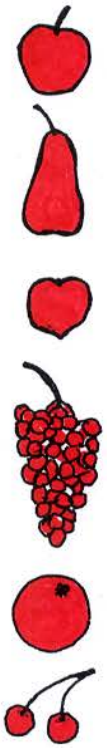
MONOGRAFÍAS DE FRUTICULTURA

N.º 6

LA FRUCTIFICACIÓN DE LOS FRUTALES

VALERO URBINA VALLEJO



LA FRUCTIFICACIÓN DE LOS FRUTALES

MONOGRAFÍAS DE FRUTICULTURA: N.º 6

LA FRUCTIFICACIÓN DE LOS FRUTALES

VALERO URBINA VALLEJO

Dr. Ingeniero Agrónomo
Catedrático de E. U. de Fruticultura
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria
Universidad de Lleida

Edita: Paperkite Editorial
Lleida - 2002

© 2002 de la obra: Valero Urbina Vallejo

© 2002 de la presente edición: Paperkite® Editorial

Fecha de edición: diciembre de 2002

Número de edición: 1ª

Imprime: Copitec

I.S.B.N: 84 - 688 - 0655 - 2

Depósito legal: L - 1475 - 2002

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de este libro ni la transmisión de cualquier forma o procedimiento, bien informático, electrónico, fotocopia, registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Paperkite® es una marca comercial registrada de Copistería Técnica S.A.

Para pedidos o suministros: Copistería Técnica S.A.; Vallcalent, 7; 25006 - Lleida
E-mail: copitec@hbgrup.com. Tel.: 973-273232. Fax: 973-273863

Prólogo

El presente libro es continuación de la anterior Monografía n.º 5 de esta misma serie y que tiene por título "Morfología y crecimiento vegetativo de los frutales". Sus capítulos dedicados a la fructificación de los frutales completan el estudio de la morfología y fisiología de las plantas.

Este libro tiene, también, un carácter plenamente docente, y junto con las sucesivas Monografías de la misma serie que irán apareciendo, dedicadas a la influencia del medio ecológico y a la propagación, completarán el programa de la asignatura "Fruticultura General" (de 6 créditos) que actualmente se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de la Universidad de Lleida. Dicho programa tiene su continuación en la asignatura denominada "Tecnología de la Producción Frutal".

Dentro de la materia Fruticultura, el contenido del texto se integra dentro de la parte denominada "Fruticultura General", cuyo estudio es el primer paso para la formación y la especialización profesional en Fruticultura.

Aunque el texto parezca, en un principio, redundante con otras materias básicas, se considera necesario que el estudiante conozca exhaustivamente la biología de las especies frutales, por la importancia que tiene para comprender, posteriormente, otros aspectos de la producción y de la gestión frutícola. Además, la formación universitaria en Fruticultura exige un conocimiento científico y técnico particularizado de los aspectos biológicos que no se adquiere en otras materias del Plan de Estudios, ni tampoco en estudios previos de formación profesional agraria en Fruticultura o con la práctica del trabajo en plantaciones frutales; aunque, evidentemente, la comprensión de los temas será más fácil y rápida para los estudiantes con conocimientos previos que para los profanos en la materia.

Como ya se citó en el prólogo de la Monografía que antecede, se persigue que el estudiante utilice estos textos en sustitución de los extensos apuntes que, en general, está acostumbrado a tomar en clase. Así puede utilizar la clase para afianzar sus conocimientos y aclarar sus dudas sobre el contenido de cada tema, que previamente habrá estudiado en este u otro libro.

El texto trata de ser también una guía docente que presenta al estudiante la materia sistematizada, para que le sirva de metodología y orientación a la hora de abordar el

estudio de la Fruticultura. En su contenido se trata de plasmar el conocimiento generalizado de los diferentes temas de una forma sencilla y fácil de comprender. Se ha evitado, en lo posible, dar referencias a autores y a trabajos de investigación, e incluir excesivos datos.

Asimismo, para facilitar la elaboración y edición del libro sólo se incluyen algunas figuras sencillas y tablas sinópticas, y no se incluyen fotografías para abaratar su coste. Estas deficiencias deben suplirse en las clases al ilustrar cada uno de los temas tratados. Además el estudiante debe completar su conocimiento consultando otros textos y otras fuentes de información, especialmente las revistas científicas y técnicas y los nuevos medios informáticos.

Espero y deseo que este texto sea de utilidad para los estudiantes, así como para todas aquellas personas interesadas en adquirir conocimientos científicos y técnicos básicos sobre Fruticultura.

Lleida, septiembre de 2002.

Valero Urbina

Í N D I C E

Introducción, 11

Capítulo 1. Formación y características de la flor, 13

1. La flor de las especies frutales, **15**
    1.1. Tipos de plantas según el sexo de las flores que producen, **16**
2. Constitución de la yema fructífera, **18**
3. Inducción floral y diferenciación de las partes de la flor, **20**
    3.1. Inducción floral, **20**
    3.2. Época de inducción floral y de iniciación floral, **23**
    3.3. Métodos para estimar la época de iniciación floral, **24**
    3.4. Diferenciación de las partes de la flor, **26**
4. Factores que influyen en la inducción floral, **28**
5. Constitución de la flor y de las inflorescencias, **34**
    5.1. Partes de la flor, **34**
    5.2. Posición del pistilo respecto a los demás órganos de la flor, **36**
    5.3. Inflorescencias, **38**
6. El polen y el óvulo, **38**
    6.1. El polen, **39**
    6.2. El óvulo, **40**
7. Bibliografía, **42**

Actividades prácticas recomendadas, **44**

Cuestionario de evaluación, **46**

Capítulo 2. El proceso de floración, 49

1. La floración de los frutales, **51**
    1.1. Periodo de floración, **51**
    1.2. Época de floración y factores que la afectan, **52**
2. Polinización, **57**
    2.1. Tipos de polinización y sistemas reproductivos, **58**
    2.2. Vectores de la polinización, **59**
    2.3. Periodo efectivo de polinización, **62**
3. Germinación del polen y crecimiento del tubo polínico, **63**
4. Fecundación y formación del embrión, **65**
    4.1. Procesos citogenéticos, **67**
    4.2. Apomixis en frutales, **70**
5. Esterilidad varietal en frutales, **72**
    5.1. Tipos de esterilidad, **73**

6. Factores externos que inciden en el proceso de floración, **77**
7. Empleo de polinizadores, **80**
7.1. Disposición de los polinizadores, **82**
8. Empleo de colmenas, **86**
8.1. Factores que influyen sobre la eficacia polinizadora de las abejas, **87**
9. Bibliografía, **89**
Actividades prácticas recomendadas, **91**
Cuestionario de evaluación, **93**

Capítulo. 3. Desarrollo del fruto y de la semilla, 95
1. Cuajado del fruto, **97**
1.1. Caída de flores y de frutos recién cuajados, **98**
2. Factores que influyen en el cuajado, **99**
3. Partenocarpia, **102**
4. Desarrollo del fruto, **103**
4.1. Fases de la vida de los frutos, **104**
4.2. Crecimiento estacional de los frutos, **107**
4.3. Seguimiento del desarrollo del fruto y previsión de cosecha, **108**
4.4. Productividad, **110**
5. Factores que influyen en el desarrollo del fruto, **111**
5.1. Factores internos, **111**
5.2. Factores externos, **116**
6. Desarrollo de la semilla, **118**
6.1. Fases del desarrollo de la semilla, **119**
7. Caída de frutos, **121**
7.1. Tipos de caídas, **123**
8. Vecería o alternancia de fructificación, **125**
9. Bibliografía, **127**
Actividades prácticas recomendadas, **129**
Cuestionario de evaluación, **131**

Capítulo. 4. Características de los frutos, 133
1. Tipos de frutos, **135**
1.1. Tipos principales, **136**
2. Características básicas de los frutos, **140**
2.1. Xenia y otras influencias, **141**
2.2. Caracterización morfológica, **142**
3. Forma del fruto, **143**
3.1. Factores que influyen en la forma del fruto, **144**

4. Tamaño y densidad del fruto, **145**
5. Color del fruto, **147**
5.1. Factores que influyen en el color del fruto, **147**
6. Composición química de los frutos, **149**
7. Bibliografía, **153**
Actividades prácticas recomendadas, **155**
Cuestionario de evaluación, **156**

Capítulo. 5. Maduración de los frutos, 157
1. El proceso de maduración del fruto, **159**
1.1. Estados de madurez, **160**
1.2. Senescencia, **161**
2. Cambios en el fruto durante la maduración, **162**
3. Factores que influyen en la maduración, **166**
4. Índices de madurez, **168**
4.1. Clasificación de los índices, **170**
5. Principales índices de madurez, **172**
5.1. Índices tradicionales y variables extrínsecas, **173**
5.2. Color de fondo y de superficie de la piel, **174**
5.3. Dureza de la pulpa, **176**
5.4. Contenido de almidón, **178**
5.5. Índice refractométrico, **179**
5.6. Acidez titulable, **180**
5.7. Otros índices e índices compuestos, **181**
6. Bibliografía, **182**
Actividades prácticas recomendadas, **184**
Cuestionario de evaluación, **186**

Capítulo. 6. Calidad de los frutos, 187
1. La calidad de la producción frutal, **189**
1.1. Definición de calidad, **190**
1.2. Importancia de la calidad, **191**
1.3. Tendencias sobre calidad de la producción, **193**
2. Factores que influyen en la calidad, **197**
3. Criterios y medida de la calidad, **200**
3.1. Medida de la calidad, **201**
3.2. Índices específicos de calidad, **202**
4. Calidad reglamentada y contractual, **204**
4.1. Normas de calidad, **204**

4.2. Denominaciones protegidas, **206**
4.3. Producción integrada, **209**
4.4. Producción ecológica, **211**
4.5. Calidad contractual, **213**
5. Calidad organoléptica o sensorial, **214**
6. Calidad nutritiva y sanitaria, **215**
7. Interacciones entre productividad, calidad y rentabilidad, **217**
8. Bibliografía, **219**
Actividades prácticas recomendadas, **221**
Cuestionario de evaluación, **223**

Introducción

La fructificación es el proceso más importante que se lleva a cabo en una plantación frutal, ya que su finalidad es producir frutos.

Las diferentes etapas de la fructificación integran el denominado ciclo reproductivo de la planta. Este tiene su inicio con el proceso de inducción floral que dará lugar a la formación de las flores y finaliza con la madurez del fruto y, consiguientemente, de las semillas.

En la mayoría de las especies frutales el ciclo reproductivo abarca más de un año o campaña, al tener lugar la inducción floral el año anterior al que se producen los frutos. Así las flores se inician en las yemas formadas en el ciclo vegetativo anterior, pasan el reposo invernal y al siguiente año, junto con el nuevo ciclo vegetativo, se desarrolla el ciclo fructífero que dará origen a la producción frutal.

El ciclo fructífero comprende cuatro etapas características: desborre, floración, desarrollo del fruto y maduración. Todos estos aspectos del ciclo fructífero, junto con la inducción floral y el desarrollo de las flores, serán tratados en los diferentes temas del libro.

El estudio de la fructificación de los frutales dentro de la "Fruticultura General" requiere abordar los aspectos morfológicos de los órganos implicados desde una perspectiva general y tratar, también de forma general, los diferentes procesos fisiológicos que se llevan a cabo en la planta para conseguir los frutos.

Como ya se ha citado en el Prólogo, este libro es continuación de la Monografía n.º 5 de esta misma serie. Su contenido se ha estructurado, también, en capítulos, que son la continuación de los temas de morfología y fisiología de los frutales del programa de la asignatura "Fruticultura General", impartida bajo esta denominación y con contenidos similares en la mayor parte de las Escuelas de Ingeniería Agraria.

Se comienza tratando en el capítulo primero la formación y las características de la flor en las especies frutales, haciendo especial hincapié en el proceso de inducción floral. La constitución de la flor será tratada brevemente para que sirva de recordatorio y de base a la hora de afrontar el proceso de floración.

En el segundo capítulo se estudian las fases sucesivas que acontecen a lo largo del proceso de floración, haciendo referencia a los factores que las afectan. También se comentan las formas de incidir sobre la polinización en plantaciones frutales.

El tercer capítulo trata sobre el desarrollo del fruto y de la semilla. Se hace especial referencia al cuajado del fruto. Luego se estudian las diferentes fases del desarrollo del fruto y la semilla, los factores que influyen en el desarrollo, las caídas de frutos y, finalmente, el efecto de la vecería.

El capítulo cuarto recoge los tipos de frutos, su constitución y sus características. Se hace referencia a los factores que influyen sobre las características tratadas.

En el capítulo quinto se estudia la maduración de los frutos. Se trata el proceso de maduración y los factores que influyen en el mismo. Luego se hace referencia a los diferentes índices de madurez y a su determinación.

Finalmente, en el capítulo sexto se trata la calidad de los frutos. Se hace referencia al concepto de calidad y a los factores que influyen en la misma. Luego se analizan los diferentes criterios de calidad y se comentan aspectos particulares de diferentes estrategias productivo-comerciales fundamentadas en la calidad de los frutos.

En cada capítulo se refleja una bibliografía básica recomendada, que en muchos casos se repite en otros capítulos por lo que se indican las páginas concretas a revisar. Asimismo, se reflejan algunas referencias bibliográficas específicas que son interesantes para ampliar temas concretos tratados en el texto.

Al final de cada capítulo se proponen una serie de actividades prácticas, recomendadas para comprender mejor los conceptos estudiados y completar la formación con el conocimiento de la realidad de los frutales. Asimismo, con estas actividades prácticas se trata de capacitar al estudiante para que pueda afrontar el estudio de otros aspectos de la Fruticultura con unos conocimientos prácticos suficientes.

También al final de cada capítulo se plantea un cuestionario de autoevaluación en el que se recogen los aspectos más importantes del tema, y que puede servir al estudiante como referencia para contrastar sus conocimientos.

1

FORMACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA FLOR

1. La flor de las especies frutales.
2. Constitución de la yema fructífera.
3. Inducción floral y diferenciación de las partes de la flor.
4. Factores que influyen en la inducción floral.
5. Constitución de la flor y de las inflorescencias.
6. El polen y el óvulo.
7. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. La flor de las especies frutales

Los frutales como todas las plantas con flores pertenecen al grupo de los espermatófitos (fanerógamas). La flor puede asimilarse a un conjunto de hojas (esporofilos) que llevan los órganos morfológicos fundamentales de los órganos reproductores (esporangios). Estos son: los macroesporangios o primordios seminales recubiertos de una envoltura y los microesporangios o sacos polínicos. De esta forma los esporofilos se diferencian, según los esporángios que portan, en: megaesporofilos o carpelos y microesporofilos o estambres. Las flores de los espermatófitos sirven en definitiva para la reproducción sexual.

Los espermatófitos se clasifican en dos grandes subdivisiones de plantas:

1) Gimnospermas, en las que los primordios seminales (óvulos) se encuentran desnudos. El polen cae directamente en las inmediaciones del óvulo, germina penetrando en el óvulo y da lugar a la fecundación. Es el caso del pino piñonero.

2) Angiospermas, las cuales tienen siempre los primordios seminales (óvulos) encerrados dentro de un recipiente formado por hojas carpelares denominado ovario. El polen debe ser captado por el estigma y desarrolla un tubo polínico por el estilo hasta el ovario para dar lugar a fecundación. Los primordios seminales se convertirán en semillas, y el ovario, sólo o con otras partes florales, se convertirá en fruto. Entre estas plantas, y a su vez dentro de la clase de las monocotiledoneas, se encuentran, prácticamente, la totalidad de las especies frutales.

Como ya se ha citado, los frutales deben formar flores para que luego se transformen en frutos, siendo ésta su finalidad en la plantación. De nada servirá tener unas plantas bien desarrolladas vegetativamente si no fructifican.

A partir de la transformación de diferentes órganos de la flor, y en algún caso de un conjunto de flores (inflorescencia), se originarán los frutos. Asimismo, las flores servirán para que se lleve a cabo la reproducción sexual de las plantas y producir las semillas, lo que es condición previa, en muchos casos, para que se desarrollen los frutos, y, evidentemente, en el caso de los frutos secos ya que su aprovechamiento son las semillas.

Las flores se forman a partir de meristemos en las yemas apicales o axilares del tallo, dando lugar a las yemas fructíferas, y, por lo tanto, a los diferentes ramos

fructíferos, según las especies. Tanto el meristemo terminal de la yema como los de las axilas de las brácteas y hojas primordiales pueden formar flores, originando bien una flor solitaria o bien una inflorescencia, según las especies.

La flor consiste en un eje relativamente corto en el que se insieren el resto de las partes florales. Este eje constituirá un pedúnculo que en su parte distal forma el receptáculo floral (o tálamo), el cual puede tomar diversas formas. Sobre el receptáculo se insieren las partes florales estériles, que son los sépalos (cáliz) y los pétalos (corola), y las partes fértiles o reproductoras, que son los estambres (androceo) y los carpelos (gineceo o pistilo).

Dependiendo de las especies, las partes de la flor tienen diferentes formas y tamaños. Tanto en el caso de producir flores solitarias como de inflorescencias, las características de las flores presentan grandes diferencias entre los grupos de especies. Por lo que es preciso particularizar algún aspecto estudiado a especies concretas, aunque en el texto la floración se trata de forma genérica.

1.1. Tipos de plantas según el sexo de las flores que producen

Las flores de los espermatófitos pueden ser unisexuales y hermafroditas, según contengan sólo micro o megaesporofilos, o bien contengan los dos tipos juntos. Las angiospermas más primitivas tienen principalmente flores hermafroditas, lo que unido a que en las flores unisexuales se encuentran rudimentos del sexo opuesto y que el paso de flores hermafroditas a unisexuales ha sido determinado, en muchos casos, por una transformación secundaria de flores entomógamas en anemógamas, hace que deban considerarse más primitivas las flores hermafroditas que las unisexuales. No obstante la polinización mediante insectos (entomófila) también ha originado adaptaciones importantes en los órganos de la flor, en su proceso evolutivo.

Según el sexo de las flores producidas, las plantas se clasifican en los siguientes tipos, tal como se resumen en la Tabla 1.1:

a) Hermafroditas. Las flores de la planta son bisexuales. A este tipo pertenecen la mayoría los frutales.

b) Monoicas. Cada una de las plantas presenta a la vez flores unisexuales masculinas y femeninas. A este tipo pertenecen gran parte de los frutales de frutos secos,

como el nogal, el avellano, el pacano y el pino piñonero. También algunas moreras.

c) Dioicas. Las plantas presentan flores unisexuales masculinas o femeninas en individuos distintos, dando lugar a plantas macho y a plantas hembra. A este tipo pertenecen el pistacho, el algarrobo, el kiwi, la palmera datilera, el caqui (en general) y la mayoría de las moreras.

d) Polígamas y de otros tipos. Las plantas presentan flores hermafroditas y unisexuales distribuidas de modo variable. Algunos casos de esta distribución son:

- Andromonoicas. Con flores masculinas y bisexuales en el mismo individuo.
- Ginodioicas. Presentan individuos con flores femeninas o con flores bisexuales.
- Trioicas. Presentan individuos con flores masculinas o femeninas o bisexuales.

A este tipo de polígamas pertenece el caqui (en algún caso), el aguacate, el mango y el algarrobo (trioica).

Tabla 1.1. Tipos de plantas según el sexo de las flores que producen.

TIPO	INDIVIDUOS	ESPECIES
Hermafroditas	(⚥)	La mayoría de los frutales
Monoicas	(♂ ♀)	Nogal, avellano, pacano, pino piñonero
Dioicas	(♂) (♀)	Pistacho, algarrobo, kiwi, caqui, palmera datilera, morera
Polígamas	(♀ ♂ ⚥)	Caqui, aguacate, mango
Andromonoicas	(♂ ⚥)	
Ginodioicas	(♀) (⚥)	Caqui
Trioicas	(♀) (♂) (⚥)	Algarrobo

2. Constitución de la yema fructífera

Las yemas fructíferas son las yemas portadoras de flores, por eso se denominan comúnmente yemas de flor o yemas florales.

Según la clasificación de las yemas que se expone en el capítulo 3 de la Monografía anterior (n.º 5) de esta misma serie, las yemas fructíferas pueden ser de dos tipos:

1) Yemas sólo de flor. Dan origen a una flor o una inflorescencia. También pueden dar origen a varias hojas, pero no a brotes. Se presentan por ejemplo en melocotonero y albaricoquero con flores solitarias, y en cerezo y ciruelo con una inflorescencia de dos a cuatro flores, según los casos.

2) Yemas mixtas: dan origen a una flor o inflorescencia y también originan uno o más brotes. Dependiendo de la especie presentan una estructura más o menos compleja. En el caso del peral y manzano se asientan en el eje caulinar de la yema una serie de primordios foliares y las brácteas, en cuyas axilas y en la posición terminal se forman los primordios de flor; formándose, también, por debajo de ellos uno o dos primordios vegetativos que dan lugar a brotes. En otros casos, como la vid y el caqui, el ápice del eje caulinar de la yema permanece siendo un primordio vegetativo, asentándose las flores o las inflorescencias en la base de este eje.

Como ejemplo de ambos tipos de yemas puede verse, esquemáticamente, en las Figuras 1.1 y 1.2 la constitución de una yema de flor de melocotonero y de cerezo, respectivamente, y su evolución; y en la Figura 1.3 la constitución de una yema mixta de manzano y su evolución.

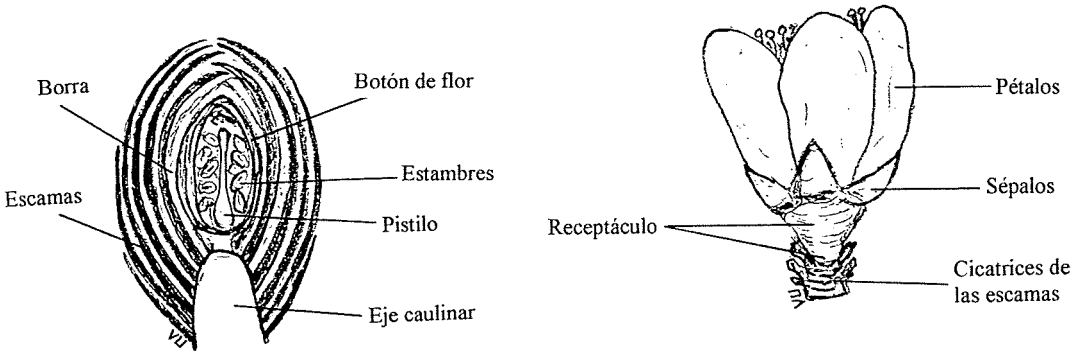


Figura 1.1. Constitución una yema de flor de melocotonero y su evolución.

