

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL



“Evaluación de necesidades de frío para la salida del letargo y necesidades de calor para florecer en nuevas variedades y selecciones de albaricoquero del CEBAS-CSIC y estudio del efecto de tratamientos químicos para acelerar la ruptura del letargo invernal”

TRABAJO FIN DE GRADO

Enero - 2018

Autor: Jesús López Alcolea

Tutores: Dr. Juan José Martínez Nicolás

Dr. David Ruiz González

Evaluación de necesidades de frío para la salida del letargo y necesidades de calor para florecer en nuevas variedades y selecciones de albaricoquero del CEBAS-CSIC y estudio del efecto de tratamientos químicos para acelerar la ruptura del letargo invernal.

Evaluation of chilling requirements for breaking dormancy and heat requirements for flowering on new CEBAS-CSIC apricot cultivars and study of the effect of chemical treatment to accelerate breaking dormancy.

RESUMEN

El primer objetivo del trabajo fue evaluar las necesidades de frío para la salida del letargo y necesidades de calor para florecer de nuevas variedades de albaricoquero del CEBAS-CSIC. Los resultados obtenidos son de gran valor para el cultivo de estas variedades en las zonas climáticas más adecuadas para su adaptación. Las necesidades de frío oscilaron entre 375 y 1053 chill units. El segundo objetivo fue estudiar el efecto de tratamientos químicos para acelerar la ruptura del letargo. Estos tratamientos son habituales en zonas cálidas, especialmente para conseguir adelantar la floración y en consecuencia mayor precocidad en la maduración. En este trabajo se muestra los resultados obtenidos con diferentes productos, dosis y momentos de aplicación.

ABSTRACT

The first objective of the work is to evaluate the chill requirements for breaking dormancy and heat requirements for flowering of new apricot cultivars from CEBAS-CSIC. The results obtained are of great value for the cultivation of these varieties in the most suitable climatic zones for their adaptation. The chilling requirements range from 375 to 1053 chill units. The second objective is to study the effect of chemical treatments to accelerate breaking the dormancy. Such treatments are common in warm areas, especially to get an early flowering and consequently earlier maturity. In this work we showed the results obtained testing different products, doses and application dates.

Palabras clave: Adaptación, floración, letargo invernal, Prunus armeniaca variedades.

Keywords: Adaptation, flowering, dormancy, Prunus armeniaca, cultivars.

Agradecimientos

Con una breve mención quisiera reconocer a todas aquellas personas que han formado parte de esta aventura aportando ese granito de arena y que han hecho posible culminar esta importante etapa de mi vida.

Al departamento de Producción Vegetal y Microbiología de la EPSO-UMH.

A los miembros del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura por acogerme y hacerme sentir como en casa.

Al profesor Juan José Martínez Nicolás por la atención prestada y por haber despertado en mí el gusanillo de la investigación.

Al Dr. David Ruiz González por facilitarme el desarrollo de este trabajo, manteniendo siempre abierta la puerta de su despacho para atenderme.

A José Egea Caballero por sus sabios consejos sobre el cultivo del albaricoquero y el almendro.

A Manuel Rubio Angulo por su amistad y apoyo, siendo un gran profesional.

A Federico Dicenta López-Higuera por acogerme en su grupo de trabajo.

A los "Micaelos", Antonio Molina y Antonio Molina Jr. por su ayuda en los aspectos del cultivo del albaricoquero en campo.

A Lola Nortes por preparar la "pócima" para este trabajo.

A los compañeros/as y amigos/as del Grupo de Mejora Genética de Frutales del CEBAS-CSIC.

A Rubén Carrillo Valero por la ayuda prestada, sin la cual este trabajo no hubiese llegado a buen puerto. "Gracias amigo".

A mis amigos/as por su apoyo incondicional.

A mis padres y familia por su confianza.

A mi hermano José Miguel por apoyarme en todo momento.



A Verónica Brando Mengual

Índice

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	13
1.1.	EL ALBARICOQUERO	13
1.1.1	DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y BOTÁNICA DE LA ESPECIE ...	13
1.1.2.	ORIGEN, DIVERSIDAD GENÉTICA Y ANTECEDENTES DEL CULTIVO	18
1.1.3.	IMPORTANCIA ECONÓMICA Y APROVECHAMIENTOS	20
1.2.	PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DEL ALBARICOQUERO DEL CEBAS-CSIC	23
1.3.	EL LETARGO INVERNAL	24
1.4.	TRATAMIENTOS QUÍMICOS PARA LA SALIDA DEL LETARGO.	27
1.5.	OBJETIVOS	29
2	EVALUACIÓN DE NECESIDADES DE FRÍO PARA LA SALIDA DEL LETARGO Y NECESIDADES DE CALOR PARA FLORECER	33
2.1.	MATERIAL Y MÉTODOS	33
2.1.1.	MATERIAL VEGETAL EVALUADO.....	33
2.1.2.	PARCELA EXPERIMENTAL	33
2.1.3.	METODOLOGÍA UTILIZADA	34
2.1.3.1.	DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE FRÍO INVERNAL	35
2.1.3.2.	DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE CALOR	37
2.2.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
2.4.1.	ACUMULACIÓN DE FRÍO INVERNAL	37
2.2.2.	REQUERIMIENTOS DE FRÍO INVERNAL PARA LA SALIDA DEL LETARGO	38
2.2.3.	REQUERIMIENTOS DE CALOR PARA FLORECER	40
2.2.4.	ESTUDIO DE CORRELACIONES	42

2.3.	CONCLUSIONES	45
3	EFFECTO DE TRATAMIENTOS QUÍMICOS PARA ACELERAR LA RUPTURA DEL LETARGO INVERNAL	49
3.1.	MATERIAL Y MÉTODOS	49
3.1.1.	MATERIAL VEGETAL EVALUADO	49
3.1.2.	PARCELA EXPERIMENTAL	49
3.1.3.	METODOLOGÍA UTILIZADA	50
3.1.4.	COMPUESTOS UTILIZADOS	51
3.1.5.	DOSIS DE APLICACIÓN	51
3.1.6.	DISEÑO EXPERIMENTAL	52
3.2.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.2.1.	ACUMULACIÓN DE FRÍO INVERNAL	53
3.2.2.	DETERMINACIÓN DE LOS MOMENTOS DE APLICACIÓN	54
3.2.3.	FECHAS DE FLORACIÓN	55
3.2.4.	EVOLUCIÓN DE YEMAS FLORALES	55
3.3.	CONCLUSIONES	56
4	CONCLUSIONES GENERALES	59
5	BIBLIOGRAFÍA	63
6	ANEXOS	73
6.1.	ANEXO I	73
6.2.	ANEXO II	74
6.3.	ANEXO III	75
6.4.	ANEXO IV.....	79



Introducción

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El albaricoquero



Figura 1.1. Vista general de un albaricoquero adulto, variedad Cebas Primor (CEBAS-CSIC)

1.1.1. Descripción taxonómica y botánica de la especie

El albaricoquero es un árbol frutal perteneciente a la familia *Rosaceae*, subfamilia *Prunoidea*, género *Prunus* y subgénero *Prunophora*.

A continuación se expone la clasificación sistemática del albaricoquero (The Plant List, 2015; Tropicos, 2015):

- Clase: Equisetopsida C. Agardh
- Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.
- Super-orden: Rosanae Takht.
- Orden: Rosales Bercht. & J. Presl
- Familia: Rosaceae Juss.
- Género: *Prunus* L.
- Especie: *Prunus armeniaca* L.
- Sinónimos: Abercoquero, damasco, albaricoc, apricot,
- Nombre común: Albaricoquero

El género *Prunus* es uno de los más importantes desde el punto de vista agrícola, con numerosas especies cultivadas (Potter y col., 2012). Taxonómicamente el género *Prunus* consta de más de 200 especies encuadradas en cinco subgéneros (Rehder, 1940) *Amygdalus* (melocotoneros y almendros), *Cerasus* (cerezos), *Prunus* (albaricoques y ciruelos), *Laurocerasus* y *Padus* (estos dos últimos géneros sin interés agrícola). No obstante, los estudios cladísticos basados en el DNA nuclear y cloroplástico indican la existencia de únicamente 4 subgéneros *Amygdalus*, *Cerasus*, *Prunus* y *Eplectocladus* (Bortiri y col., 2001; Potter y col., 2007).

Estos cuatro subgéneros se caracterizan por poseer un número básico de ocho cromosomas ($x=8$) que mediante poliploidía ha generado las distintas especies del género. De este modo encontramos especies diploides de *Prunus* como el almendro [*P. dulcis* D.A. Webb (anteriormente *P. amygdalus* Batsch)], melocotonero [*P. persica* (L.) Batsch], albaricoquero (*P. armeniaca* L.), el ciruelo japonés (*P. salicina* L.) y el cerezo dulce (*P. avium* L.) que contienen la dotación cromosómica $2n = 2x = 16$. Otras especies han multiplicado por cuatro la dotación cromosómica original como el endrino (*P. spinosa* L.), el cerezo amargo (*P. cerasus* L.), o *P. fruticosa* Pall. ($2n = 4x = 32$); o incluso la han aumentado seis veces generando especies hexaploides como el ciruelo europeo [*P. domestica* L. y *P. insititia* L. ($2n = 6x = 48$)] (Bouhadida, 2007).



Figura 1.2. Vista general de fruta y hojas en rama, variedad Cebas Red (CEBAS-CSIC)

El género *Prunus* alberga gran número de especies frutales. Algunas de estas especies, emparentadas filogenéticamente con el albaricoquero, suponen una fuente secundaria de genes para su uso en mejora (Paunovic, 1988; Boonprakob y Byrne, 1990):

- *Prunus brigantiaca* (ciruelo alpino), deriva de *P. armeniaca*. Se cultiva en los Alpes franceses.
- *Prunus ansu* y *Prunus holosterica*, cultivadas en el Extremo Oriente. Algunos autores consideran que pertenecen a *P. armeniaca*.
- *Prunus mume* (albaricoquero japonés), cultivado en zonas húmedas de China y Japón. Es más resistente a las enfermedades de tipo fúngico que *P. armeniaca*.
- *Prunus sibirica* (albaricoquero siberiano) y *Prunus mandshurica* (albaricoquero de Manchuria), cultivadas al norte de Mongolia y caracterizadas por su resistencia al frío.

Actualmente el albaricoquero está clasificado como *Prunus armeniaca* (Linneo), también denominado anteriormente como *Armeniaca vulgaris* (Lamarck) (Forte, 1992; Layne y col., 1996). *P. armeniaca* presenta una gran diversidad de variedades, de las que más de 1.300 se encuentran en Europa (Ruiz y col., 2011). A nivel mundial se han descrito alrededor de 10.000 cultivares tipificados en 225 bancos de germoplasma según la Comisión de Recursos Fitogenéticos de la FAO (<http://faostat.fao.org>).

El género *Prunus* fue descrito por Linneo en *Species Plantarum* (1753), en él se incluyen árboles y arbustos caducifolios (salvo algunas excepciones), con flores hermafroditas formadas por cinco sépalos, cinco pétalos de colores rosados o blancos (en algunas especies rojizos), numerosos estambres (15-30) y un único ovario ínfero monocarpelar, aunque en algunas variedades tienen cinco carpelos (*Figura 1.3*).

El albaricoquero es una especie diploide con un genoma de $2n=2x=16$ cromosomas, aunque se han encontrado algunos mutantes tetraploides. Si bien la auto-incompatibilidad floral es frecuente dentro del género *Prunus*,

P. armeniaca es generalmente auto-compatible, aunque existe una gran variabilidad para este carácter dentro de la especie.

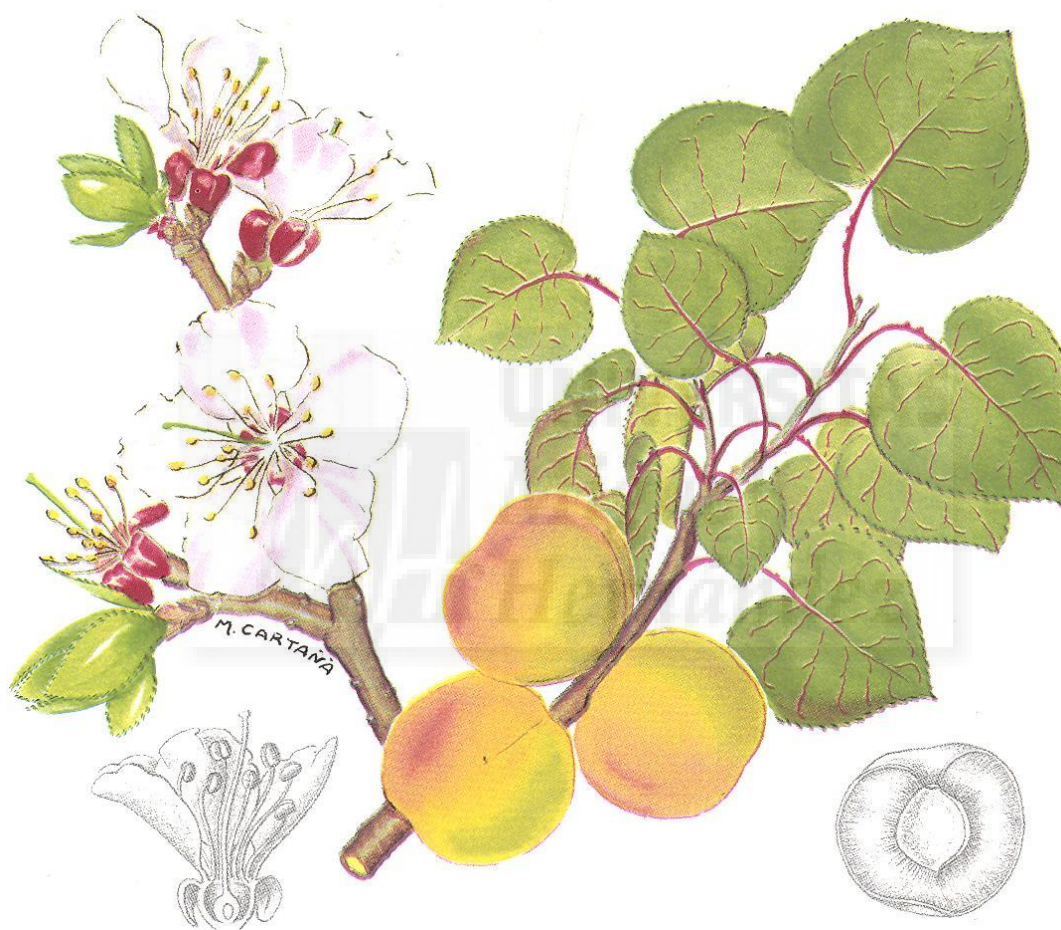


Figura 1.3. Hojas, tallos, flores y frutos de albaricoquero. Cortesía de M. Cartaña.

