

Universidad Pública de Navarra
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

Nafarroako Unibertsitate Publikoa
NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA

**ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN FENOLÓGICA Y EL CUAJADO EN FRUTALES
DE PEPITA DEL VALLE ALTO DEL EBRO EN 2016 Y 2017**

presentado por

IÑAKI GONZALEZ TEJEDOR *(e)k*

aurkeztua

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN
INGENIARITZAN

Junio de 2017

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**“ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN FENOLÓGICA Y EL CUAJADO EN
FRUTALES DE PEPITA DEL VALLE ALTO DEL EBRO EN 2016 Y 2017”**

Trabajo de Fin de Grado presentado por D. Iñaki
Gonzalez Tejedor y dirigido por el Dr. Carlos
Miranda Jiménez, Profesor Titular del
Departamento de Producción Agraria.

Vº Bº El director del trabajo

Presentado por

Carlos Miranda Jiménez

Iñaki Gonzalez Tejedor

Agradecimientos

Quisiera expresar mis agradecimientos a todas aquellas personas que de un modo u otro han participado en la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado.

A todo el personal docente de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos por su dedicación durante todos estos años de carrera, a todos los compañeros y compañeras de clase por todo lo compartido juntos, a todo el personal del departamento de Producción Vegetal y muy particularmente al Grupo de Fruticultura y Viticultura por hacer posible este trabajo gracias a su tremendo esfuerzo en recopilación de datos durante más de diez años, y especialmente a Carlos Miranda, director de este TFG, por su atención y ayuda indispensable.

A los propietarios de las parcelas, por cederlas para poder desarrollar en ellas la labor investigadora.

A mis amigos, por todos los ánimos a lo largo de todo el proceso de elaboración de este trabajo y de toda la carrera, y como no, a mi familia, por su apoyo incondicional y su paciencia.

A todos ellos,

Gracias

Resumen

Título: “Estudio de la evolución fenológica y el cuajado en frutales de pepita del Valle Alto del Ebro en 2016 y 2017”

Autor: Iñaki Gonzalez Tejedor

La meteorología es uno de los factores que con mayor incidencia influyen sobre el proceso de floración-cuajado de los árboles frutales, y concretamente, las temperaturas bajo las que se desarrolla dicho proceso, pueden llegar a ser muy limitantes. En condiciones adecuadas de fecundación, el cuajado suele ser inicialmente superior al necesario para obtener una cosecha normal; sin embargo, en condiciones climáticas desfavorables, puede verse afectado al estimularse caídas severas de frutos cuajados.

En este trabajo se muestran los resultados del seguimiento de la evolución fenológica y el cuajado durante las primaveras de 2016 y 2017 de 23 parcelas de manzano y peral, distribuidas por el Valle Alto del Ebro (Navarra y La Rioja).

De los resultados de este estudio se comprueba entre otras cosas, que las condiciones meteorológicas durante la época de floración pueden resultar tan condicionantes o más que las dadas durante todo el resto del ciclo.

Palabras clave: condiciones climáticas, cuajado, manzano, peral

Abstract

Title: “Study of the phenological evolution and fruit set in pome fruit trees of the High Ebro Valley (Spain) during 2016 and 2017”

Author: Iñaki Gonzalez Tejedor

Climatic conditions are one of the most influential factors in flowering and fruit set, and particularly temperature is one of the key factors. Under normal pollination conditions, fruit set is generally higher than required to obtain normal yields. However, under unsuitable climatic conditions, fruit set can be compromised due to severe fruitlet drops.

This work shows the results of monitoring the phenological evolution and fruit set occurred during 2016 and 2017 springs in 23 apple and pear orchards distributed along the High Ebro Valley (Navarra and La Rioja).

From the results of this study it is verified that the meteorological conditions during the flowering season can be as conditioning or more than those given during the rest of the cycle.

Key words: climatic conditions, fruit set, apple tree, pear tree

Laburpena

Izenburua: "Pipitadun fruitu arbolen bilakaera fenologikoaren eta aletzearen ikerketa Ebroko Goi Ibarrean 2016 eta 2017 urteetan"

Autorea: Iñaki Gonzalez Tejedor

Fruitu arbolen lore eta aletze prozesuetan gehien eragiten duen faktoreetariko bat meteorologia da, eta gehien bat prozesu bitartean emandako tenperatura. Ernalketa egoera egokietan, aletzea beharrezkoa baino altuagoa izaten da hasiera batean, baino egoera klimatiko desegokien ondorioz, fruituen erorketa masiboek egoera erabat alda dezakete.

Lan honetan, Ebroko Goi Ibarrean 2016 eta 2017 urteetan madariondo eta sagarrondoan 23 lursailetan egindako bilakaera fenologikoaren eta aletzearen jarraipenaren emaitzak adierazten dira.

Aztertze lan honen emaitzek argi uzten dutenez, lore prozesu bitartean emandako egoera meteorologiak, ziklo osoan zehar emandakoak bezain garrantzitsuak izan daitezke.

Idea nagusiak: egoera klimatiko, aletze, sagarrondo, madariondo

Índice

1.	Antecedentes.....	1
1.1.	Importancia de los cultivos de peral y manzano en España y el Valle del Ebro	1
1.2.	Factores que influyen sobre la producción final	3
1.3.	Factores que influyen sobre la floración.....	4
1.4.	Factores que influyen sobre la polinización y el cuajado	6
2.	Objetivos.....	8
3.	Material y métodos	9
3.1.	Material vegetal	9
3.2.	Seguimiento fenológico y del cuajado.....	10
3.2.1.	Toma de datos.....	10
3.2.2.	Análisis de la información.....	10
3.3.	Evaluación climatológica.....	12
3.3.1.	Estaciones meteorológicas.....	12
3.3.2.	Acumulación de frío	12
3.3.3.	Calor acumulado para la floración.....	13
3.3.4.	Meteorología durante la época de floración	13
3.3.5.	Calor acumulado durante la época de crecimiento inicial de los frutos ...	13
4.	Resultados y discusión	14
4.1.	Caracterización de la meteorología.....	14
4.1.1.	Horas de frío	14
4.1.2.	Integral térmica.....	16
4.2.	Fechas de ocurrencia de los estados fenológicos.....	17
4.2.1.	Peral.....	17
4.2.2.	Manzano	19
4.3.	Meteorología durante la época de floración	21
4.4.	Meteorología durante la época de crecimiento inicial de los frutos	26
4.5.	Evolución del cuajado.....	27
4.6.	Calificación del cuajado.....	30
5.	Conclusiones.....	34
6.	Bibliografía.....	35
	Anejo I.....	37

1. Antecedentes

1.1. Importancia de los cultivos de peral y manzano en España y el Valle del Ebro

Entre las especies de fruta dulce cultivadas en España, el manzano y el peral ocupan, respectivamente, la segunda y sexta posición por superficie cultivada, encontrándose en primer lugar el melocotonero, y entre estos dos cultivos el cerezo y guindo, albaricoquero e higuera. Aproximadamente 33.700 ha están dedicadas a la producción de manzana, y unas 21.000 ha a la de pera (MAPAMA, 2016a).

Esta superficie productora se concentra principalmente en las provincias de Lérida, Zaragoza, Huesca, La Rioja y Navarra, de forma que en la región del Valle del Ebro se produce entorno al 70% de la producción total de estas frutas en España (MAPAMA, 2016b). En el *Cuadro 1* se indican las superficies cultivadas (en ha) de los principales frutales no cítricos de España, mostrándose estas mismas superficies en el Valle del Ebro, así como en Navarra y La Rioja. Se observa la gran importancia de los cultivos de manzano y peral en el Valle del Ebro: aproximadamente un 70% de la producción total de manzano de España se encuentra en esta región, y más de un 87% de la de peral. Del mismo modo, el cuadro indica el fuerte protagonismo del peral en Navarra y La Rioja, no siendo éste el caso del manzano.

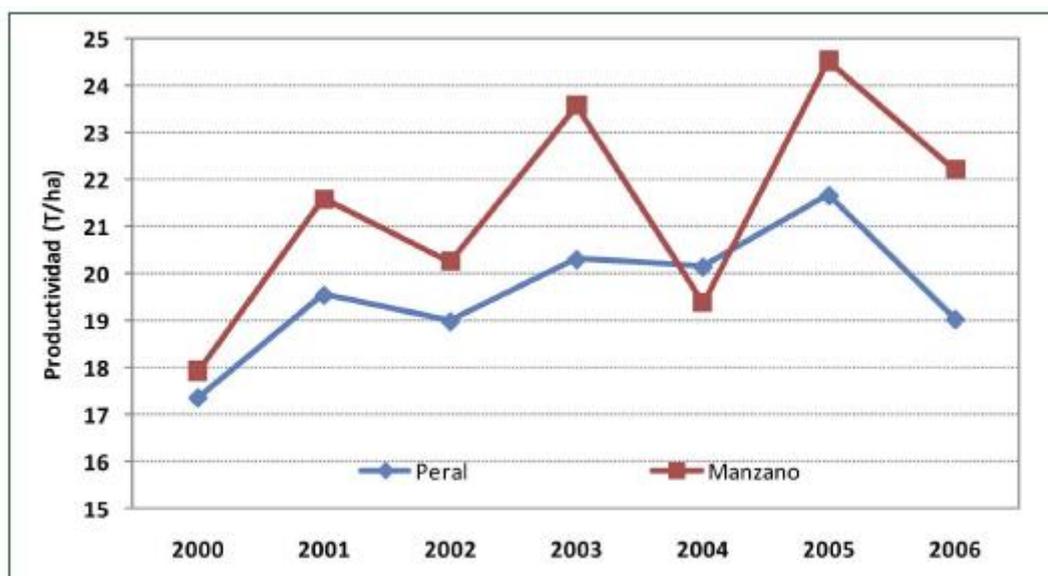
Cuadro 1. Superficies cultivadas (ha) de los principales frutales no cítricos en España, Valle del Ebro y Navarra y La Rioja en 2016 (MAPAMA, 2016a)

Especies	España	Valle del Ebro	Navarra y La Rioja
Melocotonero y nectarinas	81.718	42.772	967
Manzano	33.703	23.540	846
Cerezo y guindo	33.005	17.493	649
Albaricoquero	23.785	6.237	51
Higuera	21.473	780	0
Peral	20.912	18.256	4.162
Caqui	17.679	321	2

Generalmente, la superficie dedicada al cultivo de estos frutales (manzano y peral) ha sufrido un ligero retroceso a lo largo de los últimos años, notoriamente más intenso en el caso de la manzana. Sin embargo, el ritmo de decrecimiento de la producción ha sido mucho menos pronunciado, lo que representa que el rendimiento unitario de las parcelas ha aumentado a lo largo de este tiempo. Esto es debido fundamentalmente a que las plantaciones que se han abandonado eran las menos productivas, y a que en el resto se ha producido una importante evolución, tecnificación y mejora, tanto de la concepción

como del manejo. En la *Figura 1* se representa la productividad media de las parcelas de peral y manzano del Valle del Ebro de los últimos años y se observa cómo existe una clara tendencia al aumento de las productividades en las dos especies, así como que existen importantes variaciones interanuales. Las principales causas que explican esta importante variabilidad son las perturbaciones de orden climático que se producen durante la época de floración, cuajado y primeros estadios de crecimiento del fruto (Royo y cols., 2009).

Figura 1. Productividad media (T/ha) del peral y el manzano en el Valle del Ebro para el periodo 2000–2006 (MARM, 2008 citado por Royo y cols., 2009)



En el *Cuadro 2* se muestran las superficies cultivadas de las diferentes variedades (en ha) y el porcentaje que suponen, tanto de manzano (A) como de peral (B) en España, Valle del Ebro y Navarra y La Rioja en el año 2012.

En manzano se observa como la composición varietal en la zona del Valle del Ebro está claramente marcada por la del resto del país, ya que sigue prácticamente las mismas proporciones de cada variedad, siendo ‘Golden’ la clara protagonista. Sin embargo, en la zona de Navarra y La Rioja la situación cambia, ya que generalmente se apuesta más por manzana roja: variedades más tardías como ‘Gala’ o ‘Fuji’ adquieren un mayor protagonismo.

Por otro lado, en el caso del peral, la producción está mucho más centrada en unas pocas variedades: con solo los cultivos de ‘Conferencia’, ‘Blanquilla’, y ‘William’ se alcanza más de un 80% de la superficie total de peral del Valle del Ebro, siendo ‘Conferencia’ la clara protagonista. Esta polarización es aún más acusada en el caso de Navarra y La Rioja, suponiendo esta variedad más del 85% de la superficie cultivada.