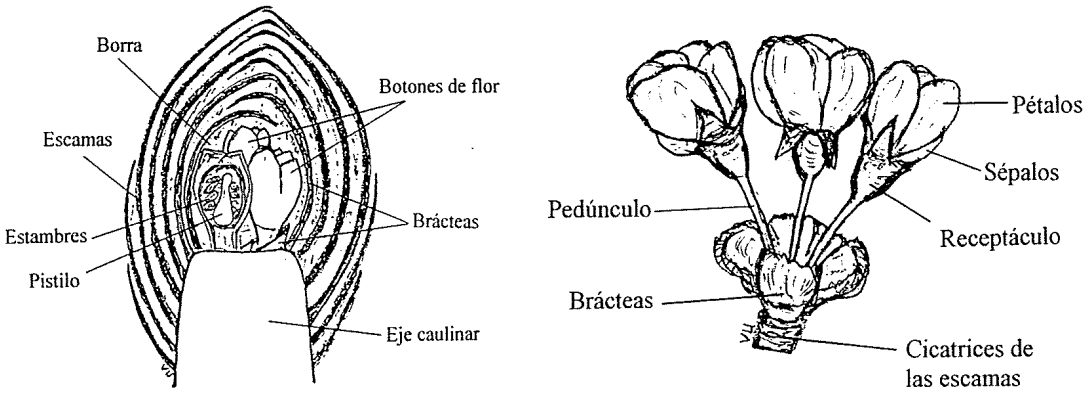


Figura 1.2. Constitución una yema de flor de cerezo y su evolución.

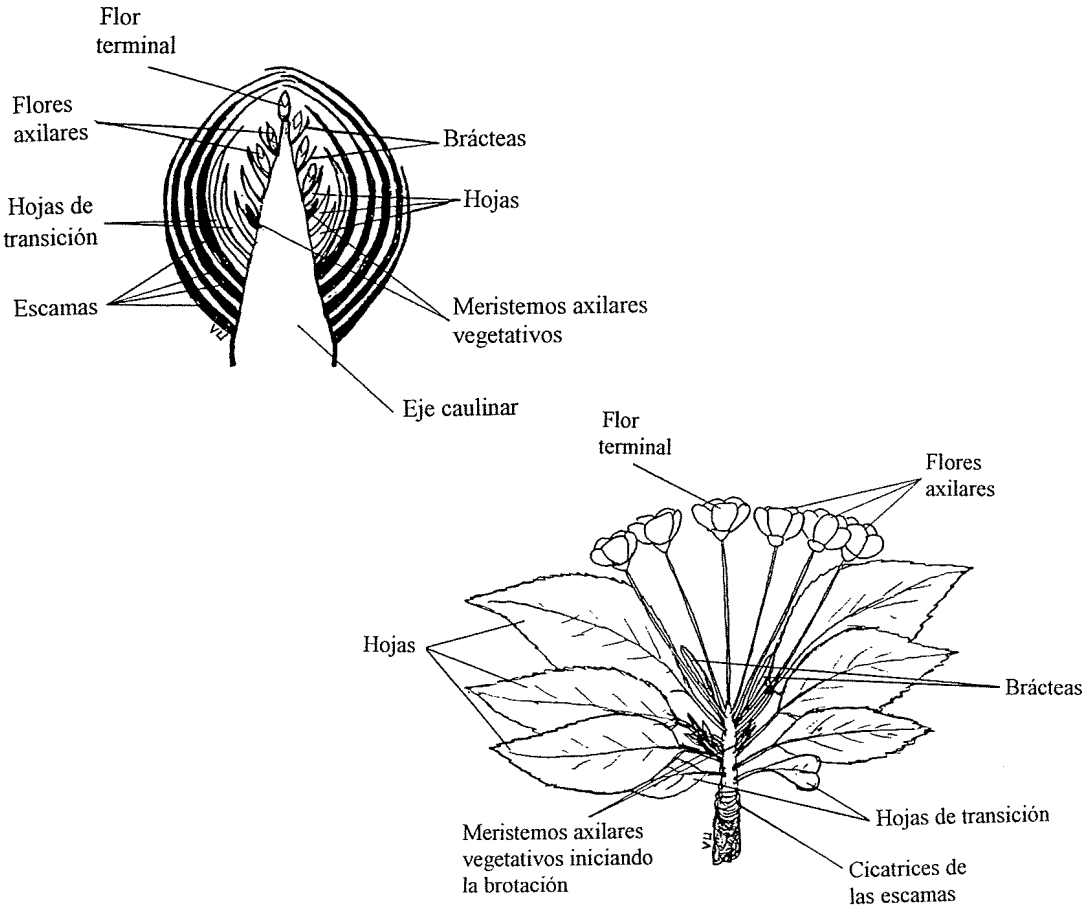


Figura 1.3. Constitución de una yema mixta de manzano y su evolución.

3. Inducción floral y diferenciación de las partes de la flor

La formación de flores en las plantas tiene lugar mediante dos procesos: el proceso de inducción floral que da origen a la flor y el proceso de diferenciación floral mediante el cual se diferencian las partes de la flor hasta constituir sus órganos reproductivos.

3.1. Inducción floral

La inducción floral es el proceso que se lleva a cabo en el meristemo o los meristemos de una yema para dar lugar al inicio de la formación del primordio de una flor o de una inflorescencia.

En este proceso ocurren una serie de transformaciones en la yema que la diferencian morfológicamente de una yema vegetativa. Se dice, entonces, que ha tenido lugar la iniciación floral, originándose una yema floral o fructífera.

En algunos textos se utilizan indistintamente y con el mismo sentido los términos: inducción e iniciación floral. No obstante, para evitar confusiones debe denominarse inducción floral al proceso fisiológico e iniciación a un estado en dicho proceso en el cual ya es patente la diferenciación morfológica del meristemo vegetativo.

La forma diferenciada de la yema consiste, en general, en la variación de la forma del ápice meristemático, que pasa de ser apuntada a ser más o menos redonda, comenzando a presentar en su centro una depresión o concavidad que le da forma de copa, en cuyo extremo tiene lugar la aparición de los primordios de los sépalos. Posteriormente se formarán los primordios de los pétalos y de los otros elementos de la flor. Este cambio morfológico puede detectarse visualmente con microscopio mediante la disección de la yema.

En la Figura 1.4 se representa, esquemáticamente, el cambio de forma en un meristemo lo que determina el momento en que se produce la iniciación floral.

En el caso de las yemas mixtas de peral y manzano el primer estado de la iniciación floral se producirá en el meristemo apical de la yema, siendo la flor terminal la primera en iniciarse. A partir de ese momento se produce también la iniciación de las otras flores

en las axilas de los primordios recién formados de las brácteas. Asimismo, se inicia el crecimiento de los meristemos axilares que darán origen a los primordios de los brotes.

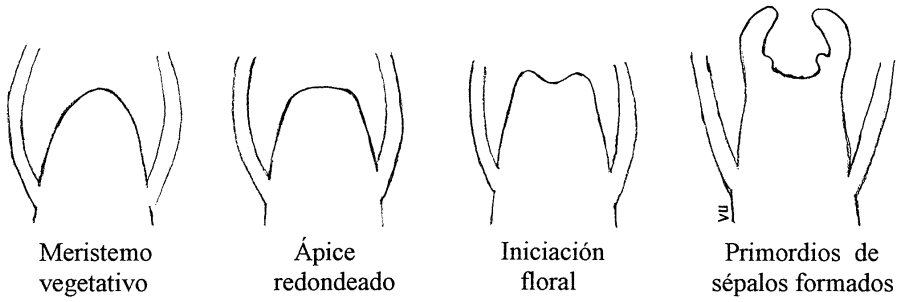


Figura 1.4. Cámbio de forma en el meristemo con la iniciación floral.

Durante el proceso de inducción floral se van produciendo en las yemas una serie de cambios fisiológicos que conducen a la formación de las flores. Se han postulado varias hipótesis y se han realizado numerosos trabajos para explicar el mecanismo de inducción floral, pero los resultados obtenidos no son concluyentes y en ciertos casos son contradictorios.

Los mecanismos del proceso no son aún bien conocidos, aunque se sabe que es un proceso complejo sobre el que intervienen factores genéticos, hormonales, nutricionales y ambientales, principalmente.

Parece ser que todas las yemas son inicialmente vegetativas, sin que sus meristemos se diferencien morfológicamente, y que necesitan recibir el estímulo del proceso de inducción para la formación de las flores. No obstante en las especies de Prunus se presentan en la axila de las hojas varias yemas, en las que la central siempre es vegetativa y las laterales (normalmente dos) son de flor, lo que hace pensar que en este caso las yemas ya tienen desde su origen el carácter floral o vegetativo; pero esta situación no es generalizable a otros casos y, además, no se ha encontrado esa distinción inicial en las yemas. Tanto en este caso como en otros, todos los meristemos presentan inicialmente sobre su eje idénticos primordios de naturaleza foliar.

El proceso de inducción floral se divide en dos fases, según se representa en la Figura 1.5. Estas fases son:

1) Fase reversible, durante la cual si se modifican las condiciones que determinan el desarrollo del proceso no tiene lugar la iniciación floral, y la yema continúa con su carácter vegetativo.

2) Fase irreversible, durante la cual, aunque se modifiquen las condiciones, el proceso de inducción continúa dando lugar a la iniciación floral; pero puede que el desarrollo fisiológico de las partes diferenciadas sea anormal, dando origen a abortos, malformaciones y transformaciones de los órganos, como es el caso de la formación de filodias (o flores vegetativas) en peral, al transformarse total o parcialmente las partes de la flor en pequeños foliolos de color verde.

Las irregularidades en la formación de los órganos de la flor no son sólo achacables a sucesos producidos durante la inducción floral, sino que, mayormente, deben atribuirse a problemas surgidos durante el proceso de diferenciación morfológica de sus órganos.

La época en que se desarrolla el proceso de inducción y tiene lugar la iniciación floral en las diferentes especies se ha determinado en base a los numerosos trabajos realizados. Se ha visto que la época es diferente entre las variedades de una misma especie y que presenta variaciones según la posición de las yemas; además está muy influido por las condiciones tanto internas como externas de la planta.

La duración concreta del proceso es desconocida. En su estudio se ha constatado que además de los cambios morfológicos producidos en las yemas como consecuencia del proceso se producen cambios histológicos en la constitución celular de los tejidos, cambios en el plastocrono o tiempo en que tardan en formarse los diferentes primordios vegetativos (escamas y brácteas) presentes en la yema, y cambios bioquímicos, como variación en la concentración de hormonas y de hidratos de carbono, síntesis de proteínas, etc. Se tiene la certeza de que el proceso de inducción comienza varias semanas antes de producirse el cambio morfológico que manifiesta el inicio de la formación de la flor.

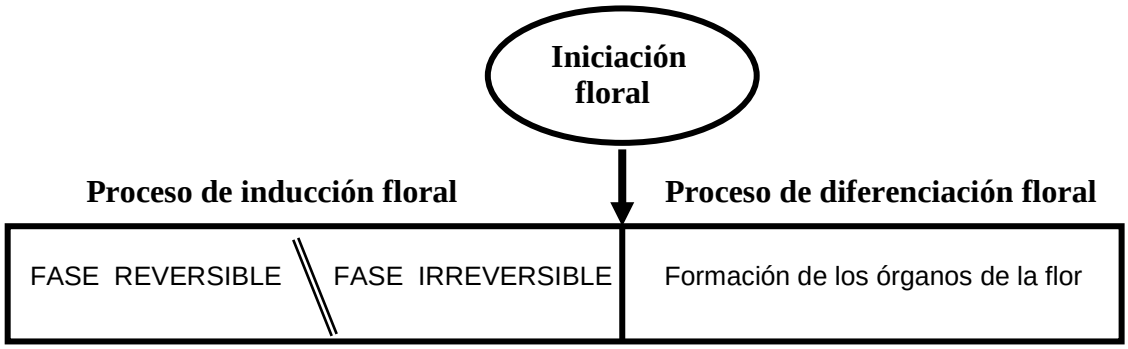


Figura 1.5. Procesos de inducción y diferenciación floral.

3.2. Época de inducción y de iniciación floral

La época en que se desarrolla el proceso de inducción, que dará lugar a la iniciación floral, es una característica específica y varietal; encontrándose diferencias acusadas entre las variedades e incluso entre la iniciación de flores masculinas y femeninas en plantas monoicas y dioicas.

Además puede haber diferencias importantes según sea la posición de las yemas en el brote y según las características del futuro ramo originado. Por último, la época de inducción también puede verse alterada por las condiciones internas o fisiológicas de la planta y por las condiciones externas o ambientales, lo que origina que haya variaciones de unos años a otros.

La inducción comienza antes sobre las ramificaciones débiles que sobre las vigorosas. Las yemas formadas sobre brotes cortos potencialmente fructíferos (brotación de dardos y brotes sobre bolsas en peral y manzano, sucesión de ramilletes de mayo en frutales de hueso, etc.) tienen la inducción antes que las yemas situadas en brotes vigorosos insertos sobre ramas gruesas. Igualmente, la inducción en las yemas próximas al ápice del brote se produce más tarde que en yemas más basales.

En general existe una fecha límite a partir de la cual las yemas no inducidas permanecen definitivamente vegetativas. En peral se sitúa esta fecha entre cien y ciento veinticinco días después de la floración. En melocotonero se siguen produciendo yemas de flor en los crecimientos otoñales de brotes.

Aunque existan las diferencias anteriormente citadas, se puede generalizar y decir que la época en que se produce la iniciación floral en las diferentes especies es la siguiente:

- En frutales de hoja caduca: de mediados de junio, cuando finaliza el crecimiento vegetativo intenso primaveral, a mediados de septiembre del año anterior a la floración. El período es más extenso en el melocotonero que dura todo el verano; en almendro y albaricoquero es más corto y más retrasado y se produce de primeros de agosto a mediados de septiembre; en peral de primeros de julio a mediados de agosto; en manzano de mediados de junio a finales de julio; en arbustos frutales de agosto a mediados de septiembre; y en vid de la segunda mitad de mayo a mediados de junio. Hay excepciones en que se produce el mismo año de la floración, como en membrillero que tiene lugar al final del invierno, en la higuera la iniciación que da

lugar a la segunda cosecha (higos) tiene lugar al inicio del verano, y en las flores femeninas de nogal y pacano al final del invierno e inicio de la primavera.

- En frutales de hoja perenne: al final del otoño y durante el invierno del mismo año en que se produce la floración. En cítricos entre diciembre y enero, desarrollándose sólo un poco antes el proceso de inducción. En olivo en enero y febrero, desarrollándose el proceso de inducción desde el otoño del año anterior o antes. En muchos casos, en las especies de hoja perenne el proceso de inducción suele ser más rápido, y el reposo invernal tiene una incidencia especial en la inducción y diferenciación floral al tener, en general, necesidad de acumular frío para que las partes de la flor se desarrollen correctamente. Hay excepciones como el limonero en la floración otoñal, en que la iniciación floral tiene lugar durante agosto, y además puede tener otras floraciones a lo largo del año.

- En especies tropicales la iniciación puede presentarse en diferentes épocas del año y, normalmente, la floración ocurre a las pocas semanas.

En la explotación frutal deben tenerse muy en cuenta estas épocas si se quiere intervenir sobre los factores que condicionan la inducción y aumentar o controlar de esta forma el potencial de floración. No hay que olvidar que en la mayoría de las especies la inducción floral tiene lugar el año anterior al de la cosecha, y es en ese momento cuanto se predetermina la producción. La actuación deberá realizarse bastantes semanas antes de producirse la iniciación floral, teniendo en cuenta, además, que la respuesta del frutal a las intervenciones es lenta.

3.3. Métodos para estimar la época de iniciación floral

Se han desarrollado varios métodos para estimar la época de iniciación floral, basados en detectar los cambios morfológicos o fisiológicos que se producen en los tejidos meristemáticos antes de la formación de la flor. Normalmente se observan con el microscopio estereoscópico las yemas seccionadas, o bien en el microscopio los cortes seriados de la yema realizados con microtomo y con tinción de los tejidos. También se puede observar si la yema es ya fructífera haciéndola brotar mediante defoliaciones o cortes de los brotes, mediante injerto en patrones vigorosos, etc.

En manzano y peral se ha observado que después de la formación de las escamas protectoras se forman en el eje caulinar unos primordios de hojas y posteriormente de brácteas. Es en la axila de estas brácteas, en la de las hojas más jóvenes, así como en el

extremo del ápice donde se forman los primordios de flor. Se considera, por lo tanto, que al producirse la iniciación en el ápice se produce en el eje caulinar la formación de brácteas en lugar de hojas, como ocurriría de no haber inducción floral y continuar la yema en estado vegetativo. En el momento de producirse las brácteas el plastocrono se reduce considerablemente. Estos sucesos ocurren varias semanas después de la aparición de la primera escama y de haber comenzado el proceso de inducción.

Como ocurre en los demás frutales, la primera diferenciación morfológica en peral y manzano se caracteriza por un aplanamiento del punto de crecimiento del meristemo seguida de una depresión del ápice. La depresión calicina y el crecimiento de los sépalos se originará después de que se haya iniciado la inflorescencia completa. Los meristemos vegetativos se forman también después de iniciarse la flor terminal.

Las variaciones morfológicas detectadas permiten establecer las fechas medias de la época en que tiene lugar la iniciación floral.

Un método de estimación válido para variedades de manzano y peral consiste en los siguientes pasos:

1. Se toman durante los meses de mayo a julio cuatro o cinco muestras a intervalos de siete a diez días, incluyendo cada muestra de diez a quince yemas.

   Se determina el número medio de nudos formados que presenta el eje del esquema floral en cada muestra. Ello permite establecer una relación entre número de nudos y la fecha correspondiente, mediante una recta de regresión. La reducción del plastocrono en el momento de producirse la iniciación originará un cambio de pendiente en la recta.

2. Se toma durante los meses invernales una muestra de yemas, claramente diferenciadas (15 a 20 yemas) y se determina a partir de qué número medio de nudos se ha producido la iniciación, que coincidirá entre la formación de la última hoja y la primera bráctea; ya que las brácteas aparecen en el momento de producirse la iniciación floral en la flor terminal. Este número también se puede obtener restando del número total de nudos de la yema (incluida la flor terminal) menos uno, el número de brácteas.

3. Mediante la representación gráfica de la línea de regresión obtenida en primer lugar y de la recta definida por el número medio de nudos obtenido en segundo lugar, se determina el punto de intersección de ambas, que nos indicará la fecha

media en que se produce la iniciación floral, la cual coincidirá con el cambio de pendiente dado por la reducción del plastocrono, según se refleja en la Figura 1.6.

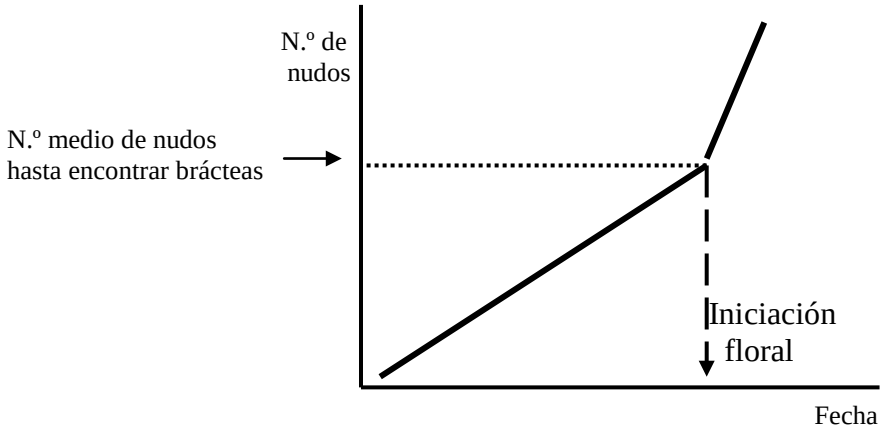


Figura 1.6. Forma de determinar la época de la iniciación floral en peral o manzano.

3.4. Diferenciación de las partes de la flor

Finalizado el proceso de inducción floral, que culmina con la iniciación floral, tiene lugar un nuevo proceso fisiológico denominado de diferenciación floral, mediante el cual se van formando y diferenciando las diferentes partes de la flor.

En primer lugar, de la flor se forman los esbozos de los sépalos, seguidos de los pétalos, luego los estambres con las anteras patentes y, finalmente, el pistilo con los carpelos patentes.

La diferenciación morfológica completa de la flor, hasta la formación definitiva de todos sus órganos, requiere más o menos tiempo, según las especies. En la Figura 1.7 se representa, esquemáticamente, el proceso de diferenciación en una flor de manzano.

Como en la mayoría de los casos la iniciación floral tiene lugar en el año anterior a la floración, es necesario que transcurran varios meses hasta completar el desarrollo de las flores. En aquellos casos en que la floración tiene lugar inmediatamente a la iniciación, la diferenciación morfológica de los órganos de produce en unas pocas semanas.

Si la inducción tiene lugar el año anterior, cuando la planta entra en reposo invernal ya están formadas todas las partes de la flor. Durante el invierno el desarrollo será muy lento, y será durante la apertura de las yemas y en las fases inmediatamente anteriores a

la apertura de las flores cuando se produce el desarrollo más importante de los órganos hasta alcanzar su forma definitiva y poder realizar sus funciones.

Los primordios florales pueden apreciarse fácilmente a simple vista a principios de otoño en las yemas de peral y manzano, pero en otras especies como melocotonero o ciruelo no se aprecian hasta finales de otoño. En las drupáceas antes de iniciarse el período de reposo invernal se encuentran casi totalmente formados los elementos de la flor. En las pomáceas el desarrollo es más incompleto.