En general, las variedades cultivadas en el sur de Europa son auto-compatibles, mientras que las variedades cultivadas en América, Asia y Norte de África son auto-incompatibles. La incompatibilidad es de tipo gametofítica determinada por una serie alélica (Burgos y col., 1997). También existen algunas variedades androestériles como 'Colorao' y 'Arrogantes'.

Desde el punto de vista botánico, el albaricoquero se ha descrito como un árbol de tamaño medio (5 a 10 m de altura) con la corteza rojiza, hojas simples, alargadas, ovaladas o redondeadas acabadas en punta abrupta, alternas con color brillante, rojizas cuando inician el desarrollo para volverse verde al madurar (*Figura 1.1*). Su peciolo está engrosado y a veces lleva una glándula. Además de las ramas principales, presenta diferentes tipos de ramos que configuran la forma y estructura natural del árbol: dardos, brindillas, ramos mixtos, ramos anticipados y chupones. Su longevidad supera los 50 años, aunque comercialmente su cultivo oscila entre los 25-30 años (Lichou y Audubert, 1992; Forte, 1992).

Sus flores se encuentran situadas, mayoritariamente, en ramos mixtos, con pedúnculo corto, con brácteas, pentámeras, con numerosos estambres, pétalos de color blanco rosáceo y hermafroditas (*Figura 1.3*). Estas flores presentan una tendencia a la precocidad como la mayoría de las flores del género (*Figura 1.1*). Tras la fecundación del óvulo las paredes del ovario comienzan a crecer y diferenciarse encontrando en el interior un hueso o hueso lignificado, con forma aplanada, liso y dos surcos longitudinales, que alberga la semilla formada por dos cotiledones con cubiertas de color marrón (Mehlenbacher y col., 1991; Lichou y Audubert, 1992).

El fruto es una drupa de forma entre globosa u oval, con un surco ventral bien diferenciado, de tamaño variable, entre pequeño y mediano, ligeramente pubescente (*Figura 1.2*). El color de la piel varía del amarillo claro al anaranjado e incluso naranja-rojizo, y frecuentemente presenta una chapa de color rojizo en la zona expuesta al sol. La pulpa o mesocarpo es carnosa y de color blanquecino, amarillento o anaranjado, aromática y azucarada, y puede estar adherida al hueso o libre. Además, presenta un dulzor característico muy apreciado para consumo en fresco, así como para mermeladas, confituras, zumos y desecados como “orejones”. El hueso es lignificado, duro, de forma oval aplanada y con dos surcos bien definidos. La semilla es grande, con cubiertas de color marrón y cotiledones blancos (Lichou y Audubert, 1992).

Su consumo es en fresco, pero una gran parte de la producción mundial es preservada en seco, incluso en algunas zonas se conservan ahumados

(Huebei). La mermelada de albaricoque también es otra utilidad importante, que puede usarse como adhesivo dulce en pasteles como en el famoso Sachertote, o para glasear repostería. En oriente medio se deshuesan y se estofan para complementar al cordero (Mishmishia). En algunas regiones de China se cultiva por su semilla. Las semillas de albaricoquero se utilizan para aportar aromas a los 'macaroons' y galletas. En Japón también se cultivan por su valor ornamental, como *Prunus mume*.

La distribución del albaricoquero está restringida por sus características ecológicas, lo que limita su cultivo a regiones de clima templado desde el Mediterráneo hasta Europa Central, Estados Unidos, China o Australia (Mehlenbacher y col., 1991).

A pesar de la plasticidad manifestada por la especie (se cultiva en lugares tan distintos como Sudáfrica o Canadá) y su gran diversidad, se observa una gran especificidad en cuanto a la adaptación de las variedades cultivadas en cada zona (Bailey y Hough, 1975). Por ejemplo, a pesar del elevado número de variedades existentes, el 80% de la producción mundial se basa en menos de 30 (Audergon, 1995).

1.1.2. Origen, diversidad genética y antecedentes del cultivo

El origen de la especie cultivada albaricoquero fue ubicado durante algún tiempo en Armenia en base a la rica cultura del albaricoquero en esta región donde hay evidencias arqueológicas de su cultivo desde el S. I d.C. (Faust, 1998). Los romanos lo llamaron *Mela armeniaca*, pero su origen armenio fue refutado por De Candolle (1885; 1886) debido a la la inexistencia de albaricoqueros silvestres en Armenia, por lo que esta zona no puede ser su centro de origen. De Candolle establece el origen del albaricoquero en China, apareciendo en la literatura china desde 2.205 a.C. Vavilov en *Origin and Geography of Cultivated Plants* establece tres centros de origen para el albaricoquero, un primer centro en China (China central y el norte del Tibet), un segundo centro en Asia central (Afganistan y Uzbekistan) y un tercer centro en Asia menor (Irán, el Caucaso y Turquía), este último centro se considera secundario y origen las formas cultivadas actuales (Vavilov, 1951).

Otros autores consideran al centro de Asia central como el único centro primario a partir del que se originarían el centro de Asia menor y el centro de China a partir del desplazamiento al este y el oeste. Esta última descripción ha sido apoyada por datos moleculares de marcadores moleculares del tipo microsatelites (Maghuly, 2005) que han ubicado los cultivares de Asia central en una posición distinta dentro del dendrograma (*Figura 1.4*).

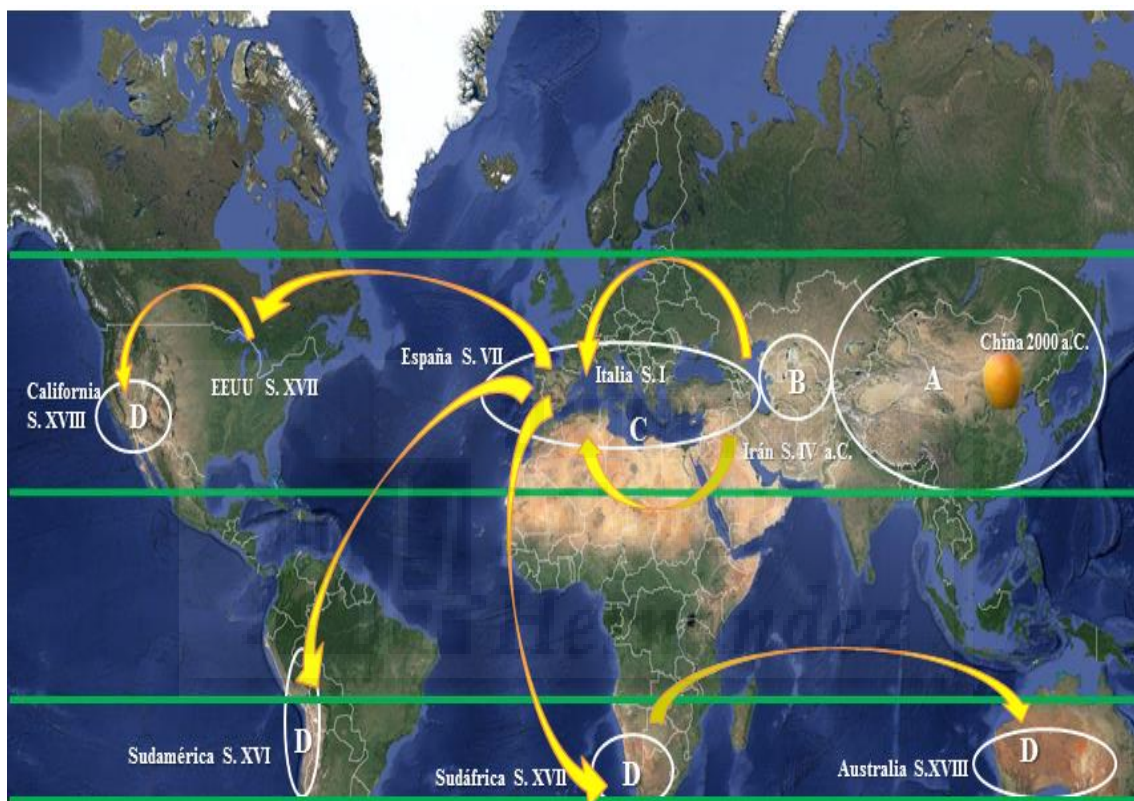


Figura 1.4. Centros de origen (A y B), diversificación (C) y dispersión (D) de la especie albaricoquero. Imagen del globo terráqueo © NASA, TertraMetrics. Datos del mapa © Google, INEGI (<https://www.google.es/maps>).

La expansión del albaricoquero desde Asia Central va en paralelo con las rutas comerciales y los procesos históricos que pusieron en contacto al Imperio Persa (uno de los núcleos de origen del albaricoquero) con Europa alrededor del el siglo IV a.C. por medio de los ejércitos de Alejandro Magno (Layne y col., 1996).

Esta primera llegada a Europa se produciría a través de Armenia e Irán hasta llegar a Grecia e Italia, y la segunda en siglo VII desde Oriente Próximo hasta

España mediante los árabes. Finalmente la expansión del albaricoquero hacia América se produciría desde Europa entre los siglos XVI y XVII (Faust y col., 1998).

La forma inicial de propagación era por semillas hasta que a principios del siglo XX comienza el desarrollo del injerto, esta técnica mejorada permitió el desarrollo clonal de un único individuo con unas características deseadas permitiendo de este modo el establecimiento de variedades diferenciadas y homogéneas típicas del cultivo moderno del albaricoquero.

El establecimiento de las variedades con diferentes fenotipos adaptó el cultivo del albaricoquero a diferentes áreas de clima templado abarcando desde el Mediterráneo hasta Europa central, Estados Unidos, Australia o Sudáfrica (Mehlenbacher y col., 1991), las variedades adaptadas a cada clima seleccionaron características de crecimiento específicas que las hicieron inapropiadas para otros hábitats (Gulcan, 1997).

El origen del cultivo del albaricoquero en Murcia es distinto del de otras zonas de España. En esta región las variedades cultivadas en la actualidad son el resultado de la confluencia de los materiales que se desarrollaron en Oriente Medio y se extendieron, unos por el Norte de África, y otros por los países de la Europa mediterránea. Esta parece ser la explicación de la peculiaridad de algunas variedades cultivadas en Murcia (Egea y col., 1988).

1.1.3. Importancia económica y aprovechamientos

La producción mundial de albaricoque alcanzó en 2014 2,34 millones de toneladas (Mt) (<http://faostat.fao.org>), siendo el albaricoquero el tercer frutal de hueso en cuanto a producción después de melocotones (16,5 Mt) y ciruelas (8,1 Mt). Hay que destacar que su producción está principalmente localizada en los países de la cuenca Mediterránea alcanzando entre todos ellos más del 50% de la producción global.

Turquía es el productor más importante con una producción en 2014 que osciló en torno a 810.000 de toneladas (mt), aunque gran parte de su producción es albaricoque destinado a secado. Otros importantes productores son Irán (457 mt), Uzbequistán (430 mt), Argelia (319 mt) o Italia (198 mt) (*Figura 1.5*)

(<http://faostat.fao.org>). España es uno de los principales productores mundiales de albaricoque, cifrándose su producción en unas 131.000 toneladas anuales (<http://faostat.fao.org>), siendo el tercer productor de Europa tras Italia y Francia, y el noveno país a nivel mundial (<http://faostat.fao.org>) (*Figura 1.5*). Gran parte de la producción española está destinada al consumo en fresco, al contrario que ocurre en los casos de Turquía, Irán o Uzbekistán.

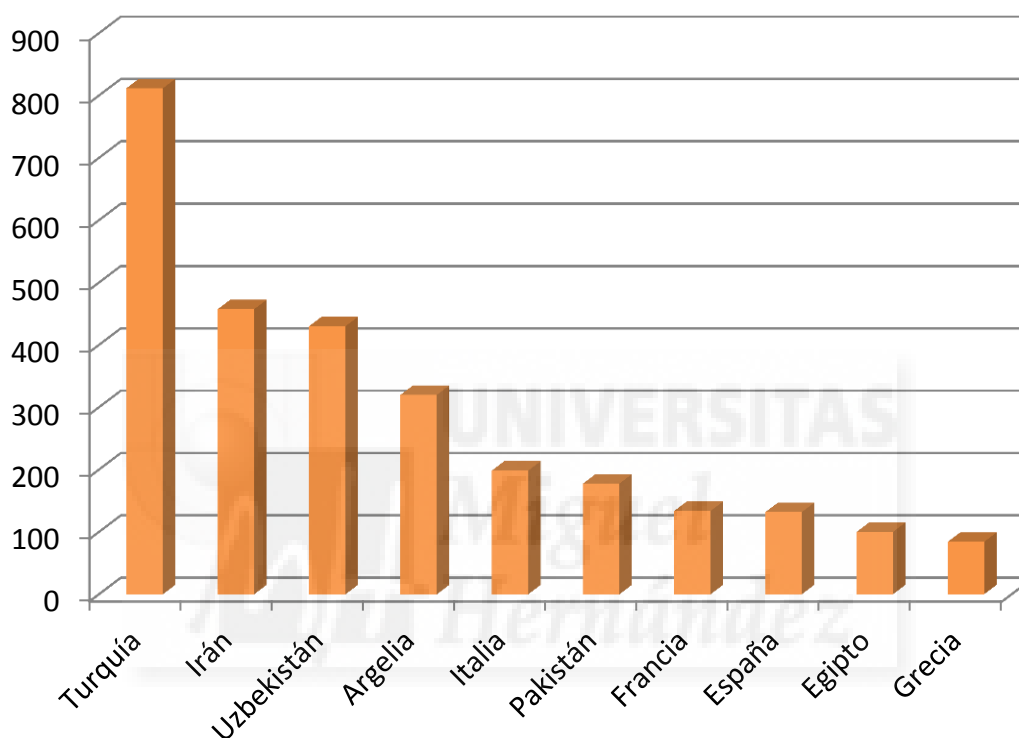


Figura 1.5. Producción mundial de albaricoque (<http://faostat.fao.org>). Los valores representan la producción en miles de toneladas para el año 2014.

