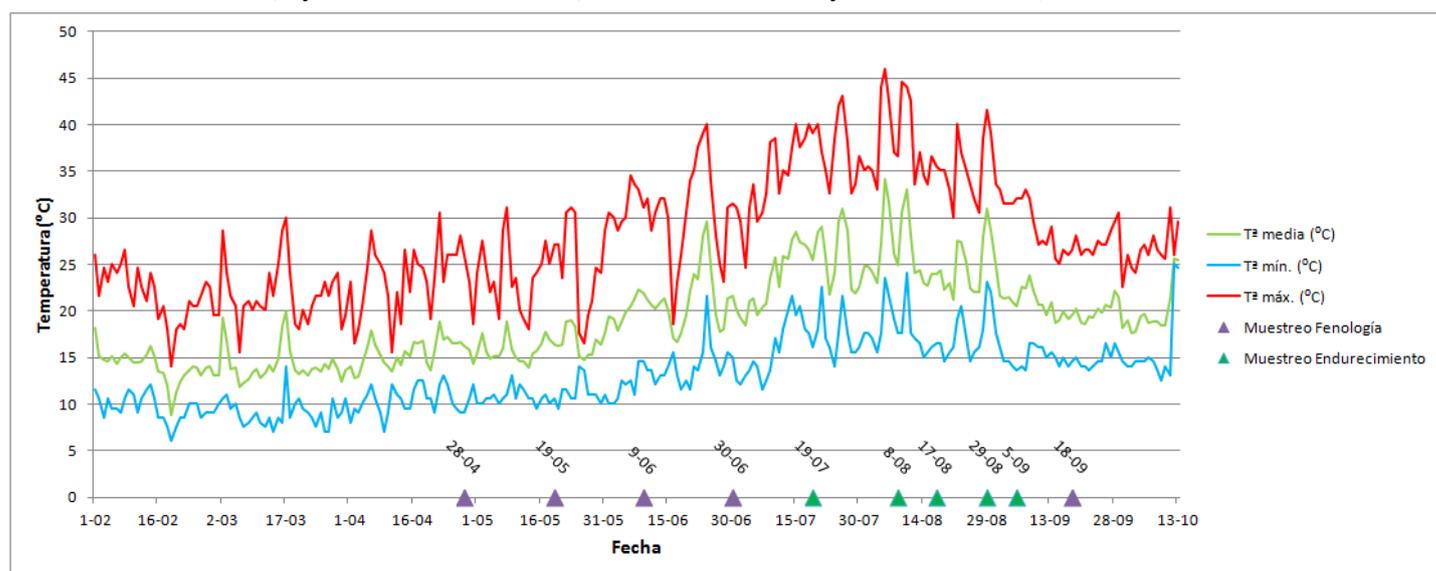


Gráfico 2 Temperaturas máximas, mínimas y medias diarias tomadas, por el datalogger para seguimiento fenológico en 2016.

Como se puede observar las Temperaturas máximas, medias y mínimas siguen patrones muy similares, obteniendo mayor o menor amplitud térmica según avanzamos en el tiempo. El invierno se caracterizó por tener temperaturas más bajas, sin embargo en 4 días las temperaturas superaron los 25°C, siendo valores destacablemente altos. En primavera la tendencia de las temperaturas es al alza, alcanzando temperaturas máximas superiores a 30°C. Las temperaturas veraniegas en Canales Altas están caracterizadas por ir creciendo conforme avanzan las fechas (con sus lógicos altibajos) e ir decreciendo a partir del 5 de agosto, que es el día más caluroso del registro con 46°C. El comienzo del verano se caracterizó por un periodo de altas temperaturas que duró desde el día 20 hasta el día 25 de junio y el final del verano con un periodo de bajadas de temperaturas que comenzó el día 7 de Septiembre.

El principio del otoño se caracterizó por fluctuar entre dos breves periodos calurosos que superaron los 30°C correspondiendo a los días 29 de septiembre y 11 de octubre de 2016, teniendo el día 12 de octubre un rango de temperaturas muy pequeño (1°C entre máxima y mínima).

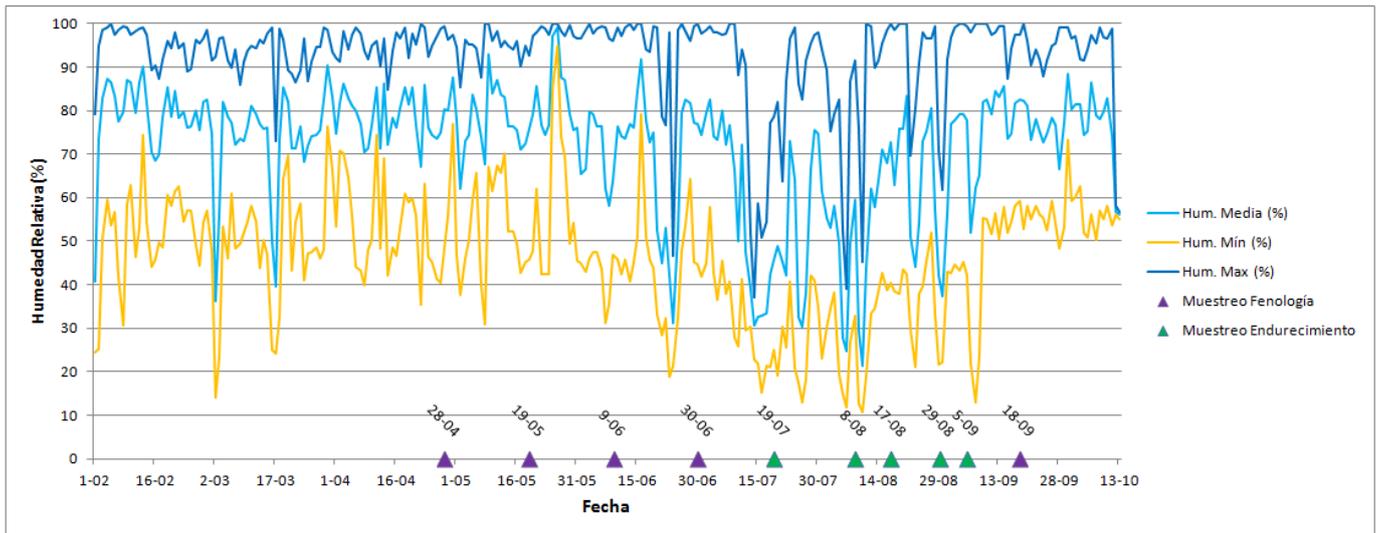


Gráfico 3 Humedad Relativa (HR) máximas, mínimas y medias diarias, tomadas por el datalogger para seguimiento fenológico en 2016.

Del gráfico 3 de Humedad Relativa se desprende que en invierno ocurren 3 episodios, coincidentes con altas temperaturas, en los cuales la humedad mínima baja del 30%. En primavera la humedad se mantiene estable en primavera a excepción de 3 eventos, en el primero con la humedad mínima bajando a 30% producto de las altas temperaturas (8 de mayo), y el segundo con el rango de humedad (mínima, media y máxima) por encima del 95% (26 de mayo) producto de las lluvias y el tercero con humedades relativas mínimas de 79.21% fruto de la bruma (16 de junio).

El inicio del verano está caracterizada por una 'ola de calor' que bajó la humedad relativa mínima hasta 18.96% el día 23 de junio, en verano la humedad relativa es notablemente más baja, resultado de las altas temperaturas con el mínimo el día 10 de agosto, con humedad mínima de 10.58%, el día más seco del registro. El final del verano se caracterizó por una ola de calor que redujo la humedad relativa mínima hasta el 12.4%. A partir de la última ola de calor del verano, las humedades se elevaron generalizadamente hasta principios de otoño con tiempo semihúmedo a excepción del día 12 de octubre, que el rango de humedades se estrechó enormemente (1.89% de diferencia entre humedad máxima y humedad mínima).

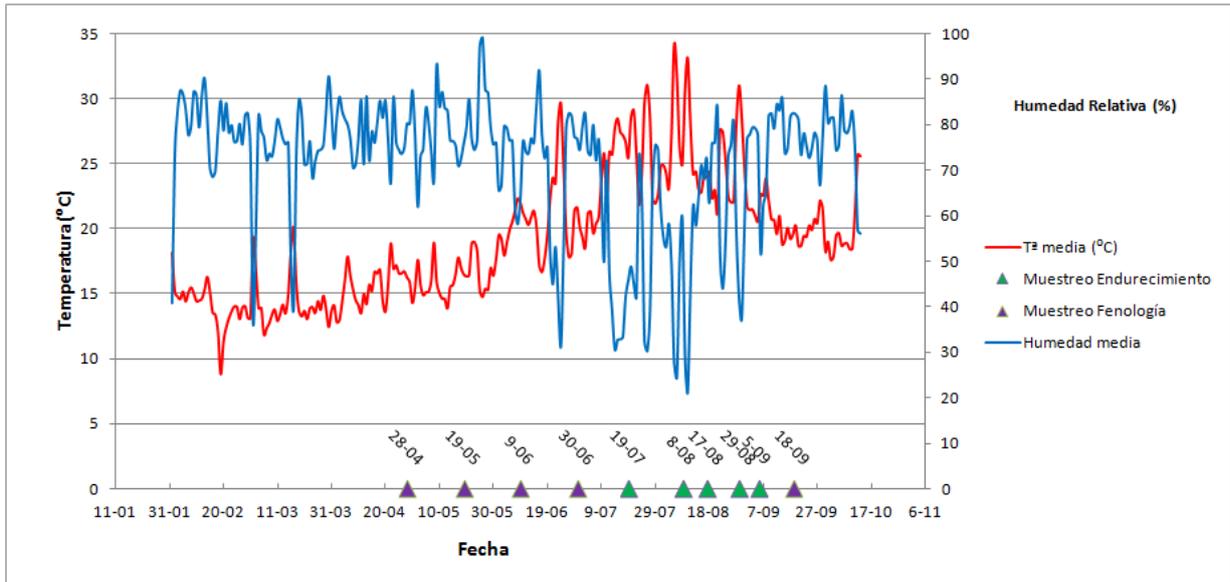


Gráfico 4 Relación entre Temperatura media y HR media tomado por el datalogger para seguimiento fenológico

La temperatura y la humedad relativa se relacionan normalmente de forma inversamente proporcional, dado que conforme suben las temperaturas baja la humedad relativa del aire y viceversa .

Se registraron en todo el periodo 10.5 horas de frío ($T^{\circ} < 7.2^{\circ}\text{C}$), 1034 horas de frío ($T^{\circ} < 12.5^{\circ}\text{C}$) y 9 CP

Tabla 1 Promedio de horas de frío (HF nov-mar) y Porciones de Frío (Chill Portion) del modelo dinámico (MODDIN nov-mar (CP)) durante 14 años

NOMBRE	ALTITUD	MODDIN nov-mar (CP)	HF nov-mar
POZOTH	700	27	2
URSUMEDI	530	26	0
LLANITOP	475	22	1
SMIGHTH	505	20	1
ABONACOP	410	15	0
MENATH	500	12	0
ARAYA	525	12	0

(Velázquez, López y Méndez, 2015)

Como se puede observar en la tabla 1, el registro de horas de frío obtenido en la parcela de Canales Altas es notablemente superior a la media en las dos estaciones ($10.5 > 1(\text{SMIGHTH}); 0(\text{ABONACOP})$). Sin embargo la cantidad de porciones de frío es inferior a la media ($9 < 20(\text{SMIGHTH}); 15(\text{ABONACOP})$), debido a que no hay registro de las temperaturas en los meses de noviembre, diciembre y enero en la campaña 2015-2016, meses que se han tenido en cuenta a la hora de elaborar la media.

En el periodo comprendido entre el 1 de Marzo hasta el 13 de Octubre de 2016 se registraron 2.195,3°Cdia (T° media diaria $> 10^{\circ}\text{C}$) en total. Se rebasaron los 512°Cdia

necesarios para la plena floración, el día 4 de Junio de 2016 y se llegó a los 2.154°C día para la maduración del fruto el día 10 de Octubre de 2016.

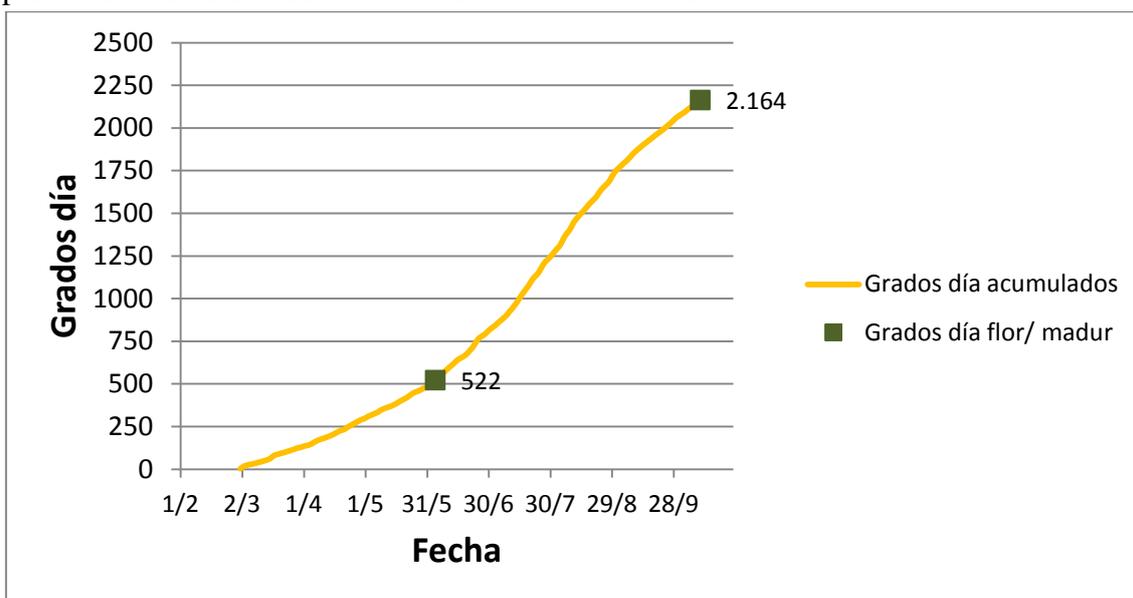


Gráfico 1 Evolución de los grados día acumulados, indicando los grados día teóricos para floración y maduración de fruto

Del gráfico 1 se extrae que la acumulación más pronunciada de grados día ocurre a partir de junio hasta septiembre, siendo una gráfica similar a un sigmoide. La acumulación de grados día para floración (515 °día) se rebasa el día 4 de junio de 2016 y para maduración de frutos (2.154°día) se supera el día 11 de octubre de 2016.

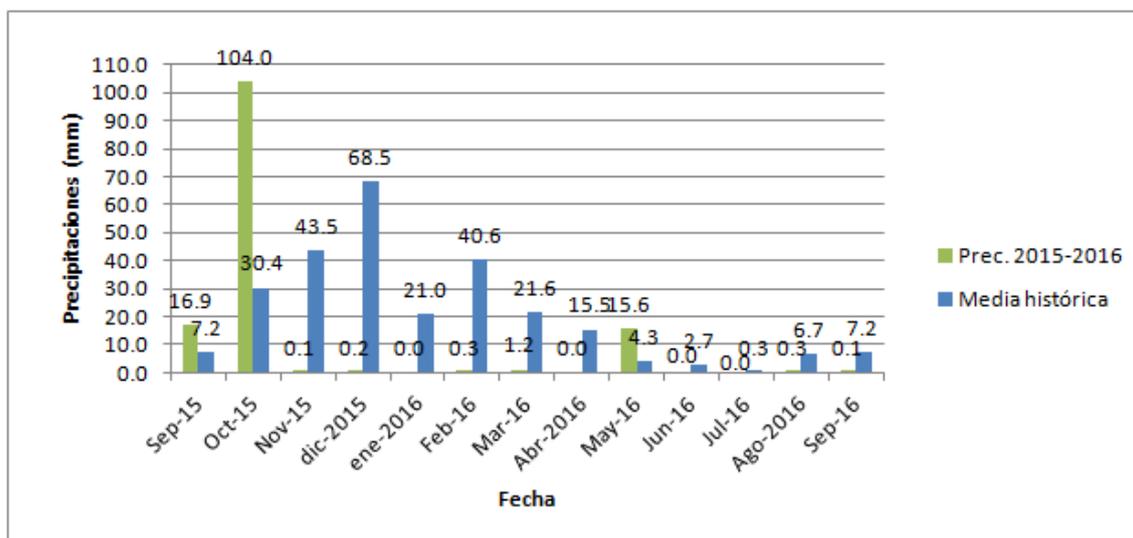


Gráfico 5 Precipitaciones en la estación meteorológica Abona desde sept.2015 hasta sept.2016

Los datos de precipitación del año agrícola 2015-2016 muestran que las precipitaciones se sucedieron sobre todo en los meses de septiembre y octubre de 2015, suponiendo 9.7

mm de lluvia adicionales a la media y 73.6 mm respectivamente. Aun así, la lluvia fue insignificante desde octubre hasta mayo de 2016, donde llovió 11.3 mm superior al promedio. En datos totales el año agrícola 2015-2016 llovió en total 138,6 mm respecto a la media histórica de 262.43 mm, lo que supone que las lluvias ese año fueron un 47,19% inferiores a la media, lo cual es un porcentaje de lluvia considerablemente bajo.

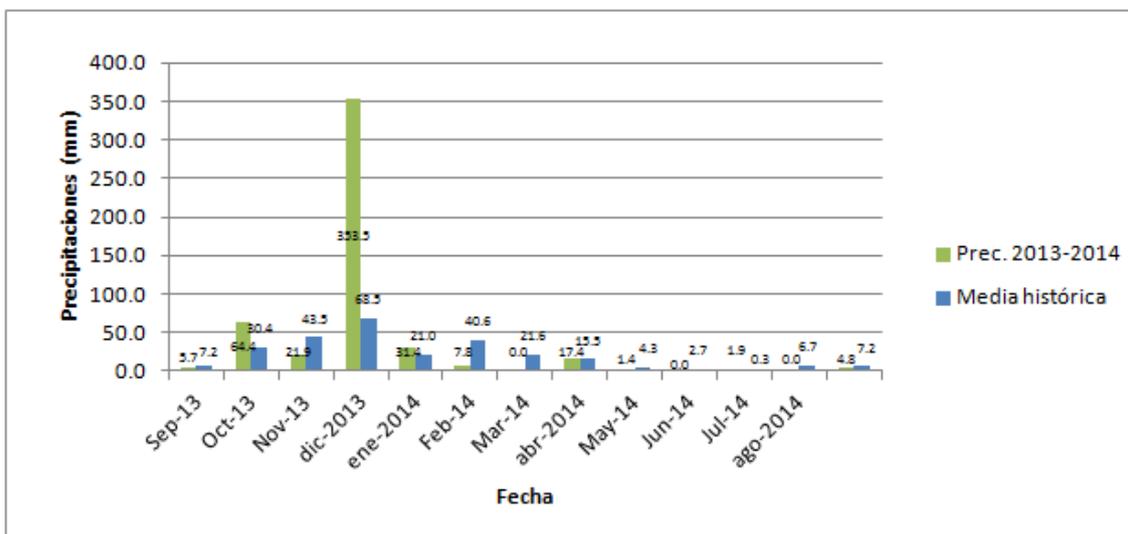


Gráfico 6 Precipitaciones en la estación meteorológica Abona desde sept.2013 hasta sept. 2014

Los datos de precipitación del año agrícola 2013-2014 muestran que las precipitaciones se sucedieron sobre todo en el mes de diciembre de 2013, suponiendo 285 mm de lluvia adicionales al promedio del mes más lluvioso de la serie histórica. Sólo los meses de noviembre, febrero y marzo fueron menos lluviosos que la media. De manera global, año agrícola 2013-2014 llovió en total 505,4 mm respecto, lo que supone que las lluvias ese año fueron un 92,58% superiores a la media histórica y 364,65% superiores al año agrícola 2015-2016, lo que significa que el año 2013-2014 fue un año lluvioso.

Comparativa de Canales Altas con Cooperativa Cumbres de Abona

Se compararon las medias mensuales de temperatura y humedad relativa registradas por el datalogger con las de la estación meteorológica de la Cooperativa Cumbres de Abona (Abonacoph)

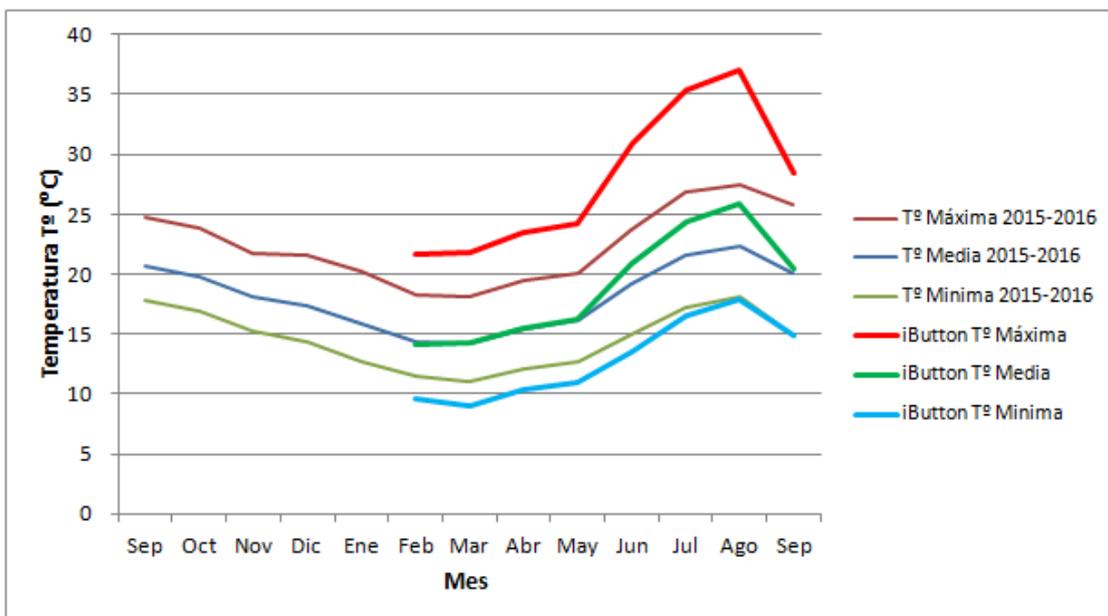


Gráfico 7 Comparativa mensual de temperaturas máximas, medias y mínimas entre la estación meteorológica Abona y Canales Altas (Datalogger) en el año agrícola 2015-2016

Como se puede observar en el gráfico 7, en Febrero, Marzo, Abril y Mayo las temperaturas son más extremas (T° máximas más cálidas y T° mínimas más frías) debido a la diferencia de cota entre la estación meteorológica Abonacophth y la parcela de Canales Altas es de 215 m, y en verano (Junio, Julio, Agosto y Septiembre) son notablemente más cálidas las T° máximas y medias, y ligeramente más frías o iguales las T° mínimas respecto a la estación de Abonacophth.

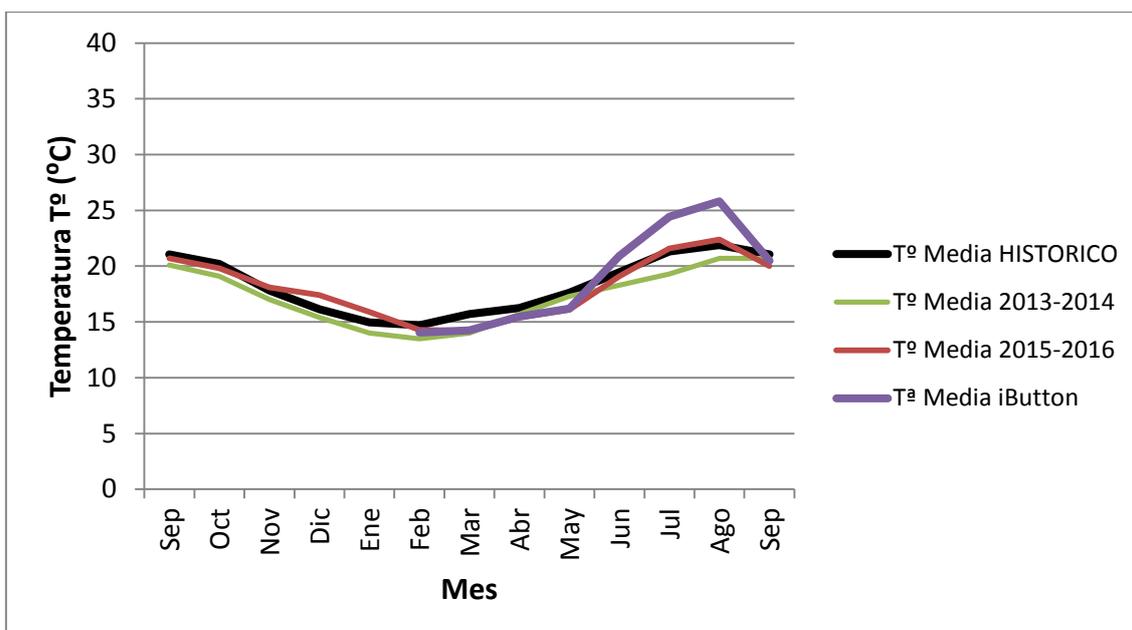


Gráfico 8 Comparativa mensual de temperaturas medias históricas, del año agrícola 2013-2014 y 2015-2016 entre la estación meteorológica Abona y Canales Altas en el año agrícola 2015-2016 (Datalogger)

Se observa en el gráfico 8 que el año agrícola 2015-2016 es más frío que la media en febrero, marzo, abril y mayo y ligeramente más cálido en julio y agosto. Los datos para el año agrícola 2013-2014 indican fue más frío que la media, sobretodo Julio. Los datos recogidos por el datalogger en la parcela de Canales Altas, indican que las medias de temperatura mensuales en febrero, marzo, abril, mayo y septiembre fueron ligeramente inferiores a la serie histórica, pero en junio, julio y agosto se registraron temperaturas muy superiores, sobre todo en julio y agosto.