Las yemas fructíferas tienen un aumento importante de tamaño durante el proceso de diferenciación y sobre todo en el período previo al desborre, como ocurre más acusadamente en manzano, antes de que se muestre actividad en la yema. Este mayor tamaño y su forma, en general, más redondeada, permite distinguirlas de las yemas vegetativas a simple vista en los ramos; en unas especies más temprana y fácilmente que en otras.

En el transcurso de la diferenciación la yema puede sufrir condiciones adversas que provoquen aborto o malformación de los órganos, originando esterilidades o la pérdida de funcionalidad de la flor. También una falta de frío invernal puede provocar en bastantes especies la caída de las yemas, como ocurre más acusadamente en melocotonero y albaricoquero; achacándose también este fenómeno a las temperaturas elevadas durante los meses de inicio del otoño.

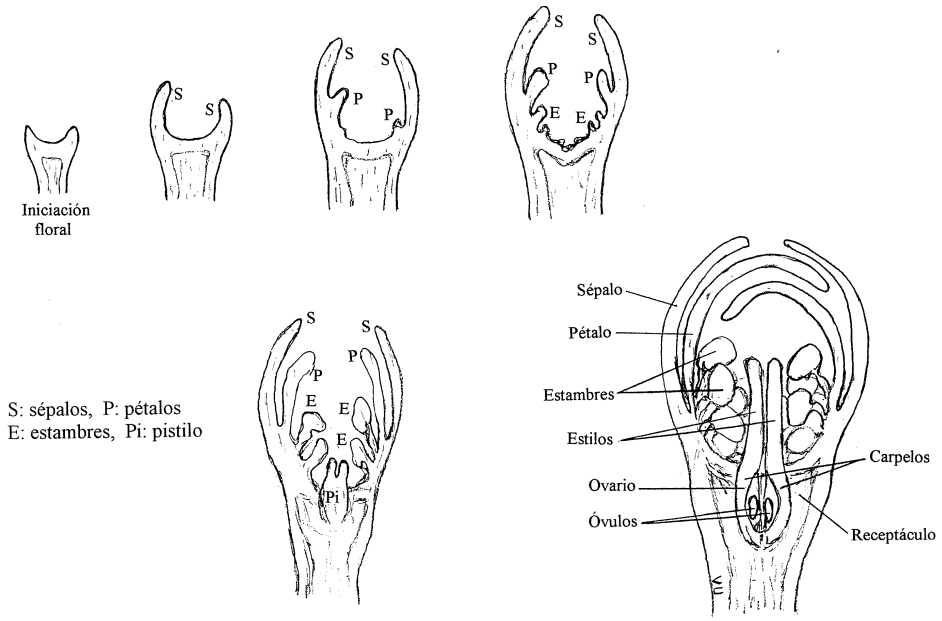


Figura 1.7. Proceso de diferenciación floral en una flor de manzano.

4. Factores que influyen en la inducción floral

Parece ser que la inducción floral es el resultado de una compleja interacción a lo largo del tiempo entre las sustancias hormonales y nutricionales en la yema, y sobre la que influyen también numerosos factores internos y externos.

Una vez desencadenado el proceso de inducción es preciso que se mantenga un equilibrio entre todos los factores para que llegue a buen término y tenga lugar la iniciación floral. Igualmente, será preciso mantener un cierto equilibrio entre los factores para que el posterior proceso de diferenciación de las flores se lleve a cabo correctamente. La perturbación de estos equilibrios en las yemas puede causarse mediante la aplicación de fitorreguladores, alterando su nutrición, sometiéndolas a condiciones ambientales desfavorables, etc. Téngase en cuenta que la futura floración y su desarrollo no sólo va a depender de la inducción floral sino también del estado en que se encuentran las flores formadas.

Existen numerosos estudios y referencias de la acción de diferentes factores sobre la inducción floral. Está claro que el proceso no depende de una sola sustancia florígena de carácter hormonal, aún desconocida, como inicialmente se propuso. Tampoco son los hidratos de carbono y la relación C/N los determinantes, como otras teorías proponen, aunque no cabe duda que tienen una gran influencia. Por otro lado si hay acuerdo en la incidencia sobre la inducción de ciertos hechos como es la presencia de frutos, el crecimiento vegetativo desmesurado, la iluminación recibida, etc.

Entre los numerosos factores que inciden sobre inducción floral cabe destacar los siguientes:

1. Juvenilidad y características genéticas.

Durante el período juvenil que tiene una planta procedente de semilla no puede ser inducida a florecer. No obstante, la juvenilidad no afecta a las plantaciones frutales; ya que, en todo caso, será el patrón, si procede de semilla, el que presente este efecto, pero como el injerto proviene de tejidos adultos de otra planta el brote emitido tendrá carácter adulto; y lo mismo cabe decir en el caso de emplear variedades autorradicadas.

Las características genéticas también influyen en la formación de flores. Dependiendo de las especies e incluso de las variedades, las plantas tendrán flores más precozmente y en mayor o menor cantidad. Así, por ejemplo, el melocotonero presentará ya ramos fructíferos en el plantón de un año, por el contrario el peral o el

naranjo tardarán dos o tres años en presentar ramos fructíferos. Las características genéticas de la variedad, junto con las del patrón (especialmente su vigor), son las que determinan la precocidad varietal.

2. Constitución y formación de la planta.

Dependiendo de la edad y constitución de los plantones empleados (especialmente de su ramificación), las plantas tendrán flores, también, más o menos precozmente y en mayor o menor cantidad, independientemente de sus características genéticas. Estos aspectos contituyen lo que se denomina precocidad de la planta.

Las intervenciones que se realizan sobre la planta en esta primera etapa de la plantación, y sobre todo la poda realizada para configurar su sistema de formación, interfieren en el equilibrio endógeno entre las sustancias de reserva acumuladas y la producción hormonal; además de determinar la disponibilidad de brotes potencialmente fructíferos.

En la producción frutal tiene gran importancia este factor, puesto que marca la duración del período improductivo y del período de entrada en plena producción, y establece, junto con el resto de la tecnología de producción aplicada, lo que se denomina precocidad cultural o de la plantación, la cual dependerá de la duración más o menos corta de dichos periodos.

3. Nutrición, crecimiento y reservas de la planta.

Algunos estudios iniciales sobre la inducción floral concedieron gran importancia a la relación entre los elementos hidrocarbonados y nitrogenados disponibles en el frutal.

Para ello se realizaron experiencias controlando la capacidad fotosintética de las plantas, la traslocación y almacenamiento de reservas y el suministro de nitrógeno fácilmente asimilable. Como conclusión se formularon cuatro clases de relaciones C/N según la repercusión sobre la inducción floral y, en definitiva, sobre la producción. Estas clases se resumen de la siguiente forma:

1) C bajo / N alto: vegetación pobre, producción pequeña.
2) C moderado / N abundante: vegetación exuberante, producción pequeña.
3) C abundante / N moderado: vegetación equilibrada, producción buena.
4) C alto / N bajo: vegetación pobre, producción pequeña.

Es decir, cuando el suministro de uno de los términos de la relación es deficiente se limita tanto la vegetación como la producción. Sólo se consigue una buena producción

cuando el suministro de hidratos de carbono es alto y el de nitrógeno moderado, pero lo suficiente como para permitir un adecuado crecimiento vegetativo.

Estos resultados se vieron avalados, en un principio, por el efecto antagónico que tiene el excesivo crecimiento vegetativo sobre la inducción, y por la respuesta de la planta a ciertas intervenciones y técnicas de cultivo, por ejemplo: defoliaciones, podas severas, supresión de abonado, etc.

No obstante, posteriores experiencias sobre la intervención de otros factores y el haber obtenido datos contradictorios en el análisis de órganos concretos de la planta sobre contenido de hidratos de carbono y nitrógeno y su relación con la floración, han hecho que se desestime la hipótesis inicial que fundamentaba, esencialmente, la floración con el balance C/N.

Actualmente se considera que lo más importante es el equilibrio en sustancias, tanto en el metabolismo plástico y energético como en el balance hormonal, en un estado vegetativo concreto de la planta. Aunque también existe cierta evidencia de que la iniciación floral está relacionada con el cese del crecimiento de los brotes. La relación C/N interviene, por tanto, como un factor más en el complejo proceso de la inducción floral e influye, considerablemente, en el caso de que alguno de los términos sea limitante.

La influencia de los elementos minerales se justifica sobre todo por su acción sobre el desarrollo de los órganos de la flor, especialmente en la época previa a la floración cuando las necesidades son altas.

Se tiene constancia de que el nitrógeno parece influir mucho en la calidad de las yemas florales formadas. Las aplicaciones en verano y otoño de nitrógeno mejoran la fructificación al año siguiente, aunque se ha estudiado la forma de aplicación y el tipo de nitrógeno aportado y se han obtenido resultados dispares. También se ha encontrado una correlación entre contenido de fósforo en las yemas y la capacidad de floración, desconociéndose el papel exacto del fósforo en la misma.

4. Disponibilidad de agua.

La influencia del agua se ha asociado, en general, a la detención del crecimiento que origina la sequía, al disminuir la absorción de agua por las raíces así como la absorción de nutrientes. Este efecto origina a la vez en la planta una alteración del resto de procesos fisiológicos que pueden incidir de forma positiva o negativa sobre la inducción floral.

Si la falta de agua es muy acusada se produce una parada de la actividad en la planta, llegando incluso a defoliaciones, lo que perjudica al proceso de inducción floral, como es el caso de la mayoría las especies. Pero en otros casos, como en limonero, se logra inducir la formación de flores y la posterior floración al provocar un período de sequía y a continuación dar riegos abundantes.

5. Iluminación.

Aunque casi todas las especies leñosas son sensibles al fotoperíodo, la respuesta en la inducción floral no es similar a lo que ocurre con las plantas herbáceas. Parece ser que en la inducción floral lo que influye es la cantidad de iluminación recibida por la planta y sus órganos, más que la duración del día.

Mediante sombreamiento se logra reducir considerablemente la inducción floral en peral, manzano, melocotonero y albaricoquero, y también tiene incidencia en otras muchas especies. De ahí la importancia que tiene que los brotes potencialmente fructíferos de las zonas interiores de los árboles reciban una buena iluminación. En el caso de la vid, se obtiene una mayor fertilidad, o inflorescencias formadas en la yema, si la inducción floral se lleva a cabo en días muy soleados y a la vez cálidos.

6. Temperatura.

La temperatura ejerce múltiples efectos sobre los procesos fisiológicos de la planta y, por lo tanto, incide sobre la inducción floral, aunque esta influencia no está totalmente definida. Su acción estará relacionada también con el crecimiento vegetativo y la disponibilidad de agua.

Las condiciones favorables de temperatura serán variables según las especies y su época de inducción floral.

En el caso de llevarse a cabo en la época estival, parece ser que las temperaturas excesivamente altas o bajas tienden a reducir la formación de flores.

En las especies que se produce en la época invernal la acción de la temperatura es más compleja. Por ejemplo, en olivo la planta necesita oscilación térmica y acumular una determinada cantidad de frío al comienzo del invierno para que haya buena iniciación floral. La influencia parece ser debida a que el frío modifica el contenido hormonal de la yema, haciendo que el proceso sea irreversible. En cítricos las temperaturas relativamente bajas en invierno inducen una floración más intensa y homogenea.

7. Intervenciones en la planta y actividades culturales.

Las operaciones que directa o indirectamente tienden a desequilibrar el metabolismo de la planta y su equilibrio hormonal tendrán efecto sobre la inducción floral. Evidentemente, lo mismo ocurre con aquellas operaciones que modifican las condiciones ambientales que influyen sobre la inducción.

Las operaciones que tiendan a disminuir la capacidad fotosintética influirán negativamente. Se ha demostrado que la inducción se ve favorecida por una gran superficie foliar. Para que un brote corto de peral o manzano evolucione a lamburda necesita en general como mínimo tres hojas y lo adecuado sería de ocho a diez hojas.

Las defoliaciones de ramos potencialmente fructíferos pueden originar que no haya iniciación floral en los mismos, en especial en ramificaciones cortas de peral y manzano. Parece ser que el efecto es debido más que a la supresión de la fuente de carbohidratos que supone eliminar las hojas adyacentes a la yema, a la eliminación de los inhibidores sintetizados en las hojas, alterando el balance hormonal y permitiendo el crecimiento de brotes por aumento de los niveles de giberelinas y citoquininas, los cuales, a su vez, impiden la formación de flores.

Los frutos ejercen también una gran influencia al reducir la iniciación floral. Parece ser que la incidencia está controlada hormonalmente por el efecto inhibidor que producen las giberelinas sintetizadas en las semillas en desarrollo. Aunque la influencia, en este caso, podría ser también por competencia nutricional. Con un aclareo de frutos en la época adecuada (cuanto más temprano más efectivo) se consigue incrementar la formación de flores.

La inducción se verá perjudicada por aquellas operaciones que tiendan a favorecer el crecimiento de brotes, como las podas intensas, máxime si estas podas se efectúan en plantas jóvenes. No obstante con la poda se persigue que la fructificación se produzca en los ramos más favorables para el desarrollo de los frutos, por lo que en algún caso, como en melocotonero, interesan para formar las flores ramos relativamente vigorosos, pero estos ramos vigorosos presentan menor proporción de yemas de flor que los ramos débiles. En general, las intervenciones de poda que originan brotaciones vigorosas tienden a perjudicar a la inducción floral.

Por el contrario, con el empleo de patrones enanizantes y con aquellas operaciones que tiendan a reducir el crecimiento general de la planta, o bien que presenten impedimentos para la circulación de savia bruta hacia las hojas y faciliten la disponibilidad de savia elaborada, se influye positivamente en la inducción floral. Este

último efecto es muy acusado, por ejemplo, en peral, manzano y cerezo, y se consigue con el arqueado o inclinación de ramos, y otras operaciones como incisiones y descortezados, encaminadas a favorecer la acumulación de sustancias elaboradas (evitando su emigración temporal) e impedir la normal ascensión de la savia bruta.

Se debe tener en cuenta que la respuesta de la planta a las intervenciones puede ser diferente según la especie considerada y la época de realización.

8. Aplicación de fitorreguladores.

La aplicación de fitorreguladores ha puesto de manifiesto su gran influencia en la inducción floral, al modificar el equilibrio endógeno de la planta.

Las giberelinas inhiben la inducción floral en muchas especies, como: manzano, peral, melocotonero, albaricoquero, cerezo y vid, y tienen efectos en olivo. También producen un mayor crecimiento de los ramos con elongación de entrenudos e incrementan el grado de ramificación, lo que influye negativamente sobre la inducción.

Un regulador muy utilizado actualmente es el paclobutrazol, que actúa inhibiendo la síntesis de giberelinas, con lo que se reduce el crecimiento y se favorece la inducción floral. Dos productos que han sido muy utilizados, y que están prohibidos actualmente para frutales, son el CCC (cicocel: cloruro de clormecuat) y el SADH (daminozida: ácido succínico), ambos con incidencia favorable sobre la inducción floral.

Otros productos aplicados después de la floración también muestran efectos favorables sobre la inducción en algunas especies, como el TIBA (ácido 2,3,5-triyodobenzoico) y el CEPA (ethrel o ethephon: ácido 2-cloroetil fosfónico), este último es un generador de etileno y se ha visto que el etileno producido por las yemas favorece la inducción. Actualmente se está ensayando con prohexadiona cálcica.

La auxina natural primaria AIA (ácido indol-3 acético) producida en los ápices de los brotes más altos desciende por el floema y origina una inhibición del crecimiento de los brotes procedentes de las yemas más basales de los ramos, lo que favorece la inducción en esos brotes, como ocurre en peral y manzano, principalmente. En general, las auxinas sintéticas y otras sustancias como las citoquininas, ABA (ácido abcísico), etc., no tienen efecto directo sobre la inducción o no está claro su mecanismo de actuación; aunque sí intevienen sobre el equilibrio hormonal de las yemas y, además, modifican su actividad, el crecimiento y los ángulos de inserción de los brotes, etc., lo que influirá sobre la inducción.

5. Constitución de la flor y de las inflorescencias

La flor, formada durante el proceso de diferenciación floral, alcanza el pleno desarrollo cuando tiene lugar su apertura con la floración. Es entonces cuando la flor muestra todas las partes con su forma característica.

5.1. Partes de la flor

En las angiospermas la flor completa está formada por las siguientes partes: pedúnculo, cáliz, corola, androceo y gineceo. Sus características morfológicas son muy diferentes según las especies y presentan, también, diferencias acusadas entre variedades, lo que es utilizado para la identificación y caracterización varietal. En la Figura 1.8 se representa la estructura básica de una flor, indicando la denominación de sus elementos.

El pedúnculo une a la flor con el tallo. Tiene una longitud y grosor muy variable según las especies y, en ciertos casos, según las variedades. En su parte apical presenta un ensanchamiento que constituye el receptáculo (o tálamo), el cual puede tomar diversas formas, y sobre él se insieren las otras piezas florales y los nectarios. En algunas especies, como en manzano, el receptáculo o tubo floral (hipanto) darán lugar a la parte comestible del fruto; e incluso parte del pedúnculo, como en peral.

El cáliz es el verticilo más externo. Está constituido por varias piezas de aspecto foliar y, generalmente, de color verde, denominadas sépalos. En pomáceas y drupáceas su número es de 5. En algunas especies los sépalos persisten e incluso acompañan al fruto después de recolectado, como en los cítricos y el caqui.

La corola es el segundo verticilo y está constituida por una serie de hojas modificadas denominadas pétalos. En pomáceas y drupáceas su número es de 5. Normalmente son de mayor tamaño que los sépalos y presentan colores fuertes que, junto con su perfume, constituyen un atractivo para los insectos polinizantes.

El androceo es el tercer verticilo y está formado por los órganos masculinos de la flor, denominados estambres. Pueden presentar diferentes formas y disposiciones en la flor. Su número es muy variable, por ejemplo las flores de peral tienen de 20 a 30 estambres, las de manzano de 15 a 50, y las de melocotonero alrededor de 40.

En el estambre se diferencian dos partes: el filamento y la antera. El filamento es un eje, normalmente cilíndrico y delegado, que sostiene en su extremo a la antera. La antera está formada por dos partes iguales denominas tecas y, a su vez, cada teca contiene dos sacos polínicos con los granos de polen.

El gineceo tiene como unidad básica el carpelo, y es denominado comúnmente pistilo, referido en este caso a un solo carpelo o a varios carpelos soldados. El pistilo consta regularmente de tres partes: el ovario, el estilo y el estigma.

El ovario es la parte más basal y es un recipiente donde se albergan los rudimentos seminales u óvulos. El estilo resulta de la prolongación de la pared del ovario, y en el caso de tener el ovario varios carpelos se formará un estilo por carpelo, pudiendo estar soldados total o parcialmente, como es el caso del peral o manzano, cuya flor presenta 5 carpelos con 5 estilos soldados por la base. El estigma es el órgano en que se remata el estilo mediante un ensanchamiento, con una estructura dispuesta para recibir los granos de polen en la polinización. Entre la inserción del ovario y los estambres se sitúan los nectarios.

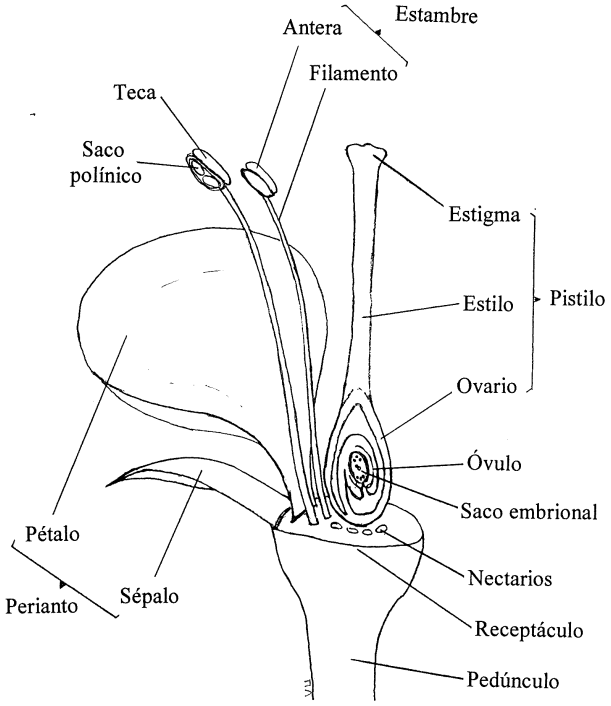


Figura 1.8. Estructura básica de una flor.

La estructura de las flores se describe mediante fórmulas florales con letras, números y signos, y se representa mediante diagramas florales esquemáticos. Estas representaciones y fórmulas dan idea de su simetría, de las piezas florales (K: cáliz, C:

corola, A: androceo, G: gineceo), de su número de verticilos (ejemplo: A10+10 indica dos verticilos de 10 estambres), de su concrescencia (número entre paréntesis), etc.

En algunas especies se presentan flores con la envoltura floral (periantio o perianto) no diferenciada en sépalos y pétalos, denominándose las piezas iguales de la envoltura tépalos, siendo en este caso el perianto homoclamideo. Si el perianto está atrofiado se denomina apoclamideo.

No todos los frutales tienen flores grandes y llamativas, sino que en varios casos son pequeñas y poco vistosas, como en la vid, el olivo, el nogal, el aguacate, etc., y en algún caso pasan desapercibidas, como en la higuera, al encontrarse dentro del receptáculo que constituye el higo.

5.2. Posición del pistilo respecto a los demás órganos de la flor

Según la posición que ocupa el pistilo (especialmente el ovario) respecto al receptáculo y a las otras partes de la flor, y según la disposición de los verticilos florales, se pueden diferenciar las siguientes formas:

1. Ovario súpero y flor hipógina. El ovario se eleva sobre el receptáculo, y el perianto y los estambres emergen de la base del ovario. Ejemplo: en cítricos y vid.

2. Ovario súpero y flor perígina. El receptáculo presenta forma de copa en cuyo borde se insieren los estambres y el perianto. El ovario se eleva sobre receptáculo. Ejemplo: en Prunus.

3. Ovario ínfero y flor epígina. El receptáculo rodea totalmente al ovario uniéndose a él. Las demás partes de la flor se sitúan por encima del ovario. Ejemplo: en pomáceas.

También pueden encontrarse otras posiciones intermedias, como flor perígina y ovario semi-ínfero o medio, que presenta el receptáculo unido hasta la parte media del ovario y en ese punto se sitúan las otras partes de la flor, como en el níspero del Japón.