El cultivo del albaricoquero tiene una gran tradición en España. En muchas áreas de nuestro país se dan unas condiciones edafoclimáticas particularmente idóneas para su cultivo, con resultados excelentes en cuanto a productividad, calidad y precocidad. El albaricoquero es el cuarto frutal de hueso en importancia en nuestro país tras el melocotonero, el almendro y el ciruelo. La superficie de cultivo actual es de unas 21.000 hectáreas, de las cuales 17.500 se encuentran en regadío y 3.500 en seco (MAGRAMA, 2014).

La Región de Murcia es con diferencia la principal zona productora, con aproximadamente el 63% de la producción nacional (unas 88.000 toneladas), seguida de Aragón, Castilla La Mancha, Comunidad Valenciana y Cataluña (MAGRAMA, 2013-2015) (*Tabla 1.1*).

Comunidad Autónoma	Superficie		Producción	
	ha	%	Miles de toneladas	%
Región de Murcia	10.159	48,0	88,4	63,4
Comunidad Valenciana	4.439	21,0	13,5	9,7
Aragón	3.102	14,6	12,4	8,9
Castilla La Mancha	1.717	8,1	7,7	5,5
Cataluña	855	4,0	7,0	5,0
Andalucía	354	1,7	3,7	2,7
Extremadura	68	0,3	2,7	1,9
Resto de España	477	2,3	4,0	2,9
Total	21.172	100	139,4	100

Tabla 1.1. Producción y superficie nacional de cultivo de albaricoque de las comunidades autónomas más representativas (MAGRAMA, media 2013-2015).

Del total de la producción nacional de albaricoque, en torno al 37 % (unas 44.000 toneladas) se exporta como fruta en fresco a terceros países, y el 63 % restante de producción se destina al mercado nacional en fresco (41%) y a la industria conservera (22%) (MAGRAMA, 2008-2012). El principal destino de las exportaciones de albaricoque es el mercado europeo, siendo Francia (24%), Alemania (23%) e Italia (16%) los principales países de destino, seguidos de Países Bajos, Polonia, Bélgica y Portugal.

Debemos destacar el incremento en la exportación en los últimos años a países como Reino Unido y Rusia, que están aumentando exponencialmente la importación de albaricoque español (Base de datos de Comercio Exterior, 2014).

La producción de albaricoquero presenta buenas expectativas para la exportación, se trata de un cultivo no saturado con posibilidades de expansión para lo que es necesario obtener nuevas variedades que permitan el escalonado de la producción y reúnan las demandas de productores, distribuidores y consumidores (Egea y Ruiz, 2014).

La producción nacional de estos frutales (sobre todo albaricoquero y ciruelo, y en menor medida melocotonero) está seriamente amenazada el *Plum pox virus* (PPV), agente causal de la sharka, por lo que las nuevas variedades deben reunir entre sus características la resistencia a PPV como requisito para su continuidad comercial (Rubio y col., 2003a).

1.2. Programa de mejora genética del albaricoquero del CEBAS-CSIC

El Departamento de Mejora Vegetal del CEBAS-CSIC lleva a cabo desde hace 25 años un Programa de Mejora de la especie albaricoquero. Los objetivos generales de este programa de mejora son:

- Ampliación del calendario productivo, especialmente con variedades extratempranas de bajas necesidades de frío invernal.
- Autocompatibilidad floral.
- Resistencia al virus de la sharka (PPV).
- Elevada calidad del fruto, tanto en lo relativo al sabor como en lo atractivo (piel naranja con chapa roja y pulpa anaranjada).
- Buena aptitud postcosecha.

En este sentido, debemos reseñar el conjunto de variedades obtenidas por el CEBAS-CSIC de Murcia, que están acaparando buena parte de la renovación varietal del albaricoquero en España, dadas sus características de elevada calidad de fruto, auto-compatibilidad y sobre todo la resistencia

al virus de la sharka. Entre ellas debemos destacar las variedades de maduración temprana ‘Cebas 57’, ‘Mirlo Blanco’, ‘Mirlo Anaranjado’, ‘Mirlo Rojo’ y ‘Rojo Pasión’, las variedades de maduración media como ‘Valorange’, ‘Murciana’, y ‘Micaelo’, y las variedades de maduración tardía ‘Tardorange’ y ‘Dorada’.

El programa continúa y trata ahora de cubrir objetivos tales como “bajas necesidades de frío”, carácter de gran importancia en áreas cálidas como las del sureste español con inviernos cada vez más suaves. En estas zonas de baja acumulación de frío invernal es indispensable desde el punto de vista de adaptación el cultivo de variedades de bajas necesidades de frío, a fin de hacer viable y rentable el cultivo de la especie albaricoquero.

1.3. El letargo invernal

La adaptación es un concepto relativo al modo en que las plantas pueden sobrevivir y reproducirse en ambientes determinados (Hill et al 1998) y se refleja por la medida en que las fases de desarrollo están sincronizadas con el clima (Dietrichson, 1964).

El estudio del comportamiento fenológico de los cultivos como una parte de un medio ambiente bien caracterizado es importante tanto para obtener buenas producciones como para establecer las técnicas de cultivo más adecuadas (Valentín et al 2001).

Los frutales de hueso, entre los que se encuentra el albaricoquero (*Prunus armeniaca*, L.), están incluidos en el grupo de los denominados frutales de zona templada, denominación que indica que sus ancestros se han desarrollado en una condición climática caracterizada por estaciones bien diferenciadas. Con inviernos bien definidos, con frío más o menos intenso, existe el riesgo de helada, por lo que las especies desarrolladas en estas condiciones han desarrollado a su vez mecanismos de defensa frente a esa adversidad que de otra manera puede dar lugar a frecuentes pérdidas de cosecha. Los dos principales mecanismos desarrollados frente a esta dificultad son el letargo invernal (‘dormancy’) y la aclimatación al frío (“cold acclimation”;

“freezing tolerance”). La característica fundamental de este estado de letargo o reposo invernal consiste en que mientras la planta se encuentra en esta fase, se produce detención del crecimiento de tal manera que aunque las condiciones de humedad del suelo, luz y temperatura sean absolutamente favorables para la reiniciación del mismo, éste no se produce. Ésta es la diferencia fundamental con plantas de origen tropical o subtropical que no están sujetas a esta limitación. El letargo no es una condición que se adquiere por la planta de forma brusca sino que es un proceso progresivo que se desarrolla a lo largo del otoño creciendo en intensidad (profundidad), hasta alcanzar un máximo que se conoce como letargo profundo (“deep rest”) (Amling y Amling 1980, Fuchigami-Hotze y Weiser 1977, Hatch y Walker 1969; Powell 1987). La condición de letargo o reposo invernal representa pues una fase del desarrollo que permite a los árboles sobrevivir a las condiciones desfavorables del invierno (Faust et al . 1997).

Saure (1985) propuso la denominación de “pre-letargo” para la fase precoz del letargo que se produce a comienzos del otoño y que parece coincidir con la inhibición correlativa o dominancia apical. Denominó “verdadero letargo” a la fase de letargo invernal y “post-letargo” el letargo impuesto por condiciones climáticas no favorables para el crecimiento y desarrollo vegetal.

Una vez establecido la fase de letargo invernal, deben ser satisfechas las necesidades de frío de la variedad en cuestión para que se produzca la ruptura del letargo y se inició la evolución fenológica de las yemas florales y vegetativas.

Se han desarrollado diferentes modelos para cuantificar el frío acumulado útil para satisfacer las necesidades de frío. Los tres métodos más utilizados hasta hoy para ello son: horas bajo 7 °C (Weinberger, 1950); “chill units” de acuerdo con el modelo Utah tradicional (Richardson y col., 1974) y como “porciones” según el denominado modelo “Dinámico” (Fishman y col. 1987).

Es importante que se produzca una adecuada satisfacción de las necesidades de frío para la ruptura del letargo de una variedad para que despliegue toda su potencialidad vegetativa y productiva. La intensidad del letargo y por ello las necesidades de frío de cada variedad es un parámetro específico de la misma,

pudiéndose dar notables diferencias entre variedades (Saure, 1985; Erez y Fishman, 1998; Egea et al. 2003).

La determinación de las necesidades de frío de una variedad (Fennell, 1999) es una cuestión de importancia fisiológica y económica porque su conocimiento permite su cultivo en las áreas más idóneas desde el punto de vista de la adaptación. Los problemas derivados de su desconocimiento pueden ser de dos tipos: si las cultivamos en áreas donde no se satisfacen suficientemente sus requerimientos fríos, su comportamiento vegetativo y productivo se ve negativamente afectado, tanto más cuanto mayor sea la carencia (Coville 1920); Weldon, 1934; Samish 1954; Samish y Lavee 1982).; Una salida incompleta del letargo afecta el comportamiento del árbol en tres aspectos principales: retraso de la brotación, una escasa floración y una falta de uniformidad en la brotación y floración (Tabuenca, 1965; Legave et al., 1982; Gil-Albert, 1989; Viti and Monteleone, 1991; Viti and Monteleone, 1995; Erez, 2000).

Por otro lado, cuando se cultivan variedades con bajas necesidades de frío, es decir variedades de floración precoz, en zonas con inviernos fríos, la floración puede tener lugar demasiado pronto puesto que las necesidades de frío son satisfechas rápidamente. En este caso, las bajas temperaturas podrían dañar las yemas en su estado fenológico más susceptible (Bartolini et al., 2006b), conllevando la posible aparición de anomalías florales (Clanet and Salles, 1972), y la aparición de heladas podría producir importantes pérdidas en los cultivos (Scorza and Okie, 1990).

En cuanto a las necesidades de calor para florecer, aunque tienen una menor incidencia en la capacidad de adaptación de una variedad, su conocimiento nos brinda mayores posibilidades en su manejo. Así, variedades con pocas necesidades de frío podrían ser cultivadas en áreas relativamente frías si tienen elevadas necesidades de calor para florecer (Citadin et al. 2001).

En albaricoquero la mayoría de las variedades cultivadas se caracterizan por valores en torno a la franja 800-1200 chill, con extremos en >1400 y 500 chill (Guerriero et al. 2002; García et al. 1999; Tabuenca 1964; Bailey et al. 1978; Bailey et al. 1982). Un trabajo más reciente de Ruiz y Egea (2007) determinó

las necesidades de frío y de calor de un conjunto de variedades y selecciones del CEBAS-CSIC y variedades de referencia, obteniendo valores entre 600 chill units ('Currot') y 1200 chill units ('Orange Red').

Los estudios realizados revelan que la influencia del año y la localización es frecuentemente notable en los resultados obtenidos al calcular las necesidades de frío, por lo que siempre es interesante aportar nuevos datos que afiancen la información que ya se posee (García et al. 1999; Campoy y col. 2012) y que contribuyan al examen crítico de los métodos utilizados para su obtención. Al mismo tiempo, los numerosos programas de mejora que hoy se están desarrollando en las más diversas especies están generando constantemente nuevas selecciones de las que es necesario establecer sus necesidades de frío. En el programa de mejora del albaricoquero del CEBAS-CSIC se han generado recientemente nuevas variedades y también numerosas selecciones avanzadas que están comenzando a cultivarse, por lo que es necesario tener información precisa sobre sus necesidades de frío. Además, el desarrollo de variedades con bajas necesidades de frío resulta una etapa necesaria para la introducción de árboles de clima templado en áreas con una insuficiente acumulación de frío.

1.4. Tratamientos químicos para acelerar la salida del letargo.

Aunque los procesos fisiológicos relacionados con el reposo invernal siguen sin estar claros, desde hace años se ha identificado un grupo de productos químicos, ya sea por casualidad o por ensayo y error, que tienen un efecto positivo en la superación de la latencia cuando se aplican correctamente. El dinitro-ortocresol ha sido uno de los compuestos químicos más utilizados, en combinación con aceites minerales para romper la endodormancia (Samish, 1954). Sin embargo, el uso de este producto está actualmente prohibido debido a sus peligrosos efectos ambientales (Erez et al., 2008). Los aceites minerales también se ha comprobado que tienen un efecto importante en la salida del letargo (Erez et al., 1971; Erez, 1987a). El nitrato potásico (KNO_3) es eficaz, aunque no tan eficiente como una combinación de los compuestos mencionados anteriormente. Posiblemente el producto químico más utilizado

en el pasado para acelerar la salida del reposo invernal ha sido la cianamida de hidrógeno (HC), generalmente comercializada como Dormex®. Este se ha probado en muchas plantas leñosas, particularmente en kiwis (McPherson et al., 2001), así como en melocotones (Campoy et al., 2011b), ciruela, albaricoqueros y manzanos (Erez, 1987a), mostrando muy buenos resultados. Sin embargo, el producto fue prohibido hace unos años en Europa por sus riesgos en la salud humana y el medio ambiente. Entre los reguladores de crecimiento, también se han usado GA y citoquininas (Lloyd y Firth, 1993, Wang et al., 1986). La citoquinina tidiázurón ([TDZ] N-fenil-N-1,2,3-tiodiazol-5-il-urea), en combinación con aceite mineral, también tiene un impacto importante en la ruptura del letargo (Campoy et al., 2010; Erez et al., 2008; Wang et al., 1986).

De acuerdo a estudios y experiencias previas, para alcanzar la máxima eficiencia en el uso de estos tratamientos de productos químicos, las aplicaciones generalmente se deben realizar cuando se ha satisfecho una parte considerable de las necesidades de frío (Erez, 1987a). Otro punto que debe aclararse es cuándo aplicar estos tratamientos porque su eficacia y fitotoxicidad dependen de la etapa y la profundidad de la latencia (Erez, 1987a, Erez et al., 2008; Fernández-Escobar y Martín, 1987). Además, se ha demostrado que la aplicación regular de algunos tratamientos no solo aumenta el porcentaje de caída de yemas, sino que también tiene un efecto perjudicial sobre el crecimiento vegetativo (Costa et al., 2004).

En este contexto, se hace necesario realizar una mayor experimentación en la utilización de este tipo de tratamientos químicos para acelerar la salida del reposo invernal, testando diferentes productos y composiciones químicas, concentraciones y momento de aplicación en relación al porcentaje de satisfacción de las necesidades de frío de la variedad en cuestión.