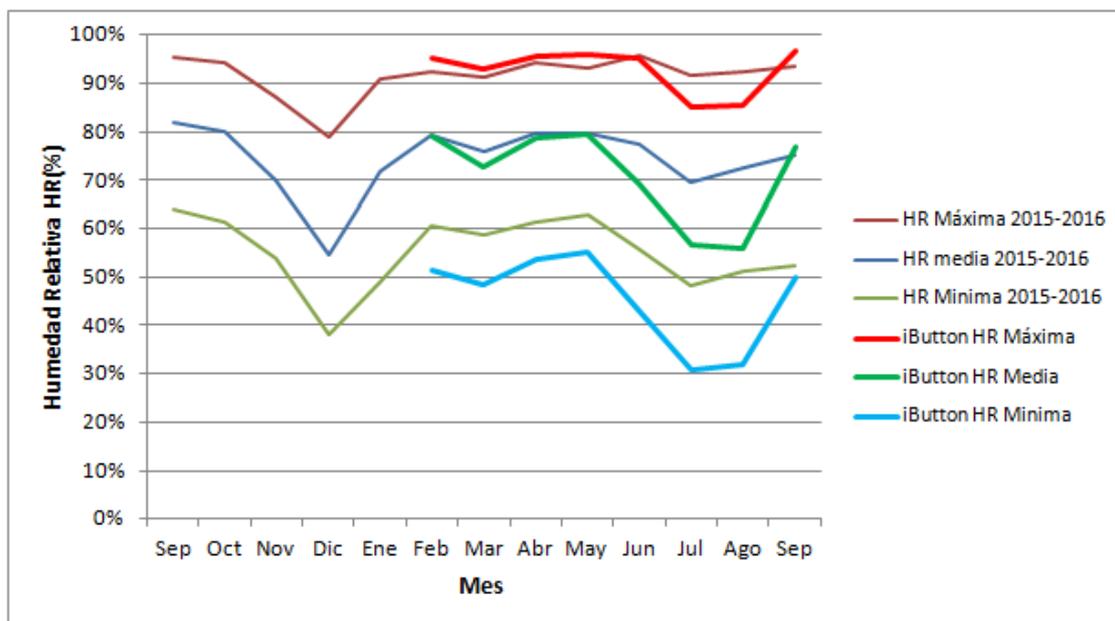


Gráfico 9 Comparativa mensual de Humedades Relativas máximas, medias y mínimas entre la estación meteorológica Abona y Canales Altas (Datalogger) en el año agrícola 2015-2016

La amplitud de la humedad relativa registrada en Canales Altas respecto a las registradas en Abonacophth de febrero a mayo es mayor, siendo más extremas las diferencias entre día y noche (Gráfico 9). En verano hay una bajada de las humedades considerable, siendo más acusada en julio y agosto, lo que lógicamente coincide con temperaturas mayores registradas en esos meses. En septiembre volvió a incrementarse la humedad relativa, aun así se registró una amplitud de humedad mayor que la registrada en la cooperativa cumbres de abona.

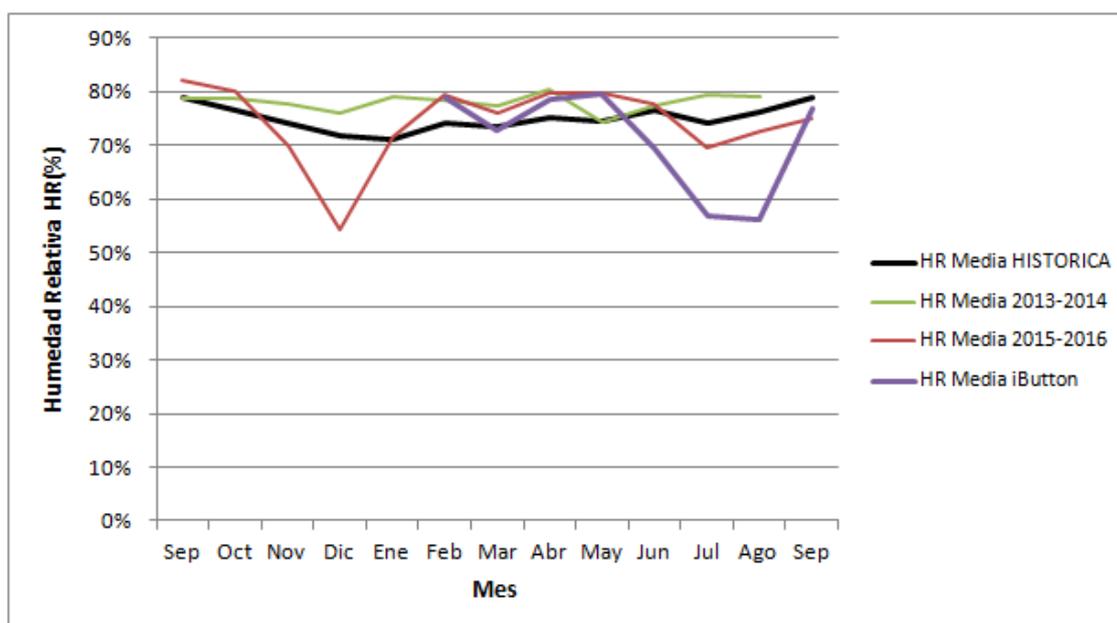


Gráfico 10 Comparativa mensual de Humedades Relativas medias históricas, del año agrícola 2013- 2014 y 2015-2016 entre la estación meteorológica Abona y Canales Altas en el año agrícola 2015-2016 (Datalogger)

Comparando la humedad del gráfico 10 se concluye que las humedades relativas del año 2015-2016 son superiores a la media histórica en septiembre, octubre, febrero, marzo, abril y mayo; e inferiores en noviembre y diciembre de 2015 y julio, agosto y septiembre de 2016. Especialmente bajas fueron la HR en diciembre de 2015 debido a las temperaturas inusualmente altas (Gráfico 10) y a las nulas precipitaciones (Gráfico 4). En el registro de humedad relativa del año agrícola 2013-2014 se observa que todo el año es más húmedo que la media histórica a excepción de los meses de septiembre de 2013 y mayo de 2014 que permanecen prácticamente iguales a la media. La HR registrada en la parcela de Canales Altas se mantuvo por encima de la media en febrero, abril y mayo; y por debajo de la media histórica en marzo, junio, julio, agosto y septiembre, especialmente baja fue la humedad relativa registrada en los meses de julio y agosto en el año 2016 coincidiendo con altas temperaturas registradas.

Comparativa de Canales Altas con Charco del Pino

Se compararon las medias mensuales de temperatura y humedad relativa registradas por el datalogger con las de la estación meteorológica de la Charco del Pino (SMIGTH)

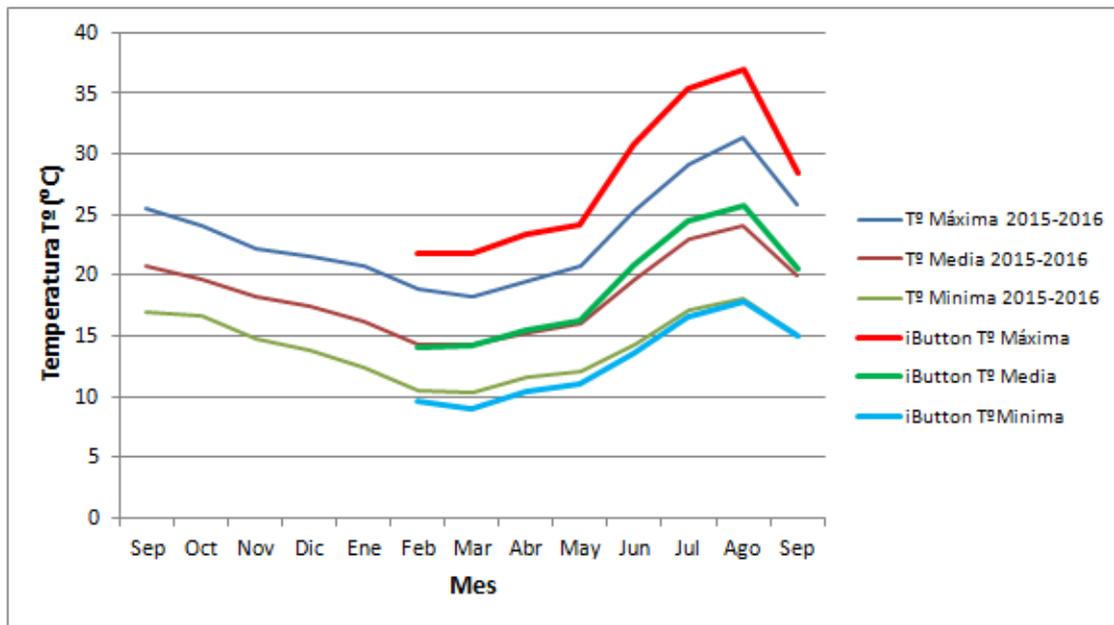


Gráfico 11 Comparativa mensual de temperaturas máximas, medias y mínimas entre la estación meteorológica Charco del Pino y Canales Altas (Datalogger) en el año agrícola 2015-2016

Como se puede observar en el gráfico 11, en Febrero, Marzo, Abril y Mayo el rango de temperaturas registradas por el datalogger, es más amplio conforme aumenta la altitud del registro climático (120 metros sobre el nivel del mar más alto), y en Verano (Junio, Julio, Agosto y Septiembre) son notablemente más cálidas las T° máximas y medias, y ligeramente más frías o iguales las T° mínimas respecto a la estación de Charco del Pino.

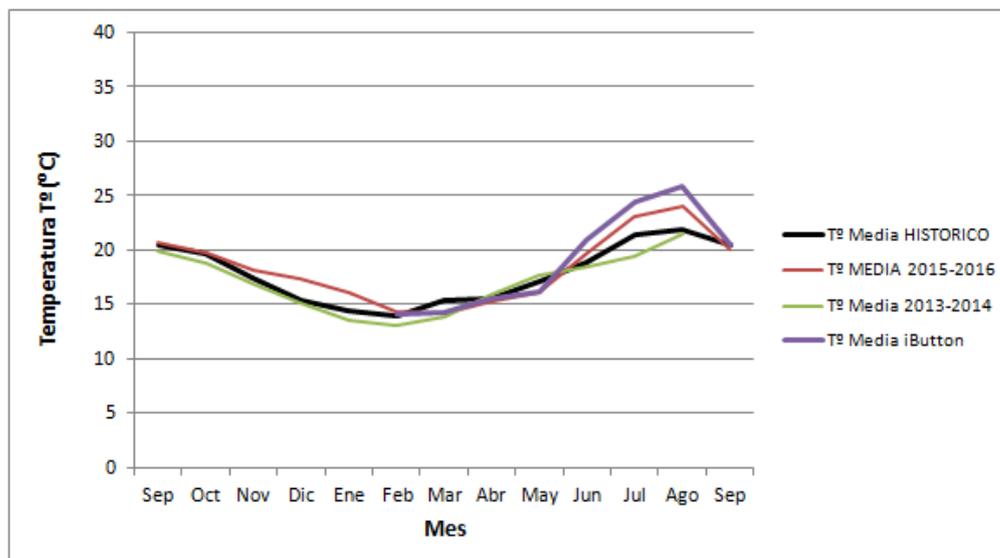


Gráfico 12 Comparativa mensual de temperaturas medias históricas, del año agrícola 2013-2014 y 2015-2016 entre la estación meteorológica Charco del Pino y Canales Altas en el año agrícola 2015-2016 (Datalogger)

Del gráfico 12 se desprende que el año agrícola 2015-2016 es más frío que la media en marzo y mayo, más cálido en diciembre y enero de 2015 y julio y el datalogger en la parcela de Canales Altas, indican que las medias de temperatura mensuales en marzo y mayo fueron ligeramente inferiores a la serie histórica, pero en junio, julio y agosto se registraron temperaturas muy superiores. Los datos para el año agrícola 2013-2014 indican fue más frío que la media (a excepción del mes de mayo), sobretodo Julio, posiblemente porque fue un año lluvioso (gráfico 5). Los datos recogidos por el datalogger iButton DS1923 en la parcela de Canales Altas, señalan que las medias de temperatura mensuales en febrero, marzo, abril y mayo fueron levemente inferiores a la serie histórica, pero en junio, julio y agosto se registraron temperaturas bastante superiores (grafico 12).

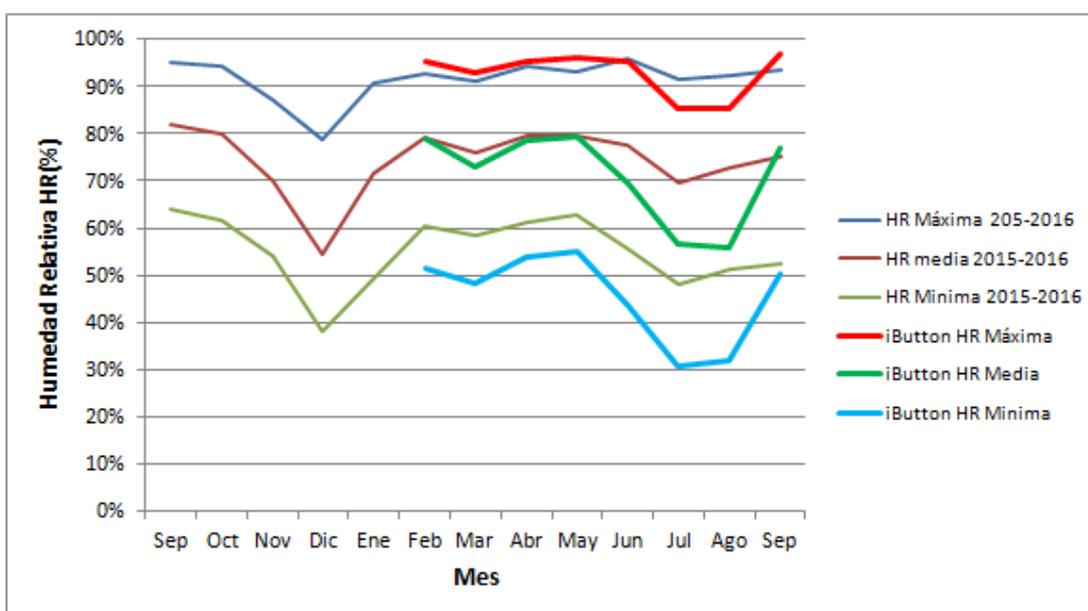


Gráfico 13 Comparativa mensual de Humedades Relativas máximas, medias y mínimas entre la estación meteorológica Charco del Pino y Canales Altas (Datalogger) en el año agrícola 2015-2016

La serie de la humedad relativa registrada en Canales Altas respecto a las registradas en Charco del pino de febrero a mayo, tiene una mayor amplitud entre máximas y mínimas (Gráfico 13). En verano hay una bajada de las humedades importante, siendo más acentuada en julio y agosto, causada por el incremento de temperaturas de esos meses. En septiembre volvió a aumentar la humedad relativa resultado de la bajada de temperaturas, aun así se registró un rango de humedades superior a la medida en Charco del pino.

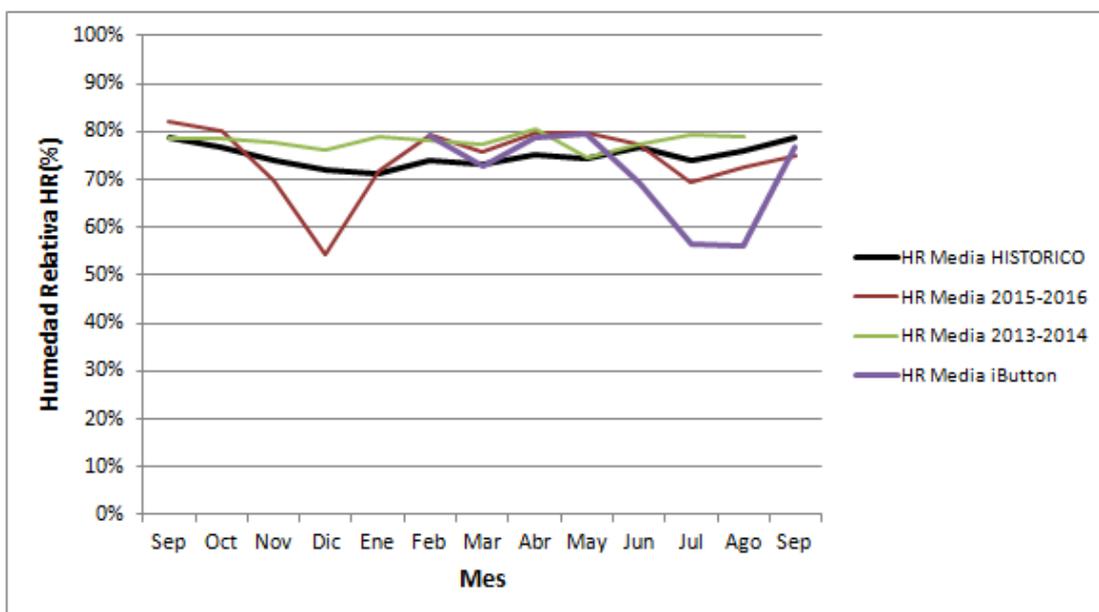


Gráfico 14 Comparativa mensual de Humedades Relativas medias históricas, del año agrícola 2013- 2014 y 2015-2016 entre la estación meteorológica Charco del Pino y Canales Altas en el año agrícola 2015-2016 (Datalogger)

Las conclusiones observando el gráfico 14 son que las humedades relativas del año 2015-2016 son superiores a la media histórica en septiembre, octubre, febrero, marzo, abril y mayo; e inferiores en noviembre y diciembre de 2015 y julio, agosto y septiembre de 2016. Singularmente bajas fueron la HR en diciembre de 2015 correspondientes a las temperaturas insólitamente altas (Gráfico 14) y a las escasas precipitaciones (Gráfico 4). En la medición de humedad relativa de 2013-2014 se concluye que prácticamente el año es más húmedo que la media histórica a excepción de los meses de septiembre de 2013 y mayo y junio de 2014 que permanecen idénticos a la media. La HR determinada en Canales Altas se mantuvo por encima de la media en febrero, abril y mayo; y por debajo de la media histórica en marzo, junio, julio, agosto y septiembre, particularmente baja fue la humedad relativa registrada en julio y agosto de 2016 por las altas temperaturas.

Caracterización de la fenología floral de cada ramo

En los análisis de los estadios fenológicos por tercios y por orientación se obtuvieron los siguientes resultados:

- Frecuencias de cada estadio fenológico por tercio:

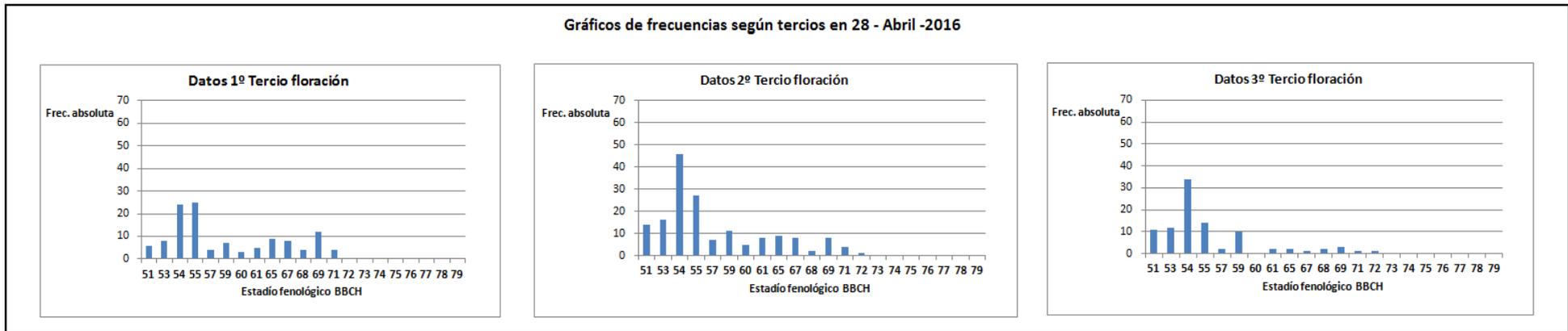


Gráfico 15 Frecuencias absolutas de estadios fenológicos en cada tercio en el día 28-04-2016

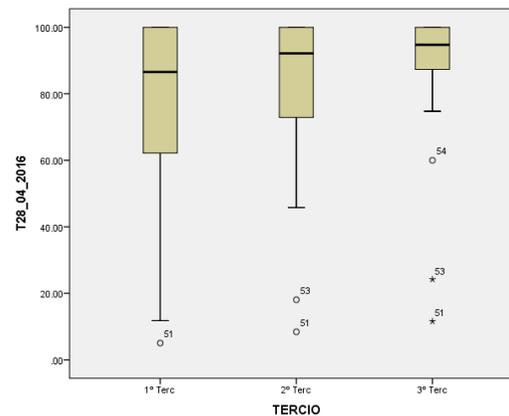


Figura 11 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por tercios el día 28-04-2016

Se observa que el estadio más común es el 54 en el 2º y 3º tercio y el estadio 55 en el 1º (con frecuencia casi idéntica al estadio 54) (Gráfico15). Los datos están más dispersos en el 1º tercio, medianamente dispersos en el 2º tercio y más concentrados en el 3º tercio (Figura 11)

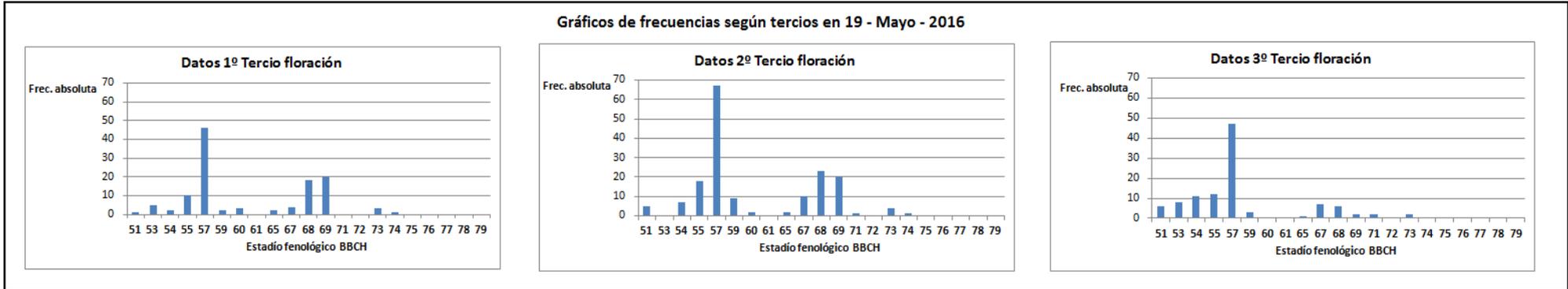


Gráfico 16 Frecuencias absolutas de estadios fenológico en cada tercio en el día 19-05-2016

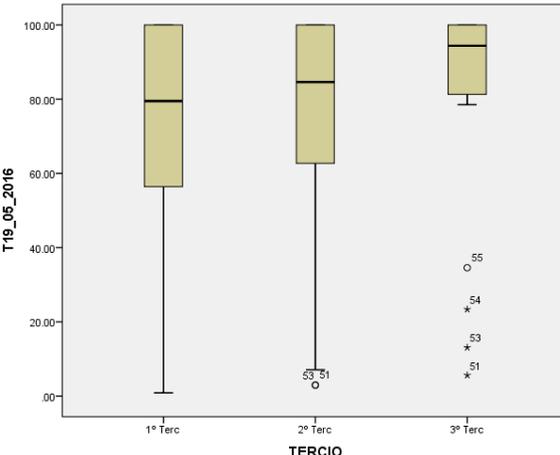


Figura 12 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por tercios el día 19-05-2016

Se aprecia que el estadio más frecuente es el 57 en todos los tercios (Gráfico 16). Los datos están dispersos en el 1º y 2º tercio y más concentrados en el 3º tercio (Figura 12)

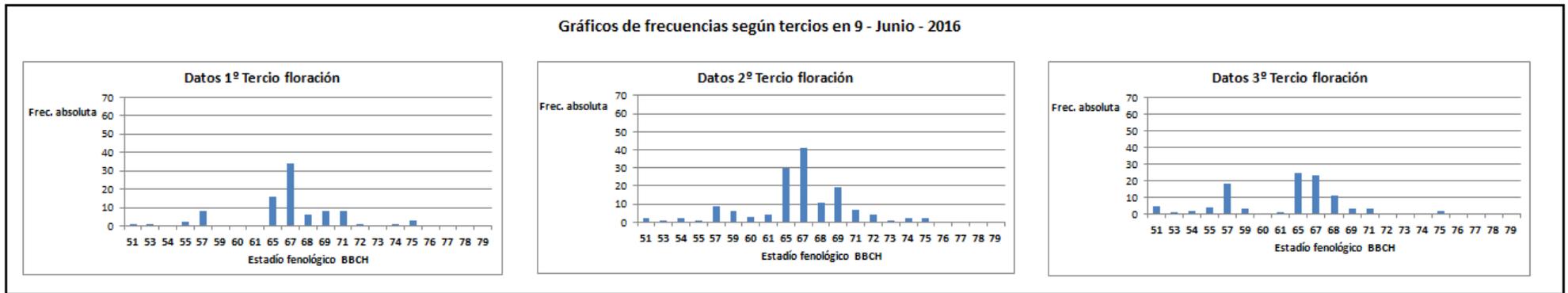


Gráfico 17 Frecuencias absolutas de estadios fenológico en cada tercio en el día 9-06-2016

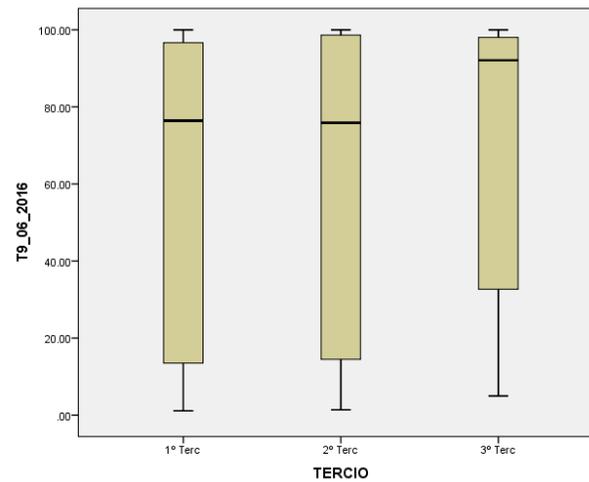


Figura 13 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por tercios el día 9-06-2016

Se observa que el estadio más frecuente es el 67 en el 1º y 2º tercio y el 65 en el 3º tercio (con frecuencia muy cercana al estadio 54) (Gráfico17). Los datos están igual de dispersos en todos los tercios (Figura 13).