En la Figura 1.9 se representan, esquemáticamente, las tres formas más frecuentes; y en la Figura 1.10 se reflejan las flores de tres especies frutales: naranjo, melocotonero y manzano, correspondientes a estas tres posiciones características del pistilo.

Como en muchas especies los frutos derivan del ovario, o también del receptáculo, la disposición en la flor de estos órganos marcará las características iniciales de los frutos en su desarrollo. Otros órganos florales también pueden formar parte del fruto, como por ejemplo el perianto, que forma la corteza en las nueces, o el cáliz que acompaña a algunos frutos después de recolectados, como el caqui.

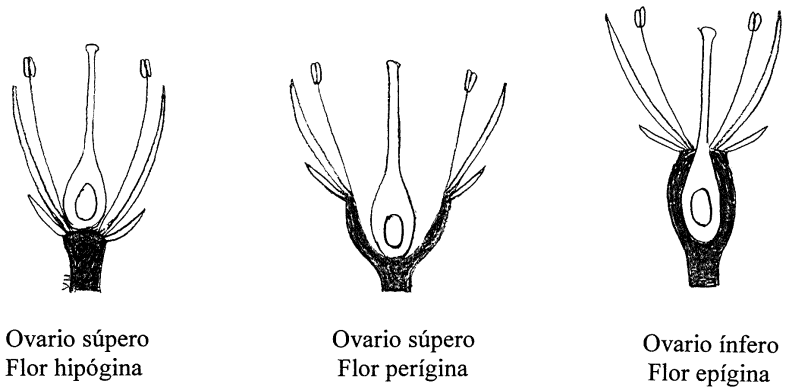


Figura 1.9. Posición del pistilo respecto al receptáculo y a los demás órganos de la flor.

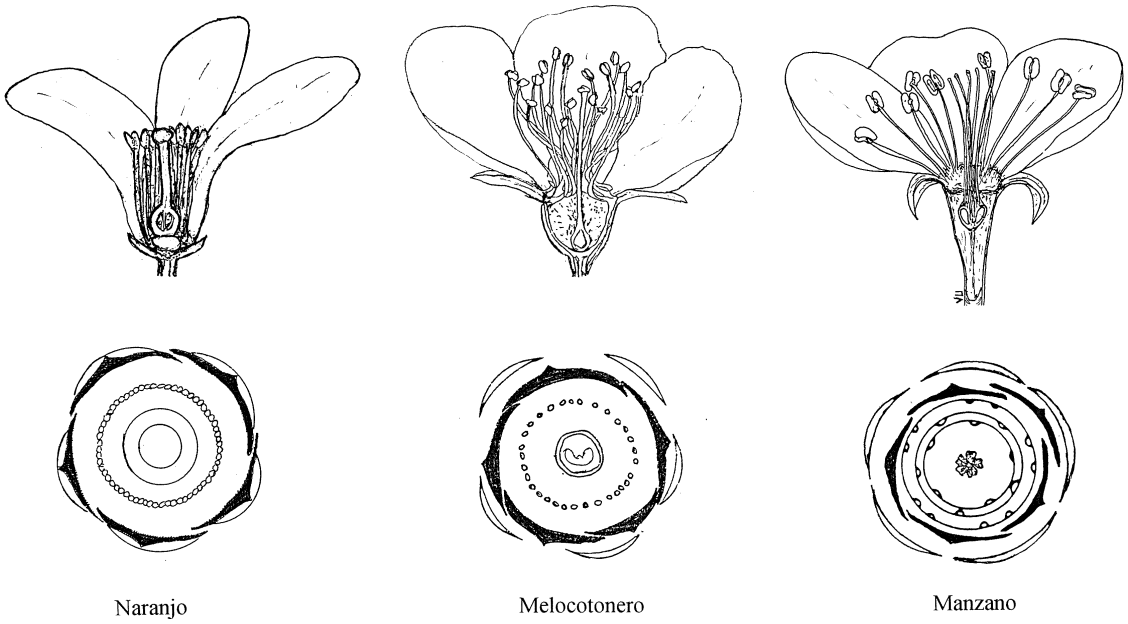


Figura 1.10. Flor y diagrama floral del naranjo, melocotonero y manzano.

5.3. Inflorescencias

En bastantes frutales las flores no se presentan aisladas o solitarias, sino que se encuentran reunidas en inflorescencias simples o compuestas, más o menos complejas. Normalmente, cuanto más flores tiene la inflorescencia más pequeño es el tamaño de las flores, y, en algunos casos, sus piezas florales pueden verse modificadas o atrofiadas.

Presentan inflorescencias, por ejemplo: el peral y el manzano, denominadas comúnmente corimbos; aunque en peral es un racimo umbelífero (indeterminada), con 5 a 8 flores, en general, de las que abre primero la segunda o tercera inferior; y en manzano es una cima (determinada) con 4 a 7 flores, en general, de las que abre primero la flor terminal o central.

Muchas inflorescencias son racimosas, como por ejemplo: en cerezo (con dos o cuatro flores), en ciruelo (con dos o tres flores), en olivo, en grosellero, en zarzamora y, como muy características, las de la vid y el pistacho que son un racimo de racimos (panícula). Algunas inflorescencias tienen flores unisexuales masculinas insertas en un eje largo y colgante, denominadas en este caso amentos, como por ejemplo: en nogal y en avellano. Una formación particular es la de la higuera que presenta un conjunto de flores sésiles dentro de un receptáculo (sicono).

Los frutos desarrollados en la inflorescencia, generalmente, permanecen libres dando lugar a unidades totalmente independientes, como las peras o las cerezas; o bien, aun siendo independientes, su presentación va ligada a la inflorescencia que los originó, como el racimo de uva.

En algunos casos los frutos originados por la inflorescencia permanecen fuertemente unidos o soldados, dando al conjunto el aspecto de un solo fruto, denominándose en este caso infrutescencia. Por ejemplo: la chirimoya y la mora.

6. El polen y el óvulo

Dada la importancia que tienen los órganos reproductivos de la flor en la fructificación, se describe, brevemente, a continuación como es la formación y la estructura del polen y del óvulo, para que luego puedan comprenderse más fácilmente los procesos de polinización y fecundación que serán tratados en el siguiente capítulo.

6.1. El polen

Los granos de polen (o micrósporas) se forman en los sacos polínicos (microsporangios) en las anteras de los estambres. A partir de cada célula madre del grano de polen se producen, mediante dos divisiones, cuatro granos de polen que en su interior contienen los gametos masculinos.

Los granos de polen son pequeños corpúsculos de color, normalmente, amarillo, con diferentes formas y tamaños según las especies. Los de tamaño medio tienen un diámetro de 25 a 50 µm. Están formados por dos capas de protección que encierran dos células de tamaño muy desigual, según puede verse en la Figura 1.11. Estas células son originadas por mitosis en el grano unicelular.

La capa externa, denominada exina, es gruesa y presenta una superficie rugosa o provista de picos para facilitar su adhesión, además de pequeños orificios o poros germinativos. La capa interna, denominada intina, es más delgada y contiene celulosa.

La célula de mayor tamaño, denominada célula vegetativa, llena el grano de polen casi por completo y es la que dará origen al tubo polínico. La célula pequeña, denominada célula generativa, tiene forma lenticular y se encuentra pegada a la pared del grano. Esta célula se separa luego de la pared quedando en suspensión en el plasma de la célula vegetativa, y más tarde se divide mediante mitosis en dos células espermáticas. Esta división tiene lugar durante el crecimiento del tubo polínico, aunque en algún caso puede ocurrir en el saco polínico.

Los granos de polen alcanzan la madurez al comienzo del proceso de floración. Con la apertura de la flor y una vez que se produce la dehiscencia de las anteras quedan libres para poder realizar la polinización.

La producción de polen varía mucho según las especies, e, incluso, según las variedades. Las especies con polinización anemófila producen mayor cantidad de polen, y en el caso de tener flores masculinas éstas se hallan adaptadas para permitir mejor la difusión del polen.

Entre las especies con polinización entomófila hay diferencias importantes de producción, dependiendo del grado de floridez de la planta y del número de estambres de la flor. A título orientativo pueden considerarse las siguientes cantidades de producción de polen por cada flor, en diferentes especies entomófilas: membrillero: 3-7 mg; melocotonero y almendro: 1,5-3 mg; manzano y peral: 1-2,5 mg; cerezo y ciruelo: 0,5-1,5 mg.

La densidad de flor oscila según la especie, variedad e intensidad de poda. En condiciones normales, por ejemplo, en melocotonero, peral y manzano hay entre 5 y 15 millones de flores/ha, y en ciruelo entre 20 y 80 millones de flores/ha. Por lo que la producción de polen por hectárea también será muy variable. Por ejemplo: en melocotonero entre 8 y 30 kg/ha, en manzano Golden entre 30-35 kg/ha y en Delicious rojas hasta 70 kg/ha, en peral entre 15 y 40 kg/ha, y en ciruelo entre 20 y 70 kg/ha.

6.2. El óvulo

Los primordios seminales u óvulos (macrosporangios) se forman en el interior de los carpelos del ovario. En óvulo se desarrolla a partir de la placenta del ovario y en él se forma el saco embrionario a partir de una macróspora.

La placenta forma en el interior del ovario un engrosamiento por el que se inserta la base del óvulo mediante un filamento denominado funículo. En esta unión el óvulo puede adoptar diferentes disposiciones sobre el funículo, como el tipo átropo si permanece en posición vertical en línea recta sobre el funículo, o el tipo anátropo si está girado 180 grados sobre la base situándose, entonces, el extremo apical junto a la inserción del funículo.

Los óvulos son de tamaño muy pequeño aunque pueden ser observados a simple vista. Tienen aspecto de gránulos incoloros con una cubierta más o menos blanquecina.

El óvulo tiene una envoltura de dos capas (en algún caso de solo una), las cuales en su parte superior dejan una pequeña abertura denominada micrópilo, que será por donde penetran los tubos polínicos para la fecundación.

La capa externa se denomina primina y la interna secundina. En el interior de estos tegumentos se encuentra la nucela, que es un tejido con células vegetativas y esporógenas. La zona de unión de los tegumentos y la nucela con el funículo se denomina cálaza.

La nucela contiene células madre de macrósporas. Estas, después de una meiosis dan lugar a cuatro células haploides o macrósporas, de las cuales tres degeneran y una crece y constituye la célula madre del saco embrionario. Luego, después de tres divisiones del núcleo se origina un saco embrionario con ocho células. Tres de ellas emigran al extremo que da al micrópilo, de las cuales la central constituye la oosfera (también llamada ovocélula o gameto femenino) y las dos laterales se denominan sinérgidas.

Otras tres células se colocan en el extremo basal que da a la cálaza y son denominadas antípodas. Los dos núcleos restantes, denominados núcleos polares, se fusionan en el centro y constituyen el denominado núcleo secundario, que dará origen al futuro endosperma después de la fecundación. La estructura del óvulo puede verse, de forma esquemática, en la Figura 1.11.

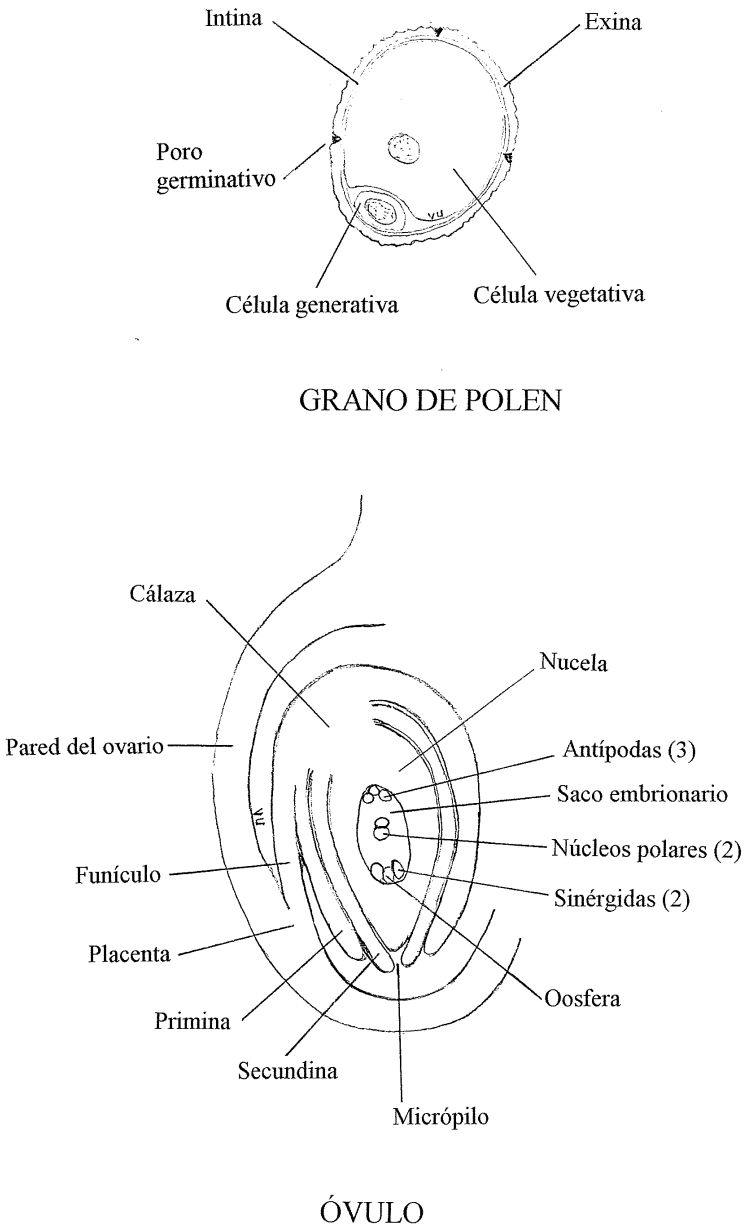


Figura 1.11. Estructura del polen y del óvulo

7. Bibliografía (Capítulo 1. Formación y características de la flor)

Relación de libros y artículos de interés que tratan aspectos generales y específicos sobre el tema; para los libros se indican, entre corchetes, las páginas concretas que se recomienda su lectura:

Almaguer, G. 1998. *Principios de Fruticultura.* Serie Textos Agronómicos. Mundi-Prensa. México - Universidad Autónoma Chapingo. México. 370 pp., [74 - 88].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [221 - 225, 240 - 246].

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Edit.). 1999 (3ª ed.). *El cultivo del olivo.* Junta de Andalucía - Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 701 pp., [43 - 47, 125 - 130].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [92 - 112].

Carrera, M. 1979. *Estudio sobre el proceso de inducción floral en variedades de peral.* Ministerio de Agricultura. INIA. Madrid. 68 pp.

Esau, K. 1985 (3ªed. rev.). *Anatomía vegetal*. Ediciones Omega. Barcelona. 779 pp., [572 - 611].

Fabbri, A.; Benelli, C. 2000. *Flower but induction and differentiation in olive.* Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 75 (2): 131-141.

Fahn, A. 1985. *Anatomía vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 599 pp., [429 - 490].

Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees.* John Wiley & Sons. New York. 338 pp., [170 - 188].

Fregoni, M. 1985. *Viticoltura Generale.* Reda. Roma.728 pp.,[189 - 194, 240 - 252].

Gautier, M. 1987. *La culture fruitière. Volume 1, L`arbre fruitier*. J.B. Baillière. París. 492 pp., [56 - 61].

Greene, D.W. 1996. *Flower development.* In *Tree Fruit. Physiology: Growth and development.* Edited by Maid, K.B. Good Fruit Grower. Washinton. 165 pp., [91 - 98].

Kobel, F. 1966 (Edición italiana). *Trattato di Frutticoltura*. Edizioni Agricole. Bologna. 438 pp., [89 - 127].

Lord, E.M.; Eckard, K.J. 1985. *Shoot development in Citrus sinensis L. (Washington navel orange). I Floral and inflorescence ontogeny*. Bot. Gaz. 146(3): 320-326.

Martinez de Toda. F. 1991. *Biología de la vid.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 346 pp., [91 - 95, 127 - 143].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. Mº. Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [83 - 114].

Monet, R. 1983. *Le pêcher. Génétique et physiologie.* Masson. París. 133 pp.,[109 - 118].

Mullins, M.G.; Bouquet, A.; Williams, L.E. 1992. *Biology of the Grapevine.* Cambridge University Press. Cambridge. 239 pp., [61 - 74].

Pesson, P.; Louveaux, J. (Edit). 1984. *Pollinisation et productions végétales*. INRA. París. 664 pp., [13 - 29, 163 - 193, 349 - 431].

Pratt, Ch. 1988. *Apple Flower and Fruit: Morphology and Anatomy.* Horticultural Reviews. Vol. 10: 273-308, [274 - 283].

Rallo, L. y Camacho, F. 1977. *Bases fisiológicas de la producción frutal*. E.T.S.I. Agrónomos de Córdoba. Monografía. 9 temas. Córdoba. s/pp., [Tema 5, 32 pp. (1-22)].

Spina, P. (Coord.) 1985. *Trattato di Agrumicoltura.* Edagricole. Bologna. 552 pp., [208 - 212].

Strasburger, E.; Noll, F.; Schenck, H.; Schimper, A.F. 1974 (6ª ed.). *Tratado de Botánica*. Editorial Marín. Barcelona. 799 pp., [615 - 632].

Valli, R. y Schiavi, S. 1989. *Coltivazioni Arboree*. Edizioni Agricole. Bologna. 432 pp., [34 - 37].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. M.º Agricultura. S.G.T., Serie Técnica. Madrid. 521 pp., [45 - 60].

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [187 - 202].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 1. Formación y características de la flor

1 [Campo]. Reconocer en la colección de especies del Campo de Prácticas los tipos de flores según el sexo y los hábitos de floración, en las diferentes especies. Clasificar las plantas según el sexo de sus flores.

2 [Campo - laboratorio]. Reconocer de visu en el campo, a mediados de otoño, yemas vegetativas y fructíferas sobre diferentes tipos de ramos en frutales de pepita y hueso. Comprobar en el laboratorio, mediante disección de las yemas y observación con la lupa, si las yemas observadas son vegetativas o fructíferas.

3 [Laboratorio]. Observar con la lupa el desarrollo de los botones florales en yemas fructíferas de peral, cerezo y melocotonero. Realizar la observación a mediados de invierno.

4 [Campo]. Observar en peral la ocurrencia o no de la iniciación floral, haciendo brotar mediante defoliaciones o podas las yemas de ramos cortos (dardos y lamburdas) a mediados del verano.

5 [Laboratorio]. Observar con la lupa la diferenciación de los órganos de la flor, en yemas de peral y melocotonero, en los estados fenológicos B y D.

6 [Campo]. Observar en plantas de peral o manzano procedentes de semilla la ausencia de fructificación durante el periodo de juvenilidad.

7 [Campo]. Observar y analizar en plantaciones de peral o manzano la incidencia que tiene sobre la iniciación floral la utilización de plantones de diferente edad y ramificación.

8 [Campo]. Observar y analizar en plantaciones de peral o manzano la incidencia que tiene sobre la iniciación floral la formación de la planta. Por ejemplo: en formas en vaso de pisos y en formas con menor intervención de poda, como eje central o palmeta libre.

9 [Campo]. Observar y analizar en árboles de peral o manzano la repercusión de la inclinación o arqueado de ramos en invierno sobre la iniciación floral en la brotación del siguiente año.

10 [Campo]. Observar y analizar en una plantación de peral formada en seto, y que esté mal orientada, el diferente grado de iniciación floral que se ha producido en la cara

soleada respecto a la cara que se encuentra la sombra. Realizar la observación al inicio de la brotación.

11 [Campo]. Observar y analizar en plantaciones de frutales de hueso (por ejemplo en cerezo, ciruelo y albaricoquero) las diferencias en la iniciación floral producida sobre la ramificación mal iluminada, mal posicionada, debilitada, etc., respecto a la ramificación en situaciones óptimas.

12 [Campo]. Determinar el grado de iniciación floral de una plantación de peral mediante los porcentajes que presenta de lamburdas respecto dardos y de brindillas coronadas respecto a brindillas sin coronar. Realizar la observación a finales de invierno y al menos sobre 200 ramos de cada tipo, distribuidos uniformemente en 6 ó más árboles.

13 [Campo]. Determinar en un peral de una plantación en seto la distribución porcentual de ramos sobre los que se ha producido la iniciación floral, diferenciando entre las dos caras, y entre la parte alta y baja del árbol. Determinar los porcentajes de yemas fructíferas sobre lamburdas, brindillas coronadas y ramos mixtos en cada zona y en el conjunto del árbol. Marcar con una tiza las ramas observadas para evitar errores en el conteo.

14 [Campo]. Identificar las diferentes partes de la flor y observar las diferencias entre flores de frutales de pepita y hueso (por ejemplo de peral, albaricoquero y cerezo). Observar la estructura de las flores de los cítricos, vid y olivo.

15 [Laboratorio]. Observar con la lupa, en flores de diferentes especies frutales, la antera con los granos de polen y el ovario con los óvulos.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 1. Formación y características de la flor

1. ¿Qué importancia tienen las flores en el cultivo de especies frutales?

2. ¿En qué se diferencian las plantas monoicas respecto a las dioicas? Citar especies frutales de cada uno de estos dos tipos.

3. ¿Cuál es la constitución de una yema fructífera de cerezo y a qué da lugar en su evolución?

4. ¿Cuál es la constitución de una yema fructífera de manzano y a qué da lugar en su evolución?

5. ¿Qué es la inducción floral y en qué consiste la iniciación floral?

6. ¿Qué es la diferenciación floral y qué relación mantiene con la iniciación floral?. ¿Cuándo finaliza la diferenciación floral?

7. ¿Cómo se puede determinar si se ha producido la iniciación floral en las yemas de una planta?. Citar los diferentes métodos.

8. ¿En qué época tiene lugar la iniciación floral? Citar ejemplos en diferentes especies de hoja perenne y de hoja caduca.

9. ¿Qué factores influyen en el proceso de inducción floral y cuál es el factor más determinante?

10. ¿Cómo influye el tipo de plantón y la formación dada a los árboles sobre la inducción floral de los primeros años de la plantación.

11. ¿Cómo influye el crecimiento vegetativo de la planta sobre la inducción floral y qué diferencias se presentan entre las especies de pepita y hueso?