Finalmente, es evidente que la obtención en los programas de mejora genética de nuevas variedades de albaricoquero de muy bajas necesidades de frío, reduciría la necesidad de la aplicación de estos productos y reduciría al mínimo el impacto ecológico negativo de los agentes químicos que interrumpen la latencia.

1.5. Objetivos

El objetivo principal es el conocimiento de las necesidades de frío para la salida del letargo y necesidades de calor para florecer de las distintas variedades del CEBAS-CSIC, así como de sus selecciones más avanzadas de albaricoquero aún en fase de evaluación.

Habitualmente se le atribuye a una variedad unas determinadas necesidades de frío cuando florece a la misma vez que otra que usamos de referencia, lo cual nos puede llevar a error puesto que para una misma fecha de floración interviene la combinación de necesidades de frío y necesidades de calor, no teniendo porque ser iguales a la variedad de referencia. Esta situación es cada vez más habitual puesto que algunos de los obtentores de variedades vegetales no informan de estos datos a los productores, produciendo esta situación desordenes a la hora de ubicar variedades con altas necesidades de frío en zonas cálidas donde anualmente es difícil que satisfagan esas necesidades mínimas para poder salir del letargo con una estabilidad fisiológica adecuada para garantizar el buen desarrollo del cultivo durante los primeros estadios fenológicos.

De este modo se podrán diseñar nuevas plantaciones optimizando el potencial productivo de cada variedad a la zona donde se quiere implantar, asegurando la viabilidad económica de las plantaciones.

La segunda parte del trabajo tiene por objetivo la combinación entre la primera parte de este y la aplicación de tratamientos para acelerar la salida del letargo, determinando si realmente son efectivos y que consecuencias conlleva la aplicación de los mismos en la planta.

Habitualmente estos tratamientos forman parte de la cultura del albaricoquero en zonas donde la anticipación de la cosecha es un valor añadido, ya que 4 o 5 días de anticipación en la maduración en variedades extratempranas supone un mayor precio en destino y habitualmente al productor.

El desconocimiento de datos científicos, lleva al productor a orientarse por fechas para el tratamiento interanuales de referencia, consejos de otros agricultores y desconocimiento del efecto de las dosis en sus plantaciones.

La necesidad de conocer en cuantos días se puede adelantar la floración y la maduración, la cantidad de yemas florares evolucionadas, la posible fitotoxicidad de los tratamientos y la uniformidad de floración serán datos a tomar en cuenta en este trabajo.



Evaluación de necesidades de frío para la salida del letargo y necesidades de calor para florecer en nuevas variedades y selecciones de albaricoquero del CEBAS-CSIC

2. EVALUACIÓN DE NECESIDADES DE FRÍO PARA LA SALIDA DEL LETARGO Y NECESIDADES DE CALOR PARA FLORECER

2.1. Materiales y métodos

2.1.1. Material vegetal evaluado

El material elegido para el estudio consistió en total en 23 variedades y selecciones avanzadas de albaricoquero que representan un amplio espectro de épocas de floración, carácter que como ha sido señalado parece presentar una fuerte correlación positiva con las necesidades de frío para la salida del letargo.

Se trata de las variedades comercializadas por el CEBAS-CSIC, 'Cebas 57' 'Mirlo Blanco', 'Mirlo Anaranjado', 'Mirlo Rojo', 'Rojo Pasión' 'Estrella' 'Murciana', 'Valorange', 'Micaelo', 'Tardorange' y 'Dorada'. Junto a ellas se incluyeron diez variedades obtenidas en el programa de mejora de albaricoquero del CEBAS-CSIC, las cuales están en fase de evaluación con las denominaciones de 'C-1-4', 'C-1-9', 'C-1-17', 'C-2-27', 'C-5-11', 'C-5-26', 'Z-1-34', 'Z-5-47', 'Z-7-41', y 'Z-11-61', así como dos variedades tradicionales ampliamente cultivadas que tomaremos como referencia 'Currot' y 'Búlida'.

2.1.2. Parcela experimental

El material vegetal evaluado se encuentra en la finca experimental del CEBAS-CSIC, localizada entre Cieza y Calasparra (Murcia). La finca está situada a 265 m de altitud, no muy cercana a la ribera del río Segura, y a unos 85 km de la costa, limitando al norte con un importante macizo montañoso (figura 2.1.).



Figura 2.1. Ubicación de la parcela experimental del CEBAS-CSIC. (Google Earth).

2.1.3. Metodología utilizada

En el estudio de las necesidades de frío para la salida del letargo y necesidades de calor para florecer se siguieron los métodos tradicionales con algunas modificaciones tendentes a mejorar su eficacia. El estudio, se llevó a cabo durante el invierno-primavera de los años 2015 y 2016, con todas las variedades establecidas en la misma localización.

Las temperaturas horarias fueron registradas en la misma parcela donde se llevó a cabo el estudio desde Octubre a Abril. Para ello, se instaló un data logger Testo (modelo 174H) automático con intervalo de registro horario y doble canal de medición para temperatura y humedad (figura 2.2.) en el interior de una caseta meteorológica establecida en el centro de la parcela (figura 2.3.). Para una comprobación de datos se colocó otro data logger y un termómetro de mercurio, comparando las temperaturas horarias, siendo estas coincidentes.



Figura 2.2. Data logger Testo 174H.



Figura 2.3. Caseta meteorológica con data logger.

2.1.3.1. Determinación de los requerimientos de frío invernal

La fecha de inicio de la acumulación de frío fue considerada cuando se produce una acumulación consistente y las temperaturas que producen un efecto negativo ('chilling negation') son escasas (Richardson et al., 1974; Erez et al., 1979; Guerriero et al., 2002). En nuestras condiciones el frío efectivo para la salida del letargo suele producirse entre el 1 de Noviembre y el 15 de Febrero.

Una vez ha comenzado la acumulación de frío, lo que en nuestra parcela de estudio suele ser a lo largo del mes de Noviembre, se cortaron 3 varetas por cada variedad en el campo, con una periodicidad de 3-4 días, y se llevaron a una cámara de cultivo introduciendo su base en una solución de sacarosa al 5% y sulfato de aluminio al 0,1%, cortando bajo el agua el extremo de la vareta para facilitar la ascensión capilar del agua (figura 2.4.). En la cámara, las condiciones de funcionamiento fueron las siguientes: 16 horas de luz - 8 horas de oscuridad con temperaturas asociadas constantes de 25° C y 18° C respectivamente. La intensidad luminosa durante el día artificial fue de 55 mol m⁻² s⁻¹ suministrada por lámparas frías de luz blanca fluorescente. La humedad relativa fue del 65%. El tiempo de forzamiento fue de 10 días. La solución de sacarosa se renovó cada 5 días procediéndose en ese momento a recortar de nuevo la base de las varetas. Debido al importante número de variedades / selecciones estudiadas y a la diversidad del material vegetal, hubo una cierta disparidad en las características de las varetas. En cualquier caso, la uniformidad del material elegido en cada variedad fue notable y la diversidad

entre variedades se trató de reducir al máximo, eligiendo varetas, siempre que fue posible, que tuviesen diámetro y longitud similares, consistiendo básicamente en ramilletes de mayo sobre madera del año anterior y algunos crecimientos terminales tipo brindilla, del mismo año.



Figura 2.4. Forzamiento de calor en cámara de varetas de albaricoquero.

Para determinar el momento de la salida del letargo se utilizaron parámetros físicos y fisiológicos (Guerriero et al. 2002; Faust et al. 1997). Cuando después de los 10 días de forzamiento hubiesen alcanzado al estadio b – c de Baggiolini (figura 2.5.) un 30% de las yemas. Las necesidades de frío de cada variedad coincidieron con el frío acumulado, (unidades frío, “chill units”) hasta el momento en que una vez forzadas durante 10 días, alcanzaron los índices arriba señalados. Su cuantificación se llevó a cabo por los tres métodos más utilizados hasta hoy para ello: horas bajo 7 °C (Weinberger, 1950);, “chill units” de acuerdo con el modelo Utah tradicional (Richardson y col., 1974) y como “porciones” según el denominado modelo “Dinámico” (Fishman y col. 1987).

El empleo de diversos métodos para la determinación de las necesidades de frío nos permitirá estudiar diferentes correlaciones entre estos métodos y parámetros tales como la época de floración de las distintas variedades y las posibles relaciones entre necesidades de frío y calor de las mismas.



. **Figura 2.5.** Estado fenológico de las yemas.

2.1.3.2. Determinación de las necesidades de calor

Las “necesidades de calor” para florecer de las variedades se calcularon de la siguiente manera: una vez roto el letargo se estableció el momento en que cada variedad alcanzó el estado F50 (50% de flores abiertas) y se calculó el número de horas de calor (“GDH = growing degree hours”) que se habían acumulado en el periodo que transcurre desde el momento de la salida del letargo hasta que se alcanza el F50. La cuantificación de este parámetro se llevó a cabo siguiendo los métodos propuestos por Richardson et al. 1974 y Anderson et al. 1986.

2.2. Resultados y discusión

2.2.1. Acumulación de frío invernal

En la tabla 2.1. se muestran los resultados por quincenas correspondientes al frío acumulado entre el 16 de octubre de 2015 y el 1 de abril de 2016, expresados en “porciones”, “unidades frío” y “horas bajo 7 °C”.

Fecha	Horas < 7°C	Chill Units	Porciones
16/10/2015	0	0	0
01/11/2015	2	0	2
16/11/2015	7	35	6
01/12/2015	90	117	12,7
16/12/2015	171	281	22,7
01/01/2016	264	461	33,2
16/01/2016	310	560	41,4
01/02/2016	394	738	52,2
16/02/2016	441	766	58,5
01/03/2016	499	912	67,6
16/03/2016	573	1030	76,7
01/04/2016	590	1051	81,4

Tabla 2.1. Unidades de frío acumuladas.

Como puede verse en la tabla 2.1., la primera quincena de Noviembre presenta, una acumulación de frío muy baja. Los meses de Diciembre y Enero son, con diferencia, los más eficientes en acumulación de frío. La primera quincena de Febrero fue particularmente cálida, con muy escasa acumulación de frío. En resumen, podemos constatar que el invierno 2015-2016 fue excepcionalmente cálido, con una acumulación de frío a fecha 01/03 de 912 'chill units' y 67,6 'porciones'. Estos valores están muy por debajo de años anteriores, siendo posiblemente este año 2015-16 el año con menor acumulación de frío de la serie histórica que tenemos registrado en la finca experimental. En el trabajo previo de Ruiz y col. (2007) se obtuvo una media de acumulación de frío del 01/11 al 01/03 de 1.384 'chill units' y 73,5 'porciones'.

2.2.2. Requerimientos de frío invernal para la salida del letargo

En la tabla 2.2. se presentan los resultados obtenidos en la cuantificación de las necesidades de frío de las 23 selecciones / variedades estudiadas. Debemos resaltar que hay una relativa correspondencia en los resultados obtenidos con cada modelo.

Variedad / Selección	Fecha de salida del letargo	Necesidades de frío para la salida del letargo			Fecha de floración F50
		Horas <7º	Chill Units	Porciones	
C-2-27	24/12/2015	230	375	25,64	10/2/16
Currot	27/12/2015	251	418	30,17	10/2/16
Z-1-34	01/01/2016	264	457	33,18	9/2/16
C-1-9	02/01/2016	264	466	34,19	16/2/16
Z-7-41	02/01/2016	264	466	34,19	22/2/16
Mirlo Blanco	04/01/2016	273	463	35,19	22/2/16
Z-5-47	09/01/2016	279	483	37,20	10/2/16
Mirlo Rojo	10/01/2016	279	482	38,20	25/2/16
C-5-26	13/01/2016	297	513	40,35	10/3/16
C-5-11	17/01/2016	333	580	42,36	22/2/16
C-1-4	18/01/2016	343	590	43,33	22/2/16
Cebas 57	22/01/2016	363	638	45,32	2/3/16
C-1-17	23/01/2016	364	646	46,32	23/2/16
Mirlo Anaranjado	27/01/2016	369	696	49,34	26/2/16
Búlida	29/01/2016	386	720	50,32	4/3/16
Rojo Pasión	30/01/2016	386	725	51,32	12/3/16
Micaelo	30/01/2016	386	725	51,32	14/3/16
Murciana	01/02/2016	397	732	52,23	15/3/16
Valorange	31/01/2016	394	730	52,23	12/3/16
Estrella	03/02/2016	406	747	53,18	15/3/16
Tardorange	06/02/2016	425	788	55,53	24/3/16
Dorada	12/02/2016	433	762	57,47	02/4/16
Z-11-61	27/03/2016	589	1053	81,37	27/4/16

Tabla 2.2. Requerimientos de frío invernal para la salida del letargo.

Cuando comparamos las necesidades de frío mostradas por las diferentes variedades, podemos ver que ‘C-2-27’ es la que presenta unas necesidades más bajas (375 chill units), e inferiores a la mitad de las algunas variedades evaluadas como ‘Tardorange’, ‘Dorada’ o ‘Z-11-61’ (Tabla 2.2). Las necesidades de frío de ‘C-2-27’, que es la variedad que presenta los valores más bajos en nuestras colecciones, están sin embargo muy por encima de las necesidades de ciertas variedades de melocotonero (Erez, 1995), lo que viene a mostrar las dificultades de la especie albaricoquero para ser cultivada en áreas de clima especialmente suave. Cuando el cálculo de las necesidades de frío se hace considerando “horas bajo 7 °C”, las diferencias entre variedades llegan a más del doble. En cualquier caso, puede apreciarse en la Tabla 2.2. que la mayor parte de las variedades / selecciones presentan unas necesidades, que expresadas en chill units oscilan entre 450 y 750. ‘Z-11-61’ fue la variedad con más necesidades, situándose la misma en torno a las 1053

chill Units. Tabuenca, 1964 estableció para 'Currot' y 'Búlida' unas necesidades de frío, expresadas en "horas < 7°C", muy superiores a las calculadas en este trabajo. Los resultados obtenidos en trabajos previos (Ruiz y col. 2007; Campoy y col. 2012) sobre algunas de las variedades también evaluadas en este trabajo ('Currot', 'Rojo Pasión', 'Murciana', 'Búlida', 'Dorada') mostraron valores significativamente superiores de necesidades de frío. Las condiciones climáticas del año de estudio (2015-1016), excepcionalmente cálido, ha podido tener una influencia determinante en estas diferencias de requerimientos de frío. Esta circunstancia avalaría la tesis de que unas mismas variedades evaluadas en condiciones climáticas más cálidas mostrarían valores inferiores de requerimientos de frío invernal de acuerdo a los modelos actualmente utilizados. Ello corroboraría trabajos previos como el realizado por Campoy y col. (2012).