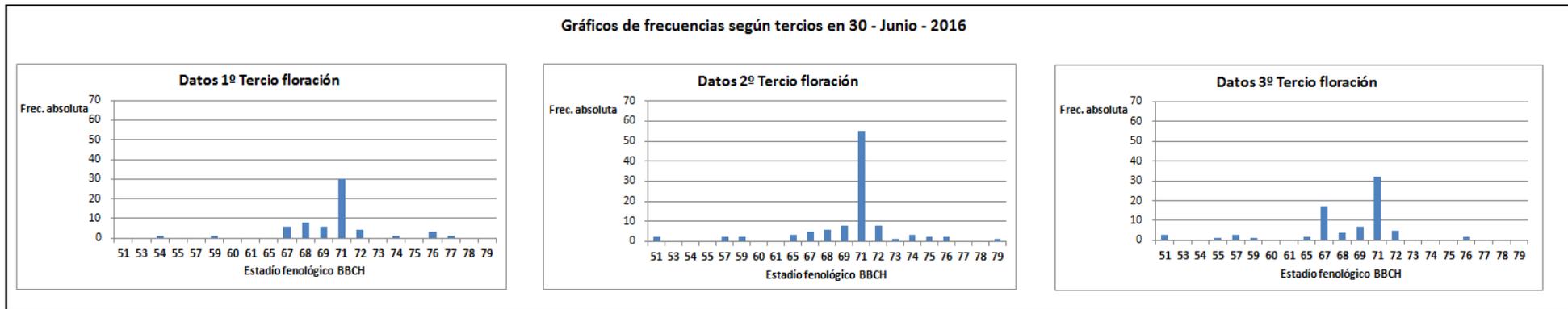


Gráfico 18 Frecuencias absolutas de estadios fenológico en cada tercio en el día 30-06-2016

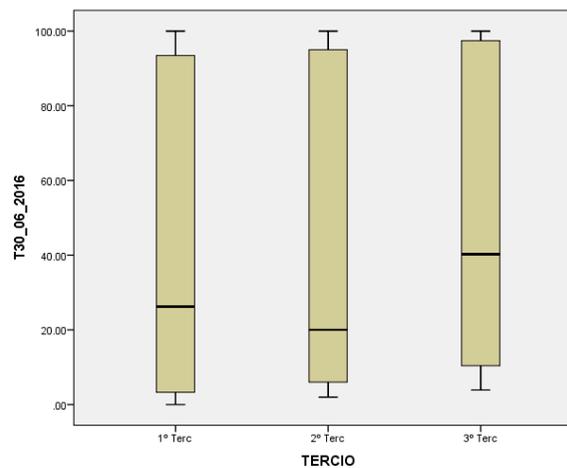


Figura 14 distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por tercios el día 30-06-2016

Se observa que el estadio más frecuente es el 71 en los tres tercios, resultando más acusado en el 2º tercio (Gráfico 18). Los datos están dispersos en todos los tercios (Figura 14).

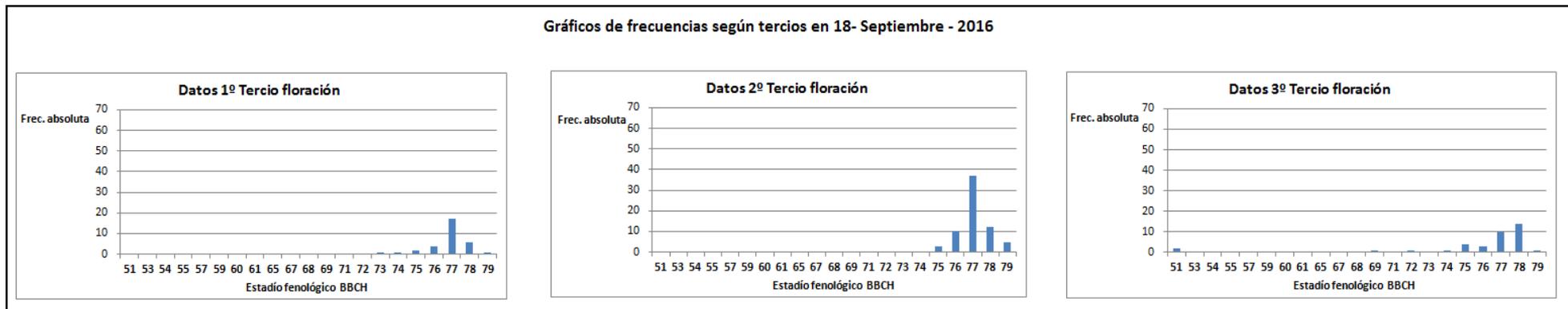


Gráfico 19 Frecuencias absolutas de estadios fenológico en cada tercio en el día 18-09-2016

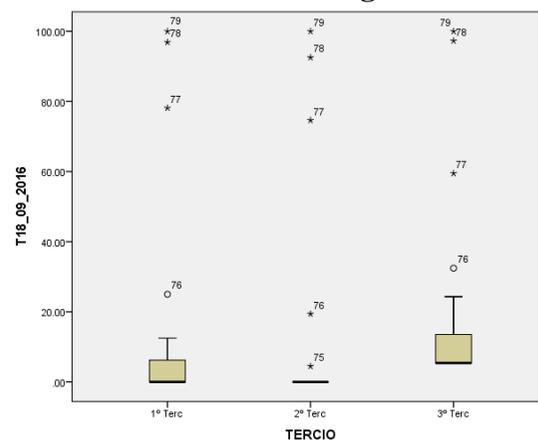


Figura 15 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por tercios el día 18-09-2016

Se observa que el estadio más frecuente es el 77 en el 1º y 2º tercio, y más habitual el estadio 78 en el 3º tercio (Gráfico 19). Los datos se encuentran bastante aglutinados en todos los tercios, mostrando bastante coincidencia en la posición de los estadios más altos (78 y 79) y un adelanto del tercer tercio en el estadio 77(Figura 15)

- Frecuencias de cada estadio fenológico por orientación:

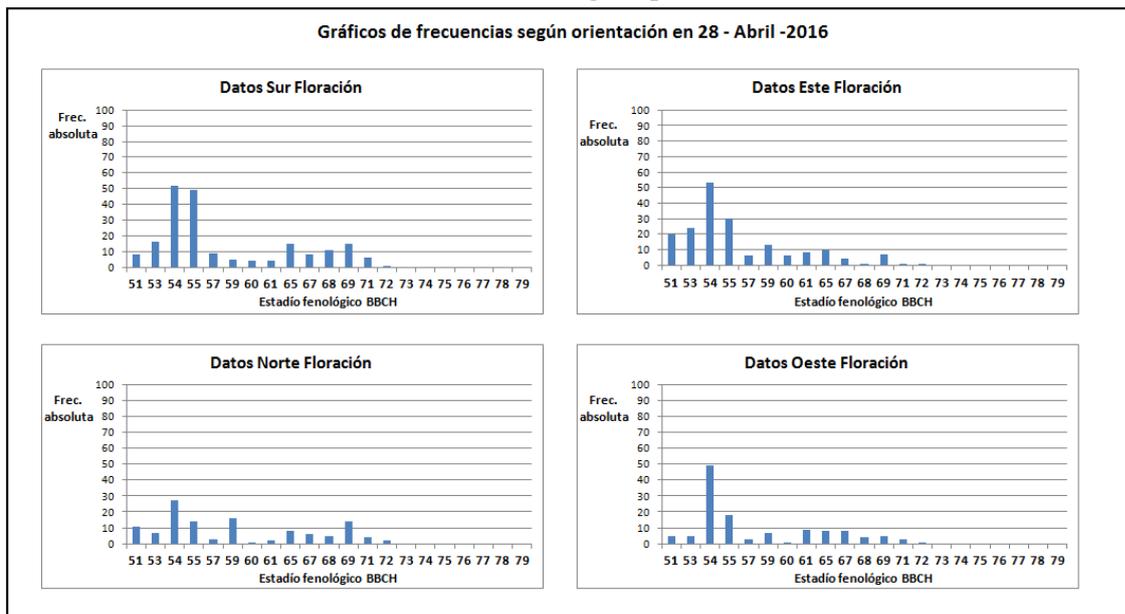


Gráfico 20 Frecuencias absolutas de estadios fenológico por orientación en el día 28-04-2016

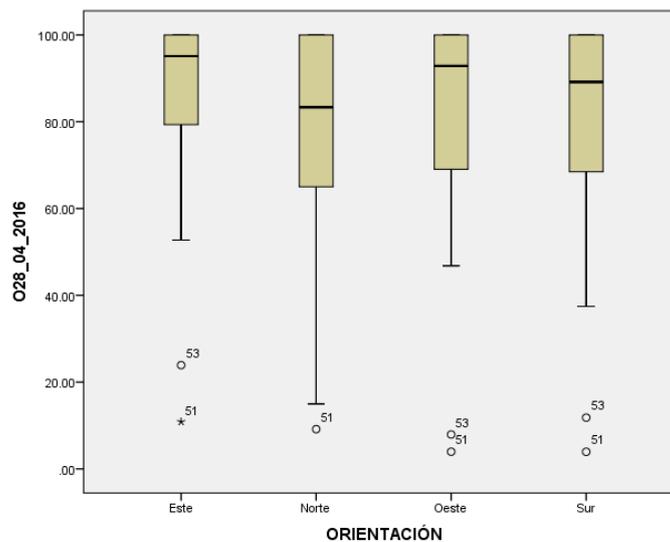


Figura 16 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por orientación el día 28-04-2016

- Día 28-04-2016: se advierte que el estadio fenológico más habitual es el 54 en todas las orientaciones, con frecuencia casi idéntica al estadio 55 en la orientación sur (Gráfico20). Los datos están más dispersos en la orientación norte, menos dispersos en la orientación este y medianamente concentrados en el Oeste y Sur (Figura 16)

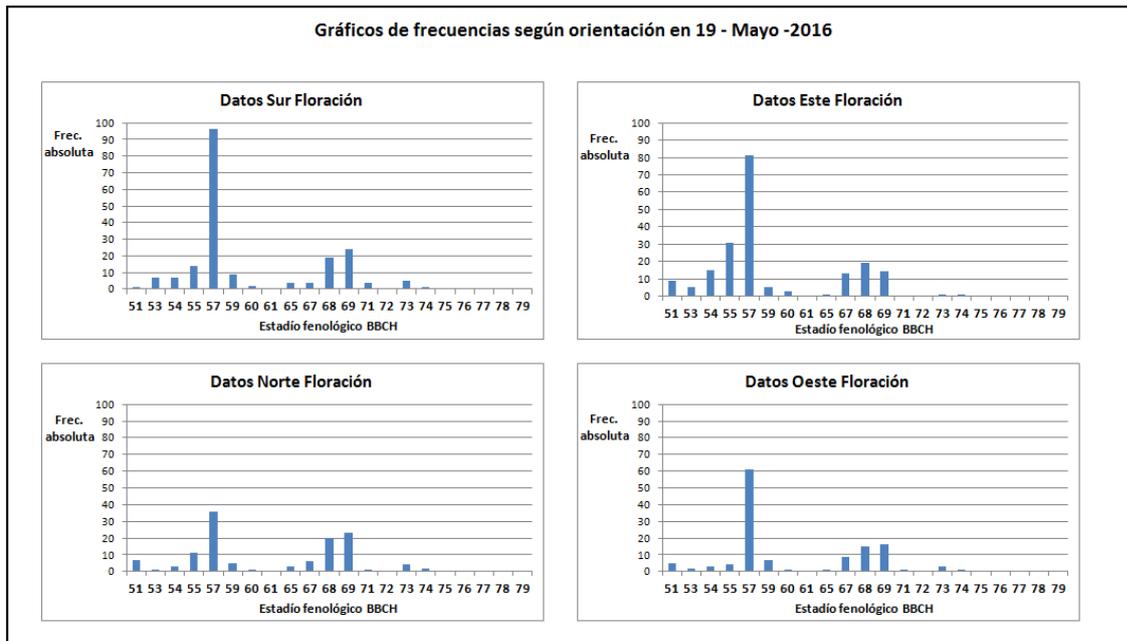


Gráfico 21 Frecuencias absolutas de estadios fenológico por orientación en el día 19-05-2016

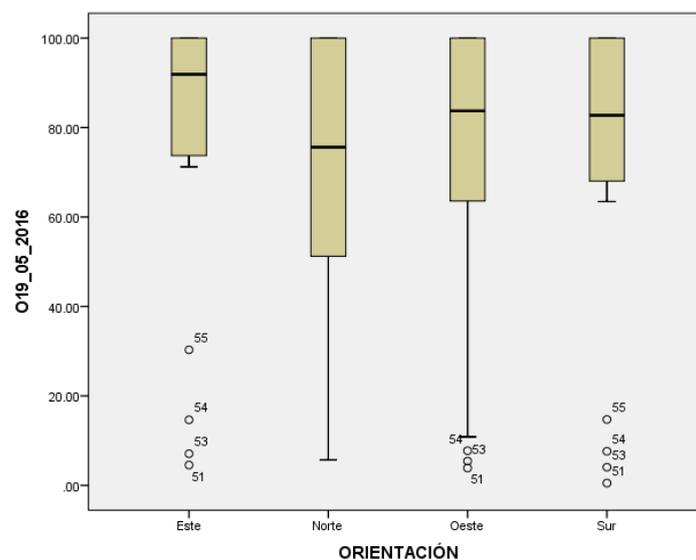


Figura 17 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por orientación el día 19-05-2016

- Día 19-05-2016: se aprecia que el estadio más frecuente es el 57 en todas las orientaciones (Gráfico21). Los datos están más diseminados en la orientación norte y Oeste y más concentrados en Este y Sur (Figura 17)

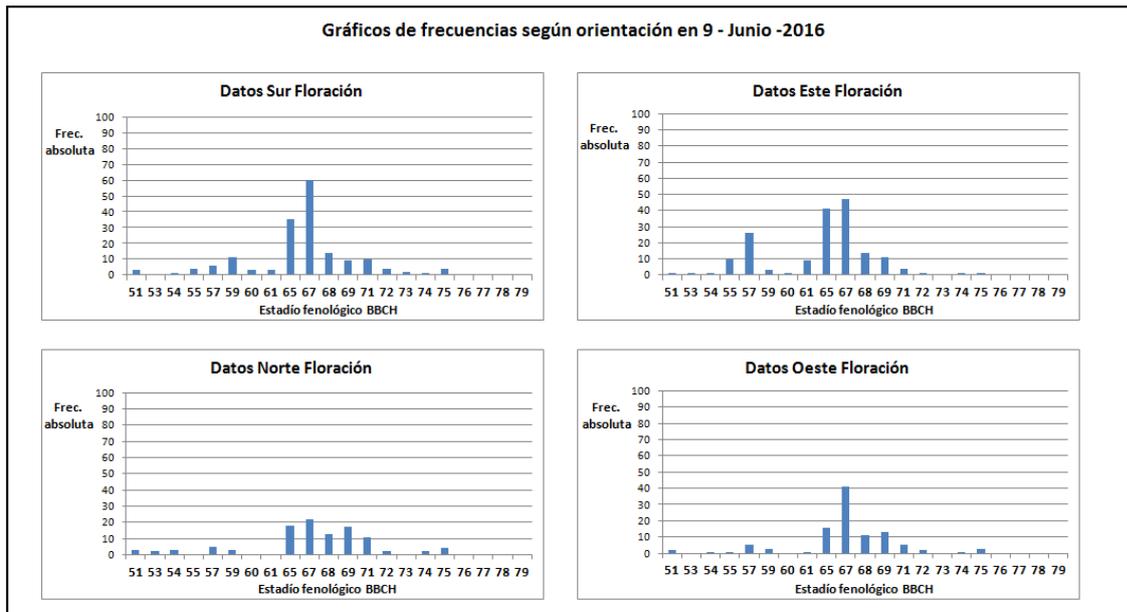


Gráfico 22 Frecuencias absolutas de estadios fenológico por orientación en el día 9-06-2016

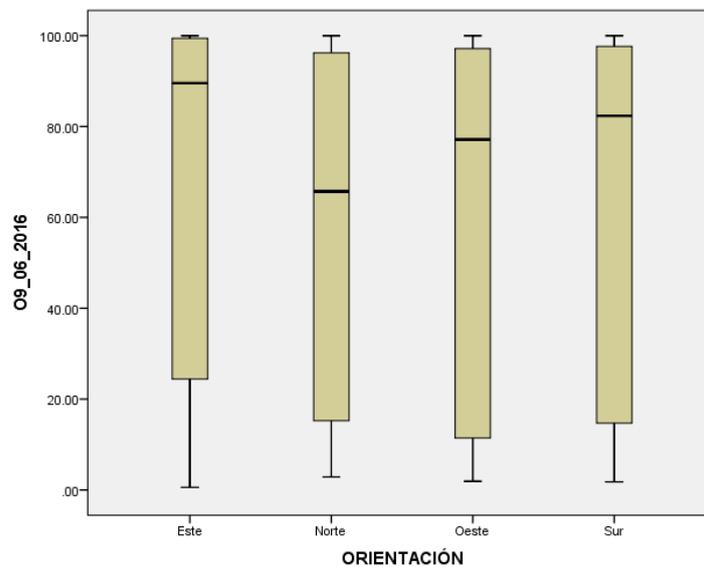


Figura 18 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por orientación el día 9-06-2016

- Día 9-06-2016: se observa que el estadio más común es el 67 en todas las orientaciones, con relativa proximidad del estadio 65 en el oeste (Gráfico 22). Los datos están igual de dispersos en todas las orientaciones (Figura 18)

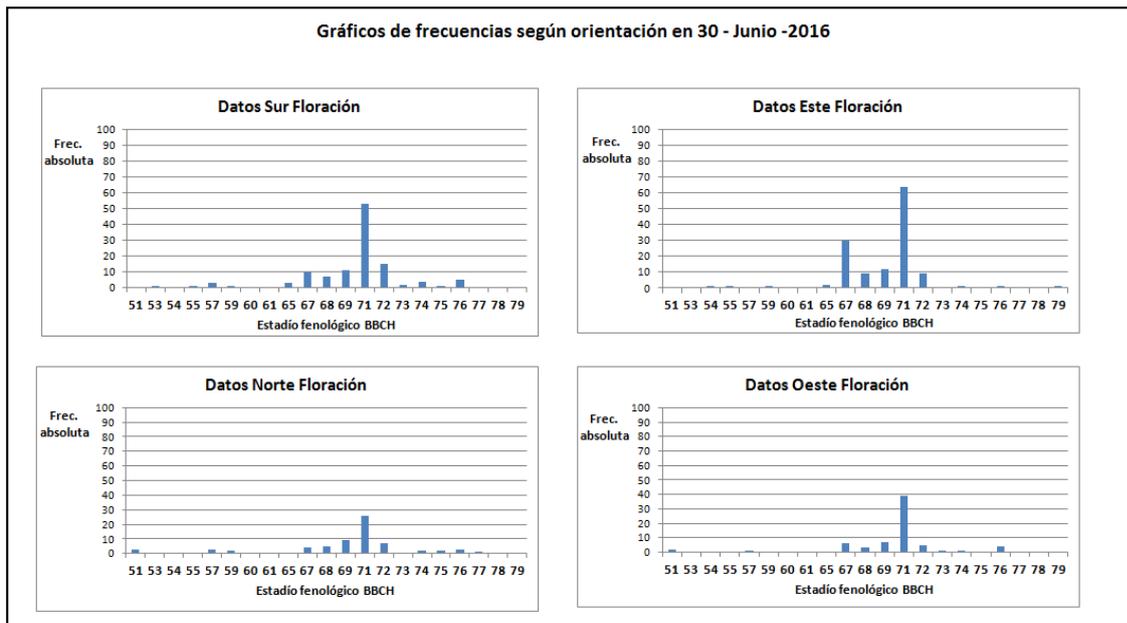


Gráfico 23 Frecuencias absolutas de estadios fenológico por orientación en el día 30-06-2016

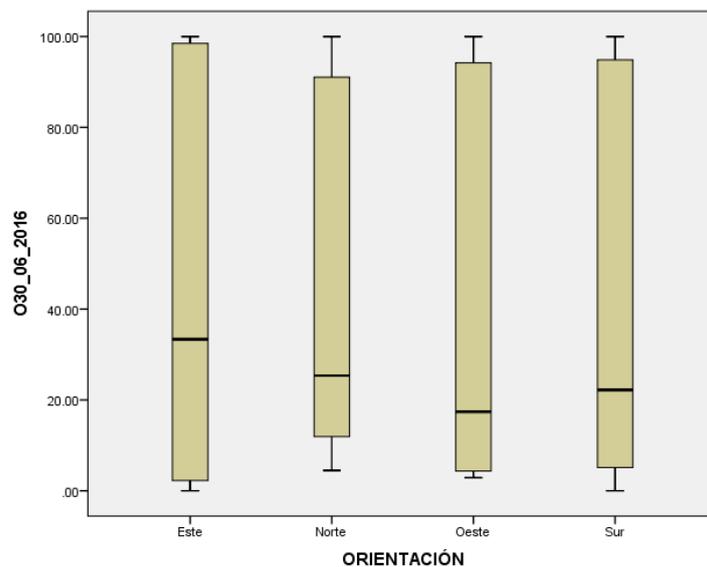


Figura 19 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por orientación el día 30-06-2016

- Día 30-06-2016: se observa que el estadio más frecuente es el 71 en todas las orientaciones (Gráfico 23). Los datos están dispersos en las 4 orientaciones (Figura 19)

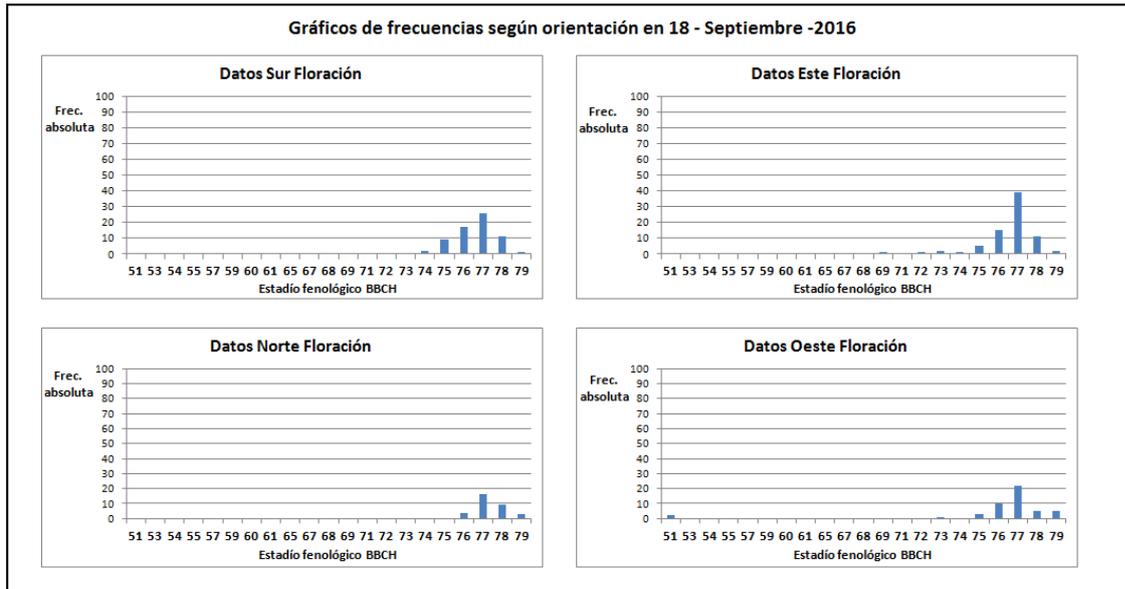


Gráfico 24 Frecuencias absolutas de estadios fenológico por orientación en el día 18-09-2016

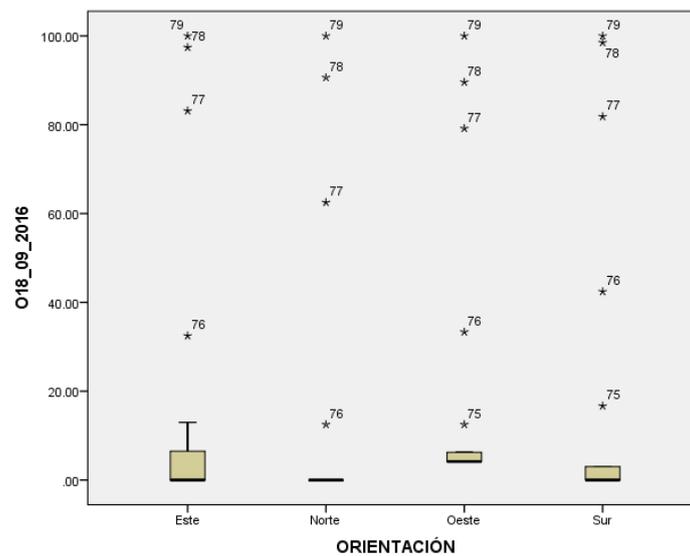


Figura 20 Distribución de frecuencias acumuladas de los estadios por orientación el día 18-09-2016

- Día 18-09-2016: se aprecia que el estadio más frecuente es el 77 en las cuatro orientaciones (Gráfico 24). Los datos se encuentran bastante aglutinados en todos los tercios, mostrando mucha concordancia en la posición de los estadios más avanzados de desarrollo del fruto (78 y 79) (Figura 20)

Avance estadios fenológicos
1 estadio
2 estadios
3 estadios
4 estadios
5 estadios
6 estadios
7 estadios
8 estadios
9 estadios
10 estadios
11 estadios
12 estadios
13 estadios

Tabla 2 Leyenda de colores de crecimiento de estadios fenológicos

Con el fin de interpretar mejor la sucesión de los distintos estadios fenológicos se decidió hacer una tabla de colores (Tabla 2).