12. ¿Qué influencia tiene la iluminación sobre la inducción floral?. ¿Cómo y cuándo se puede actuar en una plantación sobre este factor para favorecer la inducción floral?

13. En las especies de pepita, ¿cómo y cuándo se debe intervenir sobre la fructificación para incidir de la forma más favorable sobre la inducción floral?

14. ¿Qué fitorreguladores aplicados a los frutales tienen efecto sobre la inducción floral y cuál es su forma de actuación?

15. ¿Qué se entiende por precocidad varietal, precocidad de la planta y precocidad cultural o de la plantación? Justificar las respuestas y dar ejemplos.

16. ¿Cuál es la constitución del androceo y del gineceo en una flor de peral y en una de melocotonero?

17. ¿Cuáles son las posiciones que adopta el pistilo respecto a los demás órganos de la flor?. Citar ejemplos de especies frutales con diferentes posiciones.

18. Citar especies frutales que tengan flores solitarias y especies que tengan las flores reunidas en diferentes tipos de inflorescencias. ¿Cómo se pueden presentar los frutos originados por la inflorescencia?

19. ¿Cuál es la constitución del grano de polen? Indicar la función de sus componentes.

20. ¿Cuál es la constitución del óvulo? Indicar la función de sus componentes.

2

EL PROCESO DE FLORACIÓN

1. La floración de los frutales.
2. Polinización.
3. Germinación del polen y crecimiento del tubo polínico.
4. Fecundación y formación del embrión.
5. Esterilidad varietal en frutales.
6. Factores externos que inciden en el proceso de floración.
7. Empleo de polinizadores.
8. Empleo de colmenas.
9. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. La floración de los frutales

La mayor parte de los frutales florecen después del reposo invernal, con la llegada de la primavera, al iniciarse de nuevo la actividad. Las yemas fructíferas van atravesando los diferentes estados fenológicos tipo de su evolución, y completan el proceso de diferenciación floral con el desarrollo definitivo de todos los órganos de la flor. De esta forma se da paso a un nuevo proceso fisiológico, también de vital importancia para la producción, que es el proceso de floración.

1.1. Periodo de floración

Después de la apertura de la yema, con la aparición y apertura de los botones florales (antesis), se entra en el período denominado de floración. En general, y en condiciones normales, todas las flores de una planta abren escalonadamente en el transcurso de unos pocos días, pero concentrándose la mayor intensidad de apertura en el centro del período.

En la Figura 2.1 se representa el desarrollo del período de floración. Se dice que una planta está en floración cuando tiene alguna flor abierta. Se establece que el inicio de la floración ocurre cuando hay un 2-5% de flores abiertas. Cuando la planta tiene abiertas más del 50% de sus flores se dice que está en plena floración, durando esta fase hasta que comienzan a caer significativamente los pétalos. Asimismo, se dice que la floración ha finalizado cuando, prácticamente, han abierto todas las flores (95-98%) y más del 90% de flores tienen ya los pétalos caídos.

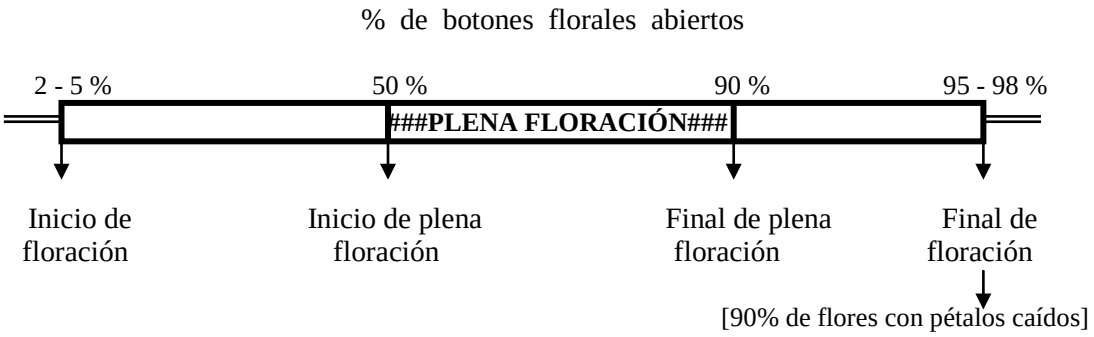


Figura 2.1. Periodo de floración.

La duración del periodo de floración varía según las especies y variedades, y según las condiciones de temperatura y de otros factores climáticos, como el viento. Normalmente, tiene una duración de alrededor de 12-15 días (en algunos casos es muy superior, como en ciruelo y manzano), durando la plena floración unos 7 días.

La floración nunca es simultánea en una planta y habrá un ligero adelanto de la zona alta respecto a la baja, y entre el exterior y el interior. En unos ramos fructíferos se producirá antes que en otros, por ejemplo en lamburdas en manzano respecto a ramos mixtos. También en un ramo florecerán antes unas yemas que otras, por ejemplo en un ramo mixto de melocotonero abren antes las flores de la parte media. En las inflorescencias también puede darse el escalonamiento, por ejemplo, en manzano abre primero la flor central del corimbo y en peral la segunda o tercera inferior.

Al final de la floración, cuando ya se ha emitido el polen, las anteras de los estambres se desecan y comienzan a secarse los filamentos, hasta que terminan cayendo. Igualmente se desecan los estigmas y los estilos. La caída de pétalos se produce mediante un mecanismo similar a la abscisión de las hojas. Los sépalos persisten en algunos casos junto con el fruto (cítricos, manzana, pera, etc.) y en otros casos se secan al poco tiempo y caen durante el desarrollo del fruto (melocotón, cereza, etc.).

En el caso de que las flores no hayan sido polinizadas y fecundadas, o bien no tenga lugar el desarrollo del fruto, después de la caída de pétalos se forma en la base de inserción del pedúnculo una capa de abscisión. Al producirse la separación vascular, el pedúnculo y el receptáculo de la flor amarillean y presentan síntomas de deshidratación, hasta que finalmente termina cayendo la flor.

1.2. Época de floración y factores que la afectan

La época de floración es una característica genética de la planta, sobre la que influyen también las condiciones ambientales en que se desarrolla. La mayoría de especies frutales florecen después de pasado el reposo invernal, cuando las condiciones ambientales, especialmente la temperatura, son favorables.

En algunas especies se producen diferentes flujos de floración a lo largo del año (ej. limonero y mango). Excepcionalmente, pueden producirse floraciones fuera de época debido a desequilibrios fisiológicos, como ocurre en peral y manzano sometidos a sequía en veranos muy calurosos, en cuyos árboles se produce una abundante floración otoñal.

Cada especie florece en una época característica que puede variar ligeramente de unos años a otros según las temperaturas. En general, la sucesión de floración de especies en años de temperaturas normales, y en zonas templadas a templado-frías, es la siguiente: los primeros frutales en florecer son el níspero japonés y el avellano; le siguen almendro y ciruelo japonés; luego albaricoquero, melocotonero y ciruelo europeo, seguidamente, solapados con ellos, nogal, cerezo y peral; luego manzano; y las especies más tardías son la vid y, finalmente, el olivo. Los cítricos, en zonas templadas, tienen una floración más tardía que los frutales de hueso.

El orden de floración de las variedades se mantiene, en general, de unos años a otros. No obstante, puede variar según las condiciones climáticas invernales y las previas a la floración.

Existen desfases acusados entre los períodos de floración de las diferentes variedades. Así encontramos variedades de floración temprana y variedades de floración tardía, entre las que puede haber una diferencia de hasta 20 ó 30 días entre la plena floración, como por ejemplo en almendro y manzano, aunque lo más frecuente es que esta diferencia no exceda de unos 10 días. Es muy importante conocer este desfase entre variedades cuando se precisa implantar polinizadores, para cubrir, lo mejor posible, la época de floración de la variedad a polinizar. En la Figura 2.2 puede verse un ejemplo del desfase de floración en variedades de almendro.

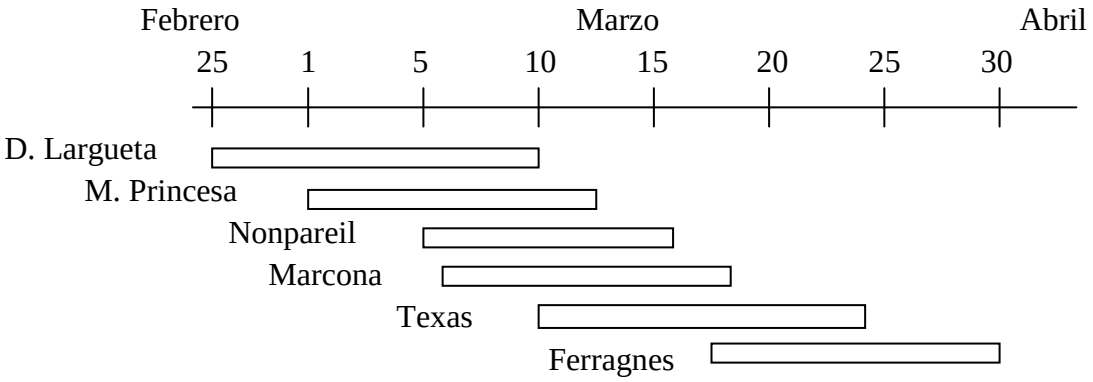


Figura 2.2. Período de floración de algunas variedades de almendro (zona media del Valle del Ebro).

Los factores que influyen sobre el adelanto o retraso de la floración son coincidentes, en gran parte, con factores que influyen sobre la salida del reposo. Los principales factores que influyen sobre la época de floración son los siguientes:

1. Temperatura.

La temperatura es el principal factor que influye en la salida del reposo y en la época de floración. Ligado al aumento de la temperatura también tiene influencia en la salida reposo el aumento de la duración del día.

La floración se produce cuando la planta satisface unas exigencias de calor, después de haber satisfecho las necesidades de frío correspondientes para salir del reposo. Existe una correlación entre la fecha de floración y la acumulación de calor a partir de una fecha dada.

Se han propuesto diferentes modelos fenológicos para establecer la fecha de floración a partir de las temperaturas. Uno de los modelos más utilizados basa la acumulación de calor en la suma de temperaturas, determinadas como grados-dia, que son la suma del número de grados que cada día la temperatura media diaria supera un umbral (considerado normalmente de 6 ºC), contados, en general, a partir del 1 de febrero o bien desde la correspondiente fecha de salida del reposo. En la Tabla 2.1 se reflejan las unidades de calor, determinadas por este método, que deben acumularse hasta la fecha de floración para diferentes especies en el Valle del Ebro, según Tabuenca y Herrero (1966).

Debido a esta influencia de la temperatura se tiene, por ejemplo, que un final de otoño y principio de invierno fríos, seguidos de una salida de invierno y una primavera cálidos, adelantan la floración. Por el contrario, si la salida del invierno y la primavera son frías la floración se retrasa. No obstante, si las plantas no han cubierto sus necesidades de frío durante el invierno, aunque la primavera sea cálida, normalmente, la floración se retrasa y, además, se producen irregularidades en la floración, alargándose el proceso y acentuándose los desfases fenológicos entre las yemas de la planta.

Todos aquellos factores culturales o del medio que inciden sobre las condiciones térmicas a que se encuentran expuestas las plantas tienen repercusión sobre el adelanto o retraso de la floración. Por ejemplo, adelantarán la floración las formaciones planas adosadas a muros orientados al sur, las plantaciones en laderas de solana, las plantaciones en suelos arenosos o desprovistos de hierba que adelantan la actividad radical al elevarse antes la temperatura, etc.; por el contrario, retrasarán la floración las

plantas sombreadas por cortavientos y otros obstáculos para la radiación solar, las plantaciones en suelos con más dificultad de calentamiento, etc.

Las condiciones climáticas, además de adelantar o retrasar la época de floración, pueden provocar de unos años a otros modificaciones en el orden de floración habitual de especies y variedades. Por esto mismo puede variar el orden de floración de unas zonas a otras.

Tabla 2.1. Unidades de calor acumuladas (grados-día) hasta la plena floración en diferentes especies. Según Tabuenca y Herrero. (1966).

Especies	Unidades de calor (Umbral: 6 ºC)	A partir de
Albaricoquero	108	1 de febrero
Melocotonero	151	1 de febrero
Ciruelo japonés	140	16 de enero
Ciruelo europeo	197	1 de febrero
Peral	207	1 de febrero
Cerezo	223	1 de febrero
Manzano	305	1 de febrero

2. Tratamientos con productos químicos.

Las sustancias que tienen incidencia sobre el período de reposo de la planta pueden adelantar o retrasar la floración.

Un producto muy utilizado, principalmente en frutales de hueso, para adelantar la floración es la cianamida de hidrógeno (Dormex). De esta forma se consigue adelantar también unos días la recolección de la fruta en las variedades tempranas.

Otros productos utilizados para suplir la acumulación de frío y adelantar la salida del reposo son, por ejemplo: tiourea, nitrato potásico, aceite de invierno, DNOC (actualmente prohibido), etc.

3. Material vegetal y actividades culturales.

El patrón utilizado tiene influencia sobre la salida del reposo al adelantar o retrasar la actividad de las raíces, lo que puede repercutir sobre la fecha de floración. Igualmente, el estado sanitario de la planta (especialmente virosis) puede adelantar o retrasar ligeramente la floración. Las intervenciones sobre el suelo que estimulen la

actividad de las raíces o las operaciones sobre los órganos aéreos que estimulen la actividad celular, como la poda tardía, tenderán a adelantar la floración.

Aunque estos aspectos del material vegetal y de las actividades culturales pueden tener incidencia sobre la fecha de floración, su repercusión es muy pequeña (en general no más de dos o tres días) y, además, se verá enmascarada por la acción de la temperatura; la cual, junto con algún posible tratamiento químico, son los factores que más influyen sobre la fecha de floración en cada campaña.

1.3. Fases del proceso de floración

Durante la floración se llevan a cabo en las flores una serie de procesos fisiológicos que serán determinantes para la formación de los frutos. Estos procesos, ordenados cronológicamente, dan lugar a las siguientes fases características:

1. Maduración del polen y del óvulo.
2. Polinización (traslado del polen).
3. Germinación del polen.
4. Crecimiento del tubo polínico.
5. Fecundación.
6. Inicio de la formación de la semilla y del fruto.

La maduración del polen se produce previamente a la apertura de la flor para que cuando tenga lugar la apertura de las anteras el polen sea funcional. La maduración del óvulo puede retrasarse ligeramente, hasta que se produzca el crecimiento del tubo polínico, ya que es entonces cuando el saco embrionario debe estar funcional para que se lleve a cabo la fecundación.

En la fase de polinización se suelen incluir también, en muchos textos, los procesos de germinación del polen y de crecimiento del tubo polínico. No obstante, por su importancia para el control de la plantación y sobre todo para detectar y separar bien posibles fallos en el proceso de floración que den al traste con la producción, conviene tratar los aspectos del desarrollo del tubo polínico independientemente de lo que es la polinización propiamente dicha; la cual incluirá los aspectos de disponibilidad y adecuación del polen y los aspectos del transporte del polen hasta los estigmas.

La polinización comienza con apertura de los sacos polínicos, entonces los granos de polen ya pueden ser transportados por el viento y por los insectos hasta el estigma del pistilo, donde quedarán retenidos.

Luego los granos de polen germinarán emitiendo el tubo polínico que penetrará el estigma y crecerá por estilo y el ovario hasta el óvulo, penetrándolo por el micrópilo, hasta llegar al saco embrionario donde tendrá lugar la fecundación.

Con la fecundación se produce la fusión de los dos gametos dando lugar al embrión, y se produce la formación del endospermo, que es el tejido nutritivo del embrión. De esta manera se inicia la formación de la semilla.

Paralelamente se inicia la formación del fruto mediante la transformación y crecimiento de los tejidos de las paredes del ovario y, en su caso, del receptáculo o de otras partes de la flor. Estas transformaciones tienen lugar a la vez que se produce la caída de pétalos y finaliza, así, la floración, dando paso al proceso de desarrollo del fruto.

Conocer cómo se van desarrollando estas fases de la floración en una plantación frutal tiene gran importancia, con vistas a prever la incidencia de las condiciones climáticas sobre los procesos fisiológicos y proponer acciones que permitan paliar los efectos negativos. Aunque estas actuaciones, en general, prácticamente se ven limitadas a realizar tratamientos hormonales para favorecer el cuajado y desarrollo del fruto en aquellas especies en que está comprobada su acción.

2. Polinización

La polinización consiste en el traslado de los granos de polen desde las anteras de los estambres al estigma del pistilo.

En el caso de flores hermafroditas el polen transferido hasta el estigma puede ser de la propia flor, de otras flores de la misma planta, o de flores de otras plantas. En el caso de flores unisexuales, en plantas monoicas el polen puede proceder de flores de la misma planta o de otras plantas, y en plantas dioicas el polen debe proceder, obligatoriamente, de las plantas machos. La planta o cultivar que produce el polen se denomina polinizador.

2.1. Tipos polinización y sistemas reproductivos

La polinización es el primer paso para que luego pueda tener lugar la fecundación, pero que se produzca la polinización no presupone que llegue a verificarse la fecundación. Según la forma de realizarse estos procesos en las flores se diferencian dos sistemas reproductivos:

1. Autogamia. La polinización se produce con polen de la propia flor sin dependencia de agentes externos, en cuyo caso se denomina autopolinización. Si el óvulo es fecundado se dice que la planta tiene autofecundación.

La autogamia puede ser obligada, si hay mecanismos para que la fecundación sólo se produzca con polen de la misma flor; o facultativa, cuando la flor puede autopolinizarse pero también puede polinizarse con polen de otras flores.

2. Alogamia. La flor es polinizada y fecundada por el polen que proviene de otra flor, ya sea de la misma planta o de otra planta de la misma especie.

Cuando el polen procede de otra flor de la misma planta, o de flores de otra planta del mismo genotipo (geitonogamia), la fecundación es similar a una autofecundación para la planta.

Cuando el polen procede de flores de una planta de diferente genotipo o variedad se dice que hay polinización y fecundación cruzada. En este caso la plantación frutal precisa del empleo de polinizadores.

Casi la totalidad de las especies frutales son alógamas, o bien parcialmente autógamas y parcialmente alógamas. También se encuentran algunas especies apomícticas (apomícticas facultativas) en las que el embrión de la semilla se produce sin fecundación, como en algunos cítricos.

La alogamia está asegurada por la propia forma de las flores, por mecanismos fisiológicos o por diferentes causas de esterilidad.

Por ejemplo, en algún caso se presenta la alogamia al ser más largos los estilos que los estambres (macrostilia), lo que dificulta la autopolinización. En otros casos se presenta la alogamia porque se produce una falta de sincronización en la madurez o de disponibilidad fecundadora de los órganos masculinos y femeninos de una flor (dicogamia en plantas monoicas), manifestándose de dos formas:

1) Protandria: madura antes el órgano masculino.
2) Protoginia: madura antes el órgano femenino.

En otros muchos casos la alogamia viene determinada por esterilidad, como la esterilidad morfológica del polen; o, mucho más frecuente, la esterilidad debida a la incompatibilidad polen-estigma, regulada genéticamente por determinados alelos. Estas causas de esterilidad serán comentadas en un apartado posterior.

Las plantas monoicas y las dioicas tienen alogamia forzada, aunque las monoicas pueden no necesitar polinización cruzada. En las dioicas habrá obligatoriamente variedades masculinas polinizadoras y variedades femeninas que serán las productoras de fruta.

Como caso contrario, y si no hay otros mecanismos que impidan la autofecundación, la autogamia forzada se produce cuando la dehiscencia de las anteras tiene lugar antes de la apertura de la corola y el estigma ya está receptivo (cleistogamia). Puede ocurrir en algunas variedades de vid y melocotonero.

En general, tanto la autopolinización y autofecundación como la polinización y fecundación cruzada se presentan de forma parcial en los frutales, a no ser que ocurran causas de esterilidad u otras causas que obliguen al aporte de polen de otras plantas para que se lleve a cabo la fecundación. No obstante, salvo en las especies y variedades totalmente autofértiles, si se quiere conseguir una buena fecundación siempre es recomendable el empleo de polinizadores en la plantación. En ciertos casos que se requiere fruta sin semillas (como en uva de mesa y cítricos), si no hay esterilidad femenina, deberá evitarse que se produzca la polinización y fecundación cruzada.

2.2. Vectores de la polinización

Los vectores de la polinización son los agentes que, voluntaria o involuntariamente, trasladan el polen desde las anteras al estigma de la misma flor o de otra flor. Estos agentes se denominan polinizantes (término que no debe confundirse con el de polinizadores).

En frutales se presentan, fundamentalmente, dos medios naturales para la polinización, bien independientemente o de forma combinada. Además se puede realizar la polinización de forma artificial.

1. Polinización por el viento o anemófila.

En la polinización anemófila el transporte de los granos de polen se realiza por el viento, para ello el grano de polen es muy pequeño y ligero, con un diámetro tan sólo de unas centésimas de milímetro, de modo que puede recorrer cientos de metros hasta ser depositado en los estigmas, que en este caso suelen ser grandes para permitir una mejor captación.

Las especies que tienen polinización anemófila producen gran cantidad de flores y de polen, como el olivo, la vid, el pistacho y el mango. En bastantes casos se presentan flores masculinas y femeninas especializadas para esta polinización, como es el caso de los largos amentos (por ejemplo, en nogal, pacano, avellano y castaño) que desprenden grandes cantidades de polen (un nogal adulto produce entre diez mil y veinte mil millones de granos de polen). La dehiscencia de las anteras se produce, principalmente, en períodos secos y el desprendimiento es gradual a lo largo de numerosos días; lo que favorece la polinización ya que la lluvia limpiaría el aire de granos de polen y un exceso de humedad disminuye la viabilidad del polen.

2. Polinización por insectos o entomófila.

En la polinización entomófila el transporte de los granos de polen se realiza por insectos; en los frutales, principalmente, por las abejas, aunque también pueden contribuir a la polinización otros insectos como avispas silvestres, abejorros, etc. En condiciones normales estos insectos tienen un radio de acción de unos 800 m, si bien el radio útil se considera de 400 m.