2.2.3. Requerimientos de calor para florecer

Otro valor clave en la adaptación de los *Prunus* son las necesidades de calor para florecer, dato que combinado con las necesidades de frío, va a determinar la fecha de floración. Su conocimiento nos ayudará a introducir las variedades en las zonas climáticas más adecuadas haciendo un breve estudio climático de la zona y determinar qué materiales vegetales se adaptarán más idóneamente, explotando el potencial varietal al máximo.

La acumulación de calor en climas muy fríos se dará de un modo más lento, retrasando la floración de un modo apreciable, aunque hayan cubierto de modo suficiente las necesidades de frío para salir del letargo.

Como podemos observar en la Tabla 2.3., hay una gran variabilidad de requerimientos de calor entre variedades, que pueden llegar a ser prácticamente el doble entre la de mayor y menor necesidades.

Tanto el método de Richardson como el de Anderson estiman de un modo similar las necesidades de calor para florecer, por lo que no se encuentran diferencias significativas entre los dos modelos.

Necesidades de calor para floración F50			
Variedad / Selección	GDH Richardson para F50	GDH Anderson para F50	Fecha de floración F50
Z-5-47	5218	4954	10/2/16
Mirlo Anaranjado	5626	5601	26/2/16
C-1-17	5689	5614	23/2/16
C-1-4	6155	6021	22/2/16
C-5-11	6225	6088	22/2/16
Z-1-34	6514	6200	9/2/16
Búlida	6719	6698	4/3/16
Cebas 57	7253	7086	2/3/16
Estrella	7387	7264	15/3/16
Currot	7626	7306	10/2/16
Valorange	7470	7358	12/3/16
Rojo Pasión	7655	7535	12/3/16
Mirlo Rojo	7807	7582	25/2/16
C-2-27	8016	7642	10/2/16
Murciana	7757	7644	15/3/16
Micaelo	7945	7821	14/3/16
C-1-9	8015	7842	16/2/16
Mirlo Blanco	8483	8258	22/2/16
Tardorange	8647	8501	24/3/16
Z-7-41	8824	8592	22/2/16
Z-11-61	8624	9078	27/4/16
C-5-26	9562	9190	10/3/16
Dorada	9596	9467	02/4/16

Tabla 2.3. Requerimientos de calor para florecer.

Cabe destacar como variedades de medias-bajas necesidades de frío para salir del letargo como 'Mirlo Blanco', 'C-7-41' y 'C-5-26' tienen unas necesidades de calor para florecer bastante altas, dándonos la posibilidad de su cultivo en zonas con temperaturas invernales suaves, abriendo un abanico de posibilidades del cultivo del albaricoquero en zonas templadas.

Otra consecuencia de las bajas necesidades de calor para florecer en variedades de albaricoquero es que pueden tener una rápida evolución de la floración, pudiendo esta producirse dentro de las fechas de alta probabilidad de heladas.

2.2.4. Estudio de correlaciones

Una vez obtenidos los datos, se estudia las correlaciones entre los tres modelos de estimación de frío acumulado para la salida del letargo, así como la correlación con la fecha de floración. También se estableció la correlación entre los dos modelos de estimación de necesidades de calor para florecer y la fecha de floración.

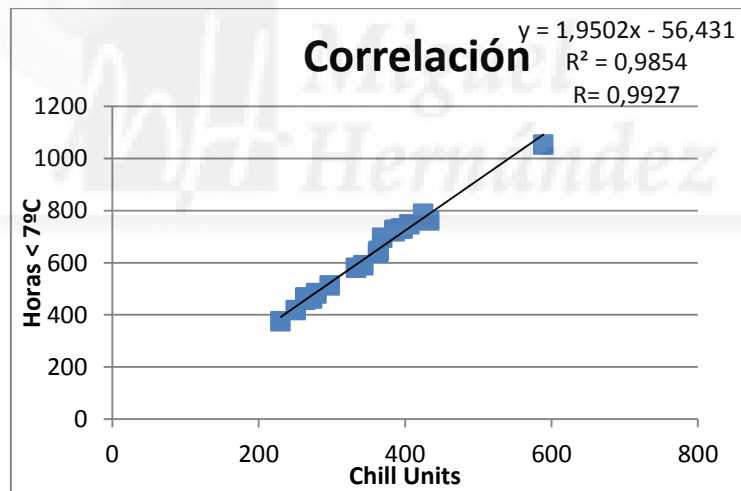


Figura 2.6. Correlación entre modelos, horas < 7°C y Chill Units.

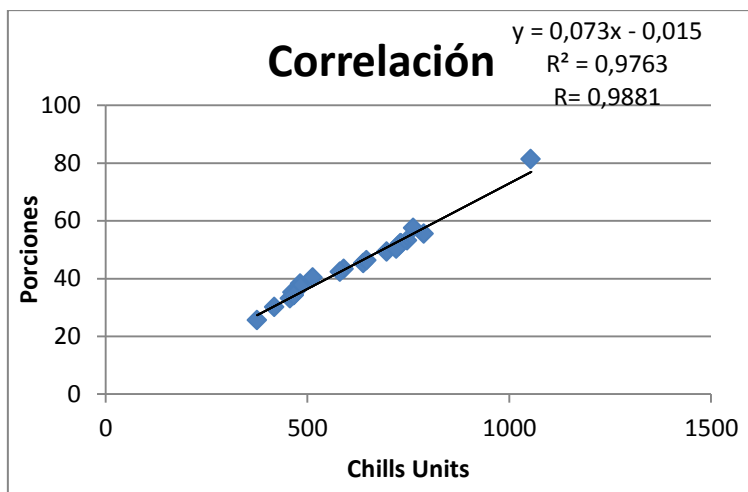


Figura 2.7. Correlación entre modelos, Porciones y Chill Units.

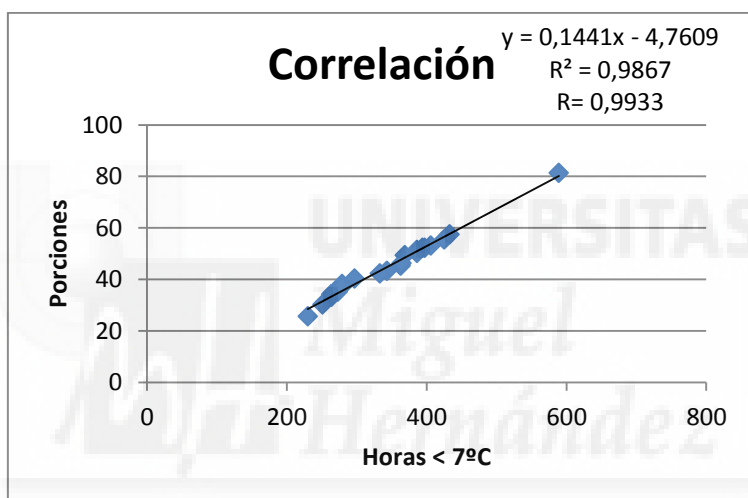


Figura 2.8. Correlación entre modelos, Porciones y Horas < 7°C.

En las figuras 2.6, 2.7 y 2.8 apreciamos que no existen diferencias significativas entre modelos de estimación de necesidades de frío.

Con esto concluimos que cualquiera de los tres métodos es idóneo para estimar las necesidades de frío para la salida del letargo en variedades de albaricoquero, en las condiciones de la finca experimental, que es un área relativamente fría.

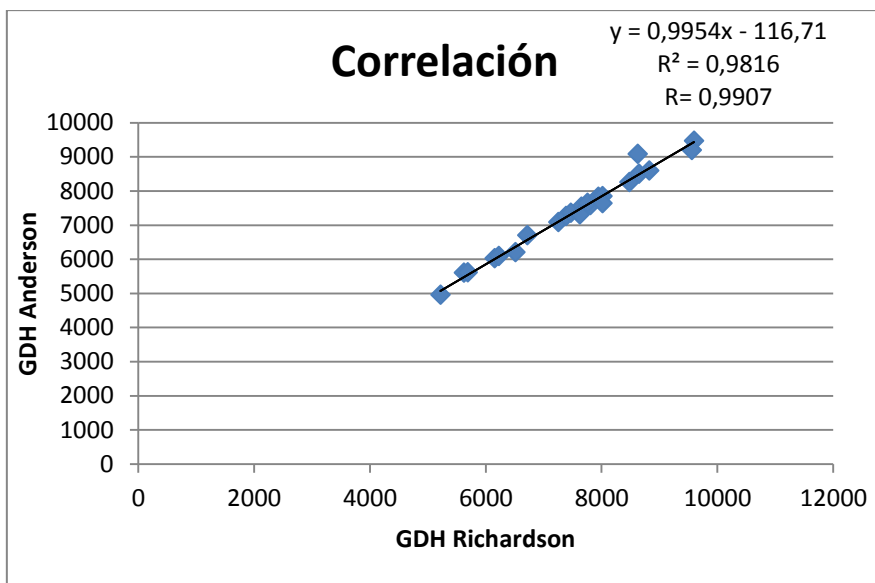


Figura 2.9. Correlación entre modelos de estimación de GDH Richardson y Anderson.

En la figura 2.9. observamos que no existen diferencias significativas entre los dos métodos de cálculo de necesidades de calor para florecer, por lo que cualquiera de los dos modelos estimará correctamente las necesidades de calor de las variedades.

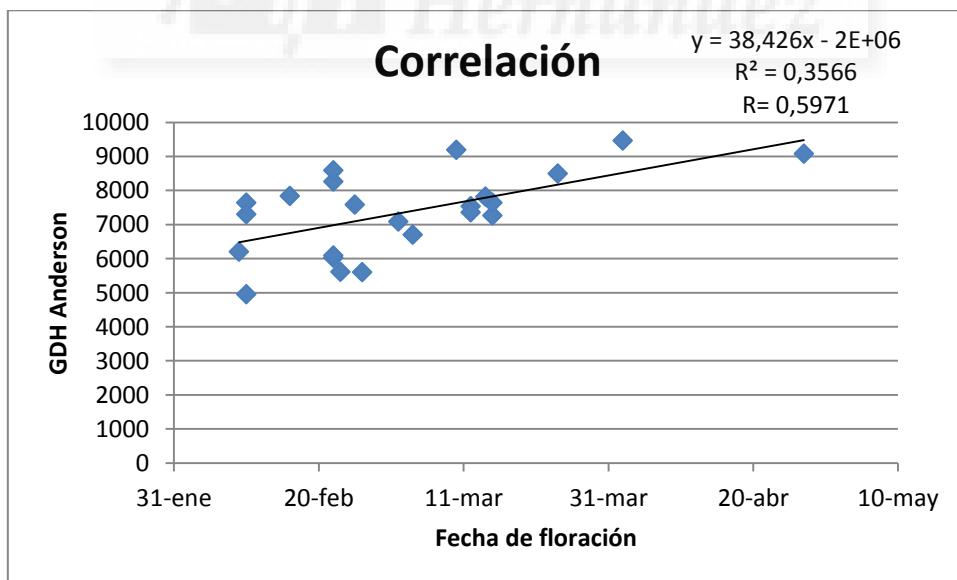


Figura 2.10. Correlación entre GDH Anderson y fecha de floración.

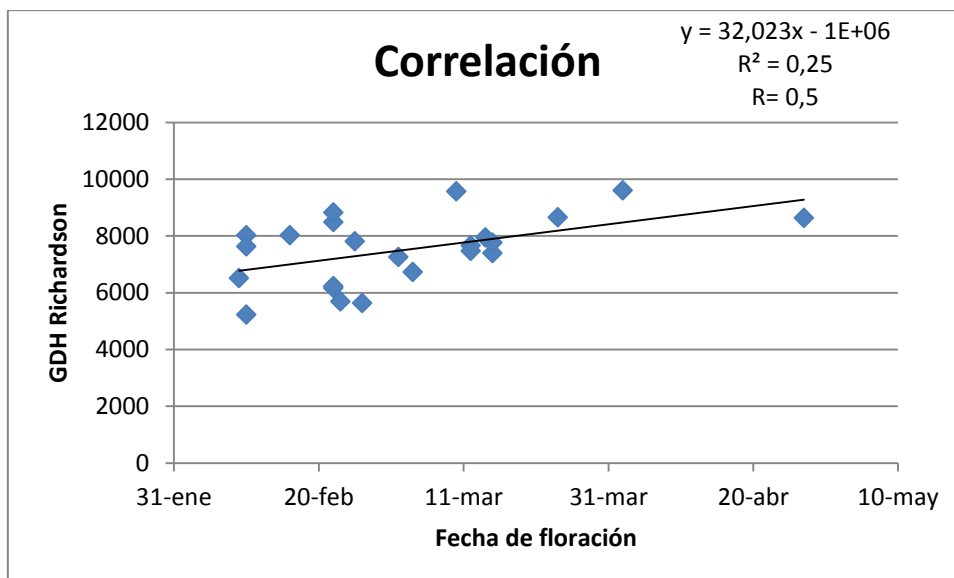


Figura 2.11. Correlación entre GDH Richardson y fecha de floración.

Las correlaciones que apreciamos en las figuras 2.10. y 2.11. muestran que no existe una buena correlación entre las necesidades de calor y la fecha de floración, siendo las necesidades de frío para la salida del letargo lo que condiciona en mayor medida la fecha de floración.

2.3. Conclusiones

- Destacar la homogeneidad que presentan los tres modelos estudiados a la hora de estimar las necesidades de frío para la salida del letargo en las condiciones de la finca experimental de Cieza-Calasparra, ya que no se observan diferencias significativas entre ellos los resultados obtenidos con los diferentes modelos, y los valores de correlación entre ellos son muy elevados.
- Mediante la estimación de las necesidades de frío para salida del letargo observamos que la orientación del programa de mejora genética del CEBAS-CSIC hacia bajas necesidades de frío está dando sus frutos porque podemos constatar que en sus selecciones avanzadas ya hay individuos con necesidades muy próximas a 'Currot' e incluso con unas menores necesidades como es el caso de la selección 'C-2-27' con 375 Chill Units.