Estado general de los árboles			
Modas	Estadio Fenológico (BBCH)		
Fecha	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado
5/05/2016	54	57	72
12/05/2016	55	57	72
19/05/2016	55	57	72
26/05/2016	55	59	72
2/06/2016	57	65	73
9/06/2016	57	69	74
16/06/2016	59	69	75
23/06/2016	59	69	76
30/06/2016	65	71	76
7/07/2016	69	72	77

Tabla 3 seguimiento de los estadios fenológicos más atrasado, más frecuente y más adelantado del seguimiento general

En el seguimiento general, que realizamos para poder comparar lo que sucede con los tercios de los ramos y con las orientaciones, se aprecia que en el punto de partida del muestreo en el día 5 de mayo el estadio más frecuente es el 57 (la corola de color verde es mayor que el cáliz), estadio que seguirá siendo el más frecuente hasta el 19 de mayo. Los estadios más adelantados no sufren modificación en las dos primeras semanas del muestreo en el estadio 72 (tamaño de los frutos alrededor de 20% de su tamaño final), y los más atrasados avanzan un estadio el día 12 de mayo de 54 (los brazos del racimo floral comienzan a alargarse) a 55 (racimo floral totalmente expandido, los botones florales comienzan a expandirse). El día 26 el estadio más frecuente pasó a ser el 59 (la corola cambia de color verde al blanco), manteniéndose constantes el más atrasado y más adelantado. Para el 2 de junio el estadio más frecuente avanza 3 posiciones, situándose en 65 (Plena floración: al menos el 50% de las flores están abiertas) y el más atrasado y más adelantado adelantan una posición hasta los estadios 57 y 73 respectivamente. En el muestreo del día 9 de junio el estadio más atrasado permaneció constante, el estadio más

frecuente avanzó 3 posiciones hasta el 69 (Fin de la floración, cuajado del fruto y caída de ovarios no fecundados) y en el estadio más adelantado los frutos crecieron hasta el 40% de su tamaño final (74). en el control del 16 de junio el estadio más frecuente no variará, y el más atrasado y adelantado aumentaran una etapa, 59 y 75 (Tamaño de los frutos alrededor del 50% de su tamaño final. Empieza a lignificarse el hueso (presenta resistencia al corte)) respectivamente. En la siguiente semana (23 de junio) solamente aumenta el estadio más adelantado hasta 76. Para el día 30 de junio aumenta 3 estadios el más atrasado hasta 65, un estadio el más frecuente hasta 71 y el más adelantado permanece igual. En el último muestreo general aumentará el estadio más atrasado hasta 69, el más frecuente hasta 72 y el más adelantado hasta 77 (tabla 3).

El registro pormenorizado de cada árbol se comenzó a tomar a partir del 28 de abril, concluyendo que el estadio más frecuente fue el 54, el más atrasado el 51 y el más adelantado el 69. El siguiente registro se realizó tres semanas después, el día 19 de mayo, en donde se observó que el estadio más atrasado se adelantó una posición hasta el estadio 53, el más frecuente dos posiciones hasta el 57, el más adelantado permaneció constante en 69. En el muestreo posterior del día 9 de junio, el estadio más atrasado pasó a ser el 55, el más frecuente el 67 y el más adelantado el 69, adelantándose 2 , 5 y 2 posiciones respectivamente. Para el 30 de junio el estadio más atrasado progresó dos posiciones hasta el estadio 59, el más frecuente 3 posiciones hasta el estadio 71 y el más adelantado creció un 20% de tamaño hasta el estadio 74. El último muestreo fenológico se realizó el día 18 de septiembre, 80 días después del anterior, y alcanzaron en los estadios más atrasado, más frecuente y más adelantado, valores de 75, 77 y 78 respectivamente (tabla 4).

SEGUIMIENTO DATOS TOTALES			
Fecha	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado
28/04/2016	51	54	69
19/05/2016	53	57	69
9/06/2016	55	67	72
30/06/2016	59	71	74
18/09/2016	75	77	78

Tabla 4 seguimiento de los estadios fenológicos más atrasado, más frecuente y más adelantado con los datos totales

Se comparó los datos totales del muestreo con los de los tercios de los ramos. En el día 28 de abril solo el primer tercio tuvo como valor más frecuente el 55, mientras que en el resto tuvieron 54, quedando los estadios más atrasado y más adelantados idénticos. Tres semanas después, el día 19 de mayo, los estadios más frecuentes son idénticos entre los tercios, sin embargo el estadio más atrasado en el primer tercio tiene un valor de 53, 54 en el segundo y 51 en el tercer tercio (el más externo). En el tercer registro del día 9 de junio, el estadio más atrasado en el primer tercio es 57, 57 en el segundo y 53 en el tercero; el más frecuente fue el 67 en el primer y segundo tercio y 65 en el tercero, y el más adelantado fueron en el primer, segundo y tercer tercio 73,72 y 69 respectivamente. Tres semanas después, el 30 de junio avanzaron todos los estadios fenológicos, quedando más

adelantado el 1° tercio: siendo el estadio más atrasado el 67, en el 2° tercio el 59 y el 3° tercio el 55; el más frecuente en los tres tercios fue el estadio 71; y el estadio más adelantado dio como resultado 76 en el 1° tercio, 74 en el 2° tercio y 72 en el 3° tercio. El último muestreo realizado dos meses y 18 días después del anterior, revela que en los estadios más atrasados el 1° tercio muestra un valor de 74, el 2° tercio 76 y el 3° tercio vuelve a la brotación con el estadio 51; los estadios más frecuentes revelan valores de 77 en el 1° y 2° tercio y de 78 en el 3° tercio; y por último los estadios más avanzados tuvieron unos resultados de 78 en el 1° tercio, 79 en el 2° tercio y 78 en el 3° tercio (igual que el estadio más frecuente (tabla 5).

SEGUIMIENTO DE RAMOS POR TERCIO									
Moda	Estadio Fenológico (BBCH) 1º TERCIO			Estadio Fenológico (BBCH) 2º TERCIO			Estadio Fenológico (BBCH) 3º TERCIO		
Fecha	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado
28/04/2016	51	55	69	51	54	69	51	54	69
19/05/2016	53	57	69	54	57	69	51	57	69
9/06/2016	57	67	73	57	67	72	53	65	69
30/06/2016	67	71	76	59	71	74	55	71	72
18/09/2016	74	77	78	76	77	79	51	78	78

Tabla 5 seguimiento de los estadios fenológicos más atrasado, más frecuente y más adelantado por tercio

SEGUIMIENTO DE RAMOS POR ORIENTACIÓN												
Moda	Estadio Fenológico (BBCH) SUR (S)			Estadio Fenológico (BBCH) ESTE [E]			Estadio Fenológico (BBCH) NORTE (N)			Estadio Fenológico (BBCH) OESTE (W)		
Fecha	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado	Más atrasado	Más frecuente	Más adelantado
28/04/2016	53	54	69	51	54	68	51	54	69	53	54	69
19/05/2016	54	57	71	53	57	69	51	57	71	53	57	69
9/06/2016	57	67	72	55	67	69	54	67	74	57	67	72
30/06/2016	59	71	75	67	71	72	57	71	76	67	71	76
18/09/2016	75	77	78	73	77	78	76	77	79	73	77	79

Tabla 6 seguimiento de los estadios fenológicos más atrasado, más frecuente y más adelantado por orientación

Se contrastó la evolución de los estadios fenológicos por orientación (sur, este, norte y oeste) con la sucesión de estadios de los datos totales. En el registro inicial del 28 de abril, los estadios más atrasados muestran un valor de 53 en el sur y oeste y 51 en este y norte; el estadio más frecuente es 54 en todas las orientaciones, y los estadios más adelantados son 69 en sur, norte y oeste y 69 en el este. En el posterior muestreo del 19 de mayo, aumentaron en el estadio más atrasado hasta 54 y 53 en el sur y este respectivamente, el norte y oeste permanecieron invariables; el estadio más frecuente aumentó hasta el 57 en todas las orientaciones; y el estadio más adelantado progresó hasta el 71 en sur y norte, y hasta 69 en el este, quedando estático en el oeste. En el siguiente seguimiento de los estadios (9 de junio) se corroboró que los estadios más frecuentes aumentaron 5 posiciones hasta el 67 en todas las orientaciones, los más atrasados aumentaron hasta 57 en el sur y oeste, hasta 55 en el este y hasta 54 en el norte; y los estadios más adelantados aumentaron hasta 72 en sur y oeste, hasta 74 en norte y en el este se mantuvo invariable. En el muestreo posterior del 30 de junio, realizado tres semanas después se comprobó que los estadios más frecuentes permanecieron sin diferencias entre las orientaciones, aumentando tres estadios hasta 71; los más retrasados tuvieron el valor de 67 en el este y oeste, 59 en el sur y 57 en el norte; y los más avanzados mostró un resultado de 76 en norte y oeste, 75 en el sur y 72 en el este. En el último muestreo realizado el 18 de septiembre se comprobó que una vez mas no hay diferencias entre las orientaciones con el estadio más usual, que dio un resultado de 77; el más atrasado aumentó hasta 76 en el norte, 75 en el sur, 73 en este y oeste; y el estadio más adelantado obtuvo un valor de 78 en sur y este y 79 en norte y oeste (tabla 6).

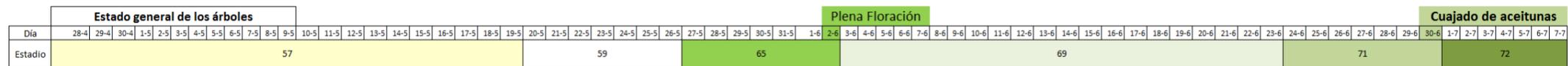


Figura 21 desarrollo de estadios fenológicos del seguimiento general de los árboles en línea de tiempo

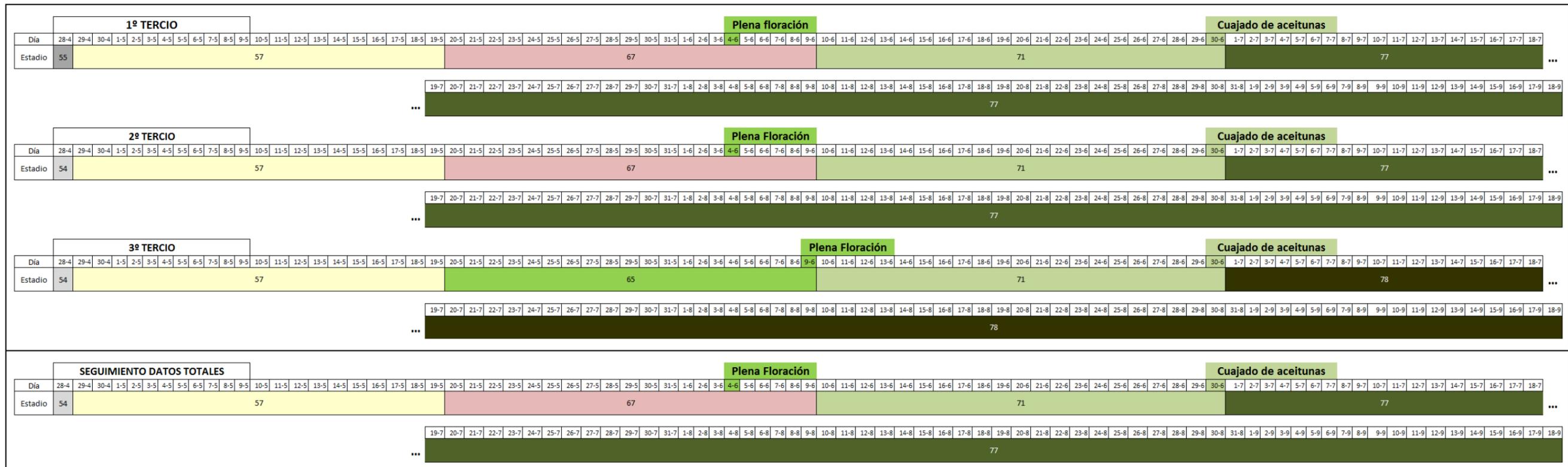


Figura 22 Comparativa de la evolución de estadios fenológicos de los tercios y el total en línea de tiempo

Se realizó una representación de los estadios más frecuentes del seguimiento general sobre una línea de tiempo para su visualización temporal, dando como resultado que el estadio 57 es el más frecuente desde el 28 de abril hasta el 19 de mayo, el 59 es el más usual desde el 20 hasta el 26 de mayo, el estadio 65 es el más frecuente desde el 27 de mayo hasta el 2 de junio (fecha donde se produce la plena floración con un total de 505.76 °C día acumulados), avanza 3 estadios hasta 69 desde el 3 hasta el 23 de junio, continua progresando hasta el 71 (cuajado de frutos con un total de 814.27 °C día acumulados) desde el 24 hasta el 30 de junio y concluye con el estadio 72 desde el 1 hasta el 7 de julio (figura 21). Desde plena floración hasta cuajado transcurrieron 28 días.

Se representaron los estadios fenológicos más frecuentes de cada tercio de los ramos en una línea de tiempo y se realizó una comparación con los datos totales del muestreo para analizar las diferencias. Se concluye que el día 28 de abril en el 2º y 3º tercio el estadio fenológico más habitual será el 54 y el 55 en el 1º tercio el cual estará adelantado un estadio fenológico respecto al total. Del día 29 de abril al 19 de mayo se observa el estadio 57 en todos los tercios y en el seguimiento general, continuando del 20 de mayo al 9 de junio con el estadio 67 en el 1º y 2º tercio y en los datos totales (plena floración el día 4 de junio con 522°C día acumulados, coincidiendo con el día que se rebasaron los requerimientos teóricos para la plena floración) y con el estadio 65 en el 3º tercio (teniendo la plena floración el día 9 de junio con 578.47 °C día acumulados). En el siguiente tramo fenológico del 10 al 30 de junio, todos los tercios y los datos totales coinciden en el estadio fenológico 71, cuajado de la aceituna con 814°C día acumulados. Para finalizar la comparativa, el último intervalo de tiempo desde el 1 de julio hasta el 18 de septiembre tendrán en el 1º, 2º tercio y los datos totales el estadio 77 y en el 3º tercio el estadio 78. Tuvo una duración de 26 días el periodo desde plena floración hasta cuajado en el 1º, 2º tercio y en la media de todos los datos, mientras que el 3º tercio requirió 21 días (figura 22).

Por lo tanto, de modo general, el primer tercio se adelantó 1 estadio fenológico respecto al total al principio (28 de abril), después permanecieron en el mismo estadio fenológico hasta el día 19 de mayo (estadio 57). A continuación, del día 20 de mayo hasta el 9 de junio el 3º tercio se retrasa con el estadio 65, mientras el resto muestra el estadio 67, al igual que los datos totales. En el periodo del 10 al 30 de junio, los estadios no presentan diferencia con el estadio 71, para al final, del 1 de julio hasta el 18 de septiembre adelantarse el 3º tercio con unas aceitunas al 80% de su tamaño, mientras que el 1º y 2º tercio las tenían del 70 % de su tamaño final (figura 22).

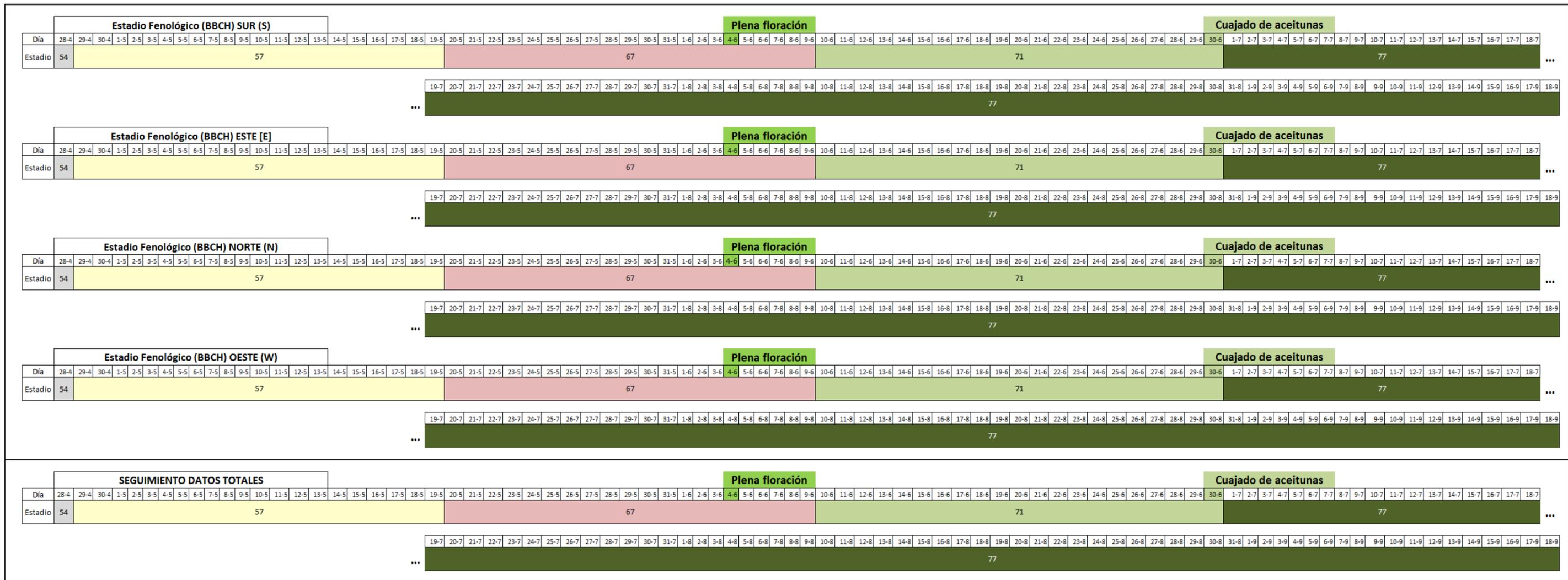


Figura 23 Comparativa de la evolución de estadios fenológicos de la orientación y el total en línea de tiempo

En el análisis de la fenología entre los cuatro puntos cardinales (sur, este, norte y oeste) se observó que el 28-4 no hubo ninguna diferencia entre las orientaciones con el estadio 54; del 29-4 hasta el 19-5 todas las orientaciones tuvieron el estadio 57; del 20-5 al 9-6 ,67 fue el estadio fenológico en todas las orientaciones, en este periodo se produjo la plena floración (PF) en el día 4 de junio con unos 522.55 °C día acumulados. En la etapa posterior desde el 10-6 hasta el 30-6 todas las orientaciones mostraron el estadio fenológico 71 (Cuajado de aceitunas con 814.27 °C día acumulados) y para concluir desde el 1-7 hasta el 18-9 las cuatro orientaciones mostraron el estadio 77 (tamaño de los frutos al 70% del tamaño final)(figura 23). Se puede concluir que no existen diferencias en la fenología de las cuatro orientaciones de los olivos visto los resultados mostrados en el análisis. Pasaron 26 días para que la fenología avanzara desde plena floración hasta cuajado, en todas las orientaciones y con los datos totales.

Para los resultados de Plena Floración (P.F.) se puede determinar que de manera general ocurrió el día 4 de junio con 522.55 °C día acumulados, fecha retrasada 25 días respecto a la media de plena floración en Córdoba, que es el 10 de mayo. Respecto a la fecha de España en general la plena floración entra dentro del margen dado (24 de abril al 15 de junio) y retrasado 21 días respecto al día de máxima difusión polínica P.F. (14 de mayo). En Italia el olivo florece desde el 16 de mayo hasta el 2 de junio, con la P.F. el 24 de mayo, 11 días antes que en Canales Altas. En Mendoza, Argentina la fecha de P.F. es el 4 de mayo (adaptado al hemisferio norte) por lo tanto la P.F. en Canales Altas está atrasada 31 días. En Castilla la Mancha el día promedio de plena floración es el 7 de junio, por lo tanto en Canales Altas, la plena floración estará adelantada 3 días ,pero dentro del rango dado en Casilla la Mancha (del 18 de mayo al 19 de junio)

Se contabilizó el número de yemas que se incrementaban en cada registro fotográfico de los ramos, así se puede calcular el crecimiento vegetativo con la diferencia de yemas de cada tercio. Se puede corroborar que en el día 19 de mayo el 2º tercio tuvo un crecimiento vegetativo ligeramente superior (1 yema adicional), el día 9 de junio el 2º tercio creció más apreciablemente (2 yemas adicionales) y el 3 tercio creció notablemente menos (7 yemas menor al 2º tercio). Se progresó considerablemente en el día 30 de junio de manera general, aun así el 2º tercio tuvo un crecimiento apreciablemente mayor (5 yemas) que el 3º tercio, el cual es el segundo en crecimiento en esta fecha. Por último el crecimiento en el último registro el 18 de septiembre es alrededor de la mitad que el anterior teniendo mayor crecimiento el 1º tercio muy leve respecto a los otros tercios (gráfico 25).

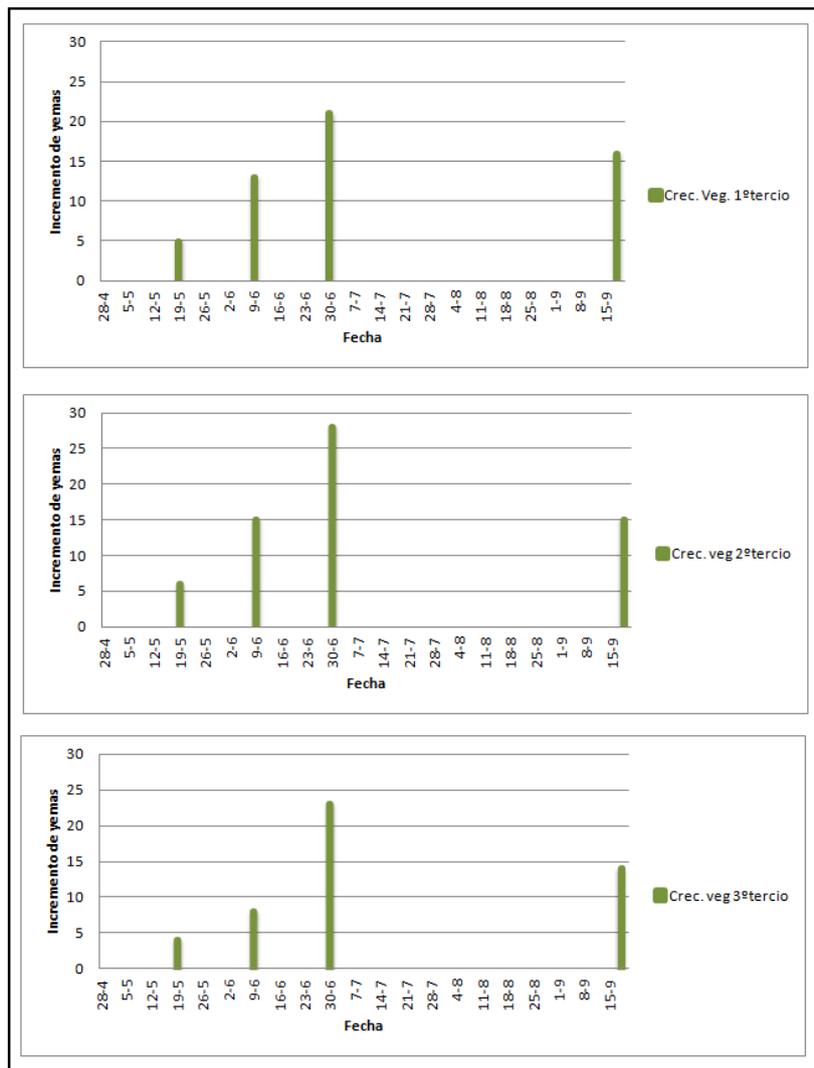


Grafico 25 progreso del desarrollo vegetativo por tercios en el intervalo de tiempo estudiado

En la comparativa del crecimiento vegetativo por orientación se extrae que en el día 19 de mayo la orientación este crece significativamente más en número de yemas que el que menos creció, que en este caso es el oeste (7 yemas más). En el posterior conteo del

9 de junio el oeste tuvo un crecimiento notablemente mayor (13 más que el menor que fue el sur). En el sucesivo control del 30 de junio volvió a crecer mucho más el oeste, con un incremento de 45 yemas, mientras que el que menos creció fue el sur con 17 yemas. En la última inspección del crecimiento fue el sur el que más creció con 26 yemas adicionales y el que menos crecimiento presentó fue la orientación oeste con 12 yemas añadidas (grafico 26).