Las especies con polinización entomófila tienen las flores más atractivas por su tamaño, color y olor de los pétalos, y su producción de néctar. Ejemplo: peral, manzano, cerezo, ciruelo, melocotonero, almendro, etc. Unas flores son más atractivas que otras para las abejas, normalmente las que secretan más néctar y más azucarado, como por ejemplo las del cerezo, siendo las menos atractivas las del peral y, sobre todo, las del kiwi que no tienen néctar.

Estas flores tienen los granos de polen más grandes y presentan cierta viscosidad o capacidad de adherencia. Dependiendo de la conformación de las flores y, especialmente, de la posición de las anteras respecto al estigma, la polinización se verá favorecida u obstaculizada en la visita de los insectos.

Junto a la polinización entomófila, siempre se producirá en algunas flores polinización anemófila, al caer sobre los estigmas el polen de la propia flor, de otras

flores próximas de la planta, o de polinizadores implantados al efecto. No obstante, su importancia será pequeña respecto al polen depositado por los insectos.

3. Polinización artificial.

La polinización artificial consiste en aportar polen a las flores de forma manual o con medios mecánicos. El polen es recolectado en campañas anteriores o bien en la misma campaña en zonas más tempranas. También se aporta polen a las piqueras de las colmenas para que sea distribuido por las abejas.

Para que la polinización sea efectiva y pueda producirse la fecundación el polen distribuido debe ser de la misma especie y compatible con la variedad a polinizar; y, además, debe mantener su capacidad germinativa y viabilidad. Esta aportación puede ser un complemento en el caso de condiciones adversas por falta de polinizadores, aunque sus resultados, en general, no están suficientemente contrastados.

La aplicación de polen de otras especies sólo estaría justificada en el caso excepcional de que este polen provoque, al depositarse sobre el estigma e incluso germinar, un estímulo (posiblemente hormonal) que origine el desarrollo del fruto aunque no haya habido fecundación. Esta aplicación es de dudoso resultado y el estímulo buscado se podría conseguir más fácilmente con una aplicación hormonal.

El manejo del polen y su distribución uniforme en la plantación es complicado. La aplicación mecánica se realiza, generalmente, mediante espolvoreo de una mezcla de polen con sustancias inertes, y se lleva a cabo por empresas especializadas. Se necesita hacer aplicaciones diarias durante unos seis o más días.

El polen se conserva congelado a -20 ºC durante varios años, pero una vez expuesto a temperatura ambiente su vitalidad se reduce a unas pocas horas. Igualmente el polen fresco recolectado en ese mismo año, aunque puede conservarse en frío algo más de una semana, una vez colocado a temperatura ambiente sólo mantiene su vitalidad durante unas diez horas.

La polinización manual realizada en algún caso concreto, como en la vid en la variedad de mesa Ohanes que presenta polen con fertilidad muy baja, está cada vez más en desuso por su elevado coste y dificultad. Las variedades que precisan esta polinización artificial están siendo sustituidas por otras que no tienen este inconveniente. Prácticamente la polinización artificial se ve relegada a actividades de investigación y de mejora genética, aunque recientemente se están implantando empresas especializadas en venta y aplicación de polen.

2.3. Periodo efectivo de polinización

Se denomina período efectivo de polinización al período durante el cual el polen que llega a los estigmas tiene la posibilidad de realizar la fecundación de los óvulos, al encontrarse fisiológicamente viables los órganos implicados. El período efectivo de polinización está determinado por tres factores:

1. Período de receptividad del estigma. Es el período en que el estigma se encuentra receptivo al polen, al haber alcanzado su pleno desarrollo, manteniendo su funcionalidad para que se lleve a cabo la germinación y crecimiento del tubo polínico. En general comprende de 5 a 8 días.

2. Periodo de longevidad del óvulo. Es el período durante el cual el óvulo, después de haber alcanzado su madurez, se encuentra funcional para que se lleve a cabo la fecundación. En general comprende de 6 a 12 días desde que abre la flor.

3. Tiempo requerido por el tubo polínico. Es el tiempo necesario para la emisión y para el crecimiento del tubo polínico por el estilo, hasta alcanzar el saco embrionario del óvulo. En general requiere de 3 a 6 días.

El tiempo que comprende el periodo efectivo de polinización es, por lo tanto, la diferencia entre la longevidad del óvulo y el tiempo requerido para el crecimiento del tubo polínico, contado a partir del momento en que el estigma es receptivo y sin sobrepasar su periodo de receptividad. En la Figura 2.3 se representa un diagrama con un ejemplo sobre como establecer el período efectivo de polinización.

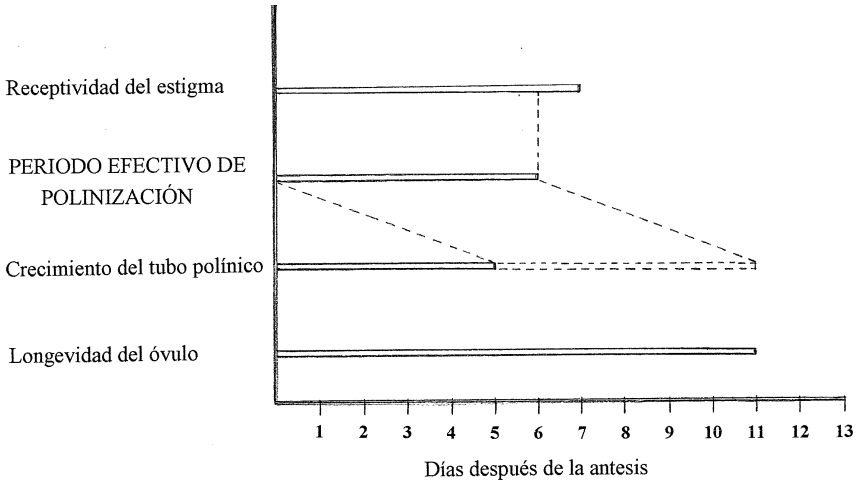


Figura 2.3. Ejemplo de período efectivo de polinización.

Pasado este periodo, la polinización ya no será efectiva porque el tubo polínico llegará al óvulo cuando éste ha degenerado y ya no puede ser fecundado.

Siempre es conveniente que la polinización se lleve a cabo lo antes posible después de la apertura de la flor, encontrándose, normalmente, el estigma ya receptivo. Además, las flores recién abiertas son más atractivas para las abejas.

3. Germinación del polen y crecimiento del tubo polínico

Una vez realizada la polinización y fijado el grano de polen sobre el estigma se produce la germinación.

Los estigmas deben ser receptivos antes de la apertura de las anteras y difusión de los granos de polen. Las papilas estigmáticas segregan una sustancia viscosa y azucarada que retiene a los granos de polen y les proporciona un medio adecuado para su hidratación y germinación. Las lluvias en esta fase pueden lavar los estigmas y dificultar el proceso.

La germinación se produce entre 2 y 36 horas después de depositarse el polen. Está muy influida por la temperatura, situándose el óptimo y entre 20 y 25 ºC y no se desarrolla, en general, a menos de 3-5 ºC ni a más de 35 ºC.

Con la hidratación de la pared exterior (exina) del grano de polen se dispersan los lípidos que obturan los poros germinativos. Lo que permite la hidratación de la pared interior (intina) que se hincha, dando lugar a la apertura del poro y permitiendo la emergencia del tubo polínico.

El tubo polínico lo origina la célula vegetativa del grano de polen, desarrollándose a base de un fuerte alargamiento de la intina. El mecanismo de la germinación es complejo y cuenta con la acción de proteínas enzimáticas y de otras sustancias, como las auxinas, contenidas en el grano de polen. La germinación se estimula al aumentar el número de granos de polen depositados sobre el estigma. Después de la germinación se produce, normalmente, la división del núcleo generativo en dos núcleos espermáticos.

Existe una especie de reconocimiento entre el grano de polen y el estigma que permite la penetración y el avance del tubo polínico por el interior del tejido.

El crecimiento hacia el interior del estilo se produce por quimiotropismo, en el que influyen positivamente los iones de calcio. En su crecimiento por el estilo y el ovario, el tubo polínico digiere las células que encuentra a su paso gracias a las diastasas producidas por el núcleo vegetativo. Se produce así la hidrólisis de polisacáridos y la liberación de proteínas que son aprovechadas para la nutrición del tubo. Según avanza el tubo se va formando un tapón callósico que mantiene turgente la parte apical viva, para asegurar la penetración, y la separa de la parte superior que va degenerando. En la Figura 2.4 se representan diferentes aspectos del desarrollo del tubo polínico.

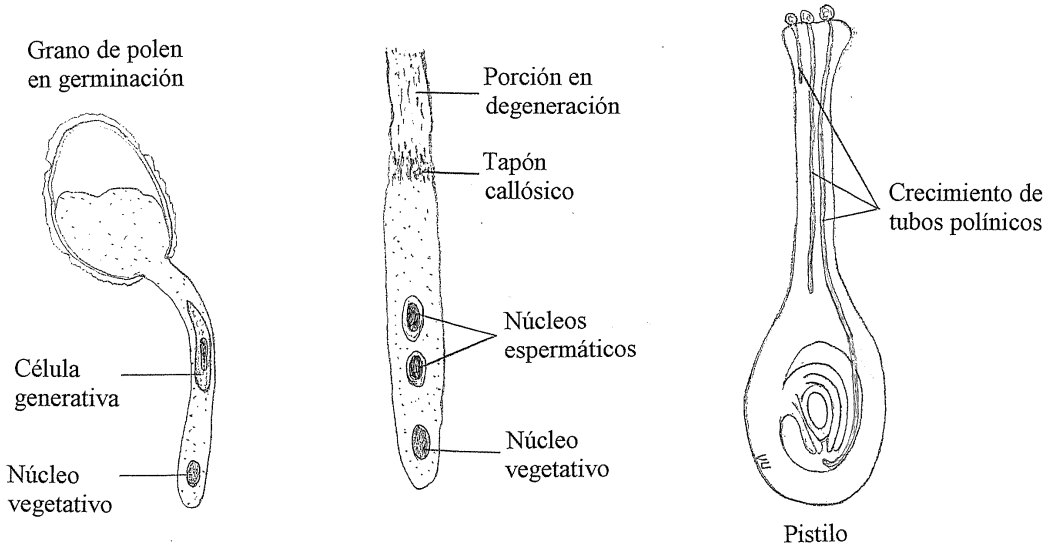


Figura 2.4. Desarrollo del tubo polínico.

Cuando el tubo polínico alcanza el ovario crece hacia el óvulo, o hacia uno de los óvulos en su caso. Finalmente, el tubo penetra en el óvulo, normalmente, a través de la apertura microscópica del micrópilo, y en ocasiones por la cálaza. Luego se abre paso entre las células de la nucela y llega hasta el saco embrionario, entonces se descompone el núcleo vegetativo y libera los dos núcleos espermáticos para que tenga lugar la fecundación.

Solamente un tubo polínico penetra a través de cada micrópilo. Aún no se conocen claramente todos los fenómenos implicados en el crecimiento del tubo polínico y la posterior fecundación.

El tubo polínico tarda, en general, de 3 a 6 días en alcanzar el ovario. El tiempo requerido es diferente según la especie y variedad, y está muy influido por la temperatura. Así, por ejemplo, en peral el crecimiento del tubo polínico puede requerir a 5 ºC más de 12 días y a 15 ºC menos de 4 días. En vid requiere a 15 ºC entre 5 y 7 días y a 30 ºC solo varias horas. En manzano y peral el óptimo se sitúa sobre 17-22 ºC (a temperaturas superiores a 27 ºC el crecimiento es más lento), en cerezo en 20 °C y en almendro en 25 °C. Si la temperatura es baja puede no llegar hasta el óvulo o bien llegar cuando éste ya no es viable. Asimismo, las temperaturas excesivamente altas pueden afectar negativamente al crecimiento y provocar roturas en el tubo.

Cuando la polinización es cruzada (con polen de otra variedad) los tubos polínicos suelen crecer más deprisa que en el caso de autopolinización, para una misma temperatura.

Algunos elementos minerales tienen también gran influencia en el crecimiento del tubo polínico, especialmente el boro y el calcio. Algunos tratamientos con fungicidas durante la floración tienen un efecto inhibitorio sobre la germinabilidad del polen.

4. Fecundación y formación del embrión

La fecundación consiste en la fusión de las células reproductoras en el saco embrionario del óvulo.

El óvulo alcanza su pleno desarrollo con la apertura de la flor, encontrándose ya funcional para que se lleve a cabo la fecundación. La longevidad del óvulo suele ser de 6 a 12 días; aunque su viabilidad varía, principalmente, según las especies y variedades, la temperatura y el estado nutritivo de la planta. El periodo de longevidad es mayor en los frutales de pepita que en los de hueso. A temperaturas elevadas los procesos de envejecimiento de los óvulos se aceleran. La deficiencia en nitrógeno provoca una menor longevidad de los óvulos.

El tubo polínico debe llegar al óvulo cuando éste aún mantiene su viabilidad. Lo penetra, normalmente por el micrópilo, y alcanza el saco embrionario donde se encuentra la oosfera y la célula madre del endospermo con los dos núcleos polares. Entonces se desintegra el tubo, se descompone el núcleo vegetativo y se liberan los dos núcleos espermáticos, para dar lugar a una doble fecundación.

Un núcleo espermático se fusiona con el núcleo de la oosfera para formar el cigoto, diploide, que dará origen al embrión.

El otro núcleo espermático se fusiona con el núcleo secundario de la célula madre del endospermo (originado este núcleo, a su vez, por la fusión de los dos núcleos polares), formando así el endospermo primario triploide, el cual dará origen al tejido nutritivo del embrión.

Durante estos procesos las células sinérgidas, que han contribuido a dirigir la fusión de los gametos para formar el cigoto, se desintegran. Igualmente las células antípodas degeneran y se produce la absorción del tejido nucelar. Las reservas que se encuentran en los tegumentos y en la nucela son las que sostienen, principalmente, los primeros estados del desarrollo del endospermo y del embrión.

El embrión se forma a partir del cigoto, que comienza dividiéndose por varios tabiques transversales constituyendo un proembrión con forma alargada. Las células iniciales de la base constituyen el suspesor, que lo mantiene en contacto con la pared del saco embrionario. La célula delantera orientada hacia el saco embrionario es la que dará lugar, mediante divisiones también longitudinales, al embrión propiamente dicho.

El embrión inicialmente está indiferenciado y presenta una forma redondeada. Las divisiones iniciales son lentas y hasta que no transcurren varias semanas no se produce un crecimiento rápido del embrión. Más tarde se alargará (en los frutales de hueso adquiere forma de corazón) y se diferenciará, manteniendo siempre la misma polaridad y originando los cotiledones y un eje embrionario con la plúmula y la radícula.

Paralelamente a la formación inicial del embrión, el núcleo del endospermo primario se divide rápida e intensamente dando lugar a núcleos libres no separados por membranas, que se sitúan en la zona periférica del citoplasma del saco embrionario. Luego se transformará a un estado celular y será digerido por el embrión en crecimiento. Este endospermo será reemplazado por otro secundario que se va regenerando según va siendo digerido por el embrión.

Con el desarrollo del endospermo y del embrión se produce también el desarrollo de los tegumentos del óvulo, para formar las cubiertas de la futura semilla.

El joven embrión en desarrollo desencadena la producción de sustancias hormonales, especialmente giberelinas, las cuales estimulan la producción de otras hormonas como auxinas. Estas hormonas tienen un papel fundamental en el cuajado y desarrollo del fruto. Con la aplicación de giberelinas, principalmente, y de auxinas y

citoquininas se ha logrado provocar el desarrollo del fruto sin que haya tenido lugar la fecundación, dando lugar a frutos sin semillas (frutos partenocárpicos).

4.1. Procesos citogenéticos

Para que la fecundación se lleve a cabo y se pueda constituir la célula embrionaria o cigoto se tienen que haber desarrollado, previamente, las divisiones cromosómicas que darán origen a los gametos masculino y femenino.

En la Figura 2.5 se representan esquemáticamente los sucesivos pasos que tienen lugar para la formación de los gametos y para la formación del embrión.

Los procesos citogenéticos de división de los cromosomas dan lugar, en condiciones normales, a la formación de gametos con núcleos haploides (n) y luego con su fusión, para constituir el cigoto, a la formación de una célula embrionaria diploide (2n).

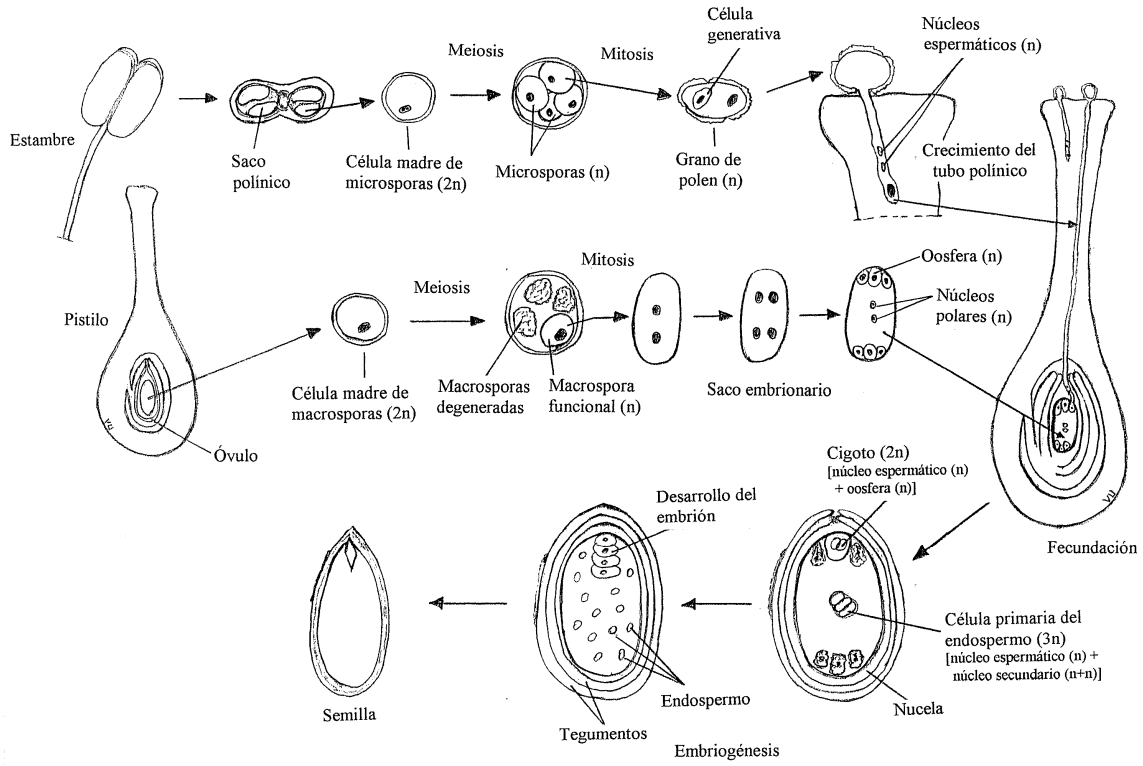


Figura 2.5. Procesos citológicos de la gametogénesis y la fecundación.

En algunos casos, como en variedades triploides, se producen anomalías en los procesos de división que dificultan o impiden la formación del polen o del saco embrionario, o bien los procesos de la germinación del polen o de la fecundación, originando esterilidades y, por lo tanto, problemas para la producción de frutos basada en la fecundación, que es lo normal, salvo que se persiga la producción de frutos sin semilla.

La mayoría de especies y variedades frutales son diploides, aunque también hay individuos con poliploidía, originados a partir de parentales normales o diploides, en los que falló el proceso de reducción cromática. La mejora genética de frutales también ha dado origen a variedades poliploides. Por ejemplo, en manzano y peral se encuentran numerosas variedades triploides, y en ciruelo variedades tetraploides y hexaploides.

Algunos genetistas consideran que los frutales de pepita (Subfam. *Pomoideas*) y los frutales de hueso (Subfam. *Prunoideas*) son en general poliploides secundarios complejos, cuyo número original de cromosomas sería n=7 que es el representativo de la familia *Rosaceas*.

Así en las *Pomoideas* la multiplicación cromosómica sería la siguiente:

[(4) x 2] = 8 y [(3) x 3] = 9 , resultando entonces n=17

Las variedades del género *Pyrus* (n=17) están formadas por los siguientes cromosomas:

[(4) x 4] + [(3) x 6] = 34 , para variedades diploides.

[(4) x 6] + [(3) x 9] = 51 , para variedades triploides.

En las *Prunoideas* la multiplicación cromosómica sería la siguiente:

[(4)x 1] = 4 y [(3) x 4] = 12 , resultando 2n=16 , y entonces n=8

Los cromosomas de las *Pomoideas* se consideran también una fusión de las *Prunoideas* (n=8) y *Espiroideas* (n=9). Estas últimas constituidas según la siguiente multiplicación: [(4)x 3] = 12 y [(3) x 2] = 6 , resultando 2n=18 , y entonces n=9

A continuación se refleja la composición cromosómica (número somático) de las especies frutales más significativas:

Peral (*Pyrus communis* L.) ..... 2n = 34 diploide
2n = 51 triploide

Manzano (*Malus x domestica* Bork)	2n = 34 diploide 2n = 51 triploide
Membrillero (*Cydonia oblonga* L.)	2n = 34 diploide
Melocotonero (*Prunus persica* (L.) Batsch.)	2n = 16 diploide
Almendro (*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb)	2n = 16 diploide
Albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.)	2n = 16 diploide
Cerezo dulce (*Prunus avium* L.).....	2n = 16 diploide
Guindo (*Prunus cerasus* L.).....	2n = 16 diploide
Ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.)	2n = 48 hexaploide
Ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl)	2n = 16 diploide 2n = 32 tetraploide
Ciruelo mirobolán (*Prunus cerasifera* Ehrh.)	2n = 16 diploide
Ciruelo San Julián y Damas (*Prunus insititia* L.)	2n = 48 hexaploide
Endrino (*Prunus spinosa* L.)	2n = 32 diploide
Frambueso (*Rubus idaeus* L.)	2n = 14 diploide
Grosellero (*Ribes sp.*)	2n = 16 diploide
Granado (*Punica granatum* L.)	2n = 16 diploide
Higuera (*Ficus carica* L.)	2n = 26 diploide
Caqui (*Diospiros kaki* L.)	2n = 60 tetraploide
Kiwi (*Actinidia chinensis* Planch.)	2n = 160 diploide
Nogal (*Junglans regia* L.)	2n = 32 diploide
Avellano (*Corilus avellana* L.)	2n = 28 diploide
Pistacho (*Pistacia vera* L.)	2n = 30 diploide
Castaño (*Castanea sativa* L.)	2n = 24 diploide
Algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.)	2n = 24 diploide
Palmera datilífera (*Phoenix dactylifera* L.)	2n = 36 diploide
Platanera (*Musa sp.*)	2n = 22 diploide
Aguacate (*Persea americana* Mill.)	2n = 24 diploide

Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.)	2n = 14 diploide
Mango (*Mangifera indica* L.)	2n = 40 diploide
Naranjo dulce (*Citrus sinensis* (L.) Pers.	2n= 18 diploide 2n = 27 triploide 2n = 36 tetraploide
Mandarino (*Citrus reticulata* Blanco)	2n = 18 diploide 2n = 36 tetraploide
Limonero (*Citrus limon* Burm.)	2n = 18 diploide 2n = 36 tetraploide
Naranjo amargo (*Citrus aurantium* L.)	2n = 18 diploide
Pomelo (*Citrus grandis* Osbeck.)	2n = 18 diploide 2n = 36 tetraploide
Limero (*Citrus aurantifolia* (Chr.) Swing.)	2n = 18 diploide
Olivo (*Olea europea* L.)	2n = 46 diploide
Vid. Sección Euvitis (*Vitis vinifera* L.)	2n = 38 diploide 2n = 57 triploide 2n = 76 tetraploide
Sección Muscadinea (*Vitis rotundifolia* Michx..)	2n = 40 diploide

4.2. Apomixis en frutales

La apomixis consiste en la formación de embriones sin fecundación, por organogénesis a partir de células del óvulo. A las plantas producidas de esta manera se les denomina plantas apomícticas.