Cuadro 2A. Superficies cultivadas de las principales variedades de manzano en España, Valle del Ebro y Navarra y La Rioja (MAGRAMA, 2012)

Región	Superficie (ha)	Golden (%)	Gala (%)	Fuji (%)	Red delicious (%)	Otras (%)
España	26.754	34,9	10,1	8,8	6,5	39,8
Valle del Ebro	20.443	41,5	12,8	11,3	7,3	27,2
Navarra y La Rioja	671	28,2	23,1	36,8	2,1	9,8

Cuadro 2B. Superficies cultivadas de las principales variedades de peral en España, Valle del Ebro y Navarra y La Rioja (MAGRAMA, 2012)

Región	Superficie (ha)	Conferencia (%)	Blanquilla (%)	William (%)	Otras (%)
España	21.989	48,2	20,1	6,7	24,9
Valle del Ebro	19.478	54,3	18,2	7,6	20
Navarra y La Rioja	3.859	85,2	10	1,1	3,7

1.2. Factores que influyen sobre la producción final

La producción de un árbol (número de frutos y peso de los mismos) de una determinada variedad ya sea de manzano o de peral, está directamente influenciada por el vigor de dicho árbol, la carga de poda, la calidad y distribución de las yemas fértiles, las condiciones para la polinización-fecundación y las técnicas culturales que se apliquen durante el ciclo anual.

En lo que al vigor se refiere, los árboles más vigorosos tienen mayor capacidad de producción, si bien es cierto que son menos eficientes, ya que la proporción de copa mal iluminada es mayor. Por otro lado, el vigor del árbol también es un factor determinante de la iniciación y desarrollo de las yemas de flor. El estímulo del crecimiento vegetativo reduce la floración, y la práctica de la poda ratifica este principio, particularmente en árboles jóvenes de manzano y peral. La poda provoca la brotación de nuevas yemas y, por tanto, produce gran cantidad de lugares de síntesis de giberelinas. Dado que estas últimas son inhibitoras de la floración, en árboles jóvenes de estas especies la poda retrasa este proceso marcadamente (Agustí, 2010).

En cuanto a la carga de poda, refiriéndose como tal a la cosecha potencial antes del inicio de la actividad vegetativa (número de yemas fértiles respetadas en el árbol tras la poda), a igualdad de condiciones, a medida que ésta aumenta disminuye la tasa de fecundación (Baldini, 1992). Miranda y Royo (2003 y 2004), estiman la tasa adecuada

de cuajado para alcanzar una cosecha normal en peral entre 2 y 0,75 frutos por cada yema fértil y en manzano entre 1,75 y 0,75.

La calidad de las yemas fértiles, o según Williams (1965), la capacidad de las yemas para dar fruto, es otro de los factores que condicionan la fecundación y por tanto la producción. En los últimos años, diferentes autores han tratado de estimar la calidad de las yemas relacionándola con factores como la superficie foliar del corimbo en plena floración (Ferree, 1989), el peso seco de las mismas, determinado al final del proceso vegetativo (Rom y Barrit, 1987) o el grosor de la lamburda donde se insertan (Miranda y cols., 2010). Cuanto mayor es la calidad de las flores, mayor es el cuajado obtenido de ellas (por estar mejor formadas, tener estilos más receptivos, mayor viabilidad de óvulos etc.). De acuerdo con esto, cuanto el número de flores de un corimbo sea mayor, las flores mejor formadas tienen más y mejores células y por lo tanto aumenta la posibilidad de que sean fecundadas (Sanzol y Herrero, 2001).

Por otro lado, las condiciones ambientales que se den durante la polinización-fecundación influirán notoriamente en la producción de los árboles frutales. En este contexto, la temperatura juega un papel importantísimo, ya que, puede afectar de manera indirecta alterando la actividad de las abejas, o de manera directa induciendo la formación de polen estéril o afectando al crecimiento del tubo polínico. La actividad de las abejas es máxima con temperaturas superiores a los 20°C y muy reducida cuando éstas son inferiores a 12°C. Los vientos superiores a 20 km/h o las lluvias intensas también dificultan la actividad de las abejas. La temperatura óptima para la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico es la comprendida entre 20 y 25°C; por debajo de 5°C y por encima de 35°C la actividad es nula (Agustí, 2004; Baldini, 1992).

Por último, las técnicas de cultivo también pueden influir de forma decisiva en el rendimiento. Como se ha comentado antes, la poda limita la floración, permitiendo de esta manera a las flores conservadas disponer de una alimentación superior y, en consecuencia, aumentando el porcentaje de cuajado. Por otro lado, los tratamientos fitosanitarios durante la floración ejercen siempre una influencia desfavorable a la fecundación. La acción de numerosos productos insecticidas puede ser perjudicial cuando estos productos, y es el caso más frecuente, son tóxicos para las abejas y otros insectos polinizadores (Coutanceau, 1970). Además, otros aspectos como la alimentación mineral o la hídrica pueden ser determinantes en lo que a la producción se refiere.

1.3. Factores que influyen sobre la floración

El proceso de formación del fruto en cualquier especie frutal comienza con la inducción floral, entendiendo por ello al proceso que se lleva a cabo en el meristemo o los meristemas de una yema para dar lugar al inicio de la formación del primordio de una flor o de una inflorescencia. La formación de las flores se inicia durante el verano

anterior a la floración, por lo general tras la parada de crecimiento de los brotes (mayo–junio), continúa durante el reposo y, en el periodo inmediatamente anterior a la brotación, se completa y se produce la maduración de los gametos (Royo y cols., 2009).

Son muchos los factores que condicionan la inducción floral, siendo la iluminación uno de los más importantes, ya que, si en las yemas no se recibe al menos el 30% de la insolación que recibe la parte del árbol más insolada, no se produce este proceso. Además, la presencia de frutos inhibe la inducción floral por dos motivos: hormonal, ya que las semillas de los frutos presentes segregan ácido giberélico, y competencia nutricional, debido a que los frutos compiten por los fotosintatos y nutrientes. El efecto inhibitorio de los frutos se produce pronto: en manzano a las 6-8 semanas, en peral a las 4-6 semanas (Miranda y cols., 2010).

Por otro lado, todo lo que favorece la síntesis de fotoasimilados y su acumulación en los brotes favorece la inducción floral y, por lo tanto, factores como un crecimiento vegetativo excesivo que consume dichos fotoasimilados la dificultan. En los frutales de pepita (manzano, peral) la inducción floral se favorece cuantas más hojas haya en las brindillas y lamburdas y su proporción este equilibrada con los ramos de madera (Miranda y cols., 2010).

Siguiendo con el proceso de formación del fruto, las yemas florales, al igual que las vegetativas, sufren un proceso de latencia, y cuando como consecuencia del frío invernal salen de dicha latencia y se dan las condiciones externas adecuadas, brotan. La fecha de brotación depende por tanto, del número de horas de frío que se den en invierno y de las condiciones de finales de invierno-primavera: cuanto más fríos y precoces sean los inviernos y más cálidas y precoces las primaveras, antes y más agrupadamente ocurre la brotación (Agustí, 2004).

Tras la brotación, las yemas fértiles evolucionan hacia la floración (Royo y cols., 2009). Éste último proceso suele durar alrededor de 10 días y comienza con el estado de botón verde, en el cual se aprecia la flor todavía envuelta por los sépalos. Le sigue el estado en el que las puntas de los pétalos empiezan a asomar y en la plena floración la flor está abierta y se ven sus órganos reproductores (Gil-Albert, 1989). Es a partir de este momento cuando las abejas transfieren el polen a los estigmas de las flores de peral o manzano, realizando la polinización (Royo y cols., 2009).

La duración de la floración depende de la climatología y de la cantidad de flores. Nyéki y Soltész (1996) afirman que dicha duración está directamente condicionada en parte por la temperatura y en parte por la cantidad de flores formadas en las yemas axiales de las ramas. Por tanto, el curso de la floración está condicionado genéticamente, pero las influencias ambientales lo modifican sensiblemente: las altas temperaturas adelantan el curso de la floración. Si el comienzo de la floración absoluta es temprano, se alarga la duración de la misma, y si es tardío suele acortarse (Kramer y cols., 1982).

La precipitación también influye en el momento de la floración. Después de mucho tiempo sin llover una lluvia de 12 mm favorece el ratio de floración, mientras que una cantidad mayor puede retrasarla (Hoffman, 1962 citado por Soltész, 1996). Retrasar la floración con aspersión para evitar los riesgos de las heladas está basado en estas observaciones.

1.4. Factores que influyen sobre la polinización y el cuajado

Como se ha dicho anteriormente, es a partir del momento en el que la flor está abierta y se ven sus órganos reproductores cuando comienza la actividad de las abejas. Principalmente son éstas las que transfieren el polen a los estigmas de las flores realizando la polinización.

Si el polen es depositado sobre un estigma compatible, y éste se encuentra receptivo, el polen germina y emite el tubo polínico, de forma que alrededor de 6–10 días más tarde tiene lugar la fecundación al unirse el núcleo espermático con la oosfera del óvulo (Agustí, 2004). Como consecuencia de esta fecundación, el fruto y las semillas inician su crecimiento y se produce el cuajado, mostrándose un pequeño fruto de menos de un milímetro (Gil-Albert, 1989).

Para que el cuajado se produzca, Faust (1989) indica que son necesarios tres pre-requisitos: en primer lugar, la existencia de yemas florales maduras, bien formadas y nutridas; en segundo lugar, un régimen de temperaturas durante la antesis e inmediatamente después, que asegure una buena polinización, el desarrollo del tubo polínico y la fecundación, o que sea compatible con la partenocarpia; y en tercer lugar un aporte adecuado de fotosintatos cuando el ovario inicie el desarrollo. Aquellos frutos en los que alguno de estos factores no sea satisfecho presentarán un cuajado deficiente, lo que significa que, a los pocos días de la antesis, caerán. En los que los tres requisitos se cumplan, se inicia un periodo activo de división celular o fase I del crecimiento del fruto, de duración variable con las especies (Agustí, 2010).

Como se puede observar, al igual que en el proceso de floración, en el cuajado también influyen tanto factores internos del árbol (genéticos), como factores externos o ambientales. En este contexto, y como ya se ha comentado anteriormente, la temperatura es uno de los factores más limitantes en el proceso de polinización-fecundación y posterior cuajado del fruto. Esto es debido, por un lado, a que altera la actividad de los insectos polinizadores, ya que, con temperaturas inferiores a los 12°C la actividad de las abejas es muy reducida, siendo máxima con temperaturas superiores a los 20°C. Y por otro lado, a que la germinación disminuye a partir de 30°C y por debajo de 5°C y por encima de 35°C es nula, debido a la formación de polen estéril o a afecciones en el crecimiento del tubo polínico. En condiciones adecuadas de fecundación (presencia de polinizadores, abejas, meteorología favorable), la tasa de cuajado adecuada para alcanzar una cosecha normal (producción potencial) se suele

superar inicialmente con creces; sin embargo, en condiciones climáticas desfavorables, el cuajado puede verse afectado. Las temperaturas inferiores a los 10–15°C durante el periodo comprendido entre los 35 y los 40 días tras de la floración son limitantes. En este momento los pequeños frutos se encuentran en la primera fase del crecimiento inicial, la división celular, y son muy delicados. Por eso dichas temperaturas pueden estimular caídas excesivas de frutos cuajados (Agustí, 2004; Kozma y cols., 2003). Con todo esto, se concluye que las temperaturas óptimas para la polinización y el cuajado están comprendidas entre 20 y 25°C.

Las precipitaciones y la humedad relativa son otros de los principales factores que condicionan el cuajado de los frutos. Tanto en manzano como en peral, al igual que en todo el resto de especies que se polinizan por vía entomófila, las precipitaciones provocan efectos desfavorables: la lluvia intensa durante el periodo de floración (a partir de 5 l/m² aproximadamente) reduce la actividad polinizadora al impedir el vuelo de las abejas, limpia el aire de polen y arrastra el polen de los estigmas diluyendo las secreciones estigmáticas. Sin embargo, la humedad relativa alta es un factor positivo, ya que contribuye a mantener la receptividad del estigma y retrasa su desecación (Baldini, 1992).

Por último, el viento es otro de los grandes factores ambientales que influyen sobre la polinización y el cuajado. El viento, incluso moderado, dificulta el vuelo de los insectos (los vientos superiores a 20 km/h impiden el vuelo de las abejas). Además, los vientos fuertes pueden dañar o arrancar flores, y si la temperatura es alta y el viento es seco, éste provoca una rápida evaporación de los extractos estigmáticos y la dehiscencia de las anteras (Coutanceau, 1970).

2. Objetivos

En este trabajo se muestran los resultados del seguimiento de la evolución fenológica del manzano y del peral en el Valle Alto del Ebro (Navarra y La Rioja) durante las primaveras de los años 2016 y 2017, así como el cuajado y el crecimiento inicial de los frutos.

El objetivo es analizar las consecuencias del clima y el manejo en los diferentes procesos citados, y de este modo poder explicar las diferencias ocurridas en los diferentes años y zonas de estudio.