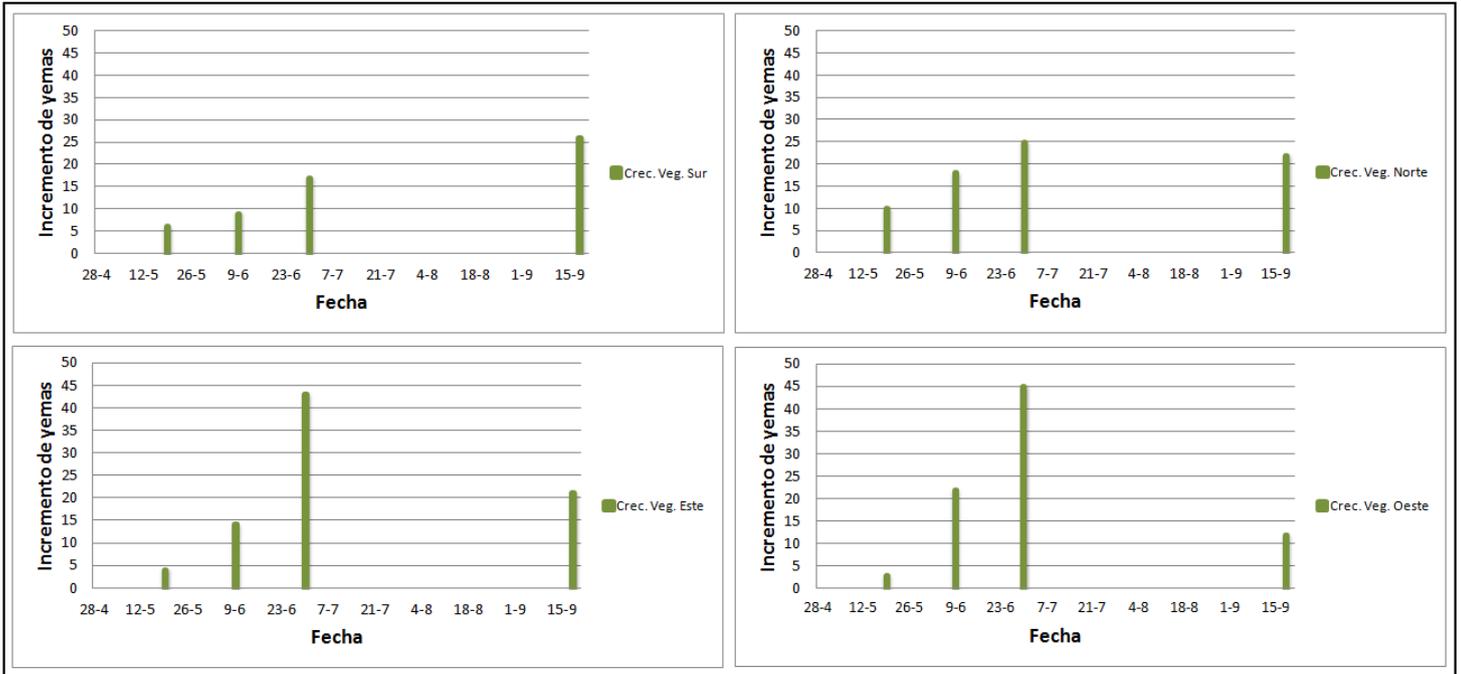


Gráfico 26 progreso del desarrollo vegetativo por orientación en el intervalo de tiempo estudiado

En el estudio del crecimiento vegetativo de todos los datos, se contabiliza el crecimiento vegetativo de cada fecha resultando 23 en el día 19 de mayo, 63 en el día 9 de junio, 130 el día 30 de junio y 81 el 18 de septiembre (Gráfico 27).

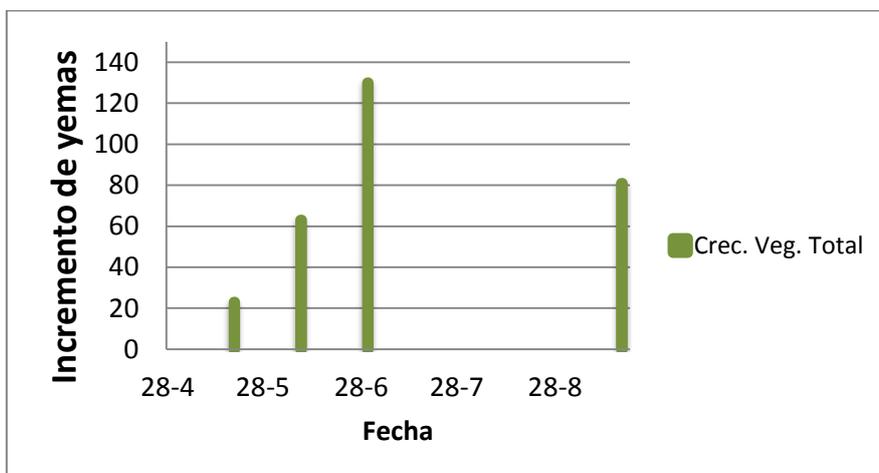


Gráfico 27 progreso del desarrollo vegetativo de todos los datos en el intervalo de tiempo estudiado

Con los datos de cada yema de los registros se observó que de una fecha a otra muchas flores y frutos se caían al suelo, dado a que desaparecían en las siguientes fotografías. Es por ello que se investigó la causa de dichos abortos, porque pueden estar provocados por las condiciones climáticas o por el ataque de plagas como *Prays oleae* ó *Bactrocera oleae*. En el registro general de la fenología se pudo comprobar un ataque de *Prays oleae* con las siguientes características: se observó por primera vez en el día 5 de marzo en un único árbol de 10 observados, siendo un ataque leve; continuó en el registro del día 2 de junio de forma moderada en un árbol; Se desarrolló el día 23 de junio transformándose en un ataque generalizado (8 árboles afectados de 10 muestreados) y de afectación moderada que durará en los sucesivos muestreos del día 30 de junio con 10/10 árboles afectados y del día 7 de julio con mucha extensión (10 afectados /10) y de daño moderado. Se aplicó el día 23 de junio un tratamiento con piretroide para su control.

Respecto a la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*) el ataque se registró a partir del día 9 de junio con 2 árboles afectados de 10 analizados y con muchas aceitunas afectadas en cada árbol. Continuó la afección el día 16 de junio con las aceitunas de un árbol severamente dañadas; aumentó la distribución de la plaga en el día 30 de junio con 3 árboles afectados de un muestreo de 10 con daños moderados y en el último registro general del día 7 de julio la afección se prolongó con 3 de 10 árboles afectados y daños moderados. Se realizaron tratamientos contra la afección de la mosca los días 6-7 de junio con piretroides y el 4-5 de agosto con imidacloprid.

Para el conteo del número de abortos producidos en cada tercio de cada ramo, se puede corroborar que en el día 19 de mayo el 1º tercio tuvo un número de abortos notablemente superior (3 abortos adicionales), el día 9 de junio el 1º tercio abortó flores y frutos más claramente (5 abortos más que el 2º tercio) y el 3º tercio tuvo un mínimo aborto de flores y frutos (7 abortos en total). El 2º tercio en el día 30 de junio tuvo una tasa de abortos apreciablemente mayor (42 abortos) que el 3º tercio, el cual es el último en abortos (22 abortos) para esa esta fecha. La caída de flores y fruto en el muestreo final del 18 de septiembre, sigue siendo considerablemente alto, siendo más alto en el 2º tercio (41 abortos), mientras que en el 1º y 2º tercio se produjeron 33 y 30 abortos respectivamente(gráfico 28).

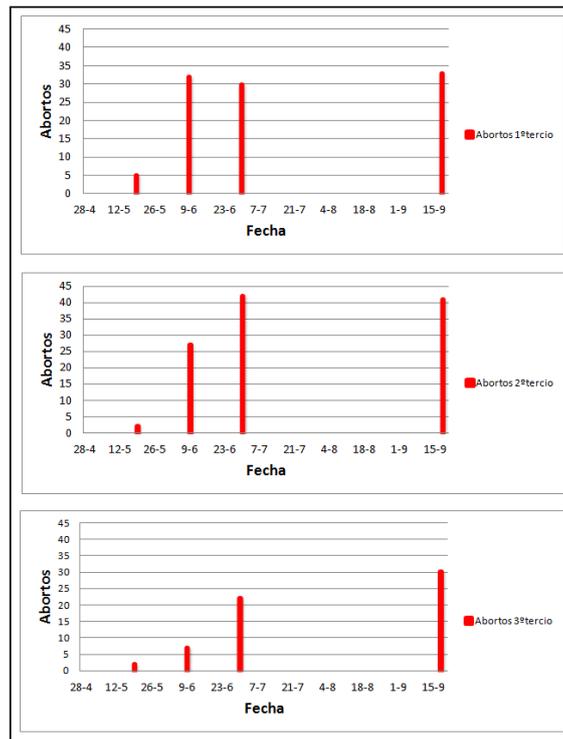


Grafico 28 evolución de los abortos por tercios en el intervalo de tiempo estudiado

Examinando el número de abortos de flor y fruto por orientación se concluye que en el día 19 de mayo la orientación sur es considerablemente mayor que el que menos abortó, que en este caso es el este (9 abortos más). En el sucesivo muestreo del 9 de junio el sur y oeste tuvieron una tasa de abortos mayor (31 en ambos casos), seguidos de cerca por la orientación este con 28 y alejados del norte que fue donde menor tasa se constató (14 abortos). Seguidamente se efectuó un control el 30 de junio donde abortó mas la orientación sur con 54 abortos, seguido de norte con 41, oeste con 36 y este con 34. En la inspección final del número de abortos fue la orientación este el que más abortó con 57 y el que menos abortos mostró fue la orientación oeste con 21 abortos (grafico 29).

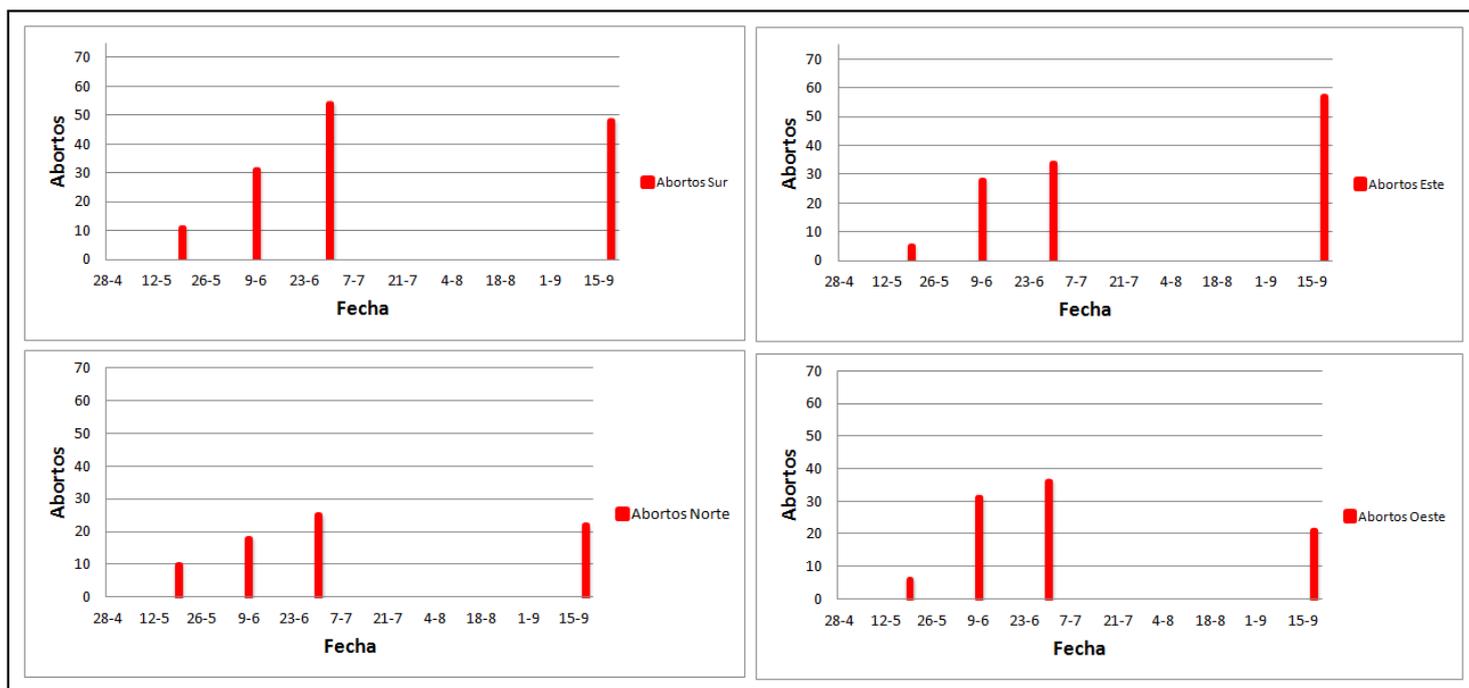


Gráfico 29 evolución de los abortos por orientación en el intervalo de tiempo estudiado

En el estudio de los abortos de los datos totales, se determina los abortos producidos de cada fecha resultando 24 en el día 19 de mayo, 104 en el día 9 de junio, 165 el día 30 de junio y 163 el 18 de septiembre (Gráfico 30). Los abortos en la campaña 2015-2016 tuvieron dos principales causas:

- La fuerte presión de las dos principales plagas (*Prays oleae* y *Bactrocera oleae*).
- Desajustes en el tiempo meteorológico, dado a que hubo un invierno muy cálido (grafico 8) y seco (grafico 10), y posteriormente un inicio de primavera más fría y húmeda de lo normal.

Razones por las cuales se sucedieron las oleadas de floración y aumentaron las abscisiones de flores y frutos.

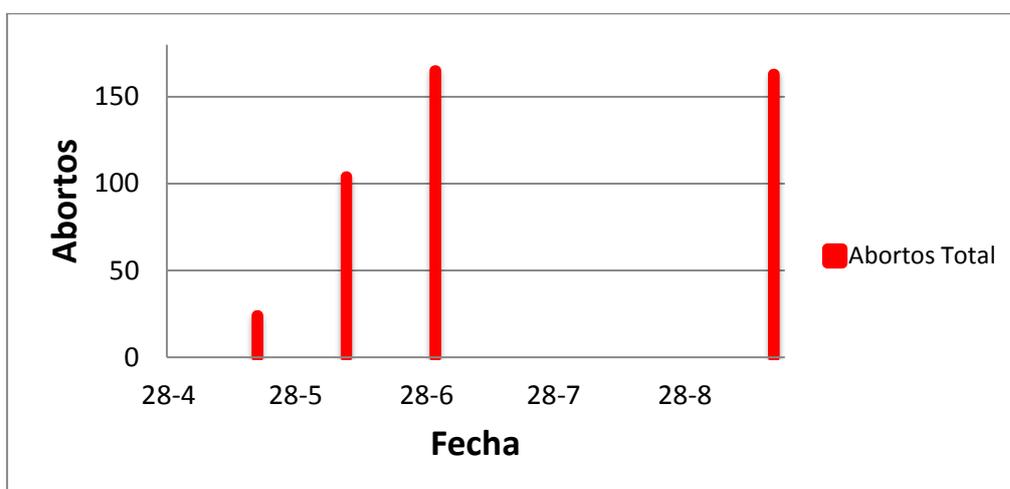


Gráfico 30 evolución de los abortos de los datos totales en el intervalo de tiempo estudiado

Momento de endurecimiento del hueso de la aceituna

En el presente estudio se contrastaron las categorías de hueso blando y hueso endurecido del año 2016 con los datos del estudio realizado en el año 2014

Se desprende del gráfico 31 que el endurecimiento del hueso de la aceituna en la cosecha de 2016, que se atrasó respecto a la cosecha de 2014. El muestreo de 2014 comenzó el día 4 de junio de 2016 y progresivamente el endocarpo de las aceitunas se fue endureciendo. Alcanzó una media de endurecimiento del 10% el día 8 de julio, 34 días desde el inicio del muestreo; el 50% el día 22 de julio, 48 días después del inicio del muestreo; el 75% el día 26 de julio, 52 días después y el 99% el día 30 de julio, 56 días después del inicio del seguimiento (valores interpolados) (Gráfico 31).

En la campaña de 2016 el muestreo comenzó el día 19 de julio de 2016, alcanzando el 10% ese mismo día (19-7-2016), se obtuvo un 50% de huesos endurecidos el día 21 de agosto (con 1592.41°C día), 33 días después del inicio del muestreo, las aceitunas adquirieron un 75% de aceitunas con el hueso endurecido el día 29 de agosto, con 48 días desde el inicio, concluyendo el endurecimiento el día 5 de septiembre de 2016 con el 98% del hueso endurecido a 55 días desde el comienzo del estudio (valores interpolados). Comparativamente las aceitunas en el año 2016 endurecieron el endocarpo notablemente más tarde que el año 2014, alcanzó el 10% de endurecimiento 11 días después, el 50% de endurecimiento 30 días posteriormente, el 75% 34 días después y el 98% de endurecimiento 37 días más atrasado (Gráfico 31).

Para la determinación del momento de endurecimiento del hueso se consideró que con el 50% de la muestra con resistencia al corte, el endurecimiento era real a efectos prácticos.

Comparando las fechas del endurecimiento de la muestra de Canales Altas con Bovera, Lleida, se observa que en 2014 en Canales Altas al ser un año lluvioso, se endureció el día 22-7, teniendo un retraso de 11 días hasta el 22-7; mientras que en el año 2016 (año seco) tiene un retraso de 37 días del 15-7 en Lleida, hasta el 21-8 en Canales Altas.

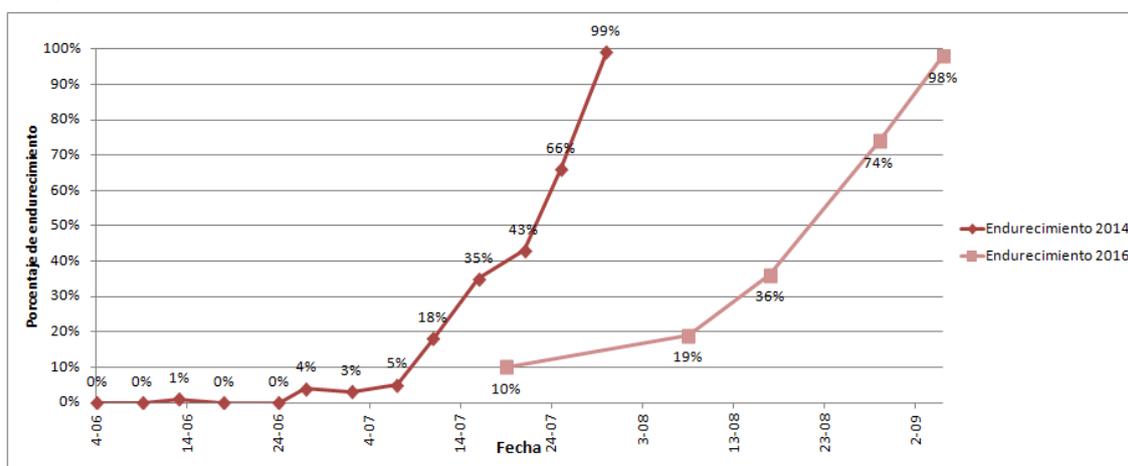


Gráfico 31 Comparativa del momento de endurecimiento del hueso en 2014 y 2016

Se comparó el porcentaje de endurecimiento según la orientación de las muestras de aceitunas y se observó que en el día 13 de junio la orientación este tenía un 4% de

aceitunas con el hueso endurecido mientras que el resto de orientaciones no tuvo ningún hueso endurecido. En los sucesivos muestreos la orientación norte presentó un mayor porcentaje de endurecimiento desde el 2 de julio hasta el 11 de julio, siendo la orientación este la que menor endurecimiento mostró. En el día 21 de julio el porcentaje de endurecimiento del norte disminuyó de 48 a 40%, sin motivo aparente. A partir del 16 de julio la orientación que mayor porcentaje mostró fue el oeste y el que menor endurecimiento presentó fue el sur hasta el día 25 de julio. Para terminar todas las orientaciones terminaron en el día 30 de julio mostrando un endurecimiento del 100% excepto el oeste que alcanzó 96% (grafico 32).

El momento de endurecimiento del hueso al 50% de las muestras en el este ocurrió el 22 de julio, el norte el 22 de julio (iguales que el promedio), el sur se presentó el día 25 de julio, 3 días posterior a la media, y el oeste presentó endurecimiento el día 15 de julio, 7 días anterior al promedio.

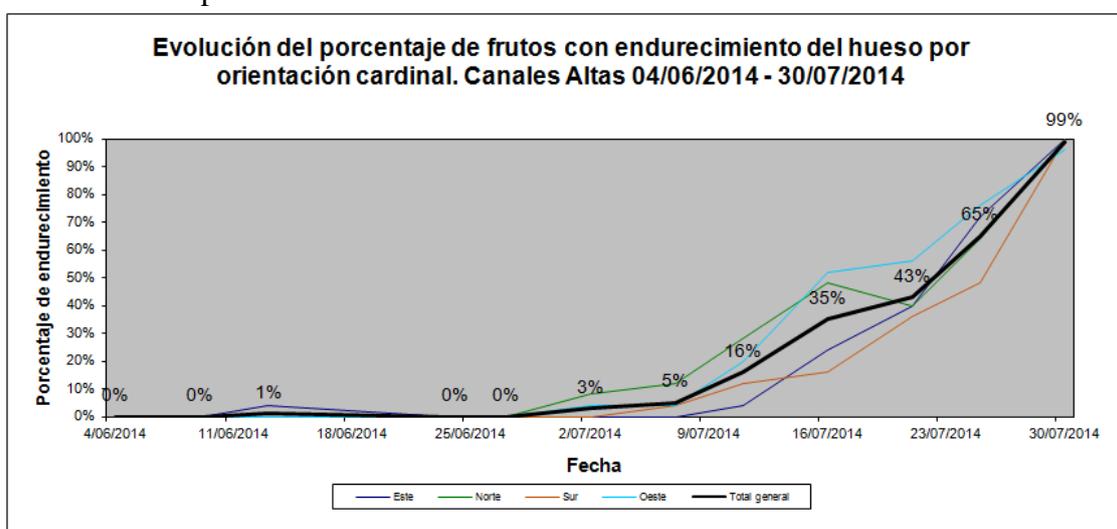


Gráfico 32 Endurecimiento del hueso según orientación en 2014

El endurecimiento del hueso varió según la orientación dentro de las copas de los olivos muestreados en la campaña de 2016. Comenzó presentando mayor porcentaje de endurecimiento la cara norte de los árboles con un 20% en el día 19 de julio, siendo el este y sur las orientaciones con menor endurecimiento con un 4%. En el día 8 de agosto continuó siendo el norte la orientación con más endurecimiento y la que menor endurecimiento mostró fue el este. En el siguiente muestreo del 17 de agosto la orientación más endurecida fue el oeste y la menos endurecida fue el sur. en el penúltimo muestreo el este y el norte obtuvieron un 80% de endurecimiento y el sur y oeste un 68%. Para concluir el día 5 de septiembre el norte y sur tuvieron todos las aceitunas con el hueso endurecido, mientras que el este y oeste obtuvieron un 96% de endurecimiento (grafico 33).

Respecto al momento de endurecimiento de hueso en las diferentes orientaciones, se adelantó 3 días respecto a la media el oeste ,con endurecimiento el día 18 de agosto (1.555 °C día), seguidos por el norte, que se atrasó 1 día con 1.581 °C día el 20 de agosto. Igual que la media, la orientación este se endureció el 21 de agosto con 1.592 °C día y se atrasó 3 días la orientación sur el 24 de agosto con 1.642 °C día.

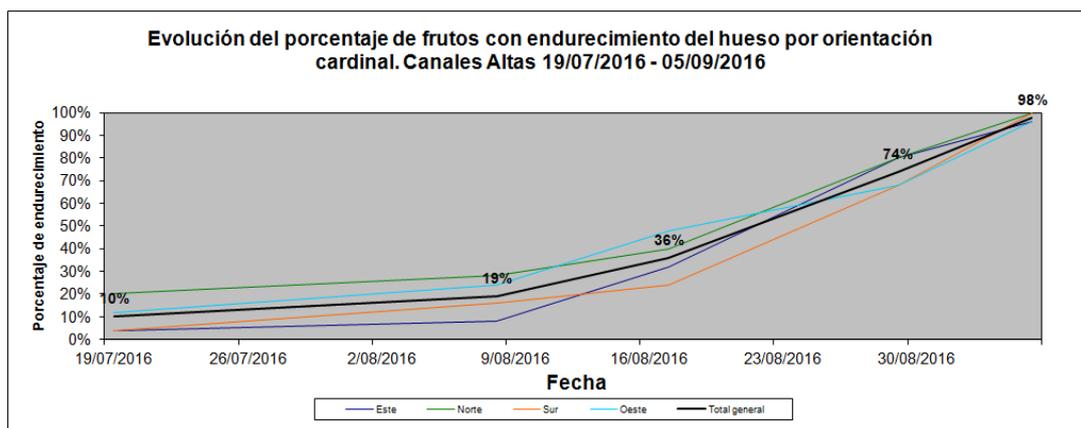


Gráfico 33 Endurecimiento del hueso según orientación en 2016

En el endurecimiento del hueso (50% de aceitunas endurecidas) en los dos años de estudio, el oeste se adelanta el endurecimiento 7 días en 2014 y 3 días en 2016; en el sur se atrasa 3 días en 2014 y 2016; en el este se mantiene igual a la fecha de endurecimiento promedio y en el norte en 2016 se adelanta 1 día, mientras que en 2014 permanece en la misma fecha que la media.