La apomixis se clasifica, en general, en las siguientes formas:

a) Partenogénesis. El embrión se origina a partir de la ovocélula no fecundada, en este caso la descendencia será haploide. Si no se produce la reducción cromática previa el embrión formado será diploide (diplosporía). El desarrollo partenogenético de embriones es poco frecuente en los frutales.

b) Apogamia o automixis. El embrión se origina a partir de las otras células del saco embrionario, las sinérgidas o las antípodas, que por fusión o por fallo en la primera

mitosis restauran la diploidia. Este caso es muy extraño en frutales y se encuentra citado, por ejemplo, en la variedad de manzana Transparente de Croncels.

c) Poliembrionía o embrionía adventicia. El embrión o embriones se producen directamente por mitosis dentro del óvulo a partir de células diploides, en general, de la nucela (embrionía nucelar) o en algún caso del tegumento. También puede desarrollarse un saco embrionario diploide a partir de células del tegumento o de la nucela (aposporía) y la consiguiente formación de embriones asexuales, siendo similar este caso a una partenogénesis diploide. La poliembrionía ocurre frecuentemente en el mango y los cítricos, en los que generalmente se forman varios embriones en cada semilla.

Tanto en la embrionía adventicia como en otros procesos apomícticos, puede ser necesaria la fecundación para el desarrollo del endospermo, sin el cual no se desarrollarían los embriones apomícticos.

La propagación por semillas originadas asexualmente, con embriones apomícticos, es por lo tanto un tipo de propagación por vía asexual o vegetativa. Las plantas apomícticas, originadas a partir de células diploides, tienen el mismo genotipo que la planta madre, como es el caso de la embrionía adventicia.

Las plantas apomícticas presentan juvenilidad siguiendo las mismas fases que las plantas producidas sexualmente. Se utilizan principalmente como patrones, como es el caso de los cítricos. También tienen utilización para eliminar los virus que no se transmiten por semilla.

En la semilla de los cítricos, principalmente en naranjo y limonero, y menos frecuentemente en mandarino, se forman dos o tres embriones nucelares y uno sexual. Uno de los embriones nucelares presentará un tamaño muy superior al resto y el embrión sexual es el que al final alcanza menor tamaño y en muchos casos aborta. La planta originada por el embrión sexual suele ser menos vigorosa que las producidas por los embriones apomícticos, lo que se utiliza para su diferenciación en el semillero. Polinizando y fecundando las flores de los cítricos, en estos casos, con polen de *Poncirus trifoliata* el embrión sexual heredaría el carácter de hoja trifoliada, permitiendo, de esta forma, diferenciar claramente la planta originada sexualmente de las plantas de origen apomíctico.

Cabe citar que la apomixis en frutales, prácticamente, no tiene más repercusión en fruticultura que la aplicación, ya comentada, en la producción de patrones de cítricos.

5. Esterilidad varietal en frutales

La esterilidad varietal es la imposibilidad que tienen las flores de una variedad de fecundar o ser fecundadas. Está originada por diferentes anomalías en la flor que impiden el proceso normal de reproducción.

Las causas de la esterilidad son muy diversas, ya que los procesos de polinización, crecimiento del tubo polínico y fecundación pueden ser obstaculizados o interrumpidos tanto por factores intrínsecos de la planta como por factores externos, principalmente climáticos.

No obstante, cuando se hace referencia a la esterilidad varietal deben considerarse, solamente, las causas intrínsecas hereditarias, y no afecciones u otras causas internas de la planta, como las debidas a aspectos nutritivos (reservas) o sanitarios (virosis). Tampoco deben considerarse dentro de la esterilidad varietal las causas debidas a factores externos, como temperatura, lluvia o acciones accidentales.

La esterilidad varietal se presenta total o parcialmente en las plantas, y sus efectos son más o menos negativos para la plantación dependiendo de su incidencia en el aparato sexual masculino o femenino, del grado de floración y de cómo se lleven a cabo los procesos de polinización y fecundación. No obstante, en algún caso, la esterilidad puede ser de gran utilidad, como en la producción de frutos sin semillas.

Según sea la imposibilidad de fecundación entre las variedades, la esterilidad se clasifica en los siguientes tipos:

1) Autoesterilidad.

Es la imposibilidad de que los óvulos sean fecundados por el polen de la misma variedad. En este caso se dice que la variedad es autoestéril. En caso contrario, de que el óvulo pueda ser fecundado con polen de la misma variedad, se dice que es autofértil.

2) Interesterilidad.

Es la imposibilidad de fecundación entre variedades de una misma especie, independientemente de la coincidencia en sus periodos de floración. En este caso se dice que las variedades son interestériles. En el caso contrario, de que las variedades puedan fecundarse entre sí, se dice que son interfértiles.

Es muy importante conocer este comportamiento varietal a la hora de planificar una plantación y establecer la necesidad de polinizadores. En los antiguos huertos frutales de pequeño tamaño, en los que cada especie comprendía varias variedades, no se ponían de manifiesto los problemas de esterilidad al cruzarse entre sí; además de que los fruticultores, generalmente, eliminaban las variedades de cuajado escaso aunque tuvieran una abundante floración.

Actualmente, en las plantaciones monovarietales (y clonales), tanto de pequeña como de gran superficie, si la variedad base elegida no es totalmente autofértil deben tenerse muy en cuenta los aspectos de esterilidad y elegir también un polinizador efectivo, con el fin de asegurar la producción.

5.1. Tipos de esterilidad

La esterilidad varietal, dependiente de factores genéticos, va ligada a veces a causas fisiológicas y ambientales difíciles de separar. Se diferencia en los tres tipos siguientes:

1. Esterilidad morfológica.

Se presenta cuando existe una mala formación, atrofia o aborto de los órganos sexuales masculinos o femeninos. Esta esterilidad se manifiesta parcialmente y está muy influenciada por las condiciones ambientales y nutritivas que acentúan sus efectos.

Si las anomalías afectan al aparato sexual femenino (ginoesterilidad) las flores no podrán dar lugar a frutos, a no ser que éstos se desarrollen partenocárpicamente, aunque no haya tenido lugar la fecundación. La ginoesterilidad se manifiesta en ciertas variedades de melocotonero y ciruelo que desarrollan pistilos anormales y en ciertas variedades de olivo que presentan aborto del ovario. La vid silvestre (*Vitis silvestris*), que es una especie dioica, presenta en los ejemplares masculinos las flores con aborto del pistilo.

Si las anomalías afectan al aparato sexual masculino (androesterilidad) las flores podrán dar lugar a frutos si son polinizadas con polen de otras flores. Las causas se deben al aborto de los estambres, a una mala formación y desecación rápida de las anteras, o a polen mal formado o con escasa capacidad de germinación.

La androesterilidad se manifiesta en varias especies, como en melocotonero (variedad J. H. Hale y otras), en vid (variedad Ohanes), en peral (variedad Margarita

Marillat y otras), en olivo en numerosas variedades, en ciruelo, etc. En casi todos estos casos se presentan flores con escasez de polen o con polen inviable, por lo que es necesaria la polinización de dichas flores con polen de otras variedades para obtener frutos.

La platanera presenta en la base de sus inflorescencias flores con dominancia femenina que dan lugar a fruto sin haberse fecundado, y en el extremo de las inflorescencias presenta flores de dominancia masculina pero con sus estambres desprovistos, frecuentemente, de polen.

En ocasiones, otros aspectos regulados genéticamente, como la propia forma de los órganos florales o su desarrollo fisiológico, originan efectos similares a la esterilidad morfológica. Es el caso de la macrostilia que al presentar la flor el estilo más largo que los estambres se dificulta la autopolinización de la flor. Igualmente, mecanismos fisiológicos como la falta de sincronización en la madurez de los órganos sexuales masculinos y femeninos, como es el caso de madurar antes el polen (protandria) o de madurar antes el óvulo (protoginia), imposibilitan la autofecundación de la flor.

2. Esterilidad citológica.

Es debida a anomalías que surgen en los procesos citogenéticos de formación de las células sexuales masculinas o femeninas, o en los procesos posteriores que tienen lugar en la fecundación y formación del embrión.

En este caso, las flores presentan los órganos con un desarrollo morfológico normal pero las irregularidades en las combinaciones cromosómicas originan que el polen formado tenga muy poca capacidad germinativa, o bien que las células del saco embrionario no sean aptas para la fecundación o para desarrollar embriones viables.

La formación de gametos en las variedades triploides o, en general, en las poliploides, puede no ser regular, lo que origina polen poco viable o bien posteriores abortos del embrión. Por este motivo será necesario utilizar variedades diploides como polinizadoras.

Este tipo de esterilidad es frecuente en las variedades triploides de manzano (como Reineta Blanca del Canadá y Stayman Winesap) y de peral (como Mantecosa de Amanlis y De Cura).

El polen formado en estas variedades triploides alcanza porcentajes de germinación muy bajos (inferiores al 10%) y los óvulos suelen presentar una mala formación del saco embrionario en porcentajes superiores al 50%.

También pueden darse problemas en la fecundación entre variedades de ciruelo japonés (diploide) y ciruelo europeo (hexaploide).

En algunas variedades de uva, como Corinto y Sultanina, no se forman embriones viables y el óvulo da lugar a semillas vanas originando frutos apírenos, muy apreciados para su consumo en fresco y, sobre todo, para pasificación.

3. Esterilidad factorial o incompatibilidad polen-estigma.

Se presenta cuando, excluidas las otras causas de esterilidad, el polen depositado sobre el estigma no es capaz de fecundar la flor. Se manifiesta porque el tubo polínico o bien no penetra en el estigma, o bien presenta un crecimiento lento o se detiene en el estilo, o bien no llega a penetrar en el óvulo.

El fenómeno está originado por la interacción entre el genoma haploide del tubo polínico y el genoma diploide del estilo. Dependiendo, por tanto, la esterilidad de factores hereditarios. El avance del tubo polínico a través de los tejidos del estilo está determinado por factores mendelianos recesivos; aunque también el crecimiento del tubo está influido por las condiciones del medio, cuya acción no debe confundirse con la esterilidad factorial.

La esterilidad factorial es debida a la presencia en ambos genomas del mismo factor de esterilidad en el locus denominado convencionalmente "locus S", que comprende la serie alelomórfica S_1, S_2, S_3, etc. El alelo dominante sobre el resto de los alelos que anula la incompatibilidad y, por tanto, permite la autofecundación, se denomina "S_f".

El tubo polínico siempre tiene la capacidad de crecer por el estilo si el factor de esterilidad que porta es diferente al factor de esterilidad del estilo. Por el contrario, su crecimiento se verá interrumpido si ambos portan el mismo factor de esterilidad. No obstante parecen existir otros factores genéticos que también influyen en el crecimiento.

Por ejemplo, en una planta diploide si se designan los dos genes de la esterilidad como S_1 y S_2, los gametos formados contendrán cada uno un factor, bien el S_1 o el S_2. De esta forma, si una planta S_1 S_2 se poliniza con otra de constitución S_1 S_2 (o se autopoliniza) la combinación resulta totalmente infértil. Por el contrario si es polinizada por otra planta de constitución S_3 S_4 no habrá impedimento para el crecimiento de todos

los tubos polínicos, pudiendo dar lugar con la fecundación a individuos S_1 S_3, S_1 S_4, S_2 S_3 y S_2 S_4.

De igual forma, si sólo coincide uno de los factores el crecimiento lo realizarán los tubos que no portan el factor coincidente. Por ejemplo, si una planta S_1 S_2 es polinizada por una planta de constitución S_1 S_3 la fertilidad será parcial pudiendo dar lugar a individuos S_1 S_3 y S_2 S_3. En los casos de poliploidía las combinaciones serán más complejas.

Téngase en cuenta que estas combinaciones de esterilidad son siempre recíprocas. En la Figura 2.6 se representan diferentes combinaciones de los factores de esterilidad y el resultado correspondiente.

La esterilidad factorial al ser debida a la incompatibilidad polen-estigma recibe la denominación de incompatibilidad varietal. Según sea esta incompatibilidad las variedades se clasifican en dos tipos:

1) Autoincompatibles:

Cuando una variedad no es capaz de fecundarse a sí misma. Por el contrario la variedad será autocompatible si es capaz de autofecundarse, en este caso habrá ausencia de factores de esterilidad o portará el alelo S_f .

2) Interincompatibles:

Cuando las variedades no son capaces de fecundarse entre sí. En caso contrario se dice que las variedades son intercompatibles.

La autocompatibilidad asegura a una variedad que con la autopolinización se permitirá la fecundación del óvulo, lo que supone una gran ventaja para la plantación frutal al no precisar el empleo de polinizadores. No obstante, siempre serán necesarios los agentes polinizantes para transportar el polen hasta el estigma, a no ser que la propia variedad se asegure mediante la proximidad de los estambres que el polen se depositará sobre el estigma sin problemas, además de la sincronización en la madurez de los órganos.

En algunos casos la autocompatibilidad solamente es parcial, denominándose seudo-autocompatibilidad. Puede ser debido a otras interacciones entre el tubo polínico y el estilo que originan la esterilidad. Desde un punto de vista práctico se considera, entonces, la variedad como autoincompatible.

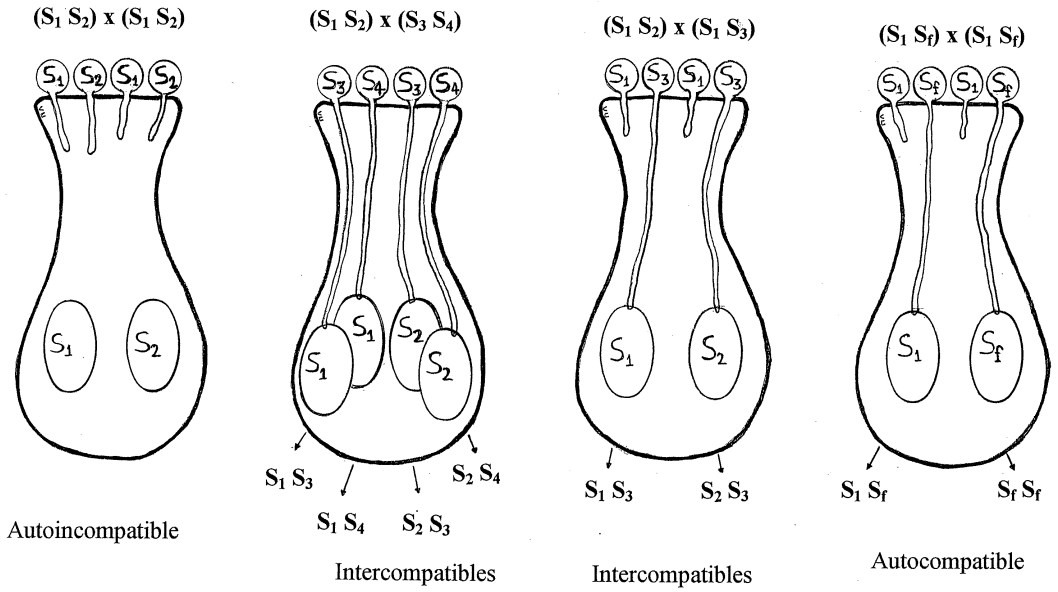


Figura 2.6. Ejemplos de combinaciones compatibles e incompatibles de los factores de esterilidad.

6. Factores externos que inciden en el proceso de floración

Son numerosos los factores externos a la planta que inciden en el desarrollo de las diferentes fases del proceso de floración. Si su acción es negativa entorpecerán o impedirán el normal desarrollo de la polinización, crecimiento del tubo polínico y fecundación, originando esterilidad en las flores y repercutiendo, por lo tanto, sobre la futura fructificación.

Sus efectos no siempre se manifiestan de una forma clara y patente y es difícil discernir la causa que los produce. Además, estos efectos también son provocados por factores intrínsecos de la planta como la esterilidad varietal, comentada en el apartado anterior, y por otras causas internas como es el estado nutritivo (reservas) y sanitario (virosis) de la planta, el cual a su vez está ligado a las condiciones del medio y al manejo de la plantación.

Los factores externos son: los climáticos, las condiciones del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes, las plagas y enfermedades, la repercusión de las actividades culturales y de accidentes acaecidos, y cualquier otro factor que provoque una alteración (o "shock") en la fisiología de la planta.

Se insiste en que es importante conocer en que condiciones se va desarrollando cada año el proceso de floración de las plantaciones, con el fin de prever la incidencia de estos factores externos y en su caso proponer posibles actuaciones para mitigar sus efectos negativos. La falta de fecundación debida a estos factores, y por lo tanto de cuajado, se denomina comúnmente "corrimiento de la flor"

A continuación se comentan los factores externos más importantes y su incidencia en las diferentes fases del proceso de floración.

1. Temperatura.

Es el factor con una incidencia más patente. Los órganos florales son muy sensibles a las bajas temperaturas que originan heladas, dañando los órganos e impidiendo el desarrollo normal de los procesos. El general los síntomas de heladas comienzan a manifestarse a partir de -1,5 ó -2 ºC soportados durante un breve periodo de tiempo, de media a una hora.

Menos patente que las heladas es la incidencia, ya comentada, que tiene la temperatura sobre la germinación y el crecimiento del tubo polínico. Si la temperatura es relativamente baja el crecimiento del tubo es retardado y puede no llegar hasta el óvulo o bien llegar cuando ya no es viable, originando la falta de fecundación. Asimismo, la actividad de los insectos polinizadores se reducirá a temperaturas bajas.

Temperaturas elevadas, a la vez que una baja humedad atmosférica, pueden provocar la desecación de las secreciones estigmáticas dificultando la fijación y la germinación del polen. También las temperaturas muy elevadas impiden la germinación del polen y aunque aceleran el crecimiento el tubo polínico, pueden provocar su ruptura. Asimismo disminuyen la longevidad de los óvulos acortando el periodo efectivo de polinización.

2. Lluvia y humedad atmosférica.

Las lluvias obstaculizan la polinización al impedir el vuelo de los insectos y limpiar el aire de polen. Asimismo arrastran el polen en la dehiscencia de las anteras, provocan la rotura por turgencia de los granos de polen y lavan o diluyen las secreciones estigmáticas imposibilitando la germinación.

Una humedad alta en el aire contribuye a mantener la receptividad los estigmas y reduce su desecación.

3. Viento.

Los vientos, aunque sean moderados, dificultan el vuelo de los insectos y, por tanto, la polinización. Igualmente, a partir de cierta intensidad tampoco influyen favorablemente en la polinización anemófila. Los vientos secos junto con las altas temperaturas desecan los estigmas.

En el caso de vientos fuertes se pueden producir daños en las flores e incluso su caída.

4. Iluminación.

A la luz se le achaca una incidencia favorable sobre el proceso de floración; aunque su incidencia puede ser indirecta, puesto que en los días nublados la temperatura es menor y también la acción de los insectos polinizadores se ve reducida.

5. Suelo y disponibilidad de agua y nutrientes.

Las condiciones del suelo influyen sobre la alimentación y el estado general de la planta. La esterilidad morfológica está, en muchos casos, ligada al estado nutricional de la planta.

Durante la floración las plantas son muy sensibles a cualquier desequilibrio que altere el normal desarrollo de los procesos fisiológicos. Por ejemplo: el encharcamiento que provoca asfixia radical colapsando la absorción, la falta de agua que provoca un estrés hídrico en los órganos, o la falta de elementos fertilizantes (esencialmente nitrógeno y boro), que unido a la carencia de reservas en la planta origina una mala formación y desarrollo de los órganos reproductivos.

6. Acción de plagas y enfermedades.

Numerosos insectos originan daños específicos en los órganos de la flor. También bacterias y hongos pueden infectar a la flor dificultando su desarrollo o provocando su desecación y caída.

7. Actividades culturales y acciones accidentales.

Cualquier intervención sobre la planta o accidente que suponga un trastorno fisiológico tiene repercusión sobre los sensibles procesos que se llevan a cabo en las diferentes fases del proceso de floración.

Es conveniente que durante la floración no se realicen labores drásticas en el suelo, ni riegos en exceso (y menos por aspersión), ni se apliquen productos fitosanitarios que puedan dañar a las flores y sobre todo productos que resulten tóxicos para los insectos polinizadores (especialmente abejas), cuya aplicación incluso está regulada legalmente.

La correcta realización de las actividades previas a la floración, como poda, fertilización, tratamientos, siega de la cubierta vegetal, etc. predispondrá a la plantación a encontrase en un buen estado, lo que unido, en su caso, a una adecuada disposición de variedades polinizadoras y a la utilización de colmenas para favorecer la polinización, nos permitirá acometer con ciertas garantías de éxito este fundamental proceso de la floración.