- Con la estimación de necesidades de frío para la salida del letargo podemos comprobamos la heterogeneidad entre las obtenciones del programa de mejora de albaricoquero del CEBAS-CSIC y su carácter segregante, obteniendo individuos que tienen unas necesidades de frío que van desde las 375 a 1053 Chill Units.
- El conocimiento de las necesidades de frío para la salida del letargo y necesidades de calor para florecer es muy importante cuando hablamos de variedades autoincompatibles, las cuales necesitan un polinizador no solo que sea genéticamente compatible, sino que también coincidan en fecha de floración. Este es el caso de la variedad `Estrella`, autoincompatible para la cual su pareja como polinizador serían las variedades `Micaelo`, `Murciana` y `Valorange`, puesto que las necesidades de frío para salir del letargo y necesidades de calor para florecer son casi idénticas, comprobándose con las fechas de floración 15/03/2016, 14/03/2016, 15/03/2016, y 12/03/2016 respectivamente, sólo difiriendo en un par de días como máximo, lo cual aseguraría el éxito en la polinización.
- Con las variedades `Mirlo Blanco`, `Mirlo Anaranjado` y `Mirlo Rojo` tenemos un claro ejemplo de como para mismas fechas de floración, se obtienen una diferente combinación de necesidades de frío para salir del letargo y necesidades de calor para florecer. `Mirlo Blanco` tiene una menor necesidad de frío, 463 Chill Units y unos 8483 GDH Richardson, `Mirlo Rojo` tiene unos valores equilibrados, 482 Chill Units y 7807 GDH Richardson y `Mirlo Anaranjado` con una mayor necesidades de frío para la salida del letargo y unas bajas necesidades de calor para florecer, 696 Chill Units y 5626 GDH Richardson. Por esto no podemos extrapolar que para variedades que florecen al mismo tiempo tienen las mismas necesidades de frío.
- Se hace necesario repetir el estudio en al menos dos años más, a fin de tener resultados en años con diferentes condiciones de temperaturas invernales.

***Estudio del efecto de tratamientos
químicos para acelerar la ruptura del
letargo invernal***

3. EFECTO DE TRATAMIENTOS QUÍMICOS PARA ACELERAR LA RUPTURA DEL LETARGO INVERNAL

3.1. Materiales y métodos

3.1.1. Material vegetal evaluado

El material elegido para el estudio del efecto de tratamientos químicos para acelerar la salida del letargo es la variedad ampliamente cultivada 'Mirlo Blanco', obtenida en el programa de mejora genética del CEBAS-CSIC.

La plantación se realizó en 2010 y el portainjertos es franco de albaricoquero (Real Fino). Previamente y durante el experimento se cubren totalmente las necesidades hídricas y nutricionales exigidas por el cultivo. Las labores culturales como poda y aclareo de fruto se realizaron del modo convencional y en fecha habitual como el resto de la parcela.

3.1.2. Parcela experimental

El material vegetal tratado y evaluado se encuentra en una finca convencional privada, localizada en el paraje del "Campillo" en Ojos (Murcia). La finca está situada a 250 m de altitud, no muy cercana a la ribera del río Segura, y a unos 60 km de la costa, limitando al norte con un importante macizo montañoso que la protege de vientos fríos y secos del norte (figura 2.1.).

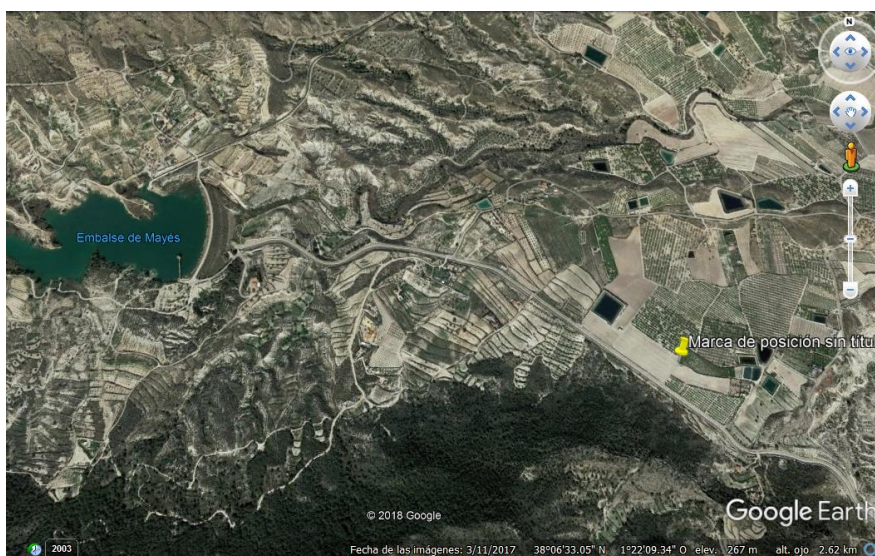


Figura 2.1. Ubicación de la parcela experimental "El Campillo", Ojos (Murcia). (Google Earth).

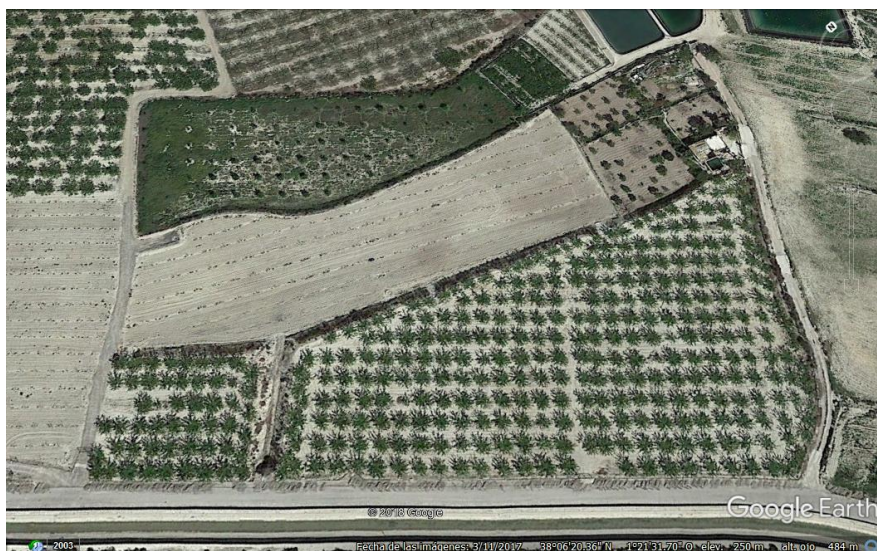


Figura 2.2. Vista aérea de la plantación de Mirlo Blanco. (Google Earth).

3.1.3. Metodología utilizada

En el estudio de las necesidades de frío para la salida del letargo se hizo igual que en apartado anterior, recogiendo tres varetas de los árboles testigo cada 7 días y forzándolas en cámara de calor, realizando la lectura de evolución fenológica a los diez días.

El estudio, se llevó a cabo durante el invierno-primavera de los años 2015 y 2016.

Para la realización de los tratamientos se hizo un seguimiento de la acumulación de frío diariamente para poder realizar los tratamientos lo más ajustado posible a los momentos posteriormente indicados para su aplicación.

Las aplicaciones se realizaron en el mismo día determinado para ello, y se utilizó el método de pulverización directa al árbol (Anexo IV).

Las temperaturas horarias fueron registradas en la misma parcela donde se llevó a cabo el estudio desde Octubre a Abril. Para ello, se instaló un data logger Testo (modelo 174H) automático con intervalo de registro horario y doble canal de medición para temperatura y humedad (figura 2.3.).



Figura 2.3. Data logger Testo 174H.

3.1.4. Compuestos utilizados

Se utilizaron siete compuestos diferentes y un tratamiento testigo. Algunos de los compuestos son combinación de varios productos (Anexo III). Los compuestos son la cianamida hidrogenada 50% (A), el compuesto Armoblen 650, de la empresa Massó Agro, más Nitrato Potásico (B), Erger más Erger-Activ de la empresa Valagro, (C), Tidiázurón (citoquininas) más Aceite Parafínico 83% (D), Sincron y Nitroactiv de la empresa Daymsa (E), la mezcla de Nitrato Amónico más Nitrato de Calcio más Aceite Parafínico 83% (F) y la mezcla de Nitrato de Calcio y Nitrato Potásico más Aceite Parafínico 83% (G).

3.1.5. Dosis de aplicación

Las dosis de aplicación son tres, la dosis normal, menos 25% y más 25% , según referencias de fabricantes. Las concentraciones normales son:

- Cianamida Hidrogenada 50% ----- 2%
- Armoblen 650 + KNO₃ ----- 1%+5%
- Erger + Activ-Erger ----- 4% + 6%
- TDZ + Aceite Parafínico 83% ----- 200 p.p.m. + 1,5%
- Sincron + Nitroactiv ----- 1,5% + 4,5%
- NH₄NO₃ + Ca(NO₃)₂ + Aceite Parafínico 83% ----- 2% + 2% + 3%
- Ca(NO₃)₂ + KNO₃ + Aceite Parafínico 83% ----- 2,5% + 2,5% + 3%

3.1.6. Diseño experimental

El diseño del experimento se planteó la aplicación de 7 compuestos para forzar la salida del letargo en la variedad 'Mirlo Blanco', uno de ellos ampliamente utilizado en la década de los `90 y ahora prohibido su uso (Cianamida de Hidrogeno) que en este caso usaremos de referencia.

Se cuentan con 5 árboles como testigo sin tratamiento alguno.

Los tratamientos se harán en tres fechas diferentes una vez hayan cubierto las necesidades de frío correspondientes al 55%, 65% y 75% sobre la referencia de frío para la salida del letargo de la variedad bajo el modelo de "Porciones" ya estimada anteriormente por Ruiz y Egea en 2011.

A ello se le suma otra variante que es la concentración de los compuestos, siendo tres las concentraciones, dosis normal, otra con un incremento del 25% y otra con una reducción del 25%.

Con estas tres variables se pretende estudiar si alguna de ellas es más influyente a la hora de anticipar la floración.

La distribución de los tres árboles de cada tratamiento es aleatoria y entre cada grupo de tratamiento habrá un árbol para que no se produzcan interferencias.

TRATAMIENTO	FECHA	COMPUESTO	CONCENTRACION
TESTIGO			
A	1-3	02/01/2016 CIANAMIDA	-25%
A	4-6	16/01/2016 CIANAMIDA	2%
A	7-9	21/01/2016 CIANAMIDA	↑+25%
B	1-3	02/01/2016 ARMOBLEND 650 + KNO3	-25%
B	4-6	16/01/2016 ARMOBLEND 650 + KNO3	1 % + 5 %
B	7-9	21/01/2016 ARMOBLEND 650 + KNO3	↑+25%
C	1-3	02/01/2016 ERGER + ACTIV ERGER	-25%
C	4-6	16/01/2016 ERGER + ACTIV ERGER	4 % + 6 %
C	7-9	21/01/2016 ERGER + ACTIV ERGER	↑+25%
D	1-3	02/01/2016 TDz + ACEITE PARAFÍNICO	-25%
D	4-6	16/01/2016 TDz + ACEITE PARAFÍNICO	200 p.p.m. + 1,5 %
D	7-9	21/01/2016 TDz + ACEITE PARAFÍNICO	↑+25%
E	1-3	02/01/2016 SYNCRON + NITROACTIVE	-25%
E	4-6	16/01/2016 SYNCRON + NITROACTIVE	1,5 % + 4,5 %
E	7-9	21/01/2016 SYNCRON + NITROACTIVE	↑+25%
F	1-3	02/01/2016 NH4NO3 + Ca(NO3)2 + A. PARAFÍNICO	-25%
F	4-6	16/01/2016 NH4NO3 + Ca(NO3)2 + A. PARAFÍNICO	2 % + 2 % + 3 %
F	7-9	21/01/2016 NH4NO3 + Ca(NO3)2 + A. PARAFÍNICO	↑+25%
G	1-3	02/01/2016 Ca(NO3)2 + KNO3 + A. PARAFÍNICO	-25%
G	4-6	16/01/2016 Ca(NO3)2 + KNO3 + A. PARAFÍNICO	2,5 % + 2,5 % + 3 %
G	7-9	21/01/2016 Ca(NO3)2 + KNO3 + A. PARAFÍNICO	↑+25%

Figura 2.4. Cuadro resumen del diseño experimental.

3.2. Resultados y discusión

3.2.1. Acumulación de frío invernal

En la tabla 2.1. se muestran los resultados por quincenas correspondientes al frío acumulado entre el 16 de octubre de 2015 y el 1 de abril de 2016, expresados en “porciones”, “unidades frío” y “horas bajo 7 °C”.

Fecha	Horas < 7°C	Chill Units	Porciones
16/10/2015	0	0	0
01/11/2015	0	0	0
16/11/2015	0	0	3
01/12/2015	13	43	9
16/12/2015	30	132	17
01/01/2016	38	196	24
16/01/2016	50	190	28,9
01/02/2016	72	290	38
15/02/2016	76	242	42,1
01/03/2016	108	361	50,1
16/03/2016	108	430	58,1
01/04/2016	108	383	63,2

Tabla 2.1. Unidades de frío acumuladas en la parcela de Ojos.

Como puede verse en la tabla 2.1., la segunda quincena de Noviembre marca el inicio de la acumulación de frío. Los meses de Diciembre y febrero son, con diferencia, los más eficientes en acumulación de frío. La primera quincena de Febrero fue particularmente cálida, con muy escasa acumulación de frío. Al igual que en el capítulo anterior, podemos constatar que el invierno 2015-2016 fue excepcionalmente cálido, con una acumulación de frío a fecha 01/03 de 361 'chill units' y 50,1 'porciones'.

3.2.2. Determinación de los momentos de aplicación

En la tabla 2.2. se presentan los resultados obtenidos en la cuantificación de las necesidades de frío tanto en la finca experimental donde se realizará el ensayo, en la finca experimental del CEBAS-CSIC y los datos de referencia anteriores (Ruiz y Egea, 2011). Debemos resaltar que hay una relativa disparidad en los datos obtenidos.

Mirlo Blanco	Necesidades de frío			Fechas de los 3 tratamientos		
	Horas <7°C	Chill Units	Porciones	02-ene	16-ene	22-ene
Cieza 2016	273	463	35,2	71%	83%	94%
Ojos 2016	38	172	26,1	94%	109%	123%
Cieza 2011	414	700	45,7	55%	65%	75%

Tabla 2.2. Porcentaje de satisfacción de las necesidades frío en el momento de los tratamientos respecto las referencias anteriores (45,7 porciones).