3. Material y métodos

3.1. Material vegetal

En este trabajo se ha utilizado información recopilada por el grupo de Fruticultura y Viticultura de la Universidad durante las primaveras de 2016 y 2017. Los dos años se controlaron 23 parcelas de las que 10 eran de la variedad de peral ‘Conferencia’, 4 de ‘Williams’, 2 de manzano ‘Golden’, 2 de ‘Fuji’, 2 de ‘Gala’, 2 de ‘Red Chief’ y 1 de ‘G. Suprema’. Al objeto de abarcar la mayor parte de las circunstancias que acaecen en la región productora del Valle Alto del Ebro, éstas se han distribuido en dos grandes zonas de altitudes diferentes que se denominarán Ribera Alta y Ribera Baja. En el *Cuadro 3* se indican las localizaciones de cada parcela, así como sus características en lo que se refiere a edad, polinizadores y densidad de plantación.

Cuadro 3. Características de las parcelas empleadas en cada zona

Especie	Variedad	Zona	Localidad	Parcela	Año plant.	Polinizador	Proporción Polinizador	D.P. (m)
Peral	Conferencia	R. Baja	Tudela	CF_AP01	2005	Williams	6:1	3,9x2
			Tudela	CF_VA01	1993	Williams	16:4	4x1,95
			Alfaro	CF_CB01	2007	Williams	10:1	4,5x2
			Alfaro	CF_LR01	1999	Williams	8:1	3,8x2
			Milagro	CF_AS01	1995	-	0	4x1,75
			Milagro	CF_OR01	2007	-	0	4x1,75
	R. Alta	Conferencia	Entrena	CF_BA01	2003	-	0	3,3x1,5
			Entrena	CF_LI01	2007	-	0	3,5x1,6
			Hormilla	CF_AR01	2005	-	0	3,2x1,6
			Hormilla	CF_LS01	2011	-	0	3,5x1,6
	Williams	R. Baja	Tudela	WI_AP01	2005	Conferencia	1:6	3,9x2
			Alfaro	WI_CB01	2007	Conferencia	8:1	4,5x2
			Alfaro	WI_LR01	1999	Conferencia	8:1	3,8x2
			Tudela	WI_VA01	2007	Conferencia	1:10	4,5x2
Manzano	Golden	R. Baja	Tudela	GD_AP02	2006	Red Chief	4:2	4,0x2,0
			Tudela	GD_VA01	1996	Gala	5:4	4,0x2,25
	Fuji	R. Baja	Milagro	FU_OR01	2012	Gala	2:2	4,0x0,9
			R. Alta	Albelda	FU_AL01	2011	Golden	6:1
	G. Suprema	R. Baja	Tudela	GS_AP01	2006	Red Chief	2:4	3,9x2,0
			Gala	Tudela	GA_VA01	1996	Golden	4:5
	Milagro	GA_OR01		2012	Fuji	2:2	4,0x0,9	
	Red Chief	R. Baja	Tudela	RC_AP01	2006	G Suprema	4:2	3,9x2,0
			Tudela	RC_AP02	2006	Golden	2:4	4,0x2,0

3.2. Seguimiento fenológico y del cuajado

3.2.1. Toma de datos

La metodología llevada a cabo por el grupo de Fruticultura y Viticultura de la Universidad para recopilar datos de fenología y de cuajado es la indicada por Royo y cols., (2009) que se explica a continuación: en cada una de las parcelas se seleccionaron diez árboles de similar vigor y carga de poda, y en cada uno de ellos se marcaron entre 3 y 6 ramas de producción que, ubicadas aproximadamente a la altura de los ojos, contuviesen un mínimo de 40 yemas mixtas. En cada árbol se contaba el número de yemas productivas que se incluían en la zona marcada.

El seguimiento de la evolución fenológica comenzó varios días antes del hinchamiento de las yemas, cuando su diámetro mayor era alrededor de 2,5 veces el de la yema en su punto de inserción y, desde entonces, se realizaban dos controles semanales hasta que el tamaño de los frutos superaba los 25 mm y las caídas de fruto se hubieran detenido. En cada fecha se anotaba el estado fenológico de cada una de las yemas marcadas. Desde el estado 'J', se controlaba con igual frecuencia el número de frutos presentes en cada corimbo de la zona controlada de cada árbol.

3.2.2. Análisis de la información

a) Cálculo del índice fenológico de cada estado

El seguimiento de los estados fenológicos se ha realizado mediante el método de Fleckinger (1965 y 1967) descrito para manzano y peral: tiene como base una serie de figuras elegidas entre los diferentes aspectos por los que va pasando el botón floral, desde el estado de reposo invernal hasta el pequeño fruto recién formado, y estos estados se designan con las primeras letras del abecedario. Cuando el estado de la yema está representado exactamente por una de las figuras de los estados-tipo, es claro que la yema se encuentra precisamente en ese estado. Si el desarrollo de la yema la sitúa entre 2 figuras del gráfico, se le asigna la letra del primero de dichos estados, precediendo al número (del 1 al 4) que corresponda como sub-estado. En el *Anejo 1* se muestran los diferentes estados fenológicos del manzano y del peral según este autor.

Con el fin de cuantificar la evolución fenológica en cada momento del ciclo, se establece una relación numérica asignando un valor a cada una de las letras que representan los diferentes estados fenológicos. Dichos valores aparecen reflejados en el *Cuadro 4* y se denominan índices fenológicos. De este modo es posible reflejar en cada momento el estado de una parcela concreta con un único número, haciendo una media proporcional entre los diferentes estados de cada árbol observado, así como representar gráficamente la evolución fenológica de cada variedad. Se considera que una parcela ha

alcanzado un estado fenológico concreto el día en el que el 50% de las yemas lo muestran.

Cuadro 4. Índices fenológicos establecidos para cada estado fenológico

Estado Fenológico	A	B	C	C3	D	E	E2	F	F2	G	H	I	J
Índice Fenológico	0	1	2	2,5	3	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9

b) Cálculo de las fechas de ocurrencia de los estados fenológicos

Partiendo de los datos de fenología de cada parcela se calculan por interpolación las fechas medias de ocurrencia de diferentes estados fenológicos. Estas fechas se comparan con las registradas durante los últimos diez años, facilitadas por el grupo de Fruticultura y Viticultura de la Universidad.

c) Cálculo de la proporción de corimbos fértiles

Para cada fecha de observación a partir del estado 'J' se expresa el cuajado mediante la relación entre corimbos que tenían fruta en dicha fecha con respecto de los que tenían flor en el estado 'F'. Además, el cuajado también se estima por medio de la relación entre el número de frutos en la zona observada y el número de flores que había en dicha zona en el estado 'F'. La evolución del cuajado se representa gráficamente hasta el momento en el que se considera que han finalizado las caídas de frutos.

d) Calificación del cuajado

El cuajado real se compara con el que sería esperable obtener en condiciones normales en recolección para árboles de ese vigor y carga de acuerdo con la metodología desarrollada por Miranda y Royo (2003 y 2004) en la que se tiene en cuenta el tamaño de los árboles (sección del tronco medido a 15 cm del suelo), la carga dejada en poda (número de yemas fértiles/árbol) y la densidad de plantación.

En el *Cuadro 5* se muestra la calificación de los diferentes índices de cuajado en función de la relación entre el cuajado real observado en recolección y el cuajado esperado (Mayor, 2011).

Cuadro 5. Calificación del cuajado según la relación cuajado real/cuajado esperado

Cuajado real	Calificación
>1,25 C. Esp	Bueno
1,25 - 0,75 C. Esp	Justo
< 0,75 C. Esp	Malo

3.3. Evaluación climatológica

3.3.1. Estaciones meteorológicas

Para la realización de este trabajo se han utilizado datos horarios de temperatura y precipitación de las estaciones meteorológicas de Uruñuela y Tudela (Montes del Cierzo) de los años 2006 – 2017. La primera es perteneciente a la red de estaciones agrometeorológicas de La Rioja, y la segunda a la de Navarra. En el *Cuadro 6* se indica la zona de estudio en la que se encuentra cada una de ellas, así como su altitud y sus coordenadas.

Cuadro 6. Localización de las estaciones meteorológicas

Zona	Estación meteorológica	Altitud (m)	Coordenadas (*)	
			X	Y
Ribera Baja	Montes del Cierzo	314	611286	4665317
Ribera Alta	Uruñuela	465	523622	4701100

(*)Coordenadas en el sistema de referencia ETRS89, proyección UTM huso 30

3.3.2. Acumulación de frío

Para el cálculo del requerimiento de frío para salir del reposo invernal se utiliza el modelo Utah, en el que se asigna a cada temperatura o intervalo de temperaturas un nivel de eficiencia para contribuir a la ruptura de la dormición (Richardson y cols., 1974). En el *Cuadro 7* se indican las Unidades de Frío que corresponden a una hora transcurrida a un dado rango térmico según este modelo.

Cuadro 7. Relación de eficacia para la salida de la dormición, según el modelo Utah

Temperatura (°C)	UF
< 1,4	0
1,5 a 2,4	0,5
2,5 a 9,1	1
9,2 a 12,4	0,5
12,5 a 15,9	0
16,0 a 18,0	-0,5
> 18	-1

Los requerimientos medios para satisfacer las necesidades de frío del peral y del manzano calculados con el modelo Utah son de 600 y 800 UF respectivamente (Mayor, 2011). Se ha considerado en este trabajo que la acumulación de frío comienza a partir del tercer día consecutivo con acumulación positiva de CUs, y se toma como fecha final

el 15 de enero, ya que se considera que el frío acumulado a partir de esa fecha tiene poca eficacia para la superación de las latencias.

3.3.3. Calor acumulado para la floración

Para el cálculo de las necesidades de calor o integral térmica se utiliza el Método de Unidades de Calor. En primer lugar, se calcula la acumulación de calor desde el momento en el que las necesidades de frío se han visto satisfechas (15 de enero) hasta la fecha de floración de cada parcela. Para ello se calculan los grados de crecimiento en base horaria ($GDH_{4,5}$) empleando la temperatura base de 4,5 °C mediante la fórmula $GDH_{4,5} = T_h - 4,5$, en la que T_h es la temperatura media horaria (Baldini, 1992).

3.3.4. Meteorología durante la época de floración

Con el objetivo de analizar las condiciones meteorológicas durante la época de polinización-fecundación, se calculan las horas al día por encima de los 10 °C entre una semana antes y una semana después de la fecha de floración de cada parcela, y estos valores se representan gráficamente junto con las temperaturas mínimas diarias y la precipitación de estos mismos días. De este modo se caracterizan meteorológicamente las primaveras de 2016 y 2017.

3.3.5. Calor acumulado durante la época de crecimiento inicial de los frutos

Se calculan los grados de crecimiento en base horaria (GDH_{10}) empleando la temperatura base de 10 °C a partir de la fecha en la que cada parcela entra en floración y hasta 35 – 40 días después, ya que como se ha comentado en los antecedentes, en este momento los pequeños frutos se encuentran en división celular, y temperaturas por debajo de los 10 °C pueden estimular caídas excesivas de frutos cuajados.

4. Resultados y discusión

4.1. Caracterización de la meteorología

4.1.1. Horas de frío

En el *Cuadro 8* se representan las acumulaciones de frío expresadas en unidades de frío (CU) según el modelo Utah para los inviernos de 2016 y 2017 en la Ribera Alta y en la Ribera Baja. Con el objetivo de reflejar la evolución de la acumulación del frío, se han seleccionado tres fechas que representan tres momentos diferentes del invierno (comienzos, mediados y finales), siendo la última el momento considerado como fecha límite para satisfacer adecuadamente las necesidades de frío (15 de enero).

La Ribera Alta es la zona más fresca de entre las dos zonas de estudio, y es por esto que en los últimos diez años las necesidades de frío en esta región han quedado satisfechas unos 15 días antes que en la Ribera Baja. En el *Cuadro 8* se aprecia como la acumulación de frío en esta región más fresca ha sido prácticamente igual en 2016 y en 2017 para los tres momentos analizados. Sin embargo, en la Ribera Baja se aprecia una clara diferencia entre los dos años, siendo 2017 mucho más favorable para la acumulación de frío. Es concretamente a partir de mediados de invierno donde esta diferencia se hace relevante, alcanzando valores muy similares a los de la Ribera Alta.