Los pesos de las aceitunas muestreadas según orientación en el año 2014 tuvieron una tendencia a crecer conforme avanzaban las fechas de los muestreos, acentuándose a partir del 21 de julio hasta el final del estudio el día 30 de julio. Comienza el análisis con una media del peso mayor de la orientación oeste y menor el este. El siguiente muestreo del día 9 de junio la orientación norte y oeste muestran un peso mayor y continua el este siendo el menor. Desde la toma de muestras del día 13 de junio hasta el 7 de julio la orientación con mayor peso es el oeste, mientras que la que menor peso mostró fueron sur y este, intercalándose el menor peso en diferentes muestreos. El 11 de julio la orientación con mayor peso promedio correspondió a la orientación norte, el 16 de julio fue el oeste, el 21 de julio volvió a ser el norte, el 25 de julio correspondió al oeste y por último el 30 de julio fue el oeste. De los valores de peso menores a partir del 21 hasta el 30 de julio correspondió la orientación sur (grafico 34).

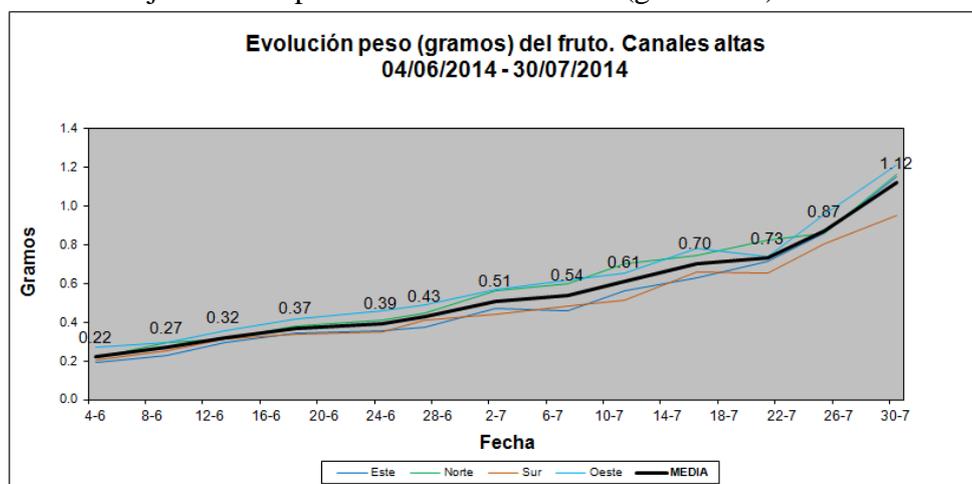


Gráfico 34 Evolución del peso por orientación de las aceitunas muestreadas en 2014

El desarrollo de los pesos de los frutos según la orientación en el año 2016 se caracteriza por tener un carácter ascendente general y por un estancamiento del crecimiento durante los tres muestreos centrales del estudio desde el 8 hasta el 29 de agosto. Al principio del muestreo la orientación norte comenzó con un peso mayor que el resto, y el sur con el menor peso. En la siguiente toma de datos del día 8 de agosto, la orientación más pesada fue el oeste y de menor peso el este. En el siguiente muestreo en el día 17 de agosto, las orientaciones sur y oeste disminuyeron de peso, mientras que las orientaciones norte y este aumentaron. La siguiente fecha fue el día 29 de agosto, donde los pesos aumentaron muy levemente, siendo el mayor el norte y el menor el este. En los últimos datos muestreados hubo un aumento considerable del peso, quedando como más pesados los frutos de orientación norte y menos pesados los de orientación este (grafico 35).

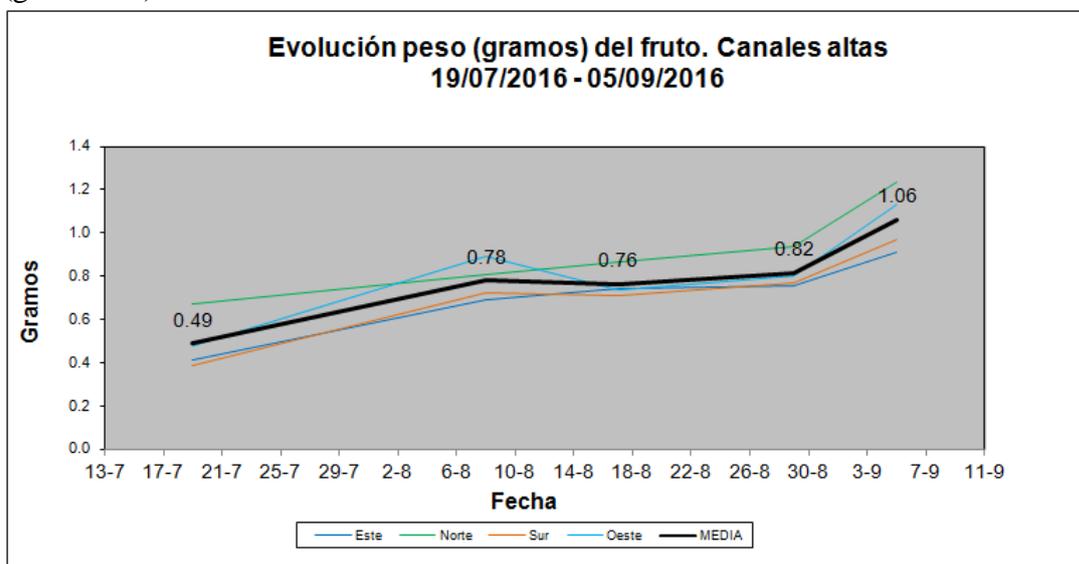


Gráfico 35 Evolución del peso de las aceitunas muestreadas en 2016

Con los datos de largo y ancho en milímetros se aplicó la fórmula del esferoide (2) para hallar los volúmenes de las aceitunas en centímetros cúbicos (cc) con mucha precisión. La tendencia general de los volúmenes es ascendente, con un incremento de pendiente positivo a partir del 21 de julio hasta el 30 de julio. Desde el primer muestreo, el 4 de junio, la orientación oeste mostró un mayor volumen de aceituna hasta el día 27 de junio, con el 9 de junio los volúmenes de oeste y norte igualados. A partir del 27 se van intercalando la orientación norte y oeste como las más voluminosas, teniendo una leve disminución de tamaño el oeste el día 21 de julio. Las orientaciones que menor volumen mostraron fueron el este y sobretodo el sur, acentuándose la diferencia en el último muestreo el día 30 de junio (grafico 36).

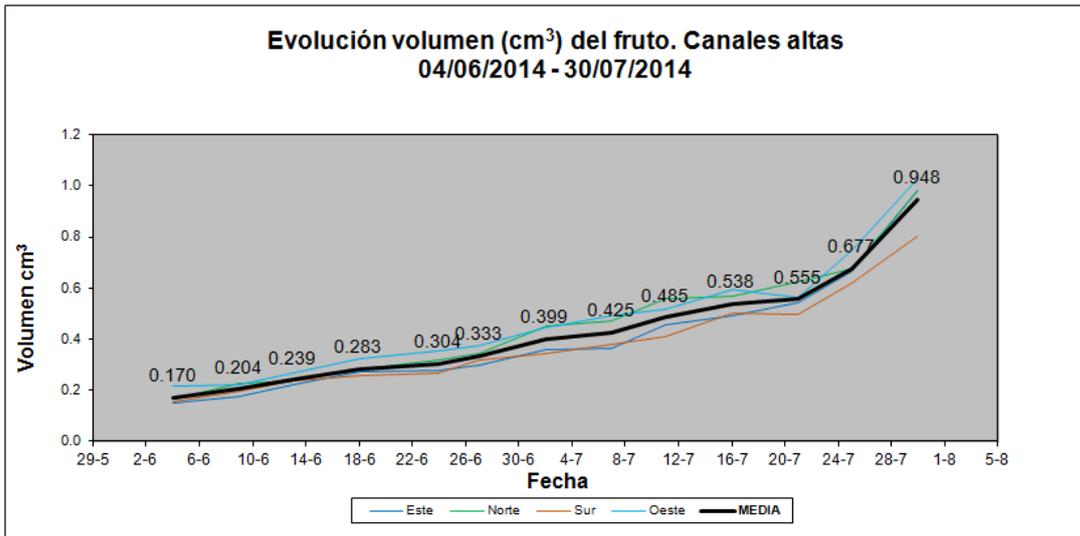


Gráfico 36 Evolución del volumen de las aceitunas muestreadas en 2014

El desarrollo de los volúmenes de los frutos según la orientación en el año 2016 se identifica con un carácter ascendente y por una paralización del crecimiento desde el 8 hasta el 29 de agosto. Al principio del muestreo la orientación norte comenzó con un volumen mayor que el resto, y el sur con el menor volumen. En la siguiente toma de datos del día 8 de agosto, la orientación más voluminosa fue el oeste y de menor peso el este. En el siguiente muestreo en el día 17 de agosto, la orientación sur y oeste redujeron su volumen, mientras que las orientaciones norte y este se agrandaron. El día 29 de agosto, donde el volumen se acrecentó muy levemente, siendo el mayor el norte y el menor el este. En los datos finales sucedió un aumento considerable del volumen, resultando más voluminosas las aceitunas del norte y de menor volumen los de orientación este (grafico 37).

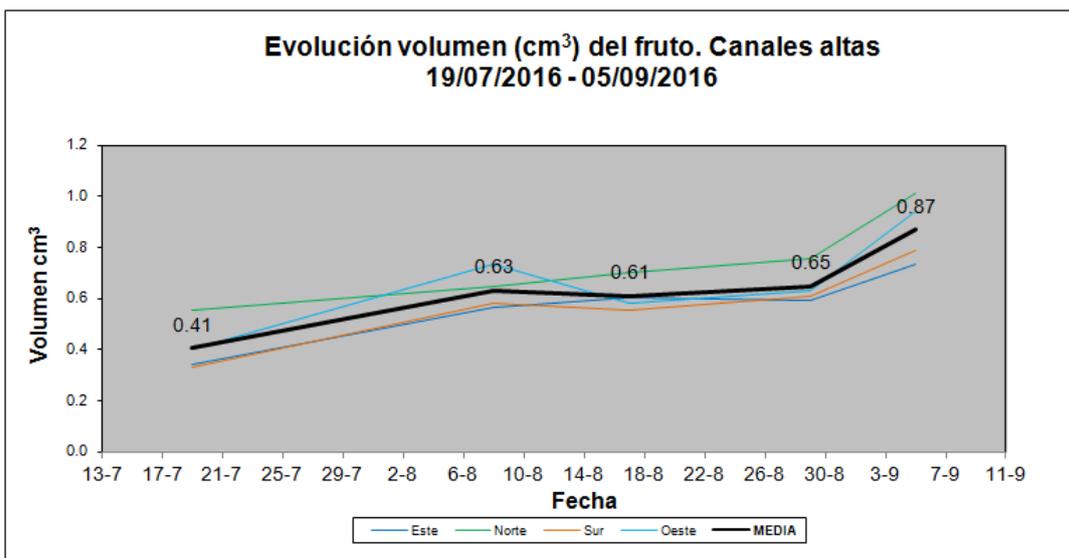


Gráfico 37 Evolución del volumen de las aceitunas muestreadas en 2016

7- CONCLUSIONES

7- CONCLUSIONES

Se elaboró una tabla con las medias de los estadios fenológicos determinados en el estudio a modo de resumen (figura 24).

Las conclusiones para el seguimiento de la fenología productiva del año 2016 son las siguientes:

1. Por tratarse de un año seco, con muchas menos precipitaciones que la media histórica, y con un invierno muy cálido y seco. La floración fue muy irregular, con diferentes 'oleadas' de floración, con mucho desfase fenológico. Estas condiciones ambientales provocaron que en los olivos se encontrasen ramos con estadios fenológicos muy distantes entre sí, complicando la determinación del estado general de la plantación observando los árboles.
Se corroboró que conforme se aumenta de cota en la región las temperaturas son más extremas (las máximas más altas y las mínimas más bajas).
2. Se puede afirmar que la Plena Floración (PF) en Canales Altas está atrasada respecto a la bibliografía, en las condiciones climáticas de la campaña de 2016.
3. El cuajado se produjo de manera mayoritaria el día 30 de junio, 26 días después de la plena floración.
4. No existieron diferencias notables entre las diferentes orientaciones en el seguimiento fenológico de floración ni de fructificación, dado que los estadios más frecuentes coinciden en todos los muestreos, así como las fechas de plena floración y cuajado.
5. En el endurecimiento del hueso (50% de aceitunas endurecidas) en los dos años de estudio, como norma general, en el oeste se adelanta el endurecimiento, en el sur se atrasa y en el norte y el este prácticamente se mantiene igual a la fecha de endurecimiento promedio.
6. Respecto al crecimiento vegetativo se observa un incremento lineal en los 3 muestreos centrales (del 19 de mayo al 30 de junio de 2016) en las orientaciones norte y sur; mientras que las orientaciones este y oeste mostraron un crecimiento exponencial en los mismos muestreos; más avanzados sobre todo en el oeste. En el último muestreo (18 de septiembre de 2016) el oeste es la orientación que menos desarrollo obtuvo, mientras que el sur fue la que presentó un mayor crecimiento vegetativo.

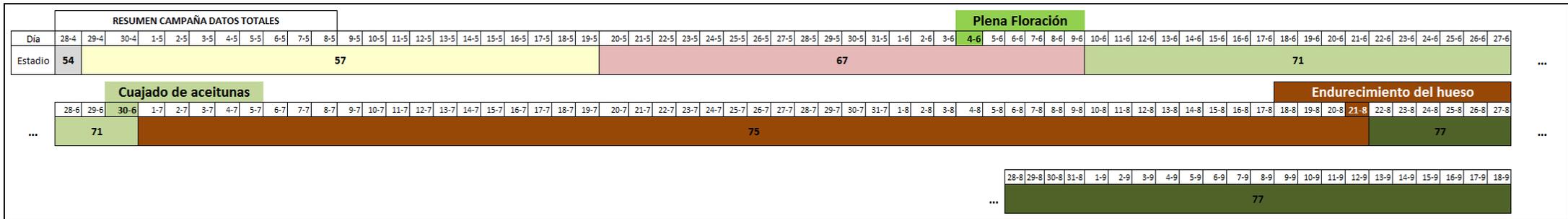


Figura 24 Resumen de estadios fenológicos en olivo arbequina en la campaña 2016 en Canales Altas, Arico

- 7. Se observaron diferencias de estadios fenológicos entre los tercios, adelantándose en un primer muestreo el 1ºtercio, manteniéndose iguales un tiempo, para atrasarse el 3º tercio en el muestreo. A partir de ese momento, los tres tercios se mantuvieron invariables hasta el día 30 de junio, mientras que en la última toma de datos, el 3º tercio presentó un mayor tamaño en las aceitunas, por lo tanto se adelanto al resto de los tercios.
El crecimiento vegetativo se presentó un comportamiento lineal en el 1º y 2º tercio y un crecimiento exponencial en el tercero en los 3 muestreos centrales, obteniendo un mayor crecimiento en el 2º tercio
- 8. El endurecimiento del hueso en 2016 se produjo respecto a la campaña 2014 un mes después, lo que es achacable a las condiciones climáticas del invierno y la dificultad de alcanzar el cuajado.

La floración, cuajado y endurecimiento del hueso se retrasó en la campaña de 2016 debido a la falta de precipitaciones en dicho año y a las elevadas temperaturas en el invierno.

Recomendaciones

Será necesario seguir estudiando el comportamiento del olivo en la parcela de Canales Altas para poder establecer una fecha media de plena floración y endurecimiento del hueso en diferentes campañas.

Se aconseja en futuros estudios de la fenología del olivo mediante el método de la caracterización con fotografías, la elección de ramos que se distribuyan en un único eje, sin ramificaciones, dado que resultará mucho más simple. Otro aspecto a tener en cuenta es que los muestreos se deberán realizar semanalmente para obtener mayor precisión en los estadios fenológicos.

Para futuros estudios fenológicos se recomendará colocar un datalogger que registre temperatura y humedad desde el mes de noviembre, a fin de poder registrar las horas de frío del invierno y hasta el final de la cosecha para poder registrar el calor acumulado por la planta o grados días ($^{\circ}\text{C}$ día).

Se deberá realizar un seguimiento en cada campaña para determinar la fecha del endurecimiento para poder reducir el riego efectuando un riego deficitario controlado. Se podrá reducir la fertilización nitrogenada en fertirrigación a partir del momento determinado. En el caso de Canales Altas al abonarse mediante un abono granulado, se deberá evitar aplicarlo después del momento de endurecimiento del hueso, dado la alta riqueza en nitrógeno que presenta (20-5-10 +0.2 en NPK y Boro).

Para muestrear el endurecimiento bastará con tomar una muestra semanal como está descrito en materiales y métodos, y simplemente efectuar el corte con la navaja anotando si presenta resistencia o no. Se determinará la fecha de endurecimiento del hueso cuando las aceitunas alcancen el 50% de resistencia al corte, o bien interpolando entre los muestreos.

CONCLUSIONS

A chart was made with the average of the phenological phases determined in the study. The figure 24 shows a summary of this.

The monitoring for the productive phenology of the year 2016 draw the next conclusions:

1. As it was a dry year with much less precipitation than the historical average and a very dry, warm winter. The flowering was pretty irregular with different 'waves' of blossom and with a lot of phase difference. These environmental conditions caused that the olive trees have branches with distant phenological phases between them making difficult to determine the general phase of the plantation just by observing the olive trees. It was corroborated that the more height the region is situated, the temperature are more extreme (the maximum temperature are higher and the minimum temperatures are lower).
2. It can be affirmed that the Full Flowering (PF) in Canales Altas is delayed compared to the bibliography, in accordance with the weather conditions of the 2016 campaign..
3. The fruit setting was mostly produced on June 30th, 26 days after the full flowering.
4. There were not any remarkable differences between the distinct orientations during the phenological monitoring of flowering or even fruition. Since the most frequent phases match in all the samples, just like the full flowering and fruit setting dates did too.
5. As for the olive pit hardening, the 50% of hardened olives has shown over the two years of study that in the west this hardening generally comes early. In the south, the hardening is delayed. In the north, the hardening season is practically the same to the average hardening.
6. In respect to the vegetative growth, it is observed a linear increasing in the last 3 central samplings (from May 19th to June 30th, 2016) in the north and south orientations; meanwhile the west and east orientations showed an exponential growing in the same samplings; more clearly advanced in the west. In the last sampling (September 18th, 2016) the west was the orientation that had less development whereas the south orientation had a major vegetative growth.

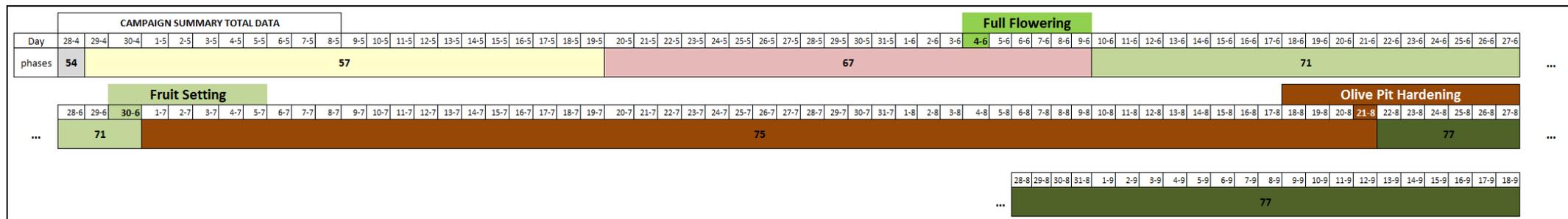


Figure 24 Summary of the phenological phases of olive arbequina during the campaign 2016 in Canales Altas, Arico

7. Different phenological phases were observed between the thirds. During the first sampling, the first third came early keeping in the same way for a while; for the last third, the sampling delayed. From that moment, the three thirds kept unchanging until June 30th whereas in the last data sample, the last third showed a major size in the olives, so it came earlier than the rest of the thirds. The vegetative growth showed a linear behavior in the first and second third as well as an exponential growth in the last third during the 3 central samplings obtaining a bigger growth in the second third.
8. The olive pit hardening in 2016 happened a month later in comparison to the 2014 campaign which is attributable to winter weather conditions and the difficulty to reach the fruit setting. The flowering, fruit setting and olive pit hardening was delayed in the campaign of 2016 because of the lack of precipitations during that year and the high temperatures during the winter.

Recommendations

It will be needed to continue studying the olive behaviour in the smallholding in Canales Altas, so an estimated date for full flowering and olive pit hardening can be set during different campaigns.

In further phenological studies of olive, it is recommended the selection of branches by the method characterization with photographs. These branches have to be distributed in one unique axis, without any ramifications as it will result more simple. Another aspect to have in mind is that the samplings should be done weekly to obtain a major accuracy in the phenological phases.

To implement a datalogger is suggested to study future phenological phases, so it registers monthly temperature and humidity since November. The aim is not only to register cold hours since the winter to the end of the crop but also to record the accumulated heat produced by the plant or the centigrades of the day.

A monitoring should be done in every campaign to determine the date for the hardening. This monitoring can reduce the irrigation, so in the end there will be a insufficient controlled irrigation. It will be also able to reduce the nitrogenous fertilization into fertigation in a specific moment. In the case of Canales Altas when fertilising , it is used a granular fertilizer, this should be applied after the pit hardening because of the high nitrogen benefits which is 20-5-10 +0.2 en NPK and Boron.

To simple the hardening, it will be enough to take a weekly simple as it is described in materials and methods. It is necessary to make a cut on the pit using a blade and write down if the cut shows resistance or not. The pit hardening date will be determined when the olives reach the 50% resistance to the cut, or interpolating between the samplings.

8- BIBLIOGRAFÍA

8- BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, F.; Orlandi, Fabio; Ruiz, L.; Galán, C.; García-Mozo, H. ; Tommaso, B.; Oteros, J. ; Díaz de la Guardia, C.; Trigo, M.M. ; Pérez-Badía, R. y Fornaciari, M. (2013). La floración del olivo (*Olea europaea* L.) como elemento bioindicador de cambios en el clima mediterráneo. Análisis preliminar. [En línea]

https://www.researchgate.net/publication/236874725_La_floracion_del_olivo_Olea_europaea_L_como_elemento_bioindicador_de_cambios_en_el_clima_mediterraneo_Analisis_preliminar [Consulta: 17 de agosto de 2017].

Alegre, S., Marsal, J., Tovar, M.J., Mata, M., Arbonés, A., Girona, J., (2001). Regulated deficit irrigation in olive trees (*Olea europaea*, L. cv 'Arbequina') for oil production. Proceedings of the Fourth International Symposium on Olive Growing. Bari (Italy), 2000. [Consulta: 17 de febrero de 2018].

Allen, R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Vol. 56). Food & Agriculture Org. [En línea] <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf> [Consulta: 20 de diciembre de 2017].

Barranco, D., De Toro, C., y Rallo, L. (1998). Épocas de maduración de cultivares de olivo en Córdoba. Universidad de Córdoba: Departamento de Agronomía, 13(3), 359-368[En línea] <http://www.inia.es/IASPV/1998/vol13/08-D.BARRANCO.pdf> [Consulta: 17 de noviembre de 2017]

Dell'Amico, J., Moriana, A., Corell, M., Girón, I. F., Morales, D., Torrecillas, A., & Moreno, F. (2012). Low water stress conditions in table olive trees (*Olea europaea* L.) during pit hardening produced a different response of fruit and leaf water relations. *Agricultural water management* [Consulta: 5 de diciembre de 2017]

Fernández, R., Barranco, D., y Rallo, L. (2001). *El cultivo del olivo*. Mundiprensa. Madrid

Fishman, S., Erez, A., & Couvillon, G. A. (1987). The temperature dependence of dormancy breaking in plants: computer simulation of processes studied under controlled temperatures. *Journal of Theoretical Biology* [Consulta: 10 de enero de 2018].

García, A. y Esteban, C. (2017). En España se han abierto más de 70 nuevas almazaras en las últimas cinco campañas. , Almaceite.

[En línea] <https://revistaalmaceite.com/2017/07/31/en-espana-se-han-abierto-mas-de-70-nuevas-almazaras-en-las-ultimas-cinco-campanas/> [Consulta: 10 de agosto de 2017]

García, C. G. (2010). Abonado del olivar. En Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. pags. 223-233. [En línea] <http://www.fertiberia.com/media/605187/gu%C3%ADa-pr%C3%A1ctica-de-la-fertilizaci%C3%B3n.pdf> [Consulta: 13 de enero de 2018]

Gobierno de Canarias (2017). Superficie de olivar en las principales islas productoras. 2017 Mapa de Cultivos de Canarias [En línea]
http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/agricultura/temas/mapa_cultivos.
[Consulta: 9 de septiembre de 2017]

Gómez del Campo, M. y Barranco, D. (2009). Situación del olivar en España y el seguro Agrario. Universidad Politécnica de Madrid y Universidad de Córdoba, Madrid. [En línea] http://aplicaciones.magrama.es/documentos_pwe/seminarios/olivar_upm.pdf
[Consulta: 9 de agosto de 2017]

Gómez del Campo, M. y Rapoport, H. (2008). Descripción de la iniciación floral, floración, cuajado, caída de frutos y endurecimiento del hueso. *Agricultura Revista Agropecuaria*, (907), 400-406 Universidad Politécnica de Madrid [En línea] http://oa.upm.es/2340/1/INVE_MEM_2008_55044.pdf [Consulta: 20 de septiembre de 2017]

Guerrero, R., y Jimenez, J. M. (1999). *Fertirrigacion del olivar*. Gobierno de España, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. [En línea] http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1999_2099.pdf
[Consulta: 25 de noviembre de 2017].