Dada la disparidad entre los datos reflejados según modelos, se basó la aplicación sobre la referencia bajo el modelo de Porciones.

He de resaltar que aunque los datos se contrastaron a posteriori, la toma de decisión se hizo en el momento que se detectó que con los otros dos modelos no se cubrirían las necesidades mínimas de frío para realizar el experimento.

Finalmente se realizan las aplicaciones al 55%, 65% y 75% sobre los datos estimados (Ruiz y Egea, 2011), de 45,7 porciones. Ese porcentaje de frío acumulado corresponde a las fechas 2 de Enero, 16 de Enero y 22 de Enero respectivamente.

3.2.3. Fechas de floración

Inicialmente no hay diferencias entre las fechas de floración (Anexo II). Solo, A3, B3, y E3 se diferenciaron entre dos y tres días de anticipación en floración al testigo, C2 anticipó 9 días y C3 que obtuvo el mejor resultado anticipó 12 días.

Todos esos tratamientos se realizaron en la primera aplicación del 2 de enero cuando habían cubierto el 55% de las necesidades de frío de referencia (45,7 porciones).

El que no presenten diferencias significativas para la floración puede indicar que los momentos de aplicación se basaron en datos inexactos de necesidades de frío para la salida del letargo de la variedad experimentada, y a la hora de hacer los mismos el letargo profundo ya estaba próximo a su fin.

3.2.4. Evolución de yemas florales

Debido a la baja acumulación de frío invernal debido a que el invierno transcurrido entre 2015 y 2016 fue excepcionalmente cálido, se observaron una cantidad menor de yemas florales evolucionadas y una floración poco homogénea, teniendo en cuenta que la variedad 'Mirlo Blanco' tiene una floribundidad abundante y homogénea.

La estimulación producida por la aplicación de algunos tratamientos deja datos a tener en cuenta, puesto que se produjeron eventos beneficiosos y otros no deseados.

Los tratamientos B1, B2, C1, E2 y E3 produjeron una estimulación negativa de las yemas florales (Anexo II), reduciendo apreciablemente la cantidad de yemas evolucionadas. Especialmente C1 y B1 tuvieron una caída de yemas no evolucionadas casi total, quedando los árboles prácticamente sin fruta.

También hay que destacar el efecto de reducción de yemas florales útiles del tratamiento C. En este caso al ser una variedad muy florífera ese efecto es positivo porque reduce notablemente la labor de aclareo de frutos.

3.3. Conclusiones

- Es obvio que se deben de conocer las necesidades de frío para salida del letargo de las variedades de albaricoquero cultivadas en zonas con escasa acumulación de frío invernal para poder usar tratamientos para forzar la ruptura del letargo, dándonos la posibilidad de aplicarlos en el momento más oportuno según el efecto final que queramos obtener en las plantaciones. La falta de resultados más determinantes pone de manifiesto que lo más idóneo es hacer una estimación de las necesidades de frío para la salida del letargo de cada variedad en distintos ambientes o zonas, por la capacidad de adaptación de las plantas.
- El tratamiento C3 es que más anticipó la floración, anticipó la maduración e hizo evolucionar un número suficiente de yemas de flor para tener una cosecha abundante pero con un aclareo de fruto muy ligero.
- Las aplicaciones en las fechas 16 de Enero y 21 de Enero no generaron diferencias respecto al testigo debido seguramente a que las plantas ya habían o estaban próximas al inicio de la salida del letargo.
- Es apreciable que la combinación de una concentración mayor del compuesto (+25%) aplicado en el momento que la planta tiene cubiertas el 55% de las necesidades de frío para salir del letargo dio los mejores resultados en todos los tratamientos.
- Las bajas concentraciones (-25%) de los tratamientos B1 y C1 aplicadas en la primera fecha de tratamiento, 2 de Enero, provocaron desajustes hormonales negativos generando una caída casi total de yemas no evolucionadas, dejando a esos tratamientos sin cosecha.
- Los tratamientos A3, C4, C2 y C3 consiguieron anticipar la maduración 3, 3, 6 y 8 días respectivamente. El tratamiento más efectivo a nivel general en todas las fechas y concentraciones fue el compuesto Erger + Erger-Activ.

Conclusiones generales

*Miguel
Hernández*

4. CONCLUSIONES GENERALES

Tras la valoración de los resultados de cada parte del trabajo se llegan a las siguientes conclusiones generales:

- La determinación de las necesidades de frío para la ruptura del letargo en las variedades y selecciones analizadas ha mostrado valores entre 375 chill units ('C-2-27') y 1053 chill units ('Z-11-61'), si bien la mayoría de genotipos han mostrado valores en el rango 450-750 chill units. En cuanto a las necesidades de calor para florecer, estas han oscilado entre 5200 y 9600 GDH.
- Los valores de necesidades de frío obtenidos en este trabajo son significativamente inferiores a trabajos previos realizados en la misma localización sobre algunas de las mismas variedades. Esta circunstancia puede estar motivada por la excepcionalmente baja acumulación de frío del invierno 2015-2016, el más cálido de la serie histórica de la finca experimental, que puede haber condicionado los resultados obtenidos.
- Los resultados de este trabajo han puesto de manifiesto las diferencias encontradas en la estimación de las necesidades de frío en diferentes años y diferentes localizaciones (Cieza y Ojós) sobre una misma variedad ('Mirlo Blanco'). Se evidencia la necesidad de optimizar los modelos ya existentes para el cálculo de frío invernal, incluyendo otros factores que pueden influir tanto en las necesidades de frío invernal para la salida del letargo como en las necesidades de calor para florecer de cada variedad.
- La aplicación de según qué productos puede generar una ventaja al productor por reducción de botones florales evolucionados, pudiendo ser un ahorro en el coste del aclareo, aumento de tamaño del fruto por la menor competencia entre frutos cuajados y por la anticipación de la maduración, dando un plus de valor a esas cosechas. Otra alternativa es conseguir que evolucionen las yemas florales suficientes, como ocurrió con los compuestos F y G, para poder tener una cosecha abundante,

debido a que no haya frío suficiente para cubrir las necesidades de frío totales de la variedad cultivada para que tenga un desarrollo óptimo.

- Mediante el segundo experimento podemos comprobar que el conocimiento de las necesidades de frío de las variedades y la cuantificación del frío acumulado cada año son esenciales para evitar gastos innecesarios en tratamientos para acelerar la salida del letargo, ya que si no se ajustan al momento idóneo de estimulación de la planta no dan resultado e incluso pueden generar problemas de desajustes hormonales o fitotoxicidad como se refleja en los resultados de los tratamientos C1 y B1. Esto ocurre cuando se tratan las plantaciones basándose por fechas inter-anales, o necesidades de frío erróneas.



Bibliografía



5. BIBLIOGRAFÍA

- Amling H.J.a.A.K.A.** (1980). Onset, intensity, and dissipation of rest in several pecan cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(4): 536-540.
- Anderson J.L., Richardson E.A. Kesner.** (1986). Validation of chill unit and flower bud phenology models for "montmorency" sour cherry. *Acta Horticulturae*, 184: 71-78.
- Audergon, J.M. (1995).** VARIETY AND BREEDING. *Acta Hortic.* 384, 35-46
- Bailey, C.H. and Hough, L.F. (1975).** Apricots. In: J. Janick and J.N. Moore (eds.), *Advances in Fruit Breeding*. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 367–383.
- Bailey C.H., Cowgill W., Hough L.F.** (1978). Estimate of chilling requirements of apricot selections. *Acta Horticulturae*, 85: 184-189.
- Bailey C.H., Kotowski S., Hough L.F.** (1982). Estimate of chilling requirements of apricot selections. *Acta Horticulturae*, 121: 99-102.
- Base de datos de Comercio Exterior (2012):** <http://aduanas.camaras.org>.
- Black M.W.** (1952). The problem of prolonged rest in deciduous fruit trees. *Proc. 13 TH. Intl. Hort. Congress. London*, 2: 1122-1131.
- Boonprakob P, Byrne D. 1990.** Mume, a posible source of genes in apricot breeding. *Fruit Varieties Journal* 44: 108-113.
- Bortiri E, Oh SH, Jiang J G, Baggett S, Granger A, Weeks C, Buckingham M, Potter D, Parfitt DE. 2001.** Phylogeny and systematics of *Prunus* (Rosaceae) as determined by sequence analysis of ITS and the chloroplast trnL-trnF spacer DNA. *Systematic Botany* 26: 797-807.
- Bouhadida M, Martin JP, Eremin G, Pinochet J, Moreno M A, Gogorcena Y. 2007.** Chloroplast DNA diversity in *Prunus* and its implication on genetic relationships. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 132: 670-679.
- Burgos L, Egea J, Guerriero R, Viti R, Monteleone P, Audergon JM. 1997.** The self-compatibility trait of the main apricot cultivars and new

- selections from breeding programmes. *Journal of Horticultural Science* 72: 147-154.
- Brown Dillon S.** (1957). The rest period of apricot flower buds as described by a regression of time of bloom on temperature. *Plant Physiology*, 32: 75-85.
- Campoy, J.A., Ruiz, D., Egea, J., 2010.** Effects of shading and thidiazuron + oil treatment on dormancy breaking, blooming and fruit set in apricot in a warm-winter climate. *Sci. Hortic. (Amsterdam)* 125, 203–210.
- Campoy, J.A., Ruiz, D., Egea, J., 2011a.** Seasonal progression of bud dormancy in apricot (*Prunus armeniaca* L.) in a Mediterranean climate: A single-node cutting approach. *Plant Biosyst.*, doi:10.1080/11263504.2011.559361.
- Campoy, J.A., Ruiz, D., Egea, J., 2011b.** Suitability of hydrogen cyanamide + oil application for dormancy overcoming in 'Early Maycrest' peach in a warm-winter climate. *Europ. J. Hort. Sci.* 76, 51–55.
- Campoy, J.A., Ruiz, D., Alderman, L., Cook, N.G., Egea, J., 2011c.** Clinal variation of dormancy progression in apricot. *S. Afr. J. Bot.*, doi:10.1016/j.sajb.2010.12.006.
- Campoy, J.A., Ruiz, D., Cook, N.G., Alderman, L., Egea, J., 2011d.** High temperatures and time to budbreak in low chill apricot 'Palsteyn'. Towards a better understanding of chill and heat requirements fulfilment. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, doi:10.1016/j.scienta.2011.05.008.
- Champagnat P.** (1989). Rest and activity in buds of trees. *Ann. Sci. For.*, 46(Suppl.), 9-26.
- Citadin I., Raseira M.C.B., Herter F.G., da Silva J.Baptista** (2001). Heat requirement for blooming and leafing in peach. *HortScience*, 36(2): 305-307.
- Costa, C., Stassen, P.J.C., Mudzunga, J., 2004.** Chemical rest breaking agents for the South African pome and stone fruit industry. *Acta Hortic.* 636, 295–302.

- Coville F.V.** (1920). The influence of cold in stimulating the growth of plants. *Journal of Agricultural Research*, 20(2): 151-192.
- Couvillon G.A. Hendershott** (1974). A characterization of the "after-rest" period of flower buds of two peach cultivars of different chilling requirements. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99(1): 23-26.
- Couvillon G.A, Erez A.** (1985). Influence of prolonged exposure to chilling temperatures on bud break and heat requirement for bloom of several fruit species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110(1): 47-50.
- Crabbe J.** (1994). Dormancy. *Encycl. Agr. Sci.*, 1: 597-611.
- Dietrichson J.** (1964). The selection problem and growth rhythm. *Silvea Genet*, 13: 178-184.
- Egea J, Burgos L, Martínez-Gómez P, Dicenta F.** 1997. Apricot breeding for sharka resistance at CEBAS-CSIC (Murcia, Spain). *Acta Horticulturae* 488: 153-158.
- Egea J., Ortega E., Martínez-Gómez P., Dicenta F.** (....). Chilling and heat requirements of cultivars for flowering. *nn*, 1-13.
- Egea J., Ruiz, D., Martínez-Gómez P.** (2004). Influence of rootstock on the productive behaviour of "Orange Red" apricot under Mediterranean conditions. *Fruits*, 59 (5): 1-7.
- Egea y Ruiz.** 2014. Albaricoquero. La fruticultura del siglo XXI en España. 87-106.
- Erez A., Couvillon G.A., Hendershott and ,C.H.** (1979). The effect of cycle length on chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104(4): 573-576.
- Erez A., Couvillon G.A.** (1987). Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(4): 677-680.
- Erez A., Fishman S., Linsley-Noakes G.C., Allan P.** (1990). The dynamic model for rest completion in peach buds. *Acta Horticulturae*, 276: 165-174.

- Erez A.** (1995). Means to compensate for insufficient chilling to improve bloom and leafing. *Acta Horticulturae*, 395: 81-95.
- Erez A., Fishman S.** (1998). The dynamic model for chilling evaluation in peach buds. *Acta Horticulturae*, 465: 507-510.
- Erez, A., Yablowitz, Z., Aronovitz, A., Hadar, A., 2008.** Dormancy breaking chemicals; efficiency with reduced phytotoxicity. *Acta Hort.* 772, 105–112.
- Faust M., Liu D., Merle M.M., Stutte,G.W.** (1991). Bound versus free water in dormant apple buds-A theory for endodormancy. *HortScience*, 26: 887-890.
- Faust M., Liu D., Wang S.Y., Stutte G.W.** (1995). Involvement of apical dominance in winter dormancy of apple buds. *Acta Horticulturae*, 395: 47-56.
- Faust M., Erez A., Rowland L.J., Wang,S.Y., Norman,H.A.** (1997). Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *HortScience*, 32(4): 623-629.
- Faust M, Suranyi D, Nujto P. 1998.** *Origin and dissemination of apricot.* books.google.com.
- Fennell A.** (1999). Systems and approaches to studying dormancy: Introduction to the workshop. *HortScience*, 34(7): 1172-1173.
- Fishman S., Erez A., Couvillon G.A.** (1987). The temperature dependence of dormancy breaking in plants: mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition. *J. theor. Biol.*, 124: 473-483.
- Fishman S., Erez A., Couvillon G.A.** (1987). The temperature dependence of dormancy breaking in plants: computer simulation of processes studied under controlled temperatures. *J. theor. Biol.*, 126: 309-321.
- Forte, V. (1992):** «Origen, clasicación y caracteres botánicos ‘Habitat’»; en El albaricoquero. Caracteres. Cultivo. Comercialización. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 11-21.
- Fuchigami L.H., Weiser C.J., Evert D.R.** (1971). Induction of cold acclimation in *Cornus stolonifera* Michx. *Plant Physiology*, 47: 98-103.
- Fuchigami L.H., Hotze M., Weiser C.J.** (1977). The relationship of vegetative maturity to rest development and spring bud- break. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102 (4): 450-452.