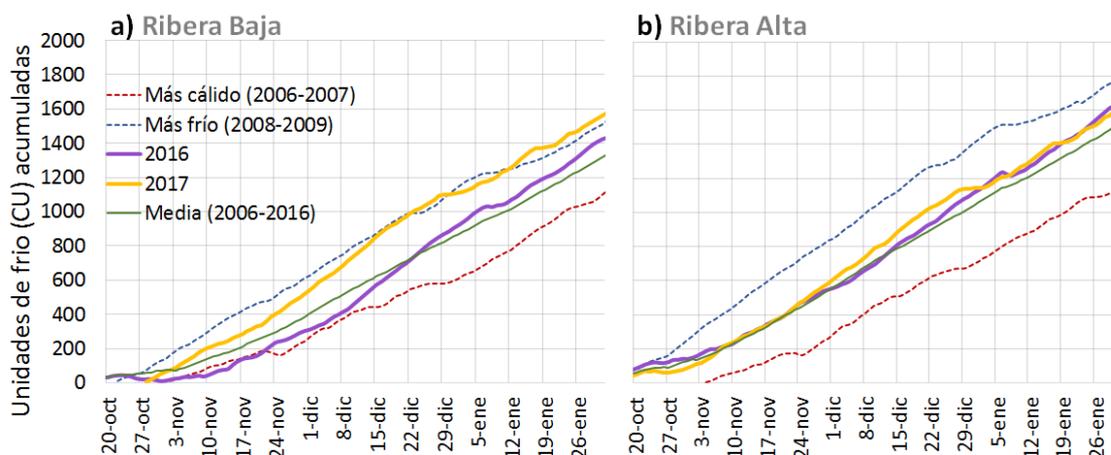
Por lo tanto, en 2017 las dos regiones llegan al final del invierno prácticamente con la misma acumulación de horas de frío, lo que hace pensar que este año habrá menos diferencias entre las dos zonas que en 2016 en lo que se refiere a fechas de ocurrencia de los estados fenológicos. Y las diferencias que haya serán achacables a otros factores ajenos al frío como pueden ser la acumulación de calor o el manejo.

Cuadro 8. Acumulación de horas de frío (CU) en tres momentos concretos los inviernos de 2016 y 2017

Fecha	2016		2017	
	R. Alta	R. Baja	R. Alta	R. Baja
15-nov	316	106	317	262
15-dic	816	576	888	855
15-ene	1333	1132	1367	1330

En la *Figura 2* se representan gráficamente las acumulaciones de frío en CU de los dos años y para las dos zonas, junto con el año más cálido, el más frío y la media de los últimos diez años.

Figura 2. Acumulación de horas de frío en CU en la Ribera Baja y en la Ribera Alta



En todos los años registrados, antes del 15 de enero estaban satisfechas las necesidades de frío tanto de peral como de manzano, incluso en el peor de los casos (año 2006-2007 en la Ribera Baja).

Como se puede apreciar en la figura referente a la Ribera Baja (*Figura 2A*), hay una diferencia de hasta más de un mes entre el año más cálido y el año más frío para alcanzar las 800 unidades de frío y de este modo haber satisfecho las necesidades tanto de peral como de manzano. Esto refleja lo diferentes que pueden llegar a ser entre sí los años en cuanto a temperaturas. La acumulación de frío del año 2016 es muy similar a la de la media, aunque es cierto que al principio del invierno es un año algo más cálido que lo normal y a partir de mediados de invierno algo más fresco. El año 2017 sin embargo, es equiparable a los años más fríos registrados, superando incluso al más frío de todos al final del invierno.

En cuanto a la Ribera Alta (*Figura 2B*), la diferencia para satisfacer los requerimientos de frío entre el año más cálido y el año más frío es algo mayor, de unos 40 días, lo que indica que en esta región se registran años de temperaturas más adecuadas para la superación de las latencias. El año más frío registrado en la Ribera Alta desde 2006 supera las necesidades de frío del manzano 12 días antes que el más frío registrado en la Ribera Baja, mientras que el más cálido lo hace tan solo 6 días antes que el más cálido de la otra región. Además, en este gráfico se observa que los inviernos de 2016 y 2017 han sido prácticamente iguales entre sí, y muy parecidos a la media, si bien es cierto que en 2017 las necesidades de frío quedan satisfechas unos 4 días antes. Por lo tanto, el invierno de 2017 es más frío y precoz que el de 2016 tanto en la Ribera Baja como en la Ribera Alta.

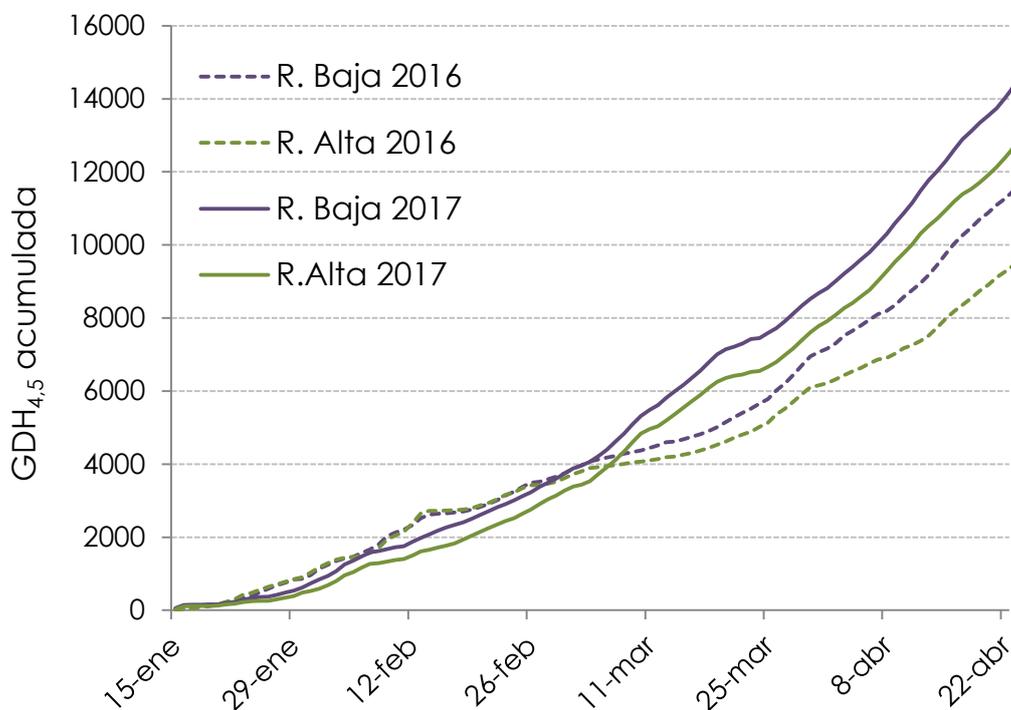
De todo esto se deduce que los dos inviernos analizados han sido en la Ribera Alta muy similares entre sí y a la situación media, mientras que en la Ribera Baja, aunque se han

superado holgadamente los requisitos de frio de las especies, 2016 fue un año de acumulación media, y 2017 de acumulación muy alta para lo que es normal en la zona.

4.1.2. Integral térmica

En la *Figura 3* se representan gráficamente los valores de integral térmica ($GDH_{4,5}$) a partir del 15 de enero y hasta la fecha más tardía de floración registrada en los dos últimos años en la Ribera Baja y en la Ribera Alta.

Figura 3. $GDH_{4,5}$ acumulados a partir del 15 de enero en la Ribera Baja y en la Ribera Alta (2016 y 2017)



En el gráfico se aprecia el final del invierno, en términos de calor acumulado, fue muy similar en las dos zonas y años hasta finales de febrero. A partir de comienzos de marzo se observa que 2017 ha sido un año mucho más cálido que el anterior, de forma que el mismo nivel de acumulación de calor se obtuvo unas dos semanas antes respecto a lo observado en 2016. Las diferencias de acumulación de calor entre las zonas son similares los dos años hasta comienzos de abril (un par de días de retraso en la Ribera Alta), a partir de ahí en 2016 se observan mayores diferencias, siendo la Ribera Alta hasta una semana más tardía en acumular la misma cantidad de calor.

4.2. Fechas de ocurrencia de los estados fenológicos

4.2.1. Peral

En el *Cuadro 9* se muestran las fechas medias en las que las diferentes parcelas de peral alcanzaron los estados fenológicos ‘C’, ‘F’, e ‘I’ en 2016 y 2017. Si se comparan los dos años, se observa claramente como en 2017 se han alcanzado todos los estados con unas tres semanas de adelanto respecto a 2016. Esto podría explicarse porque en 2017 ha habido una mayor o más temprana acumulación de frío en invierno, especialmente en la Ribera Baja, y la mayor acumulación de calor al comienzo de la primavera.

Cuadro 9. Fechas medias de ocurrencia de los estados fenológicos ‘C’, ‘F’ e ‘I’ de peral (2016 y 2017)

E. F.	2016	2017	Diferencia
C	21-mar	3-mar	19
F	12-abr	21-mar	23
I	30-abr	10-abr	20

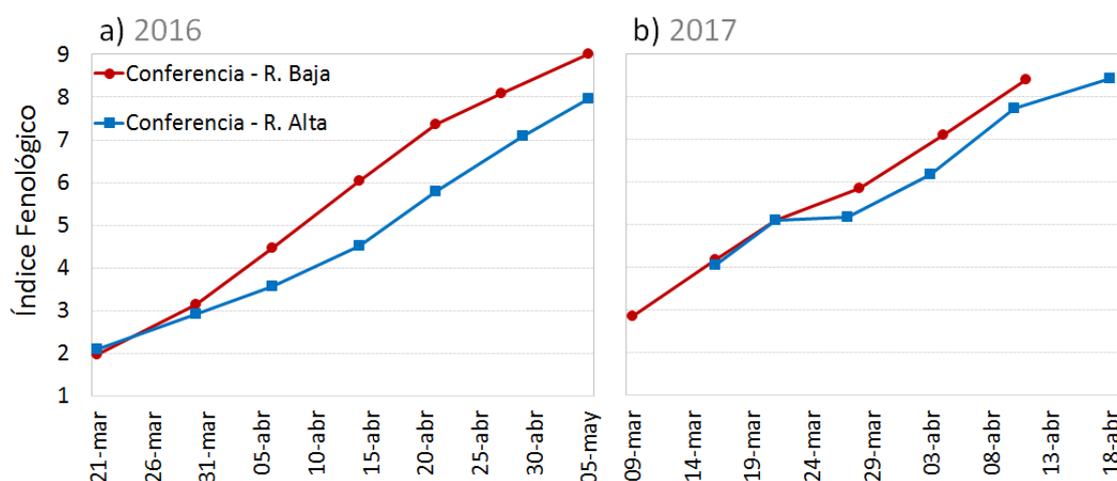
En el *Cuadro 10* se indican las fechas medias de floración de peral de los últimos diez años en las zonas de estudio. En este cuadro se aprecia con mayor claridad cómo de diferentes han sido estos dos años entre sí, tanto en la Ribera Baja como en la Ribera Alta. De hecho, ambos registran valores extremos de fechas de floración para el periodo analizado, ya que 2016 fue el año más tardío de todos en alcanzar este estado en ambas regiones, mientras que 2017 ha sido el más temprano. Esto se indica en el apartado de máximas y mínimas, donde la máxima coincide con el año 2016 (más tardío), y la mínima con el 2017 (más temprano). Tal y como se ha descrito en los antecedentes, cuanto más fríos y precoces sean los inviernos y más cálidas y precoces las primaveras, antes y más agrupadamente ocurre la brotación (Agustí, 2004).

Cuadro 10. Fechas medias de floración de peral

Año	R. Baja	R. Alta	Diferencia
2007	08-abr	16-abr	8
2008	01-abr	02-abr	1
2009	26-mar	02-abr	7
2010	07-abr	15-abr	8
2011	02-abr	05-abr	3
2012	31-mar	08-abr	8
2013	08-abr	10-abr	2
2014	29-mar	02-abr	4
2015	08-abr	11-abr	3
2016	09-abr	17-abr	8
2017	21-mar	21-mar	0
Media	02-abr	07-abr	5
Min	21-mar	21-mar	1
Max	09-abr	17-abr	8

Para comparar entre la zona cálida (Ribera Baja) y la fresca (Ribera Alta) en la *Figura 4* se representa gráficamente el seguimiento fenológico de Conferencia, porque se tienen datos de su evolución en las dos regiones. Los gráficos muestran que los diferentes estados fenológicos se alcanzan de forma más agrupada entre las dos zonas en 2017. Esto podría explicarse porque cuanto más fríos son los inviernos y más cálidas las primaveras, las diferencias entre zonas o parcelas tienden a reducirse.