Hammami, S. (2012). Análisis de procesos morfogénicos del crecimiento, desarrollo y producción del olivo. Universidad de Córdoba, Departamento de Agronomía [En línea] <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/7631/572.pdf?sequence=1>
[Consulta: 2 de noviembre de 2017]

Hernández, J. R. (2014). *El Archipiélago canario produce 187 toneladas de aceitunas de calidad*. 2014, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas [En línea] <http://www.gobiernodecanarias.org/noticias/agpa/Agricultura/58141/archipielago-canario-produce-187-toneladas-aceitunas-calidad> [Consulta: 1 de noviembre de 2017].

Hidalgo, J. C., Vega, V., y Hidalgo, J. (2008). Corrección de deficiencias nutricionales mediante fertilización foliar en olivar. IFAPA Córdoba. [En línea] <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjimOCemdXbAhXHbROKHVHEAjYQFggyMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.juntadeandalucia.es%2Fagriculturaypesca%2Fifapa%2F-%2Faction%2F90004fc0-93fe-11df-8d8b-f26108bf46ad%2Fe5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83%2Fes%2F02f9e190-faff-11e0-929f-f77205134944%2FalfrescoDocument%3Fi3pn%3DcontenidoAlf%26i3pt%3DS%26i3l%3Des%26i3d%3De5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83%26contentId%3D43479125-8b1c-4a36-ae55-a7231b88a77b&usg=AOvVaw1gfgjiqcpS5PuR-wh2Z8Y8> [Consulta: 1 de febrero de 2018]

ISTAC (2015). *Superficie de olivar en Canarias*. 2015, de ISTAC [En línea] <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/jaxi-istac/tabla.do?uripx=urn:uuid:803af13a->

04f6-4789-8e78-48f5fdff64a7&uripub=urn:uuid:ef5f2e5c-e2c4-4c1d-b5ed-c20fe946ce6f. [Consulta: 28 de agosto de 2017].

Jiménez, B., et. al. (2017). Técnicas de cultivo: Plagas y enfermedades del olivo. Junta de Andalucía, Conserjería de agricultura, pesca y desarrollo rural. [En línea] http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/publicacion/17/07/1.%20Plagas%20y%20enferm_olivo_2017%20BAJA.pdf [Consulta: 08 de febrero de 2018].

MAPAMA. (2014). Superficies y producciones de cultivos [En línea] <http://www.mapama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2015/CAPITULO%20PDF/AE15-C13.pdf> [Consulta: 5 de octubre de 2017].

Marco, A. (2011). El olivo y los aceites de Castellón. Universidad Jaume I [Consulta: 26 de agosto de 2017]

Marcos, D. (2010). El frío en olivicultura. Revista Provedo, nº 9 [En línea] [http://www.variedadesdeolivo.com/reportajes/El%20Frio%20en%20olivicultura%20\(I\)%20Olivo%20y%20clima%20.%20Heladas.pdf](http://www.variedadesdeolivo.com/reportajes/El%20Frio%20en%20olivicultura%20(I)%20Olivo%20y%20clima%20.%20Heladas.pdf) [Consulta: 17 de septiembre de 2017]

Marcos, D. (2015). Curso de Olivicultura: la fisiología del olivo. Provedo [En línea] <http://www.variedadesdeolivo.com/cursos/Curso%20de%20olivicultura.%20La%20fisiologia%20del%20olivo.pdf> [Consulta: 14 de noviembre de 2017]

Martinelli, F., Basile, B., Morelli, G., d'Andria, R., & Tonutti, P. (2012). Effects of irrigation on fruit ripening behavior and metabolic changes in olive. *Scientia horticulturae*. [Consulta: 5 de diciembre de 2017]

Medina, M. G., y Perdomo, A. C. (2014). Criterios para la poda del olivo en Canarias. [En línea] http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/frut_526_olivo.pdf [Consulta: 5 de diciembre de 2017]

Medina, M. G., y Perdomo, A. C. (2015). Manejo de nuevas plantaciones de olivo. [En línea] http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/frut_583_HojaDivulgativa.pdf [Consulta: 8 de noviembre de 2017]

Montaño, A. (2018). Monitorización del grado de maduración de la aceituna: nuevos parámetros para la variedad Arbequina. Centro tecnológico Nacional Agroalimentario Extremadura, CTAEX [En línea] <https://www.interempresas.net/Produccion-Aceite/Articulos/209789-Monitorizacion-grado-maduracion-aceituna-parametros-variedad-Arbequina.html> [Consulta: 05 de marzo de 2018]

Montes, M. J. (2014). Evidencias, síntomas y soluciones del olivar mal abonado. [En línea] <http://blog.dopriegodecordoba.com/wp-content/uploads/2014/07/EVICENCIASS%C3%8DNTOMAS-Y-SOLUCIONES-DEL-OLIVAR-MAL-ABONADO.pdf> [Consulta: 26 de diciembre de 2017]

Oteros, J. A. (2014). Modelización del ciclo fenológico reproductor del olivo (*Olea europaea* L.) Tesis doctoral, Universidad de Córdoba. [En línea] https://www.researchgate.net/profile/Jose_Oteros/publication/261005349_Modelizacion_del_ciclo_fenologico_reproductor_del_olivo_Olea_europaea_L/links/02e7e53300529cf724000000/Modelizacion-del-ciclo-fenologico-reproductor-del-olivo-Olea-europaea-L.pdf [Consulta: 14 de agosto de 2017]

Pajarón, M. (2011), Olivicultura ecológica en Secano. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. Mundiprensa, Madrid. [Consulta: 28 de julio de 2017]

Palacio, A. (2017). Xylella fastidiosa, un problema global: enfermedades que causa, diagnóstico y control. Universidad de Zaragoza, Unidad de sanidad vegetal [En línea] https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/TEMAS_AGRICULTURA_GANADERIA/Areas/SANIDAD_VEGETAL/Xylella_fastidiosa_unproblemaglobal.pdf [Consulta: 15 de enero de 2018]

Pansiot, F. P., & Rebour, H. (1961). Improvement in olive cultivation. [Consulta: 14 de diciembre de 2018]

Pastor, M., Humanes, J., Vega, V., & Castro, J. (1998). Diseño y manejo de plantaciones de olivar. Junta de Andalucía. pags. 204-206. [En línea] http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337166143Disexo_y_Manejo_de_plantaciones.pdf [Consulta: 17 de diciembre de 2017].

Pastor, M., Vega, V. e Hidalgo, J.C. (2008). Riego Deficitario en Olivar. Junta de Andalucía. IFAPA, Córdoba. [Consulta: 17 de febrero de 2018].

Pérez, M. (2015). El valor económico del aceite de oliva en España: el oro verde de la dieta mediterránea. [En línea]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/14264/1/TFG-M-N383.pdf>. [Consulta: 20 de diciembre de 2017].

Perret, S., y Moncada Barbe, N. (1994). El olivo (*Olea europea* L.) una especie de interés para zonas áridas y semiáridas. Revista Ciencia e investigación forestal (Chile).(Dic, 8(2), pags. 317-335. [En línea] <http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/18563.pdf> [Consulta: 20 de septiembre de 2017].

Prieto, A. (2009). Determinación de la edad de los olivos monumentales. Universidad Politécnica de Madrid [En línea] <http://www.lavanguardia.com/vida/20150618/54432379556/el-olivo-mas-viejo-de-espana-tiene-1-701-anos-y-esta-en-ulldecona-tarragona.html> [Consulta: 3 de octubre de 2017].

Rojo, J. (2014). Estudio de la fenología floral del olivo (*Olea europaea* L.) y su relación con las variables ambientales. (Tesis Doctoral, Universidad de Castilla la Mancha) [En línea] <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/6153/TESIS%20Rojo%20C3%9Abeda.pdf?sequence=1> [Consulta: 16 de julio de 2017].

Sáenz, C., Gutiérrez, M., & Sánchez, V. A. (2003). Fenología, aerobiología y producción del olivar en Almodóvar del Campo (Castilla-La Mancha). En *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 60, No. 1). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. [En línea]

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/306725.pdf> [Consulta:12 de octubre de 2017].

Sanz-Cortés, F., Martínez, J., Badenes, M. L., Bleiholder, H., Hack, H., Llacer, G., y Meier, U. (2002). Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). *Annals of Applied Biology* [Consulta:29 de abril de 2016].

Simmonds, N. W. (1976). *Evolution of crop plants*, Editorial Longman., London [Consulta:20 de septiembre de 2017].

Tapia, F., Astorga, M., Ibacache, A., Martínez, L., Sierra, C., Quiroz, C., ... y Riveros, F. (2003). Manual del cultivo del olivo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Centro Regional de Investigaciones Intihuasi. La Serena. Chile. [En línea] <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/Boletines/NR30539.pdf> [Consulta: 28 de septiembre de 2017].

Tovar, M. J. (2001). Estudio del efecto de la aplicación de diferentes estrategias de riego al olivo (*Olea europaea L.*) de la variedad arbequina sobre la composición del aceite (Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. ETSEA p 157). [En línea] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=7313> [Consulta: 24 de junio de 2017].

Trentacoste, E. y Puertas, C. (2002). Catálogo de variedades de olivo presentes en la colección de germoplasma. EEA Junin: INTA. [En línea]https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-presentacin_e_instructivo.pdf [Consulta: 27 de enero de 2018].

Urbina, V. (2001). Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales. Paperkite Editorial. [En línea] <http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/fructicultura/continguts-1/1-5/n.o-5-monografias-de-fructicultura-v.-urbina-web-udl> [Consulta: 28 de marzo de 2018].

Velázquez, M.E., López, R. y Méndez, C. (2015). Medida del frío invernal en Tenerife en base al modelo dinámico. Santa Cruz de Tenerife, Cabildo Insular de Tenerife. [En línea]http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/frut_560_modelo%20din%C3%A1mico%20web.pdf [Consulta: 10 de enero de 2018].

Villalobos, F. J. (2008). Fitotecnia: bases y tecnologías de la producción agrícola. Mundi-Prensa, Madrid. [Consulta: 5 de enero de 2018].

Weinberger, J. H. (1950). Chilling requirements of peach varieties. In *Proceedings. American Society for Horticultural Science* (Vol. 56, pp. 122-8). [Consulta: 10 de enero de 2018].

APENDICES

APENDICE DE CÁLCULO DE FENOLOGÍA

Figuras y tablas del procedimiento de cálculo

n° árbol	Muestra	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'		
1	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'		
	R1S	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	
	R2E	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'								
	R3W	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'								
2	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'				
	R1S	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'				
	R2E	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'				
	R3N	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'				
3	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'		
	R1S	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'		
	R2E	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'		
	R3N	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'		
4	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R1S	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R2E	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R3N	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
5	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R1S	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R2E	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R3N	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
6	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R1S	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R2E	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
	R3N	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'
7	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'								
	R1S	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'								
	R2E	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'								
	R3N	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'								

Figura 25 Tabla con número asignado a cada nudo y cada ramo.

n° árbol	Muestra	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	
1	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	
	R1S	0	0	0	0	71	0	0	0	67	0	0	50	60	0	69	71	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
	R2E	0	0	69	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	60	0	57	51	50	50	69	50	50	51	51	51
	R3N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	61	69	71	69	68	50	50	50	50							
2	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'			
	R1S	0	0	55	0	59	61	0	0	0	0	0	0	71	0	0	50	51	0	0	0	55	0	0	72	0		
	R2E	0	0	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'			
	R3N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	60	54	50	51	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			
3	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	
	R1S	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	51	0	0	72	59	69	0	53	51	53	50	50			
	R2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R3N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0	54	54	59	61	65	59	54	59	59	50	54	51	0	50	50	50
4	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	
	R1S	69	0	0	0	68	54	69	59	54	54	71	54	54	53	53	50	50	31	31								
	R2E	0	0	0	0	53	53	67	69	61	60	60	57	50	51	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R3N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	59	61	65	59	54	59	59	50	54	51	0	50	50	50	50	50
5	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	
	R1S	0	68	68	0	55	65	55	55	55	59	54	54	50	50	50	50	50	61	50	61	55	55	55	55	55	55	55
	R2E	0	54	55	50	60	55	55	55	55	55	55	55	55	50	53	50	54	54	50	53	50	50	53	53	50	50	50
	R3N	0	0	53	0	0	69	59	0	65	65	50	50	50	54	54	54	55	0	54	50	50	50	50	50	50	50	50
6	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	
	R1S	54	54	50	50	50	50	50	50	50	0	0	65	67	65	64	60	60	54	53	57	53	53	53	53	53	53	
	R2E	0	0	0	53	0	55	0	51	50	50	50	0	0	0	55	50	69	51	53	69	61	65	54	54	54	54	
	R3N	0	0	69	69	69	69	71	66	51	65	50	50	0	0	54	50	0	0	54	55	54	53	54	54	54	53	
7	Nudo	1	T	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	
	R1S	0	54	69	54	0	65	50	55	0	67	55	65	55	55	55	55	54	54	0	50	51	07	07	53	53	50	
	R2E	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	65	69	53	50	51	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R3N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 26 Caracterización de cada nudo según código BBCH en los ramos de cada fecha seleccionada

n° Arbol	Muestra	Nº de yemas	1º tercio	2º tercio	3º tercio
1	Nudo	26	9	8	9
	R 1 S				
	Nudo	32	11	10	11
	R 2 N				
	Nudo	20	7	6	7
R 3 W					
Nudo	38	13	12	13	
R 4 E					
2	Nudo	61	21	20	20
	R 1 S				
	Nudo	24	8	8	8
	R 2 E				
	Nudo	24	8	8	8
R 3 N					
Nudo	46	16	15	15	
R 4 W					
3	Nudo	20	7	6	7
	R 1 S				
	Nudo	20	7	6	7
	R 2 E				
	Nudo	26	9	8	9
R 3 N					
Nudo	22	8	7	7	
R 4 W					
4	Nudo	56	19	18	19
	R 1 S				
	Nudo	36	12	12	12
	R 2 E				
	Nudo	32	11	10	11
R 3 N					
Nudo	18	6	6	6	
R 4 W					
5	Nudo	35	12	11	12
	R 1 S				
	Nudo	37	13	12	12
	R 2 E				
	Nudo	39	13	13	13
R 3 N					
Nudo	37	13	12	12	
R 4 W					
6	Nudo	60	20	20	20
	R 1 S				
	Nudo	58	20	19	19
	R 2 E				
	Nudo	28	10	9	9
R 3 N					
Nudo	26	9	8	9	
R 4 W					
7	Nudo	31	11	10	10
	R 1 S				
	Nudo	49	17	16	16
	R 2 E				
	Nudo	20	7	6	7
R 3 N					
Nudo	56	19	18	19	
R 4 W					
8	Nudo	33	11	11	11
	R 1 S				
	Nudo	65	23	21	21
	R 2 E				
	Nudo	46	16	15	15
R 3 N					
Nudo	23	8	7	8	
R 4 W					
9	Nudo	39	13	13	13
	R 1 S				
	Nudo	31	11	10	10
	R 2 E				
	Nudo	26	9	8	9
R 3 N					
Nudo	35	12	11	12	
R 4 W					
10	Nudo	47	16	15	16
	R 1 S				
	Nudo	77	26	25	26
	R 2 E				
	Nudo	33	11	11	11
R 3 N					
Nudo	29	10	9	10	
R 4 W					

n° Arbol	Muestra	Nº de yemas	1º tercio	2º tercio	3º tercio	Σ
1	Nudo	26	9	8	9	26
	R 1 S					
	Nudo	32	11	10	11	32
	R 2 N					
	Nudo	20	7	6	7	20
R 3 W						
Nudo	38	13	12	13	38	
R 4 E						
2	Nudo	61	21	20	20	61
	R 1 S					
	Nudo	24	8	8	8	24
	R 2 E					
	Nudo	24	8	8	8	24
R 3 N						
Nudo	46	16	15	15	46	
R 4 W						
3	Nudo	20	7	6	7	20
	R 1 S					
	Nudo	20	7	6	7	20
	R 2 E					
	Nudo	26	9	8	9	26
R 3 N						
Nudo	22	8	7	7	22	
R 4 W						
4	Nudo	56	19	18	19	56
	R 1 S					
	Nudo	36	12	12	12	36
	R 2 E					
	Nudo	32	11	10	11	32
R 3 N						
Nudo	18	6	6	6	18	
R 4 W						
5	Nudo	35	12	11	12	35
	R 1 S					
	Nudo	37	13	12	12	37
	R 2 E					
	Nudo	39	13	13	13	39
R 3 N						
Nudo	37	13	12	12	37	
R 4 W						
6	Nudo	60	20	20	20	60
	R 1 S					
	Nudo	58	20	19	19	58
	R 2 E					
	Nudo	28	10	9	9	28
R 3 N						
Nudo	26	9	8	9	26	
R 4 W						
7	Nudo	31	11	10	10	31
	R 1 S					
	Nudo	49	17	16	16	49
	R 2 E					
	Nudo	20	7	6	7	20
R 3 N						
Nudo	56	19	18	19	56	
R 4 W						
8	Nudo	33	11	11	11	33
	R 1 S					
	Nudo	65	22	21	22	65
	R 2 E					
	Nudo	46	16	15	15	46
R 3 N						
Nudo	23	8	7	8	23	
R 4 W						
9	Nudo	39	13	13	13	39
	R 1 S					
	Nudo	31	11	10	10	31
	R 2 E					
	Nudo	26	9	8	9	26
R 3 N						
Nudo	35	12	11	12	35	
R 4 W						
10	Nudo	47	16	15	16	47
	R 1 S					
	Nudo	77	26	25	26	77
	R 2 E					
	Nudo	33	11	11	11	33
R 3 N						
Nudo	29	10	9	10	29	
R 4 W						

Figura 29 (izq.) División del número de yemas de los ramos en tres partes (der.) División con ramos restringidos al análisis de tercios (en rojo)

		Fecha	28/04/2016	19/05/2016	9/06/2016	30/06/2016	18/09/2016
n° Arbol	Muestra	N° de yemas					
1	Nudo	26	26	26	26	26	26
	R 1 S						
	Nudo	32	32	32	32	32	32
	R 2 N						
	Nudo	20	22	24	26	28	28
2	Nudo	38	38	38	38	40	40
	R 4 E						
	Nudo	61	61	61	61	63	63
	R 1 S						
	Nudo	24	24	24	24	24	24
3	R 2 E						
	Nudo	24	24	24	24	24	24
	R 3 N						
	Nudo	46	46	50	54	56	56
	R 4 W						
4	Nudo	20	20	20	20	20	20
	R 1 S						
	Nudo	20	20	22	26	26	26
	R 2 E						
	Nudo	26	28	28	28	31	31
5	R 3 N						
	Nudo	22	23	25	29	29	29
	R 4 W						
	Nudo	56	56	57	57	57	57
	R 1 S						
6	Nudo	36	36	36	38	38	38
	R 2 E						
	Nudo	32	32	36	38	38	38
	R 3 N						
	Nudo	18	18	20	22	24	24
7	R 4 W						
	Nudo	35	35	37	45	47	47
	R 1 S						
	Nudo	37	39	43	51	55	55
	R 2 E						
8	Nudo	39	45	49	53	65	65
	R 3 N						
	Nudo	37	37	37	43	45	45
	R 4 W						
	Nudo	60	64	64	66	76	76
9	R 1 S						
	Nudo	58	60	62	64	68	68
	R 2 E						
	Nudo	28	28	28	28	29	29
	R 3 N						
10	Nudo	26	26	26	26	28	28
	R 4 W						
	Nudo	26	26	26	26	28	28
	R 3 N						
	Nudo	56	56	58	64	64	64
11	R 4 W						
	Nudo	33	33	33	36	38	38
	R 1 S						
	Nudo	65	65	65	72	72	72
	R 2 E						
12	Nudo	46	46	48	50	54	54
	R 3 N						
	Nudo	23	23	27	33	33	33
	R 4 W						
	Nudo	31	33	35	37	39	39
13	R 1 S						
	Nudo	49	49	53	65	73	73
	R 2 E						
	Nudo	20	22	26	26	28	28
	R 3 N						
14	Nudo	56	56	58	64	64	64
	R 4 W						
	Nudo	33	33	33	36	38	38
	R 1 S						
	Nudo	65	65	65	72	72	72
15	R 2 E						
	Nudo	46	46	48	50	54	54
	R 3 N						
	Nudo	23	23	27	33	33	33
	R 4 W						
16	Nudo	39	39	43	45	51	51
	R 1 S						
	Nudo	31	31	31	33	34	34
	R 2 E						
	Nudo	26	26	26	30	30	30
17	R 3 N						
	Nudo	35	35	37	41	41	41
	R 4 W						
	Nudo	47	47	47	47	49	49
	R 1 S						
18	Nudo	77	77	79	85	87	87
	R 2 E						
	Nudo	33	33	37	44	50	50
	R 3 N						
	Nudo	29	29	33	41	43	43
SUMA		1461	1484	1547	1677	1758	1758

Figura 30 Evolución del número de yemas en cada muestreo para el crecimiento vegetativo

		DATOS 1° TERCIO (N° DE YEMAS) 18-09-2016																																		
n° Nivel	Planta	Vacias (0)	Cerradas (50)	Desarrollo inflorescencia	Des.inf. (53)	Des. Inf. (54)	Des. Inf. (55)	Des. Inf. (57)	Des. Inf. (58)	Aborto semainflorescencia	Floración (60)	Florac. (61)	Florac. (65)	Florac. (67)	Florac. (68)	Florac. (69)	Cuaje (71)	Desarrollo fruto (72)	Des. Fruto (73)	Des. Fruto (74)	Des. Fruto (75)	Des. Fruto (76)	Des. Fruto (77)	Des. Fruto (78)	Des. Fruto (79)	Aborto	Cerradas (80)	Des. gemas veq. (81)	Des. gemas veq. (82)	Des. gemas veq. (87)	Des. gemas veq. (89)	Desarrollo de hojas (11)	Des. hojas (15)	Des. hojas (19)	Crecimiento de gemas	
1	PLA	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	PLA	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	PLA	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	PLA	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	PLA	21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	PLA	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	PLA	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	PLA	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
3	PLA	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	PLA	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	PLA	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
3	PLA	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	PLA	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	PLA	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	PLA	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	PLA	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	PLA	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
4	PLA	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
4	PLA	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
4	PLA	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	PLA	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
4	PLA	11	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
4	PLA	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	PLA	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
4	PLA	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	PLA	17	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
4	PLA	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
4	PLA	17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	PLA	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
8	PLA	16	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	PLA	6	12	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
8	PLA	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	PLA	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
8	PLA	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
8	PLA	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	PLA	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	PLA	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
8	PLA	13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	PLA	3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	PLA	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
8	PLA	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Σ		229	96	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	5	22	6	2	30	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0

Tabla 10 Ejemplo de cuadro de incidencias por estadio fenológico de flor (0,50,51,53,54,55,57,59,60,61,65,67,68,69,71,72,73,74,75,76,77,78,79), estadio fenológico vegetativo(00,01,03,07,09,11,15,19) además de análisis de abortos y crecimiento de yemas

DATOS 1º TERCIO (Nº DE YEMAS) 18-09-2016

nº Arbol	Nudo	Vacias (0)	Cerradas (50)	Desarrollo inflorescencias (51)	Des.inf. (53)	Des. Inf. (54)	Des. Inf. (55)	Des. Inf. (57)	Des. Inf. (59)	Aborto yema/inflorescencia	Floración (60)	Florac. (61)	Florac. (65)	Florac. (67)	Florac. (68)	Florac. (69)	Casaje (71)	Desarrollo fruto (72)	Des. Fruto (73)	Des. Fruto (74)	Des. Fruto (75)	Des. Fruto (76)	Des. Fruto (77)	Des. Fruto (78)	Des. Fruto (79)	Aborto		
1	Nudo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	R1S	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Nudo	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R2N	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4	
	R4E																											
2	Nudo	21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	R1S	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Nudo	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R2E																											
	R4V	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
3	Nudo	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	R1S	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
	Nudo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R2N	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	R4V																											
4	Nudo	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	
	R1S	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
	Nudo	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R2E	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	R4V																											
5	Nudo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	
	R1S	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	5	
	Nudo	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R2N	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
	R4V																											
6	Nudo	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	
	R1S	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	1	
	Nudo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	
	R2E	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	R4V																											
7	Nudo	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	
	R1S	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
	Nudo	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	R2E	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	
	R4V																											
8	Nudo	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R1S	16	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
	Nudo	5	11	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R2E	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	R4V																											
9	Nudo	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	R1S	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
	Nudo	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	
	R2E	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
	R4V																											
10	Nudo	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	
	R1S	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	1	
	Nudo	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	R2E	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	R4V																											
T		218	63	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	17	6	1	30		

Tabla 11 Ejemplo de cuadro de incidencias por estadio fenológico de flor (0,50,51,53,54,55,57,59,60,61,65,67,68,69,71,72,73,74,75,76,77,78,79)

Porcentajes TOTAL ACUMULADO																					
Fecha	51	53	54	55	57	59	60	61	65	67	68	69	71	72	73	74	75	76	77	78	79
28/04/2016	6.95	15.17	43.76	61.30	64.61	71.09	72.99	76.62	83.10	87.20	90.52	97.00	99.21	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
19/05/2016	3.40	5.72	10.05	19.32	61.67	65.69	66.77	66.77	68.16	73.11	84.39	96.29	97.22	97.22	99.23	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9/06/2016	1.63	2.17	3.26	5.98	13.59	17.21	17.93	20.29	40.22	71.01	80.43	89.49	94.93	96.56	96.92	97.83	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
30/06/2016	1.30	1.56	1.82	2.34	4.16	5.19	5.19	5.19	6.49	19.48	25.71	35.84	83.12	92.47	93.25	95.32	96.10	99.48	99.74	99.74	100.00
18/09/2016	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.35	1.35	1.79	3.14	4.48	12.11	32.74	78.92	95.07	100.00