- Fuchigami L.H.a.N.C.-C.** (1987). Degree growth stage model and rest-breaking mechanisms in temperate woody perennials. *HortScience*, 22(5): 836-845.
- García E.G., Guerriero R.a.M.P.** (1999). Keywords:dormancy,Chilling requirements heat requirements, Prunus armeniaca. *Acta Hort.*, **488**, 289-294.
- Gianfagna T.J., Mehlenbacher S.A.** (1985). Importance of heat requirement for bud break and time of flowering in apple. *HortScience*, 20(5): 909-911.
- Gilreath P.R., Buchanan D.W.** (1981). Rest prediction model for low-chilling 'Sungold' nectarine. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106(4): 426-429.
- Guerriero R., Viti R., Monteleone P., Gentili M.** (2002). La valutazione della dormienza nell'albicocco: tre metodi a confronto. *Frutticoltura*, **3**: 73-77.
- Gulcan R.** 1997. The importance of germplasm evaluation on fruit trees indigenous in Near East. *Acta Horticulture* 441: 129-135.
- Hatch A.H., Walker D.R.** (1969). Rest intensity of dormant peach and apricot leaf buds as influenced by temperature, cold hardiness and respiration. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 94: 304-307.
- Hauagge R.a.C.J.N.** (1991). Phenotypic variation of length of bud dormancy in apple cultivars and related malus species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(1): 100-106.
- Hill J., Becker H.C., Tigerstedt P.M.A.** (1998). Quantitative and ecological aspects of plant breeding. *St. Edmundsbury Press, Suffolk, United Kingdom*,
- <http://faostat.fao.org>**. Accediendo a la siguiente página web:
<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Irving R.M., Lamphear F.O.** (1967). Environmental control of cold hardiness in woody plants. *Plant Physiology*, 42: 1191-1196.
- Layne REC, Bailey CH, Hough LF.** 1996. Apricots. In: J. Janick and J.N. Moore (eds), Fruit breeding. Vol. 1. Wiley. New York.
- Lichou J, Audubert A.** 1992. L'abricotier. *Ed. Ctifl*.

- Linsley-Noakes G.C., Allan P.** (1994). Comparison of two models for the prediction of rest completion in peaches. *Scientia Horticulturae*, 59: 107-113.
- Liu D.** (1992). Endo-, para-, and eco-dormancy physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience*, 22: 371-377.
- Liu D.** (1992). Physical and biochemical studies of dormancy in apple buds. *PhD Thesis, Univ. of Maryland, College Park*,
- Lloyd, J., Firth, D.J., 1993.** Effect of hydrogen cyanamide and promalin on flowering, fruit set and harvest time of 'Flordaprince' peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) in subtropical Australia. *J. Hortic. Sci.* 68, 177–183.
- Maghuly F, Borroto Fernandez E, Ruthner S, Pedryc A, Laimer M. 2005.** Microsatellite variability in apricots (*Prunus armeniaca* L.) reflects their geographic origin and breeding history. *Tree Genetics & Genomes* 1: 151-165.
- Mehlenbacher SA, Cocciu V, Hough LF. 1991.** Apricots. En: Moores JN, Ballington R Jr (eds) *Genetic resources of temperate fruit and nut crops*. ISHS, Wageningen, 65-107.
- Nielsen J, Olrik DC. 2001.** A morphometric analysis of *Prunus spinosa*, *P. domestica* ssp. *insititia*, and their putative hybrids in Denmark. *Nordic Journal of Botany* 21: 349-363.
- Overcash J.P.** (1965). Heat required for pear varieties in bloom. *Association of Southern Agricultural Workers 1962 convention, Texas*, 175-6,
- Paunovic SA. 1988.** Apricot germplasm, breeding, selection, cultivar, rootstock and environmental. *Acta Horticulturae* 209: 13-28.
- Potter D. 2012.** Basic information on the stone fruit crops. En *Genetics, Genomics and Breeding of Stone Fruits*. C. Kole, and A.G. Abbott eds. CRC Press, New York, USA. 1-21
- Powell L.E.** (1987). Hormonal aspects of bud and seed dormancy in temperate-zone woody plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 22(5): 845-850.
- Rattigan K.a.H.S.J.** (1986). Relationship between temperature and flowering in almond. *Aust. J. Exp. Agric.*, 26: 399-404.

- Rehder A. 1940.** A manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America exclusive of the subtropical and warmer temperate regions, 2nd ed. Macmillan, New York, New York, USA.
- Richardson E.A., Seeley S.D., Walker D.R. (1973).** A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" peach trees. *Research reports & notes: ...*
- Rom R., Arrington E.H. (1966).** The effect of varying temperature regimes on degree days to bloom in the "Elberta" peach. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 88: 239-244.
- Rowland L.J., Liu D., Millard M.M., Line M.J. (1992).** Magnetic resonance imaging of water in flower buds of blueberry. *HortScience*, 27: 339-341.
- Rubio M, Martínez-Gómez P, Dicenta F. 2003a.** Resistance of almond cultivars to Plum pox virus (sharka). *Plant Breeding* 122: 462-464.
- Ruck H.C. (1975).** Deciduous trees cultivars for tropical and subtropical regions. *Hort. Rev. 3. Commonwealth Bur. Hort. and plantation crops. East Malling*,
- Ruiz D, Martínez-Gómez P, Rubio M, Petri C, Larios A, Campoy JA, Egea J. 2011** Application of Biotechnology Tools to Apricot Breeding. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* 5: 101-117.
- Saure M.C. (1985).** Dormancy release in deciduous fruit trees. *Horticultural reviews*, 7: 239-300.
- Scalabrelli G.a.C.G.A. (1986).** The effect of temperature and bud type on rest completion and the GDH°C requirement for budbreak in 'redhaven' peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111(4): 537-540.
- Shaltout Assem D., Unrath C.R. (1983).** Effect of some growth regulators and nutritional compounds as substitutes for chilling of "delicious" apple leaf and flower buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 108(6): 898-901.
- Samish R.M. (1954).** Dormancy in woody plants. *Plant Physiology*, 5: 183-204.
- Samish R.M.a.L.S. (1982).** The chilling requirement of fruit trees. *Proceeding XVI International Horticultural Congress*, 5: 372-388.
- Spiegel-Roy P.a.A.F.H. (1979).** Chilling and post-dormant heat requirement as selection criteria for late-flowering pears. *Journal of Horticultural Science*, 54(2): 115-120.

- Swartz H.J., Powell Loyd E. and Jr.** (1981). The effect of long chilling requirement on time of bud break in apple. *Acta Horticulturae*, 120: 173-178.
- Tabuenca M.C.** (1964). Necesidades de frío invernal de variedades de albaricoquero, melocotonero y peral. *Aula Dei*, 7 (3/4): 113-132.
- Tabuenca M.C.** (1972). Necesidades de frío invernal en almendro. *Aula Dei*, 11(3-4): 325-329.
- The Plant List, 2015.** Accediendo a la siguiente página web:
<http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/rjp-2050>
- Tropicos, 2015.** Accediendo a la siguiente página web:
<http://www.tropicos.org/Name/27801087>
- Valentini N., Me G., Ferrero R., Spanna F.** (2001). Use of bioclimatic indexes to characterize phenological phases of apple varieties in northern Italy. *Int. J. Biometeorol*, 45: 191-195.
- Vavilov NI.** 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Soil Science*, 72: 482.
- Wang, S.Y., Steffens, G.L., Faust, M., 1986.** Breaking bud dormancy in apple with a plant bioregulator, thidiazuron. *Phytochemistry* 25, 311–317.
- Wang S.Y., Faust M.** (1988). Changes of fatty acids and sterols in apple buds during bud break induced by a plant bioregulator, thidiazuron. *Physiol. Plant.*, 72: 115-120.
- Wang S.Y., Faust M.** (1989). Nitroguanidines induce bud break and change sterol content in apple. *J. Plant Growth Regulat* , 8: 143-151.
- Wang S.Y., Faust M.** (1989). Changes of membrane polar lipids associated with bud break in apple induced nitroguanidines. *J. Plant Growth Regulat*, 8: 153-161.
- Weinberger J.H.** (1950). Chilling requirements of peach varieties. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 56: 122-128.
- Weldon Geo.P.** (1934). Fifteen years study of delayed foliation of deciduous fruit trees in southern California. *The Monthly Bulletin*, 160-181.
- Woldring H.** 2000. On the origin of plums: a study of sloe, damson, cherry plum, domestic plums and their intermediates. *Palaeohistoria* 39: 535-562.



Anexos

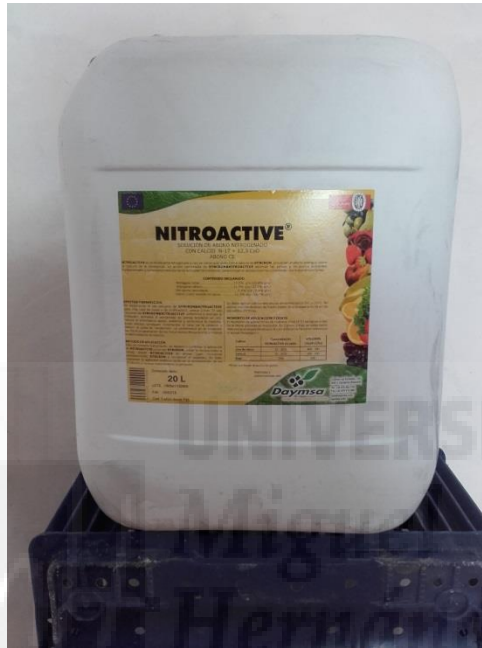
6.2. Anexo II

Tratamiento	Nº Yemas totales	Nº Yemas flor en A	Nº Yemas flor en E	Nº Yemas flor en I	Fecha F50	Uniformidad floración 1-5	Cantidad floración 1-5	Fecha Recolección
Testigo	228	141	65	23	14-feb	3	4	02-may
A1	287	165	67	35	14-feb	2,7	3,3	02-may
A2	241	141	49	25	13-feb	3	3	02-may
A3	268	162	54	29	06-feb	3	3	29-abr
A4	187	96	50	26	11-feb	2	5	04-may
A5	258	138	112	55	13-feb	4	5	03-may
A6	128	66	38	23	12-feb	3	4	04-may
A7	243	152	61	29	14-feb	3	3	05-may
A8	183	114	48	29	14-feb	2	3	06-may
A9	203	126	64	34	14-feb	4	3	05-may
B1	181	77	17	11	13-feb	3	1	04-may
B2	246	113	11	3	12-feb	4	1	04-may
B3	186	101	10	5	10-feb	2	2	02-may
B4	298	203	91	45	15-feb	3	4	02-may
B5	330	174	76	49	15-feb	4	2	04-may
B6	217	126	34	21	14-feb	2	2	04-may
B7	278	166	70	27	14-feb	3	4	05-may
B8	181	114	42	19	14-feb	2	3	04-may
B9	206	126	67	28	15-feb	2	4	05-may
C1	195	121	3	2	12-feb	1	1	30-abr
C2	308	194	25	16	05-feb	3	3	26-abr
C3	199	124	25	17	02-feb	4	4	24-abr
C4	213	130	44	24	12-feb	3	3	29-abr
C5	161	113	8	3	13-feb	2	2	30-abr
C6	232	130	52	25	12-feb	2	2	30-abr
C7	309	201	64	33	14-feb	2	3	04-may
C8	215	137	49	22	14-feb	2	3	05-may
C9	284	186	58	29	14-feb	2	4	05-may
D1	294	187	45	25	14-feb	2	3	04-may
D2	242	166	69	42	13-feb	2	3	04-may
D3	369	258	61	44	11-feb	2	3	02-may
D4	217	142	60	39	12-feb	2	4	04-may
D5	191	123	45	22	12-feb	2	3	03-may
D6	237	152	58	25	13-feb	3	3	03-may
D7	269	184	71	34	13-feb	2	3	04-may
D8	249	144	70	36	13-feb	3	3	04-may
D9	259	173	49	20	13-feb	2	3	05-may
E1	236	145	50	26	12-feb	3	3	03-may
E2	216	158	9	8	10-feb	2	1	27-abr
E3	317	212	15	11	09-feb	2	1	28-abr
E4	272	191	51	31	14-feb	3	3	02-may
E5	278	204	66	35	12-feb	3	3	02-may
E6	222	179	34	21	11-feb	3	3	02-may
E7	184	128	40	19	12-feb	3	4	03-may
E8	185	136	45	22	13-feb	3	4	04-may
E9	286	221	69	43	15-feb	2	3	04-may
F1	221	163	30	10	11-feb	3	3	27-abr
F2	160	121	26	15	10-feb	3	3	29-abr
F3	240	180	37	20	12-feb	2	3	29-abr
F4	253	190	57	31	14-feb	2	2	03-may
F5	218	163	49	24	14-feb	2	3	02-may
F6	203	148	40	20	14-feb	3	3	03-may
F7	215	168	62	27	15-feb	3	3	03-may
F8	208	163	40	22	15-feb	3	3	04-may
F9	227	167	63	33	14-feb	4	4	05-may
G1	183	144	31	15	11-feb	2	2	01-may
G2	273	220	31	19	11-feb	3	2	30-abr
G3	313	247	56	36	11-feb	4	2	01-may
G4	314	246	72	37	14-feb	3	3	04-may
G5	253	196	45	20	14-feb	3	2	04-may
G6	250	185	50	28	15-feb	3	3	04-may
G7	273	205	59	25	14-feb	3	3	03-may
G8	258	209	63	39	13-feb	3	4	04-may
G9	280	227	78	33	14-feb	3	4	05-may

6.3. Anexo III









6.4. Anexo IV



Miguel
Hernández