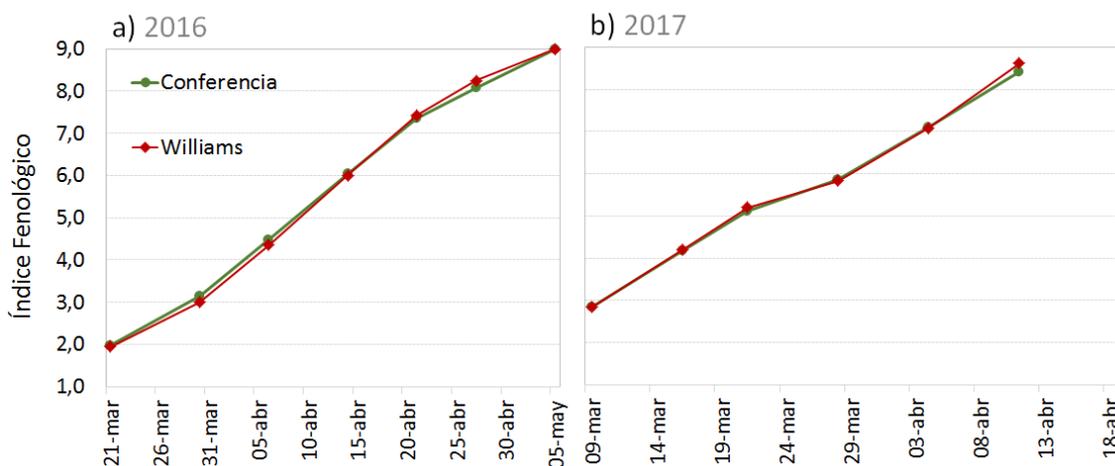
Figura 4. Evolución fenológica de ‘Conferencia’ en la Ribera Baja y en la Ribera Alta (2016 y 2017)



En lo que se refiere a variedades, ‘Conferencia’ y ‘Williams’ han tenido una evolución muy similar desde el principio hasta el final del ciclo en los dos años. En la *Figura 5* se representa gráficamente la evolución fenológica de las dos variedades en la Ribera Baja,

ya que en la Ribera Alta no había parcelas de esta variedad (Conferencia se cultiva sin polinizadores de forma generalizada en esa zona). En los gráficos se observa que tanto en 2016 como en 2017 las dos variedades alcanzan los diferentes estados fenológicos prácticamente en las mismas fechas.

Figura 5. Evolución fenológica de las diferentes variedades de peral en la Ribera Baja (2016 y 2017)



4.2.2. Manzano

En el *Cuadro 11* se muestran las fechas medias en las que las diferentes parcelas de manzano alcanzaron los estados fenológicos ‘C’, ‘F’, e ‘I’ en 2016 y 2017. Al hacer la comparación entre estos dos años ocurre lo mismo que en el caso del peral, que en 2017 se alcanzan los diferentes estados fenológicos varios días antes que en 2016. Esto es achacable a lo ya comentado en este mismo punto del apartado anterior. Sin embargo, la diferencia en este caso es algo menor, rondando los 16 días de media.

Cuadro 11. Fechas medias de ocurrencia de los estados fenológicos ‘C’, ‘F’ e ‘I’ de manzano (2016 y 2017)

E. F.	2016	2017	Diferencia
C	25-mar	9-mar	16
F	17-abr	3-abr	15
I	7-may	20-abr	18

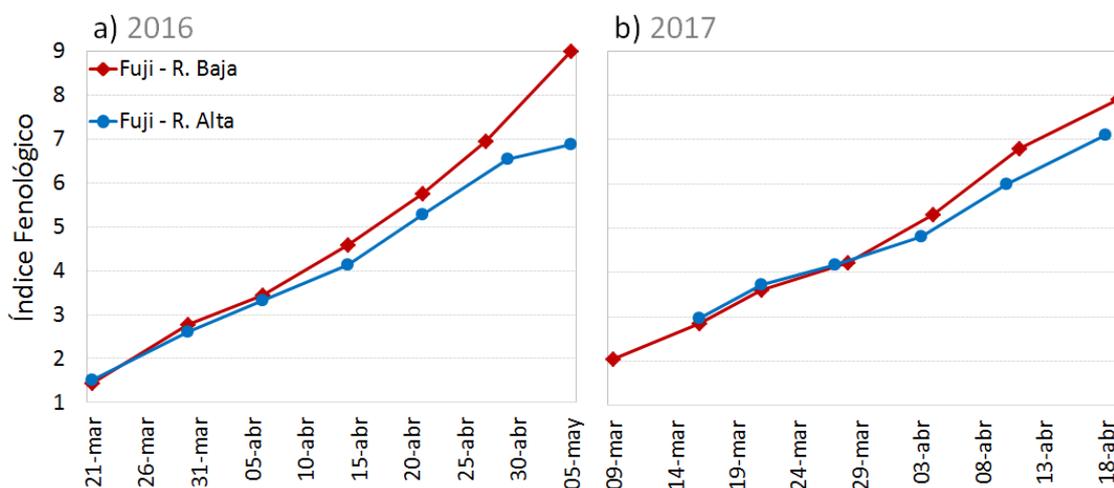
En el *Cuadro 12* se muestran las fechas medias de floración de manzano de los últimos diez años en la zona y ocurre exactamente lo mismo que en el caso del peral: en los años de estudio se registran valores extremos, máximos en 2016 y mínimos en 2017.

Cuadro 12. Fechas medias de floración de manzano

Año	R. Baja	R. Alta	Diferencia
2007	10-abr	20-abr	10
2008	04-abr	14-abr	10
2009	04-abr	12-abr	8
2010	11-abr	20-abr	9
2011	04-abr	14-abr	10
2012	06-abr	20-abr	14
2013	13-abr	16-abr	3
2014	02-abr	08-abr	6
2015	10-abr	18-abr	8
2016	15-abr	20-abr	5
2017	30-mar	04-abr	5
Media	07-abr	15-abr	9
Min	30-mar	04-abr	3
Max	15-abr	20-abr	14

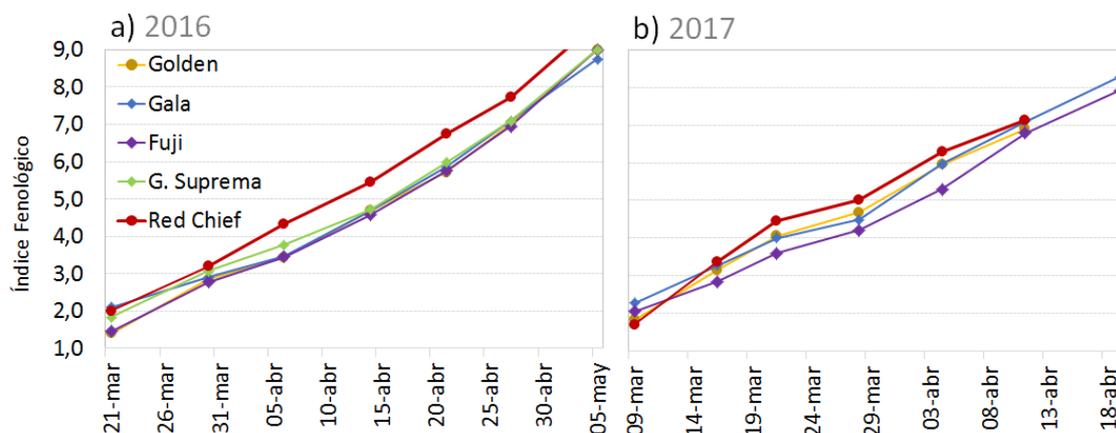
Para hacer la comparación entre Ribera Baja y Ribera Alta se tiene en cuenta la variedad ‘Fuji’, ya que es la única de la que se disponen datos en ambas zonas. En la *Figura 6* se representa gráficamente el seguimiento fenológico de dicha variedad en la Ribera Alta y en la Ribera Baja para los años 2016 y 2017. Como se muestra en el gráfico y al igual que en el caso del peral, hay menos diferencia entre zonas en 2017 que en 2016, y se podría explicar por las mismas razones que las ya expuestas en el peral.

Figura 6. Representación gráfica de la evolución fenológica de ‘Fuji’ en la Ribera Baja y en la Ribera Alta (2016 y 2017)



En cuanto a variedades, ‘Red Chief’ es la más adelantada tanto en 2016 como en 2017, si bien es cierto que en 2017 comienza el ciclo con un poco de retraso con respecto al resto. En 2016 ‘Golden’, ‘Gala’, ‘Fuji’ y ‘G. Suprema’ completaron un ciclo muy parecido en cuanto a fechas de ocurrencia, sobre todo a partir de floración, ya que hasta este momento ‘G. Suprema’ fue un par de días por delante al resto. En 2017 sin embargo, no se ha dado un desarrollo tan uniforme, habiendo entre una variedad y otra una diferencia de entre dos y cuatro días conformando el siguiente orden de más temprana a más tardía: ‘Red Chief’, ‘Golden’, ‘Gala’, ‘Fuji’. En la *Figura 7* se representa gráficamente la evolución fenológica de las diferentes variedades de manzano para 2016 y 2017, de nuevo tan solo en la Ribera Baja.

Figura 7. Representación gráfica de la evolución fenológica de las diferentes variedades de manzano en la Ribera Baja (2016 y 2017)



4.3. Meteorología durante la época de floración

En la *Figura 8* se representan gráficamente los valores diarios de horas por encima de 10°C, temperatura mínima y precipitación durante las épocas de floración de manzano y peral de 2016. Además, se indican con una línea (verde para el peral y roja para el manzano) los días en los que se llevaron a cabo los procesos de floración-fecundación de cada especie en cada zona.

En la Ribera Alta, la floración del peral comenzó con un pequeño descenso de las temperaturas, seguido por un ascenso progresivo de las mismas hasta situarse en medias de 14–15°C, de forma que se superaban los 10°C durante la mayor parte del día, viéndose muy favorecida de este modo la actividad de las abejas. A partir de este momento, y tras dos días consecutivos de bajadas leves de temperaturas, los valores volvieron a situarse en torno a la media, creando generalmente unas condiciones favorables para la polinización-fecundación del peral. Al final del proceso se produjo un descenso moderado de las temperaturas, acompañado de varios días de precipitación, pero tan solo en dos de esos días se alcanzaron valores de lluvia capaces de afectar al

vuelo de las abejas ($> 5 \text{ l/m}^2$), y fueron días alternos, por lo que la actividad de las abejas se vería escasamente afectada en el conjunto del periodo.

La situación fue algo mejor en la Ribera Baja, donde a excepción del 8 de abril, todo el resto de días del proceso de floración del peral hubo como mínimo 10 horas al día por encima de 10°C , viéndose estos valores superados la mayoría de los días. Además, prácticamente no hubo precipitaciones, solo se superó la medida que se establece como perjudicial para el vuelo de los insectos el 4 de abril, momento en el que las parcelas más precoces iniciaban la floración.

Las fechas de floración de peral y manzano en 2016 fueron bastante parecidas, por lo que las condiciones meteorológicas durante este proceso también lo fueron. Aunque es cierto que los 5 – 6 días que hubo de diferencia entre una especie y otra crearon ligeros cambios en la situación de cada una.

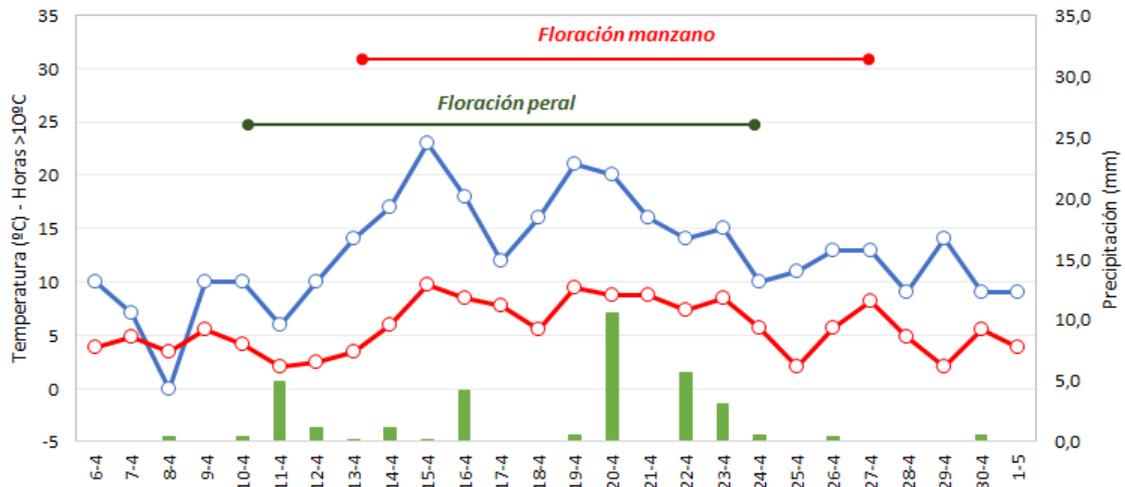
La bajada de temperaturas registrada al final de la floración del peral en la Ribera Alta coincidió con el momento de plena floración de la mayoría de parcelas de manzano, y a partir de ahí la polinización-fecundación de esta especie estuvo marcada por temperaturas ligeramente más bajas, pero superando igualmente los 10°C una media de 10 horas al día. Es también en este momento cuando se producen varios días alternos de precipitación, sin demasiada importancia aparente.

En la Ribera Alta sin embargo, las temperaturas fueron algo superiores durante la floración del manzano que durante la del peral, exceptuando dos días concretos de ligeras bajadas, y no llovió prácticamente nada hasta el final del proceso, donde se registran valores de precipitación durante tres días seguidos pero tan solo uno relevante.