Figura 31 determinaciones de los estadios más atrasados y más adelantados mediante el percentil 5 y 95 respectivamente

nº Arbol	Muestra / fecha																																	
Muestra R1S																																		
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'								
28-4	0	0	0	0	71	0	0	0	67	0	0	A	60	0	69	71	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A							
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'								
19-5	0	0	0	0	73	0	0	0	69	0	0	A	69	0	71	73	A	A	53	A	A	A	A	A	A	A								
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'								
9-6	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	0	69	0	73	71	A	A	57	A	A	A	A	A	A	A								
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'								
30-6	0	0	0	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	68	A	A	A	A	A	A	A								
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'								
18-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	A	A	A	A	A	A	A								
Muestra R2N																																		
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'	15	15'	16	16'		
28-4	0	0	69	0	A	0	0	0	0	0	0	0	A	0	60	0	57	51	A	A	69	A	A	51	51	51	A	A	A	A				
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'	15	15'	16	16'		
19-5	0	0	69	0	A	0	0	0	0	0	0	0	A	0	68	0	67	51	51	51	0	0	51	51	54	54	54	A	A	A				
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'	15	15'	16	16'		
9-6	0	0	69	0	A	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	69	54	54	51	0	0	54	51	57	57	A	A	A	A				
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'	15	15'	16	16'		
30-6	0	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0	0	68	0	0	0	0	57	57	51	0	0	57	51	67	67	A	A	A	A				
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	11'	12	12'	13	13'	14	14'	15	15'	16	16'		
18-9	0	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	0	0	0	0	A	A	A	A				
Muestra R3W																																		
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'														
28-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	61	69	71	69	68	A	A	A	A														
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'														
19-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	67	69	73	0	0	71	A	53	A	A														
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'														
9-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0	69	75	0	0	71	A	57	A	A														
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'														
30-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	71	76	0	0	71	A	67	A	A														
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'														
18-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0														
Muestra R4E																																		
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	[4.1]	[4.1]	[4.2]	[4.2]	[4.3]	[4.3]	[4.4]	[4.4]	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	[9.1]	[9.1]	[9.2]	[9.2]						
28-4	0	0	0	0	0	0	53	51	51	54	55	A	0	A	A	0	0	57	0	0	51	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	[4.1]	[4.1]	[4.2]	[4.2]	[4.3]	[4.3]	[4.4]	[4.4]	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	[9.1]	[9.1]	[9.2]	[9.2]						
19-5	0	0	0	0	0	0	55	54	54	57	59	51	0	A	A	0	0	60	0	0	54	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	[4.1]	[4.1]	[4.2]	[4.2]	[4.3]	[4.3]	[4.4]	[4.4]	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	[9.1]	[9.1]	[9.2]	[9.2]						
9-6	0	0	0	0	0	0	57	57	57	67	67	55	0	A	A	0	0	68	0	0	57	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	[4.1]	[4.1]	[4.2]	[4.2]	[4.3]	[4.3]	[4.4]	[4.4]	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	[9.1]	[9.1]	[9.2]	[9.2]						
30-6	0	0	0	0	0	0	67	67	69	69	67	0	A	A	0	0	0	0	0	0	67	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nudo	1	1'	2	2'	3	3'	4	[4.1]	[4.1]	[4.2]	[4.2]	[4.3]	[4.3]	[4.4]	[4.4]	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	[9.1]	[9.1]	[9.2]	[9.2]						
18-9	0	0	0	0	0	0	74	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 32 Evolución de estadios fenológicos en cada ramo para análisis de abortos

APENDICE DE CÁLCULO DE MOMENTO DE ENDURECIMIENTO DEL HUESO

Peso

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Pesog_2016	Pesog_2014
N		500	1300
Parámetros normales ^{a,b}	Media	.780770	.54510
	Desviación típica	.3656620	.315603
	Absoluta	.115	.093
Diferencias más extremas	Positiva	.115	.093
	Negativa	-.054	-.077
Z de Kolmogorov-Smirnov		2.561	3.363
Sig. asintót. (bilateral)		.000	.000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla 12 Prueba de normalidad para los pesos de las aceitunas en 2014 y 2016

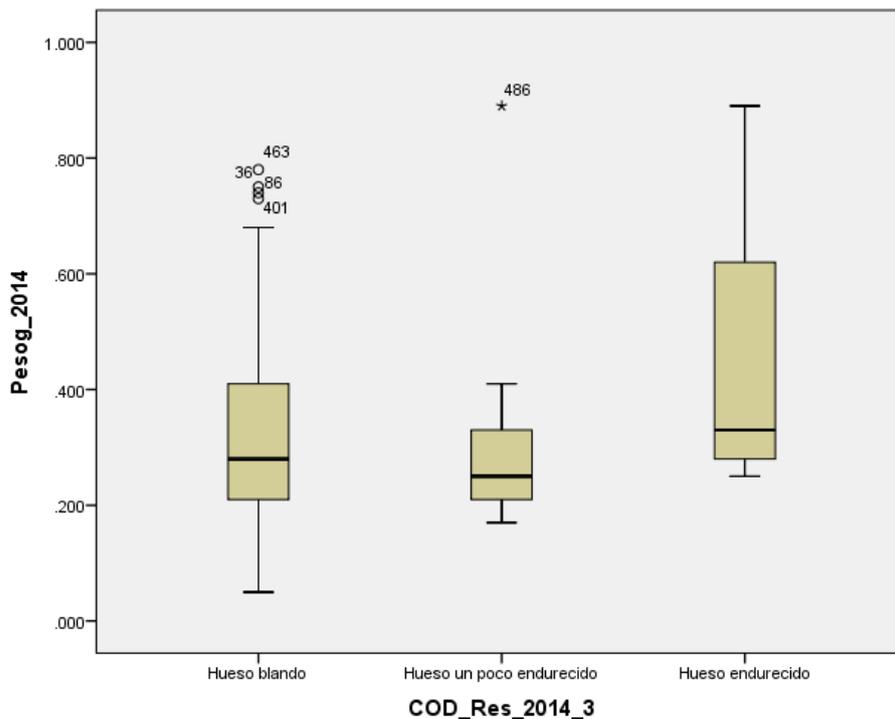


Figura 33 Box-plot para pesos de las aceitunas con el hueso poco endurecido, con endurecimiento del hueso y con el hueso blando en el año 2014

Debido a que cada peso, volumen y endurecimiento se midieron para cada aceituna en particular, se considerará al conjunto de datos: Normal independiente con medias grandes (figura 34) por lo tanto se podrá contrastar la igualdad de la media mediante el test estadístico T-student con una significación del 95%

Para los datos de resistencia del hueso de 2014 hay tres categorías (hueso blando, hueso un poco endurecido y hueso endurecido) por lo tanto se contrastará la igualdad de medias de peso:

1. Entre hueso blando y hueso poco endurecido (Tabla 13)
2. Entre hueso poco endurecido y hueso endurecido (Tabla 14)
3. Entre hueso blando y hueso endurecido(Tabla 15)

Estas comparativas se realizan con el fin de agrupar los datos de hueso poco endurecido en otra categoría (hueso blando o hueso endurecido), dado que los datos del año 2016 solo tienen las dos categorías mencionadas.

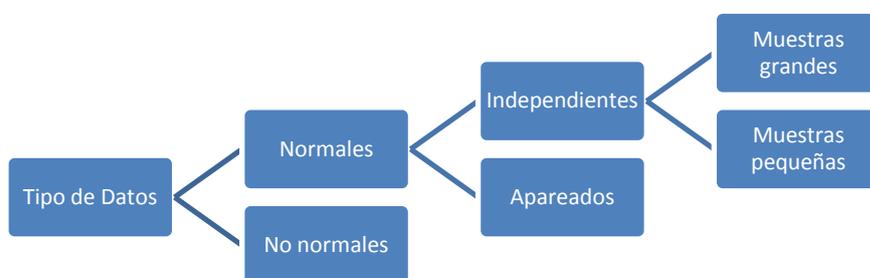


Figura 34 clasificación de los datos de peso en 2014 y 2016

1.

Estadísticos de grupo

	COD_Res_2014_3	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Pesog_2014	Hueso blando	849	.39909	.177603	.006095
	Hueso un poco endurecido	148	.60266	.236677	.019455

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Pesog_2014	Se han asumido varianzas iguales	23.774	.000	-12.188	995	.000	-.203562	.016702	-.236338	-.170786
	No se han asumido varianzas iguales			-9.985	176.981	.000	-.203562	.020387	-.243796	-.163329

Tabla 13 Resultados de la prueba T-student para pesos agrupados por hueso blando y hueso un poco endurecido en 2014

2.

Estadísticos de grupo

	COD_Res_2014_3	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Pesog_2014	Hueso un poco endurecido	148	.60266	.236677	.019455
	Hueso endurecido	303	.92612	.324638	.018650

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Inferior	Superior
Pesog_2014	Se han asumido varianzas iguales	12.108	.001	-10.798	449	.000	-.323460	.029956	-.382331	-.264589
	No se han asumido varianzas iguales			-12.002	383.626	.000	-.323460	.026950	-.376449	-.270472

Tabla 14 Resultados de la prueba T-student para pesos agrupados por hueso un poco endurecido y hueso endurecido en 2014

3.

Estadísticos de grupo

	COD_Res_2014_3	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Pesog_2014	Hueso blando	849	.39909	.177603	.006095
	Hueso endurecido	303	.92612	.324638	.018650

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Inferior	Superior
Pesog_2014	Se han asumido varianzas iguales	150.019	.000	-34.895	1150	.000	-.527022	.015103	-.556655	-.497390
	No se han asumido varianzas iguales			-26.860	368.466	.000	-.527022	.019621	-.565605	-.488440

Tabla 15 Resultados de la prueba T-student para pesos agrupados por hueso blando y hueso endurecido en 2014

Dando como resultado:

1. Las dos varianzas son diferentes y los pesos serán diferentes para hueso blando y hueso un poco endurecido
2. Las dos varianzas son diferentes y los pesos serán diferentes para hueso un poco endurecido y hueso endurecido
3. Las dos varianzas son diferentes y los pesos serán diferentes para hueso blando y hueso endurecido.

Por lo tanto no se podrá agrupar la categoría hueso un poco endurecido en ninguna otra, omitiéndose en la comparación de las categorías del año 2014 y 2016.

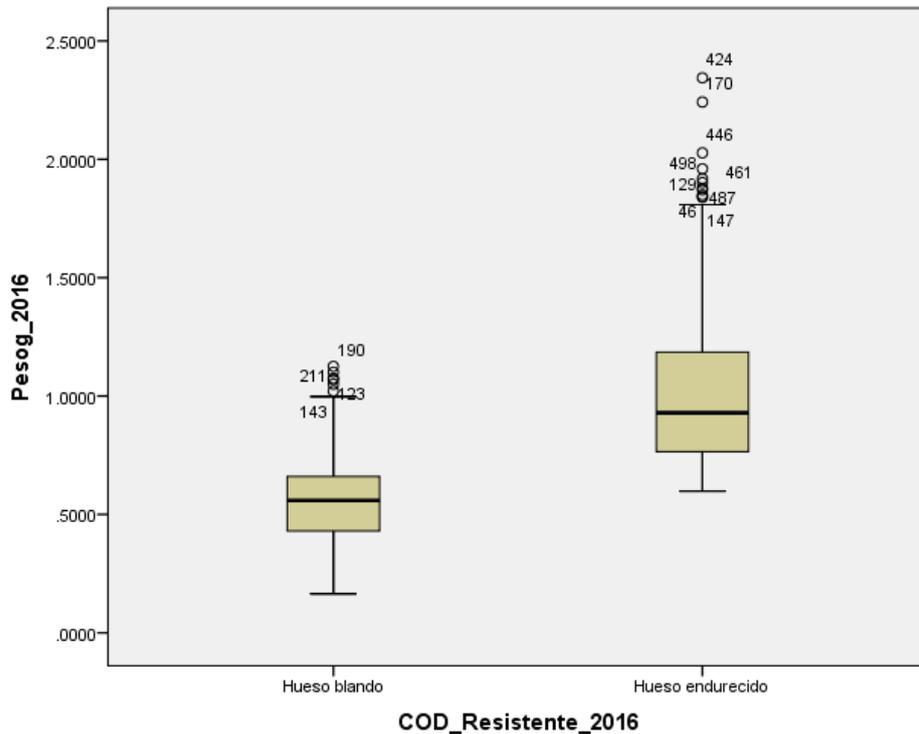


Figura 35 Box-plot para pesos de las aceitunas con endurecimiento del hueso y con el hueso blando en el año 2016

Se realizará el test T-student entre los datos agrupados de peso para hueso blando y hueso endurecido en el año 2016

Estadísticos de grupo

	COD_Resistente_2016	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Pesog_2016	Hueso blando	263	.553124	.1870555	.0115343
	Hueso endurecido	237	1.033390	.3493299	.0226914

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Pesog_2016	Se han asumido varianzas iguales No se han asumido varianzas iguales	71.152	.000	-19.421	498	.000	-.4802655	.0247298	-.5288531	-.4316780
				-18.867	352.513	.000	-.4802655	.0254547	-.5303277	-.4302034

Tabla 16 Resultados de la prueba T-student para pesos agrupados por hueso blando y hueso endurecido en 2016

Volumen

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Volumencm3_2 016	Volumencm3_2 014
N		500	1300
Parámetros normales ^{a,b}	Media	.63179	.42772
	Desviación típica	.303533	.261147
	Absoluta	.126	.097
Diferencias más extremas	Positiva	.126	.097
	Negativa	-.061	-.084
Z de Kolmogorov-Smirnov		2.821	3.487
Sig. asintót. (bilateral)		.000	.000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla 17 Prueba de normalidad para los pesos de las aceitunas en 2014 y 2016

Para los datos de resistencia del hueso de 2014 hay tres categorías (hueso blando, hueso un poco endurecido y hueso endurecido) por lo tanto se contrastará la igualdad de medias de volumen:

1. Entre hueso blando y hueso poco endurecido (Tabla 18)
2. Entre hueso poco endurecido y hueso endurecido (Tabla 19)
3. Entre hueso blando y hueso endurecido (Tabla 20)

Contraste realizado con el fin de agrupar los datos en solo dos categorías, tal y como están agrupados en el análisis de 2016

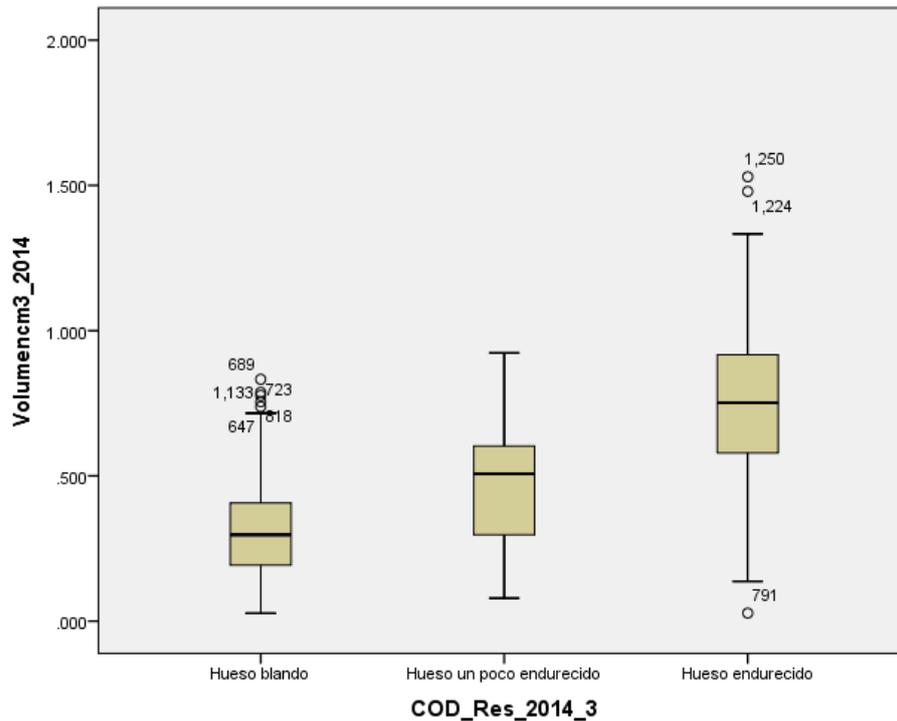


Figura 36 Box-plot para pesos de las aceitunas con el hueso poco endurecido, con endurecimiento del hueso y con el hueso blando en el año 2014

1.

Estadísticos de grupo

	COD_Res_2014_3	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Volumencm3_2014	Hueso blando	849	.30883	.142359	.004886
	Hueso un poco endurecido	148	.46739	.191406	.015733

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Volumencm3_2014	Se han asumido varianzas iguales	29.656	.000	-11.818	995	.000	-.158558	.013416	-.184885	-.132231
	No se han asumido varianzas iguales			-9.624	176.433	.000	-.158558	.016475	-.191071	-.126046

Tabla 18 Resultados de la prueba T-student para volumen agrupados por hueso blando y hueso un poco endurecido en 2014

2.

Estadísticos de grupo

	COD_Res_2014_3	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Volumencm3_2014	Hueso un poco endurecido	148	.46739	.191406	.015733
	Hueso endurecido	303	.74147	.281657	.016181

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Volumencm3_2014	Se han asumido varianzas iguales	17.524	.000	-10.691	449	.000	-.274079	.025637	-.324462	-.223695
	No se han asumido varianzas iguales			-12.144	402.973	.000	-.274079	.022569	-.318446	-.229711

Tabla 19 Resultados de la prueba T-student para volumen agrupados por hueso un poco endurecido y hueso endurecido en 2014

Estadísticos de grupo

3.

	COD_Res_2014_3	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Volumencm3_2014	Hueso blando	849	.30883	.142359	.004886
	Hueso endurecido	303	.74147	.281657	.016181

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Volumencm3_2014	Se han asumido varianzas iguales	198.762	.000	-34.180	1150	.000	-.432637	.012658	-.457471	-.407802
	No se han asumido varianzas iguales			-25.596	358.517	.000	-.432637	.016902	-.465877	-.399397

Tabla 20 Resultados de la prueba T-student para volumen agrupados por hueso blando y hueso endurecido en 2014

Dando como resultado:

1. Las dos varianzas son diferentes y los volúmenes serán diferentes para hueso blando y hueso un poco endurecido
2. Las dos varianzas son diferentes y los volúmenes serán diferentes para hueso un poco endurecido y hueso endurecido
3. Las dos varianzas son diferentes y los volúmenes serán diferentes para hueso blando y hueso endurecido.

Por lo tanto no se podrá agrupar la categoría hueso un poco endurecido en ninguna otra, omitiéndose en la comparación de las categorías del año 2014 y 2016.

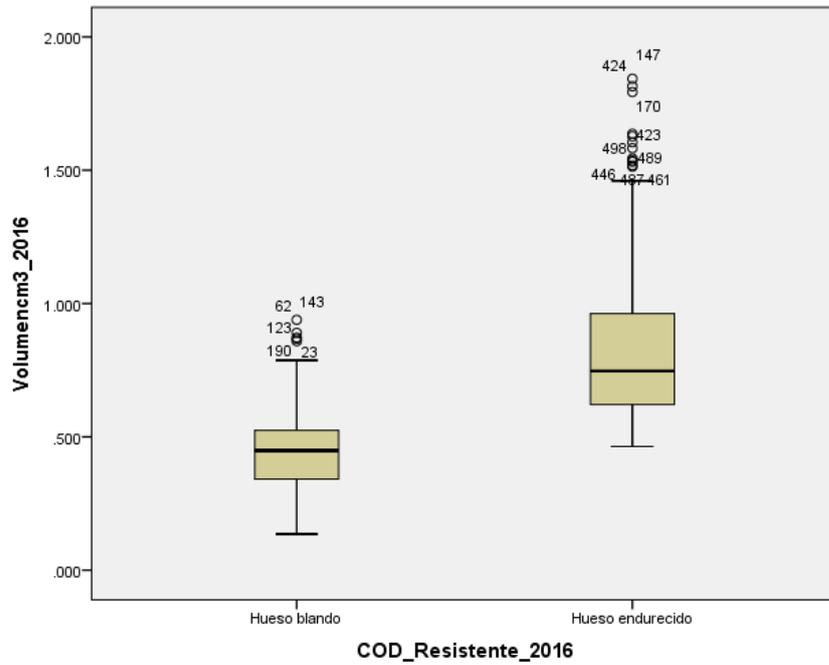


Figura 37 Box-plot para volúmenes de las aceitunas con endurecimiento del hueso y con el hueso blando en el año 2016

Estadísticos de grupo

	COD_Resistente_2016	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Volumencm3_2016	Hueso blando	263	.44599	.146682	.009045
	Hueso endurecido	237	.83796	.299607	.019462

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Volumencm3_2016	Se han asumido varianzas iguales	84.676	.000	-18.858	498	.000	-.391964	.020785	-.432802	-.351126
	No se han asumido varianzas iguales			-18.264	334.886	.000	-.391964	.021461	-.434179	-.349749

Tabla 21 Resultados de la prueba T-student para volúmenes agrupados por hueso blando y hueso endurecido en 2016

APÉNDICE FOTOGRÁFICO



Figura 38 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 28/04/2016



Figura 39 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 05/05/2016



Figura 40 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 12/05/2016



Figura 41 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 19/05/2016



Figura 42 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 26/05/2016



Figura 43 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 02/06/2016



Figura 44 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 09/06/2016



Figura 45 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 16/06/2016



Figura 46 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 23/06/2016



Figura 47 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 30/06/2016



Figura 48 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 07/07/2016



Figura 49 Fotografía del ramo 3 del árbol 3 en el 18/09/2016

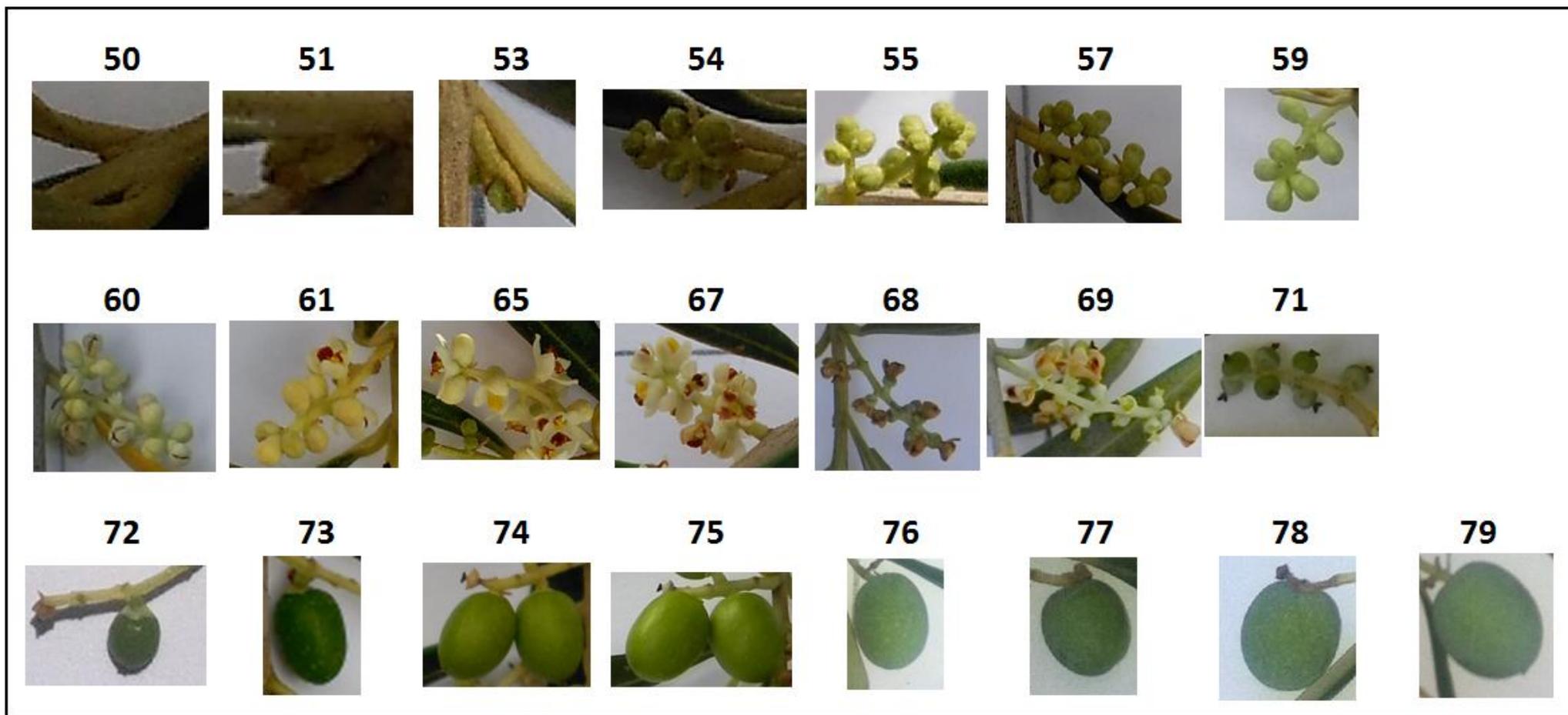


Figura 50 Estadios fenológicos de la escala BBCH. Elaboración propia