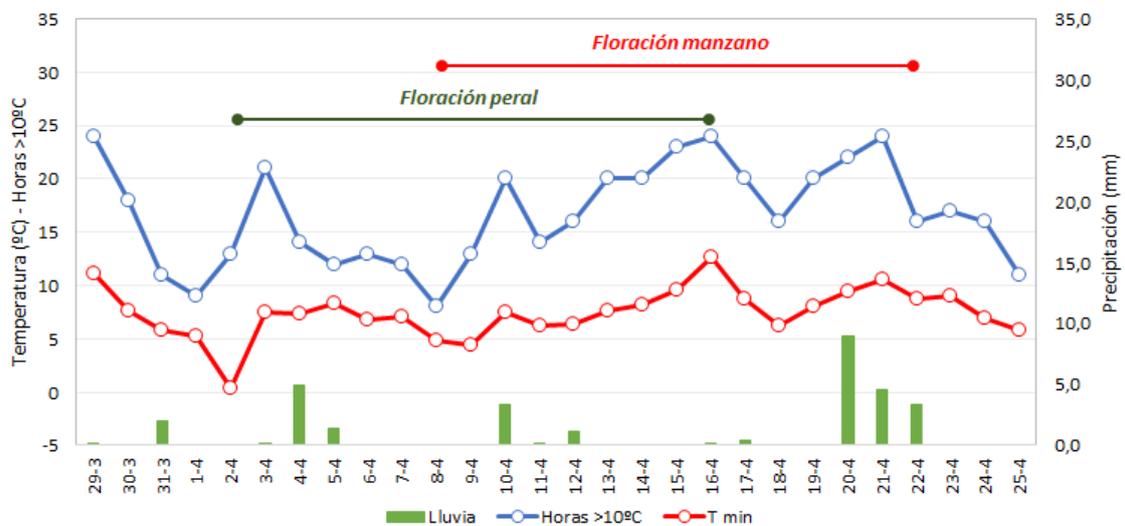
En general, la meteorología durante la época de floración de ambos cultivos en 2016 se puede calificar como moderadamente favorable tanto en la Ribera Alta como en la Ribera Baja, con temperaturas generalmente adecuadas durante todos los procesos, sin heladas y sin precipitaciones intensas continuadas. De todos modos, cabe destacar que la situación fue algo mejor en la zona cálida que en la zona fresca, especialmente para el manzano.

Figura 8. Valores diarios de horas por encima de 10°C, temperatura mínima y precipitación (2016)

a) Ribera Alta



b) Ribera Baja



En la *Figura 9* se representan gráficamente los mismos datos meteorológicos que en la figura anterior, pero esta vez durante las épocas de floración de manzano y peral de 2017. En la Ribera Alta, la floración del peral comenzó con un régimen de temperaturas muy adecuado, con una media de alrededor de 15 horas al día por encima de los 10°C. Hacia la mitad del periodo de floración, la situación cambió drásticamente: las temperaturas bajaron intensamente durante varios días seguidos, llegándose incluso registrarse heladas el 24 de marzo. Además, un día después se registró el dato de precipitación más intenso de todo el ciclo, con un valor de más de 20 l/m². Por lo demás fue un periodo libre de precipitaciones.

La situación fue prácticamente la misma en la Ribera Baja, solo que en esta zona no se llegaron a registrar heladas. La evolución de la temperatura fue muy similar a la descrita en la Ribera Alta, pero hubo un mayor número de días con lluvia que en la Ribera Alta durante el periodo de temperaturas decrecientes. Además, el 25 de marzo las precipitaciones superaron los 20 l/m².

El inicio de floración del manzano en la Ribera Alta estuvo marcado por una constante subida de temperaturas, hasta alcanzar la media diaria de 14°C el 31 de marzo. A partir de ahí se produjo una variación moderada de las temperaturas, con subidas y bajadas cada 2 – 3 días aproximadamente, pero siempre superando las 10 horas al día por encima de los 10°C. En este proceso no hubo apenas ni un solo día de lluvias, con lo que en general las condiciones se pueden calificar como adecuadas.

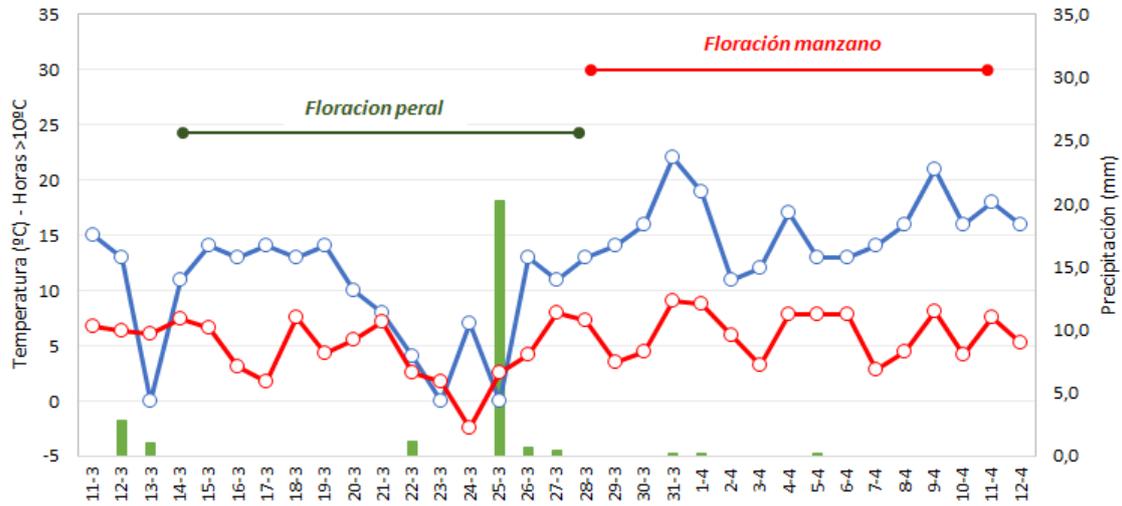
En la Ribera Baja la situación fue diferente, ya que la floración del manzano se adelantó unos 6 días respecto a la zona más fresca, y su inicio coincidió con los días de temperaturas muy bajas y precipitación alta del final de la floración del peral. Sin embargo, a partir de ese momento las temperaturas subieron considerablemente y la segunda mitad del proceso fue prácticamente igual que en la Ribera alta, pero con algún día suelto de lluvias de escasa consideración. En conjunto la meteorología fue más favorable que en el caso del peral.

En 2017 la floración del peral y la del manzano ocurrieron con varios días más de separación que en 2016, por eso las situaciones fueron bastante diferentes. Tal y como afirma Hoffman (1962 citado por Soltész, 1996), después de mucho tiempo sin llover, una lluvia de más de 12 mm puede retrasar la floración. Esto posiblemente influyó en que la floración del manzano se retrasase tanto con respecto de la del peral en comparación con el año anterior, después de las precipitaciones registradas el 25 de marzo.

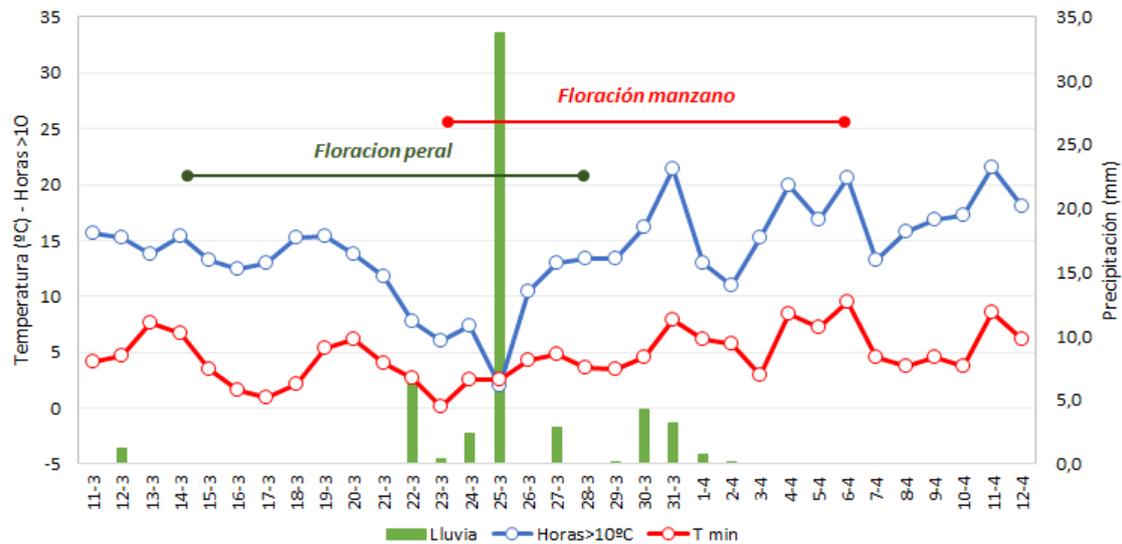
Con todo esto, se puede decir que el peral tuvo unas condiciones iniciales favorables, y desfavorables para las parcelas más tardías en ambas zonas, mientras que para el manzano fueron en general favorables en la Ribera Alta y moderadamente desfavorables inicialmente en la Baja.

Figura 9. Valores diarios de horas por encima de 10°C, temperatura mínima y precipitación (2017)

a) Ribera Alta



b) Ribera Baja



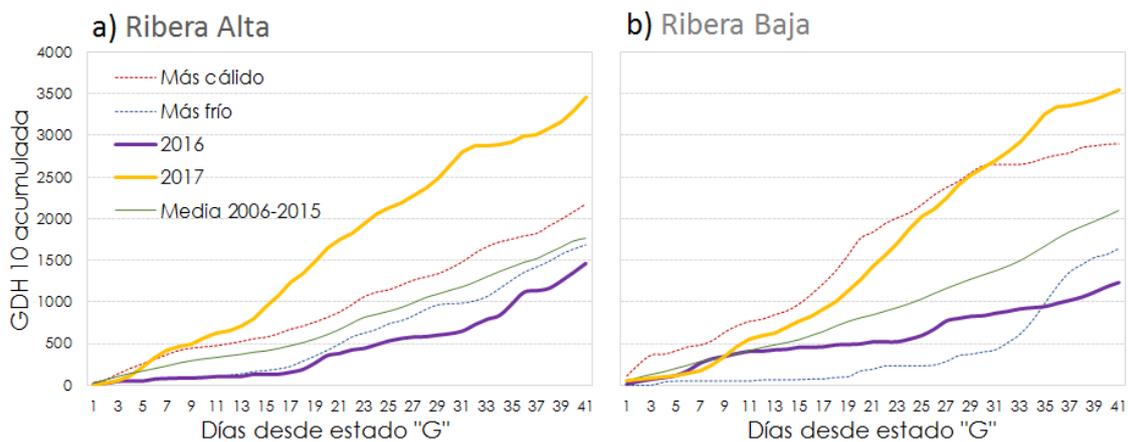
4.4. Meteorología durante la época de crecimiento inicial de los frutos

En la *Figura 10* se representan gráficamente los valores de acumulación de integral térmica (GDH_{10}) del peral en la Ribera Alta y en la Ribera Baja a partir de floración durante los años 2016 y 2017, junto con los valores del año más cálido, el más frío y la media de los últimos diez años.

Al igual que en la acumulación de calor para llegar a floración, en la acumulación durante la época de crecimiento inicial de los frutos 2016 y 2017 fueron años muy diferentes, siendo el primero un año muy fresco y el segundo uno excesivamente cálido. En la *Figura 10a* se aprecia como la acumulación de calor en 2016 estuvo por debajo del año más fresco en la Ribera Alta, mientras que en 2017 se acumuló casi el doble que el año más cálido registrado en la zona.

En la Ribera Baja (*Figura 10b*) los valores de acumulación de los dos años fueron prácticamente iguales a los de la zona fresca, pero se aprecia como en esta zona un año de tanto calor no es tan extraño, ya que la línea de 2017 es muy semejante a la de los años más cálidos en la zona. Cabe destacar que este año en esta zona obtuvo valores muy bajos durante los primeros 10 días tras de floración, coincidiendo con el periodo fresco descrito en el apartado anterior.

Figura 10. GDH_{10} acumulados a partir de floración en peral

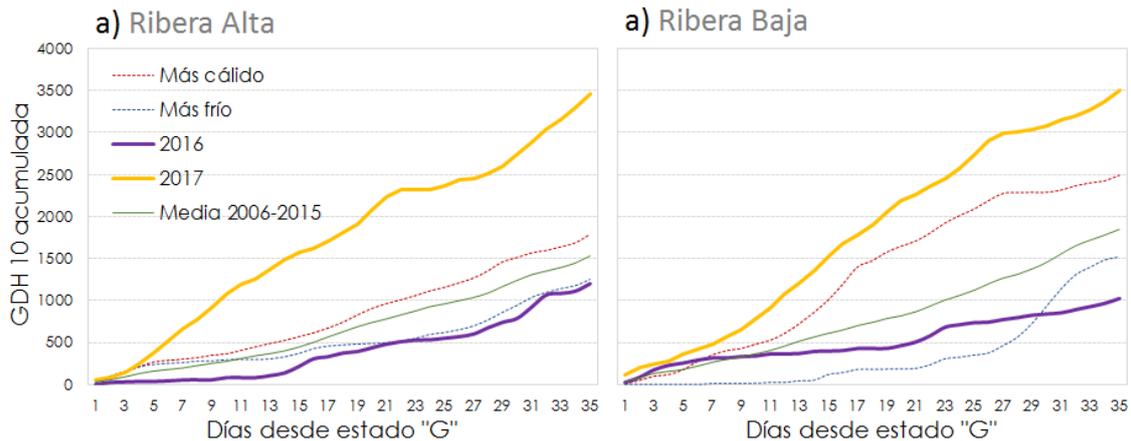


En la *Figura 11* se representan la integral térmica desde floración para el manzano. Como se aprecia en los gráficos, se trata de una situación muy parecida a la ya comentada del peral. Cabe destacar que la acumulación de calor durante los primeros días después de la floración del manzano en la Ribera Baja fue algo mayor que en peral.

En términos generales, 2016 fue un año con unas características meteorológicas muy desfavorables durante la época del crecimiento inicial de los frutos, con temperaturas muy bajas, que perjudicarían a la división celular durante los primeros días de

crecimiento, y por ello favorecer caídas posteriores por frutos insuficientemente desarrollados y con poca capacidad sumidero. Sin embargo, en 2017 esta fase se desarrolló bajo unas condiciones climáticas muy cálidas, con temperaturas muy por encima de la media de los últimos diez años, que podrían acelerar las caídas al estimular la competencia inicial entre frutos y con los brotes.

Figura 11. GDH₁₀ acumulados a partir de floración en manzano



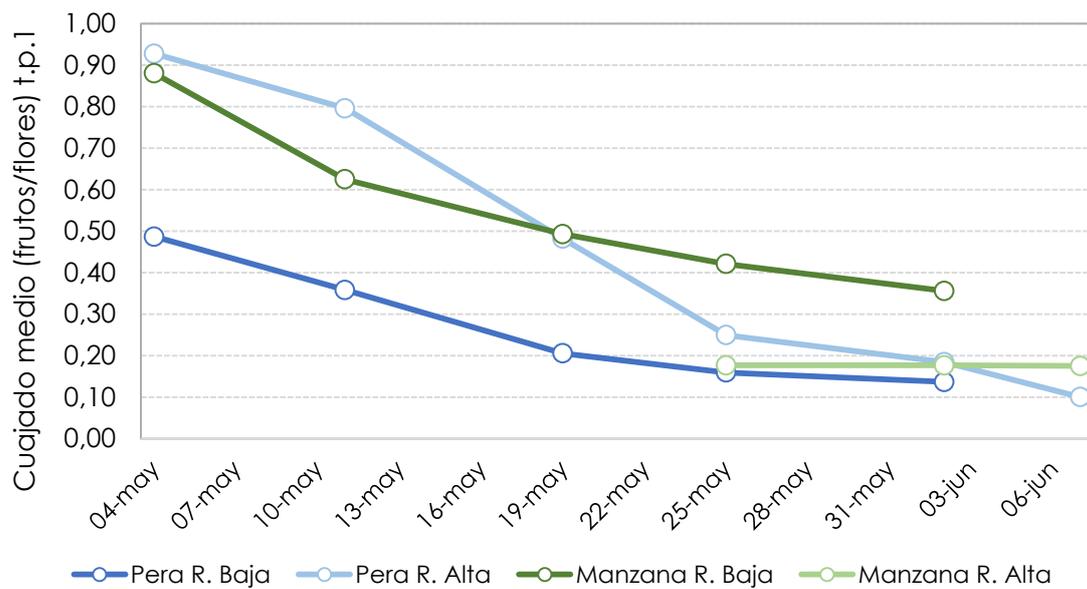
4.5. Evolución del cuajado

Cuando los frutos tienen de media 8 mm no es posible determinar a simple vista el cuajado real porque en esa época todavía permanecen en los corimbos flores no fecundadas o frutos cuyos embriones han abortado pero que no se diferencian de los que van a evolucionar normalmente ni por el tamaño, ni por su aspecto exterior. Además, las flores o frutos recién fecundados que no encuentran las condiciones favorables durante los días siguientes a la fecundación, se desprenden por el punto de inserción del pedúnculo. Si las caídas se mantienen dentro de unos límites, se consideran naturales, ya que si la floración es normal, la planta no es capaz de desarrollar suficientemente todos los frutos. Sin embargo, en condiciones climáticas desfavorables, la tasa de cuajado adecuada para alcanzar una cosecha normal (producción potencial) puede verse afectada (Royo y cols., 2009). En este trabajo, la valoración del cuajado se realiza una vez finalizada la caída de frutos, momento en el que la mayoría de frutos sobrepasó los 25 mm de diámetro.

En la *Figura 12* se representa gráficamente la evolución del cuajado expresado como número de frutos por flores (t.p.1), desde inmediatamente después de la fecundación hasta una vez finalizada la caída de frutos conocida como “caída de junio”. En el gráfico se aprecia cómo tanto para peral como para manzano, y tanto en la Ribera Baja como en la Ribera Alta, la tasa de cuajado disminuye considerablemente a medida que avanzan los días. Tal y como se ha descrito en el apartado anterior, las condiciones

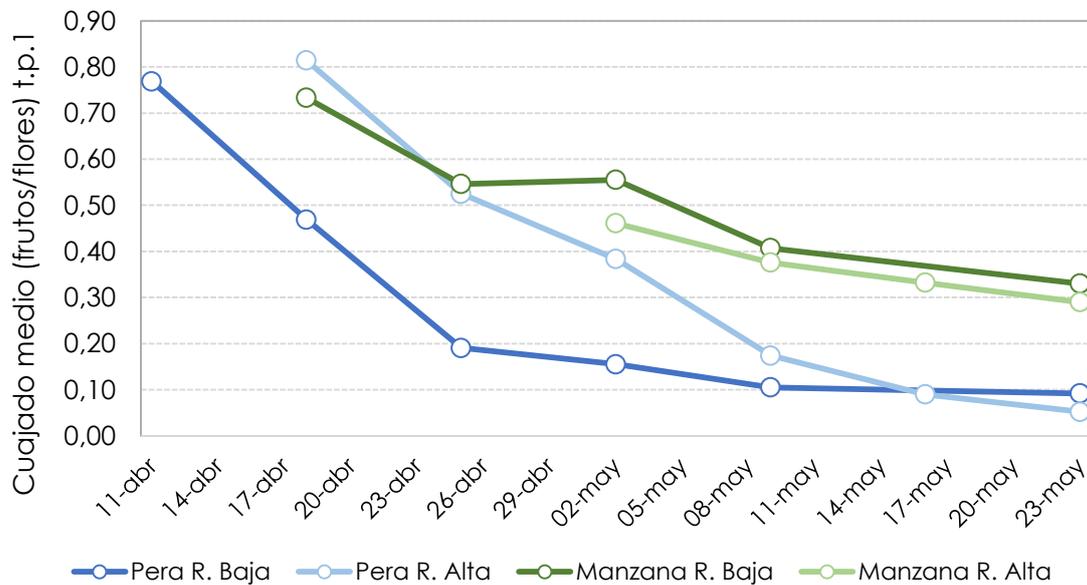
meteorológicas durante la fase inicial del crecimiento de los frutos en 2016 fueron muy desfavorables, y muy probablemente éste es el motivo por el que una gran cantidad de frutos recién fecundados se desprendieron, al cesar su desarrollo por tener un crecimiento inicial muy lento, con lo que su capacidad de atraer recursos sería escasa. Esta condición no afectó tanto al manzano en la Ribera Baja, que como se ve en el gráfico obtuvo valores bastante superiores de cuajado que el resto de especies.

Figura 12. Evolución del cuajado (frutos/flores) de peral y manzano en 2016



En la *Figura 13* se representa del mismo modo la evolución del cuajado en el año 2017, y se aprecia como la tendencia es muy similar al año anterior: los valores de cuajado descienden de forma constante con el paso de los días, y a un ritmo muy parecido al de 2016 y al final del ciclo el manzano tiene valores de cuajado superiores. Sin embargo, este año las condiciones meteorológicas durante la época de crecimiento inicial de los frutos fueron muy favorables, y en este caso las caídas intensas podrían achacarse a una mayor competencia inicial entre los frutos, y a que las condiciones durante la época de fecundación fueron peores que en 2016.

Figura 13. Evolución del cuajado (frutos/flores) de peral y manzano en 2017



Con todo esto, y comparando ambas figuras, se aprecia como los valores de cuajado una vez terminada la caída de frutos son muy similares globalmente en los dos años de estudio. Sin embargo, se puede apreciar como por ejemplo en peral en la Ribera Baja el cuajado comienza siendo mayor en 2017 pero luego se registran más caídas de frutos. Esto es probablemente debido a que muchos de los frutos contabilizados como cuajados al principio, resultaron ser flores no fecundadas o frutos cuyos embriones acabaron abortando por consecuencia de las condiciones meteorológicas en la época de floración-fecundación. En 2016 sin embargo, es posible que la mayoría de frutos contabilizados como cuajados en un principio estuvieran realmente bien fecundados, ya que las condiciones en la época de fecundación fueron favorables, pero como consecuencia del frío en la época de división celular, muchos de estos frutos terminaron cayendo.

4.6. Valoración del cuajado

A la hora calificar el cuajado de cada parcela, y con el objetivo de hacerlo de una forma más sencilla, éstas se han dividido en tres grandes grupos: por un lado las de pera ‘Conferencia’, por otro lado las de ‘Williams’ y por último las parcelas de manzano.

En el *Cuadro 13* se indican la calificación del nivel de carga, las flores por corimbo, el porcentaje de heladas, los frutos de 25 mm por corimbo, el porcentaje real y estimado de corimbos fértiles y la calificación del cuajado de cada parcela de ‘Conferencia’ para los años 2016 y 2017. Dicha calificación del cuajado se realiza en base a la metodología desarrollada por Miranda y Royo (2003 y 2004) anteriormente descrita en el apartado de material y métodos. Por otro lado, el número de flores por corimbo sirve para hacerse una idea de la calidad de flor, considerándose una calidad buena por encima de las 7 flores por corimbo en peral y las 4,5 en manzano.

A grandes rasgos en el cuadro se aprecia que, tal y como se ha comentado en el apartado anterior, el cuajado es muy parecido en los dos años y en las dos zonas. En la Ribera Baja, todas las parcelas que tienen un cuajado ‘Malo’ excepto una son de 2017, probablemente por el mal tiempo durante la época de floración, y la que pertenece a 2016 tiene un nivel de carga ‘Justo’ y una calidad de flor bastante baja.

En la Ribera Alta se puede ver que de las cuatro parcelas en las que se observaron flores heladas tan solo una tiene un cuajado ‘Malo’. Esto puede que sea porque en las otras tres parcelas se aplicó ácido giberélico para fomentar la partenocarpia y de este modo tratar de salvar la cosecha.

Cuadro 13. Características y calificación del cuajado de las parcelas de ‘Conferencia’

Zona	Parcela	Año	Calificación del nivel de carga	Fl/Cbo	Heladas (%)	Fr/Cbo 25 mm	Cuajado tras la caída de junio (fr 25 mm)		
							% Cbos Fértiles		Calificación
							Real	Estimado	
R. Baja	CF_AP01	2016	Justo	5,63	0	1,3	55,5	55	Justo
		2017	Muy alto	5,45	0	1,3	66	47	Justo
	CF_VA01	2016	Muy alto	6,43	0	1,2	48,3	45,9	Justo
		2017	Muy alto	7,2	0	1,2	31,7	43,6	Malo
	CF_CB01	2016	Muy alto	6,3	0	1,6	64,1	51,4	Justo
		2017	Justo	7,48	0	1,2	60	58,6	Malo
	CF_LR01	2016	Muy alto	7,17	0	1,8	58,9	57,4	Justo
		2017	Muy alto	6,29	0	1,6	60,4	60,6	Justo
	CF_AS01	2016	Justo	6,13	0	1,6	47,6	64,4	Malo
		2017	Muy alto	7,69	0	1,6	47,8	53,8	Justo
CF_OR01	2016	Justo	7,1	0	1,8	64,6	61,3	Justo	
	2017	Justo	7,05	0	1,4	31,9	61,4	Malo	
R. Alta	CF_BA01	2016	Justo	6,48	0	1,8	73,9	64,5	Justo
		2017	Muy alto	6,89	32	1,7	63,5	58,2	Justo
	CF_LI01	2016	Justo	6,55	0	2,1	73,2	61,9	Bueno
		2017	Muy alto	7,13	100	1,7	43,4	47,7	Justo
	CF_AR01	2016	Justo	5,25	0	2	61,1	64,2	Justo
		2017	Justo	6,37	98	1	9,1	64,8	Malo
	CF_LS01	2016	Muy alto	6,62	0	1,6	26	46,4	Malo
		2017	Muy alto	7	13	1,7	25,6	34,2	Justo

En el *Cuadro 14* se indican los mismos datos que en el anterior pero para las parcelas de ‘Williams’. En este caso, se aprecia con claridad que el cuajado en 2017 fue peor, ya que todas las parcelas tienen este año una calificación de cuajado ‘Malo’. Es posible que las precipitaciones registradas en la Ribera Baja (donde se encuentran todas las parcelas de ‘Williams’) al final de floración tuvieran una gran repercusión en esta variedad, ya que la lluvia intensa durante el periodo de floración no sólo reduce la actividad polinizadora al impedir el vuelo de las abejas, si no que también limpia el aire de polen y arrastra el polen de los estigmas diluyendo las secreciones estigmáticas.

Cuadro 14. Características y calificación del cuajado de las parcelas de ‘Williams’

Zona	Parcela	Año	Calificación del nivel de carga	Fr/Cbo	Heladas (%)	Fr/Cbo 25 mm	Cuajado tras la caída de junio (fr 25 mm)		
							% Cbos Fértiles		Calificación
							Real	Estimado	
R. Baja	WI_AP01	2016	Muy alto	5,84	0	1,4	49,4	54,1	Justo
		2017	Justo	4,7	0	1,1	38,8	61,4	Malo
	WI_CB01	2016	Justo	5,61	0	1,9	61,9	53,8	Bueno
		2017	Muy bajo	6,61	0	1,8	54,1	80	Malo
	WI_LR01	2016	Muy alto	4,75	0	1,2	54,5	57,3	Justo
		2017	Muy alto	6,1	0	1,1	40,7	57,2	Malo
	WI_VA01	2016	Justo	5,75	0	1,2	57,3	60,7	Justo
		2017	Muy alto	5,33	0	1,2	43,6	56,1	Malo

Por último, en el *Cuadro 15* aparecen las mismas características que en los dos cuadros anteriores, pero esta vez para las variedades ‘Golden’, ‘Fuji’, ‘Gala’ y ‘Red Chief’ de manzano.

Se aprecia que el cuajado para el manzano ha sido en general bastante mejor que el de pera. Prácticamente todas las parcelas tienen un cuajado ‘Bueno’. Esto posiblemente es debido por un lado a que las condiciones meteorológicas de la época de crecimiento inicial de los frutos de 2016 no afectaron tanto a esta especie, y por otro lado, a que las condiciones durante la época de floración en 2017 fueron mejores para el manzano que para el peral.

Además, en las únicas parcelas en las que la calificación del cuajado no es buena, se aprecia un nivel de carga ‘Bajo’ y ‘Muy bajo’, con lo que es muy probable que estos dos aspectos estén relacionados.

Cuadro 15. Características y calificación del cuajado de las parcelas de manzano

Variedad	Zona	Parcela	Año	Calificación del nivel de carga	Fl/Cbo	Heladas (%)	Fr/Cbo 25 mm	Cuajado tras la caída de junio (fr 25 mm)		
								% Cbos Fértiles		Calificación
								Real	Estimado	
Golden	R. Baja	GD_AP02	2016	Bajo	4,12	0	1,8	76,3	54,5	Bueno
			2017	Bajo	4,25	0	2	79,3	64,5	Bueno
	GD_VA01	2016	Justo	3,83	0	1,8	78,2	49,7	Bueno	
		2017	Justo	4,12	0	2,2	87,6	43,8	Bueno	
Fuji	R. Baja	FU_OR01	2016	Justo	4,92	0	4,6	67,5	88	Bueno
			2017	Justo	4,81	0	3,3	59,9	49,1	Bueno
	R. Alta	FU_AL01	2016	Bajo	4,77	0	1,5	64,7	98,1	Malo
			2017	Bajo	5,45	0	2,1	79,5	68,2	Bueno
Gala	R. Baja	GA_VA01	2016	Justo	5,16	0	2,6	69,1	47,6	Bueno
			2017	Bajo	5	0	2,6	75,3	61,9	Bueno
		GA_OR01	2016	Justo	5,91	0	3,2	76,1	88,2	Bueno
			2017	Justo	4,92	0	2,3	72,1	45,4	Bueno
Red Chief	R. Baja	RC_AP01	2016	Justo	5,17	0	1,8	69,4	41,5	Bueno
			2017	Muy bajo	5,24	0	2	71,9	90	Justo

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta que los resultados se refieren sólo a dos años de estudio, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En las condiciones del presente estudio, la fecha en la que una variedad de manzano, o peral alcanzaba un determinado estado fenológico ha resultado estar más influenciada por la integral térmica acumulada durante el año que por la situación geográfica de la finca.
- Dentro del Valle Alto del Ebro pueden llegar a producirse diferencias muy importantes en la época de ocurrencia de los estados fenológicos. Entre años, el ciclo puede adelantarse hasta tres semanas en los años más cálidos respecto a los más frescos. En cambio, las diferencias entre las zonas más frescas y cálidas un mismo año son como máximo de 7-10 días.
- Las condiciones climáticas desfavorables durante la época de floración o la fase de crecimiento inicial de los frutos pueden perjudicar al cuajado de las parcelas de forma más intensa si estas están en peores condiciones como baja floración o mala calidad de sus flores.
- Los resultados de este trabajo pueden representar una ayuda muy importante para deducir el estado fenológico de una época anterior a la fecha de la visita de una determinada finca, o para estimar los riesgos productivos de carácter climatológico en una zona si se dispone de información climatológica suficiente.

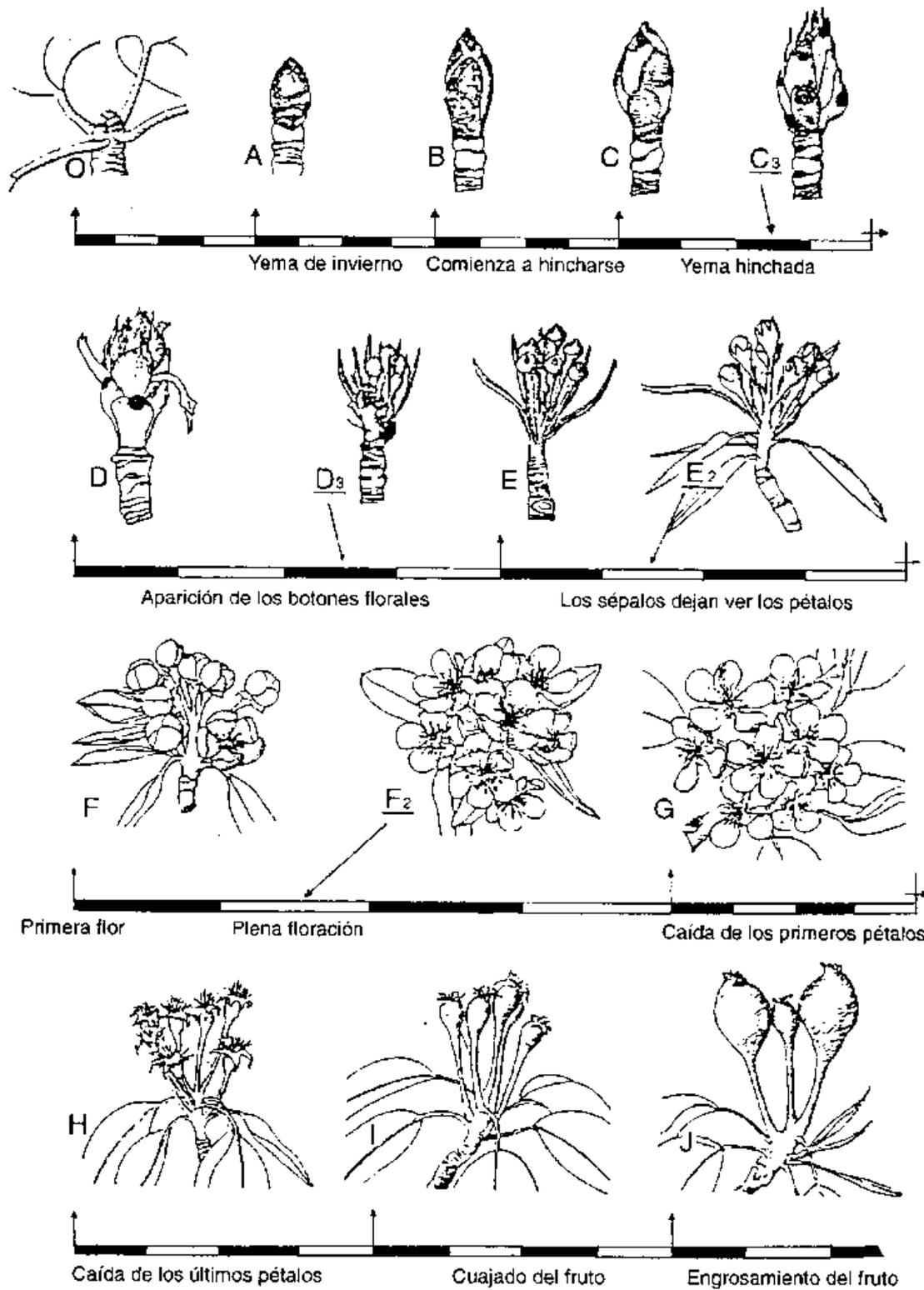
6. Bibliografía

- Agustí, M. (2004). *Fruticultura*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. Madrid: Mundi-Prensa Libros.
- Baldini, E. (1992). *Arboricultura general*. Madrid: Mundi-Prensa Libros.
- Coutanceau, M. (1970). *Fruticultura: técnica y economía de los cultivos de rosáceas leñosas productoras de frutas*. Oikos-Tau.
- Ferree, D. C. (1989). Influence of orchard management systems on spur quality, light and fruit within the canopy of “Golden Delicious” apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114(6), 869–875.
- Fleckinger, J. (1965). *Stades repérés des Pomacées. Les champignons parasites des arbres fruitiers a pepins*. Coll. G.: Viennot-Bourginn, I.
- Fleckinger, J. (1967). *Les stades repérés. Les champignons parasites des arbres fruitiers a noyau*. Coll. G.: Viennot-Bourginn, II.
- Gil-Albert, F. (1989). *Tratado de arboricultura frutal* (Vol. I). Madrid: Mundi-Prensa Libros.
- Kozma, P., Nyéki, J., Soltész, M., & Szabó, Z. (2003). *Floral biology, pollination and fertilisation in temperate zone fruit species and grape. Floral Biology : Pollination and Fertilisation in Temperate Zone Fruit Species and Grape*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Kramer, S., Achuricht, R., & Firedrich, G. (1982). *Fruticultura*. Mexico: Compañía Editorial Continental.
- MAGRAMA. (2012). *Encuesta sobre plantaciones frutales, olivar y uva de mesa*. Madrid: Secretaría General Técnica - Centro de Publicaciones.
- MAPAMA. (2016a). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos: resultados nacionales y autonómicos 2016*. Madrid: Secretaría General Técnica - Centro de Publicaciones.
- MAPAMA. (2016b). *Estadística anual de superficies y producciones de cultivos*. Madrid: Secretaría General Técnica - Centro de Publicaciones.
- Mayor, B. (2011). *Evolución fenológica de las principales especies de frutales en el Valle del Ebro*. Universidad Pública de Navarra.
- Miranda, C., & Royo, J. B. (2003). Statistical model estimates potential yields in pear cultivars “Blanquilla” and “Conference” before bloom. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(4), 452–457.
- Miranda, C., & Royo, J. B. (2004). Statistical Model Estimates Potential Yields in ‘ Golden Delicious ’ and ‘ Royal Gala ’ Apples before Bloom. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(1), 20–25.

- Miranda, C., Santesteban, L. G., & Royo, J. B. (2010). Evaluación del tamaño de las lamburdas como indicador de la calidad floral y la capacidad productiva en peral “ Conferencia ” ., 385–389.
- Nyéki, J., & Soltész, M. (1996). Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Richardson, E. A., Seeley, S. D., & Walker, D. R. (1974). A model for estimating the completion of rest for “Redhaven” and “Elberta” peach trees. *HortScience*, 9, 331–332.
- Rom, C., & Barrit, B. (1987). Management of apple fruiting and shading of spurs and shoots on spur performance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111, 352–356.
- Royo, J. B., Miranda, C., Santesteban, L. G., & Laquidain, M. J. (2009). Estudio de la evolución fenológica y del cuajado de frutales de pepita del Valle del Ebro durante el año 2009. *Revista de Fruticultura*, 2, 13–24.
- Sanzol, J., & Herrero, M. (2001). The “effective pollination period” in fruit trees. *Scientia Horticulturae*, 90(1–2), 1–17.
- Williams, R. R. (1965). The effect of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. *Journal of Horticultural Science*, 40, 31–41.

Anejo I

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL PERAL (Según Fleckinger)



ESTADOS FENOLÓGICOS DEL MANZANO
(Según Fleckinger)