7. Empleo de polinizadores

Debido a causas de esterilidad varietal, numerosas variedades necesitan polinización cruzada para ser fecundadas, lo que obliga al empleo de polinizadores en la plantación.

La selección de polinizadores tiene que tener en cuenta dos aspectos fundamentales:

1) La interfertilidad del polinizador con la variedad a polinizar, y si es posible la recíproca. Además será conveniente que la variedad polinizadora produzca polen en gran cantidad y totalmente fértil.

2) La coincidencia en la época de floración, de forma que el polinizador cubra totalmente el periodo efectivo de polinización de la variedad a polinizar. También el polinizador debe tener precocidad para asegurar la suficiente producción de polen en la fase de entrada en producción de la plantación.

La necesidad de emplear polinizadores siempre dificulta el diseño y manejo de la plantación. Será conveniente que los polinizadores sean también buenas variedades productivas y que sus necesidades culturales no sean muy diferentes.

En algún caso se emplean especies o variedades no productivas con la única finalidad de asegurar un buen aporte de polen, por ejemplo manzanos de tipo ornamental: Evereste (Malus floribunda), Golden Gem (Malus pumila), etc., y ciruelos mirobolanos. Pero, salvo una necesidad varietal concreta y una probada efectividad, su empleo no está justificado.

A excepción de algunas especies, casi todos los frutales precisan el empleo de polinizadores. No obstante, la selección y mejora genética consiguen que cada vez sea mayor el número de nuevas variedades autofértiles disponibles, sobre todo en frutales de hueso.

En especies de pepita y hueso precisan polinizadores la mayor parte de las variedades de manzano, peral, albaricoquero, almendro, cerezo y ciruelo. En melocotonero son autofértiles, prácticamente, todas las variedades (una excepción es la J. H. Hale que presenta un alto grado de autoesterilidad). En numerosos casos, al estudiar la polinización y fecundación de las variedades, se ha encontrado la existencia de autoincompatibilidad, lo que explica la falta de cuajado en algunos años, como ocurre en ciertas variedades clásicas de albaricoquero para las que no se consideraba necesario el empleo de polinizadores.

En la vid, salvo algunas excepciones con esterilidad o pobres en polen, casi todas las variedades son autofértiles. Los cítricos también presentan problemas de esterilidad, como por ejemplo algunas variedades de naranja del grupo Navel que tienen el polen no viable, pero no es conveniente que se produzca la fecundación, aunque algunas variedades precisan la germinación del grano de polen sobre el estigma para desencadenar el desarrollo partenocárpico del fruto. En olivo se han encontrado problemas de esterilidad en diversas variedades, recomendándose también el empleo de polinizadores en casos concretos; aunque la mayor parte de las variedades españolas más cultivadas son consideradas autofértiles. Asimismo, precisan polinizadores muchas variedades de nogal. Evidentemente, en especies dioicas como el pistacho y el kiwi será necesario el empleo de variedades machos polinizadoras.

En los tratados específicos de Fruticultura y en numerosos artículos sobre polinización pueden consultarse tablas de compatibilidad varietal con los polinizadores recomendados para las variedades de las diferentes especies. Igualmente, los obtentores de variedades y los viveros deben facilitar información sobre los polinizadores recomendados para las nuevas variedades lanzadas al mercado.

El número de polinizadores a implantar respecto a la variedad a polinizar dependerá de su grado de esterilidad (parcial o total) y de las condiciones en que habitualmente se desarrolla la floración en la zona.

Para asegurar una buena efectividad no es recomendable menos del 8-10% de polinizadores en especies entomófilas (algo menos en especies anemófilas), y dispuestos de tal forma que la distancia entre el polinizador y la variedad a polinizar sea

la menor posible. Este porcentaje se incrementa al 20-25% o más según las necesidades de polinización, o bien según las necesidades de diseño y manejo de la plantación. En aquellos casos en que el solape de la época de floración no sea suficiente será necesario el empleo de dos variedades polinizadoras.

Aunque la variedad polinizadora sea considerada, a su vez, en la explotación frutal como variedad productiva base es siempre conveniente que cada parcela contenga el mayor número posible de árboles de la variedad base asignada a esa parcela, con la finalidad de facilitar el control de riego y fertilización, tratamientos, recolección, etc.; ya que las necesidades de cada variedad raramente serán iguales. Por este motivo no serán recomendables las distribuciones al 50% o con porcentajes elevados, o bien la implantación de tres variedades con el mismo porcentaje de plantas.

7.1. Disposición de los polinizadores

El diseño de la plantación, además de tener en cuenta las necesidades de polinización, debe contemplar las necesidades de manejo de las plantas y buscar disposiciones regulares y homogéneas que faciliten la realización de actividades, a la vez que se asegura una buena polinización.

Los diseños se diferencian en dos tipos: disposición de polinizadores de forma alterna y disposición en filas completas. Las disposiciones alternas permiten, en general, emplear menor número de polinizadores y mantener menores distancias respecto a las plantas de la variedad a polinizar, aunque depende del marco de plantación. Las filas completas exigen un número mucho más elevado de polinizadores para mantener distancias relativamente próximas, dependiendo también del marco de plantación, aunque en este caso su implantación y manejo será más sencillo.

Dentro de las disposiciones alternas, una opción con un número reducido de polinizadores es la colocación de un polinizador cada catorce plantas de la variedad a polinizar (relación 1:15), lo que supone un 6,66%. En la Figura 2.7A se representa la disposición en todas las filas con un desfase de cinco plantas, y en la Figura 2.7B la disposición en una fila de cada cinco alternando el polinizador cada dos plantas de la variedad.

Otra disposición parecida es la que se refleja en la Figura 2.8 con un polinizador cada once plantas de la variedad a polinizar (relación 1:12), lo que supone un 8,33%. En este caso se encuentran ocho plantas de cada once junto al polinizador.

Una disposición alterna muy utilizada que permite una buena cobertura con un bajo número de polinizadores es la colocación de un polinizador cada ocho plantas de la variedad a polinizar (relación 1:9), de forma que quede dispuesto en el centro de un cuadrado o rectángulo, lo que supone un 11,11%. De esta manera siempre habrá un polinizador junto a la variedad a polinizar. En la Figura 2.9.A puede verse el polinizador dispuesto en todas las filas pero desfasado tres plantas. En la Figura 2.9.B el polinizador se dispone en una fila de cada tres, alternando el polinizador cada dos plantas de la variedad. Esta segunda opción presenta mayor regularidad y facilidad de manejo que la representada en la Figura 2.9.A.

La disposición de los polinizadores en filas completas adopta los diseños más usuales en filas simples, con relaciones que van desde una fila de cada tres (33,33%) a una fila de cada seis (16,66%), o en filas dobles con relaciones que van desde dos filas de cada seis (33,33%) a dos filas de cada ocho (25%). En la Figura 2.10 se representan estos diseños más usuales. Los diseños en filas con mayor separación entre polinizador y la variedad a polinizar perderían mucha efectividad.

Los diseños en bloques con varias filas de polinizador y variedad no tienen una justificación práctica y sólo dificultan el manejo de la parcela. Cuando se precisa el empleo de dos variedades polinizadoras el diseño debe adoptar disposiciones similares a las representadas, bien distribuyendo equitativamente los dos polinizadores en una disposición alterna, o bien utilizando la opción de filas completas alternas.

Cuando no se han implantado polinizadores en una plantación o su número es insuficiente puede recurrirse a sobreinjertar en algunos árboles de la variedad el polinizador. En este caso, los injertos no deben realizarse solamente en las partes altas sobresaliendo el polinizador por encima de las copas de la plantación, puesto que si sus flores son más atractivas los insectos saltarán entre los polinizadores sin realizar su cometido. Como complemento o bien durante el tiempo que tarda en desarrollarse la vegetación de los polinizadores se pueden colocar, distribuidos en la plantación, ramos florecidos de los polinizadores, sumergidos en recipientes con agua para evitar su desecación rápida. No obstante, el sobreinjerto con polinizadores es costoso y tarda varios años en dar resultados, y la colocación de ramos en recipientes, además de ser engorrosa, no resulta efectiva si no se emplean muchos; pero siempre se debe intentar paliar la carencia existente.

o x x x x x x x x x x x x x x **o** x x x x x x
x x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x x x x
x x x x x **o** x x x x x x x x x x x x x x **o** x
o x x x x x x x x x x x x x x **o** x x x x x x
x x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x x x x
x x x x x **o** x x x x x x x x x x x x x x **o** x
o x x x x x x x x x x x x x x **o** x x x x x x
x x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x x x x
x x x x x **o** x x x x x x x x x x x x x x **o** x
o x x x x x x x x x x x x x x **o** x x x x x x

A. Disposición en todas las filas.

x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o x x o x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x

B. Disposición en 1 de cada 5 filas.

Figura 2.7. Disposición de polinizadores (**o**) alterna. Relación 1:15 (6,66%).

o x x x x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x
x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x x x x **o**
x x x x x **o** x x x x x x x x x x x **o** x x x x
o x x x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x
x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x x x x **o**
x x x x x **o** x x x x x x x x x x x **o** x x x x
o x x x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x
x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x x x x **o**
x x x x x **o** x x x x x x x x x x x **o** x x x x
o x x x x x x x x x x x **o** x x x x x x x x

A. Disposición en todas las filas.

o x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x

B. Disposición en 1 de cada 4 filas.

Figura 2.8. Disposición de polinizadores (**o**) alterna. Relación 1:12 (8,33%).

o x x x x x x x **o** x x x x x x x **o** x x x
x x x x x x **o** x x x x x x x **o** x x x x x x
x x x **o** x x x x x x x **o** x x x x x x x **o**
o x x x x x x x **o** x x x x x x x **o** x x x
x x x x x x **o** x x x x x x x **o** x x x x x x
x x x **o** x x x x x x x **o** x x x x x x x **o**
o x x x x x x x **o** x x x x x x x **o** x x x
x x x x x x **o** x x x x x x x **o** x x x x x x
x x x **o** x x x x x x x **o** x x x x x x x **o**
o x x x x x x x **o** x x x x x x x **o** x x x

A. Disposición en todas las filas.

x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o** x x **o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x

B. Disposición en 1 de cada 3 filas.

Figura 2. 9. Disposición de polinizadores (**o**) alterna. Relación 1:9 (11,11%).

A. Filas simples.

x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x
o o o o o o o o o o	**o o o o o o o o o o**	**o o o o o o o o o o**	**o o o o o o o o o o**
x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	**o o o o o o o o o o**
x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	**o o o o o o o o o o**	x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x	**o o o o o o o o o o**	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x
o o o o o o o o o o	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	**o o o o o o o o o o**
x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	**o o o o o o o o o o**	x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	**o o o o o o o o o o**
1:6 (16,66%)	1:5 (20%)	1:4 (25%)	1:3 (33,33%)

B. Filas dobles.

x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	**o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o**
o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	**o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	**o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o**
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	**o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o**
o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
2:8 (25%)	2:6 (33,33%)

Figura 2.10. Disposición de polinizadores (**o**) en filas completas.

8. Empleo de colmenas

En las especies frutales con polinización entomófila más del 80% de las flores polinizadas se debe a las abejas, contribuyendo también en la polinización las abejas silvestres y los abejorros. El empleo masivo, y en algún caso irracional, de fitosanitarios ha hecho que disminuyan los insectos vectores de polen, lo que unido a las necesidades de polinización cruzada de muchas variedades hace más necesaria la instalación de colmenas. La abeja doméstica (Apis mellifera L.) es la empleada generalmente, aunque también se han comenzado a introducir otras especies de los géneros Bombus y Osmia por su mayor eficacia.

Se recomienda la instalación de 2 a 4 colmenas de abeja doméstica por hectárea. Es conveniente aumentar este número a seis o más en especies con flores menos atractivas, por ejemplo en peral, o bien en aquellos casos con mayores necesidades de polinización cruzada como en numerosas variedades de cerezo, ciruelo japonés y almendro. En kiwi se recomiendan hasta doce colmenas. Las abejas son atraídas por las flores que producen más néctar y si éste es más azucarado, como por ejemplo las flores del cerezo, ocurriendo lo contrario con las flores del peral.

La colonia de abejas debe ser fuerte o vigorosa, es decir, que posea un número alto de individuos, lo que aumenta además su actividad. Una colonia es muy fuerte si tiene más de 60.000 abejas y su peso es superior a 6 kg. Las colmenas deben ser de diferente color para que sean fácilmente distinguibles por las abejas y no se equivoquen de colmena, evitando así luchas entre ellas.

También se recomienda colocar las colmenas en grupos de al menos 3 ó 4, distribuidos de forma regular en la plantación y en el interior del cultivo.

Las colmenas se colocarán al abrigo de los vientos dominantes, orientando la piquera al sur o sur-este para estimular los vuelos, y perpendicularmente a la línea de polinizadores. Además, debe asegurarse un suministro próximo de agua ya que las abejas precisan para su alimentación agua limpia.

La abeja doméstica recolecta polen y néctar (pecoreo), y también transporta agua a la colmena. Tiene una rapidez de visita de 11 a 16 flores por minuto cuando recolecta polen. Cuando trabajan los estambres son más eficaces que si buscan néctar. En general, recolecta una carga de polen entre 15 y 20 minutos y hace unos 20 vuelos de diarios.

El área de trabajo es reducida (menos de 100 m^2), luego la posibilidad de que depositen polen del polinizador sobre la flor de la variedad a polinizar se reduce considerablemente al aumentar la distancia al polinizador, por lo que es conveniente que esta no sobrepase los 15-20 metros. Se considera que la distancia más eficaz desde la colmena para la polinización está alrededor de un radio de 125 metros.

La introducción de las colmenas en la plantación debe hacerse, en general, cuando los frutales están al comienzo de la floración. Si se colocan con mucha antelación las abejas tienen tendencia a explorar la zona y fijarse sobre otras plantas próximas florecidas, manteniendo este hábito. De igual forma tampoco debe retrasarse la colocación de las colmenas para no desperdiciar días del periodo de floración, además las abejas requieren un tiempo previo para orientarse y adaptarse a la nueva ubicación.

La retirada de las colmenas se realiza al producirse la caída de pétalos y finalizar la floración, no conviene retrasarla para no interferir con los tratamientos, además de que las abejas no tendrían alimento. Con buenas condiciones climáticas y en plena floración pueden ser suficientes dos o tres días para que las abejas realicen su función. Deben tenerse en cuenta las características peculiares de la floración de cada especie para establecer los momentos de instalación y de retirada más adecuados.

8.1. Factores que influyen sobre la eficacia polinizadora de las abejas

En una plantación, además de la existencia de un número suficiente de polinizadores y de su correcta distribución, son numerosos los factores que influyen sobre el comportamiento de las abejas y en definitiva sobre la eficacia polinizadora de las colmenas introducidas. Los factores más importantes son los siguientes:

1. Condiciones climáticas.

La abeja doméstica es muy sensible al viento y reduce considerablemente su actividad cuando la velocidad alcanza los 15 km/h, y deja de volar si supera los 30 km/h. Asimismo, las abejas no tienen actividad si la temperatura está por debajo de 10 ºC, tienen la máxima actividad por encima de los 18 ºC y con temperaturas muy altas (32-35 °C) necesitan acarrear mucha agua disminuyendo la búsqueda de polen.

La iluminación también tiene una influencia importante, siendo la actividad máxima en días soleados. El oscurecimiento del cielo y la lluvia originan que las abejas entren en la colmena y permanezcan sin salir.

2. Floración de la cubierta vegetal y de otras plantas próximas a la plantación.

Las flores de otras plantas pueden competir con las de los frutales, sobre todo si sus flores son más atractivas por su perfume o contienen más néctar. Antes de la floración el suelo de la plantación debe ser labrado si se mantiene con laboreo o bien se debe segar la cubierta si se mantiene enherbado, para evitar que las flores de las hierbas atraigan hacia ellas a las abejas y compitan con las de los frutales.

En la ubicación de las colmenas se debe tener en cuenta la existencia de otras plantaciones o plantas silvestres próximas que puedan derivar hacia ellas la actividad de las abejas. No es recomendable colocar las colmenas en los bordes de la finca, aunque su accesibilidad para la distribución y recogida sea mejor.

3. Tratamientos fitosanitarios.

Los tratamientos fitosanitarios, especialmente los insecticidas, pueden ser tóxicos para las abejas y originar mortandad en la colmena, directamente por el tratamiento o a través de la contaminación de las flores. Por ello se recomienda no realizar tratamientos con pesticidas durante la floración si no es estrictamente necesario. En todo caso se deben seguir las disposiciones legales sobre la protección de los insectos polinizadores y específicamente de las abejas, y tomar las precauciones necesarias con las colmenas además de elegir el momento en que las abejas no se encuentren activas.

4. Aplicación de sustancias atrayentes y aporte de polen a la colmena.

Se ha probado la utilización de sustancias atrayentes, principalmente por el olor, rociando las flores una o dos veces durante la floración, aunque los resultados no son siempre satisfactorios. También se puede adaptar a la colmena un distribuidor de polen del polinizador, para que las abejas que salen por el distribuidor queden impregnadas de dicho polen y lo transporten hasta las flores a polinizar.

5. Manejo de las colmenas.

El fruticultor debe prever con tiempo suficiente el alquiler de las colmenas y controlar el momento de introducción y retirada en cada parcela. La adecuada ubicación y la vigilancia de las colmenas por el apicultor, controlando las cámaras de cría, la alimentación y el vigor de la colmena, aseguran su máxima actividad.

9. Bibliografía (Capítulo 2. El proceso de floración)

Relación de libros y artículos de interés que tratan aspectos generales y específicos sobre el tema; para los libros se indican, entre corchetes, las páginas concretas que se recomienda su lectura:

Agustí, M. 2000. *Citricultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 416 pp., [75 - 79].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [246 - 268].

Bargioni, G. 1982. *Il ciliegio dolce*. Edagricole. Bologna. 341 pp., [59 - 99].

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Edit.). 1999 (3ª ed.). *El cultivo del olivo.* Junta de Andalucía - Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 701 pp., [139 - 143].

Bretaudeau, J. 1975. *Atlas d´arboriculture fruitière.(Volume I).* Éditions J. B. Baillière. París. 246 pp., [181 - 196].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [114 - 149].

Coutanceau, M. 1971. *Fruticultura.* Oikos-Tau. Ediciones. Vilassar de Mar. Barcelona. 608 pp., [68 -95].

Ctifl - INRA. (sin fecha). *Pollinisation. Poirer, pommier.* Ctifl. Paris. 101 pp., [11 - 45].

Fahn, A. 1985. *Anatomía vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 599 pp., [490 - 499].

Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees.* John Wiley & Sons. New York. 338 pp., [200 - 209].

Felipe, A.J. 2000. *El almendro. I. El material vegetal.* Mira Editores. Zaragoza 461 pp., [126-167].

Fernández-Bolaños, P.; Frías, L. 1969. *Autofertilidad y autoesterilidad en el olivo.* Agricultura Nº 443: 150-151.

Gil, F.G. 2000. *Fruticultura. La producción de fruta.* Ediciones Universidad Católica de Chile. 583 pp. [69 - 103].

Hartmann, H.T.; Kester, D.A. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* CECSA. México. 760 pp., [90 - 94].

Kobel, F. 1966 (Edición italiana). *Trattato di Frutticoltura*. Edizioni Agricole. Bologna. 438 pp., [128 - 250].

Le Lézec, M.; Guérif, Ph.; Belouin, A. 1997. *Mieux comprendre la pollinisation d´une variété. (Doyenné du Comice comparée à Williams).* L`Arboriculture Fruitière Nº 511: 41-47.

Martinez de Toda. F. 1991. *Biología de la vid.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 346 pp., [146 - 162].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. Mº. Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [115 - 179].

Moreira, N.; Nakagawa, J.; 1988. *Semillas. Ciencia, tecnología y producción.* Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo. 406 pp., [21 - 39].

Paris, N. 1998. *Pollinisation du poirier.* L`Arboriculture Fruitière Nº 520: 37 - 40.

Pesson, P.; Louveaux, J. (Edit). 1984. *Pollinisation et productions végétales*. INRA. París. 664 pp., [31 - 72, 525 - 563].

Rallo, B. 1986. *Frutales y abejas.* Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 231 pp., [11 - 140].

Rallo, L. y Camacho, F. 1977. *Bases fisiológicas de la producción frutal*. E.T.S.I. Agrónomos de Córdoba. Monografía. 9 temas. Córdoba. s/pp., [Tema 6, 18 pp.].

Spina, P. (Coord.). 1985. *Trattato di Agrumicoltura.* Edagricole. Bologna. 552 pp., [241 - 255].

Strasburger, E.; Noll, F.; Schenck, H.; Schimper, A.F. 1974 (6ª ed.). *Tratado de Botánica*. Editorial Marín. Barcelona. 799 pp., [630 - 644].

Tabuenca, M.C. y Herrero, J. 1966. *Influencia de la temperatura en la época de floración de los frutales.* An. Aula Dei, 8 (1-2): 115-153.

Tassinari, P.; Zuccherelli, S.; Sansavini, S. 2001. *Contributo allo studio delle basi biologico-molecolari dell`incompatibilitá gametofitica del pero (Pyrus communis L.).* Frutticoltura Nº 6: 81-86.

Valli, R. y Schiavi, S. 1989. *Coltivazioni Arboree*. Edizioni Agricole. Bologna. 432 pp., [38 - 41].

Vazquez-Prada, M. 1987. *Aspectos de la polinización en especies frutales.* E.U.I.T.A. Universidad Politécnica de Madrid. 51 pp., [1 - 12].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. M.º Agricultura. S.G.T., Serie Técnica. Madrid. 521 pp., [89 - 99].

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [203 - 213].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 2. El proceso de floración

1. [Campo]. Controlar la duración del periodo de floración en frutales de pepita y hueso. Por ejemplo, en una variedad de manzano y en una de cerezo. Determinar la fertilidad que han presentado las yemas.

2 [Campo]. Establecer los desfases entre los periodos de floración de las variedades de peral, ciruelo y almendro implantadas en el Campo de Prácticas.

3 [Campo]. Observar y analizar en los frutales de la colección de especies de Campo de Prácticas cómo se produce la polinización entomófila y anemófila.

4 [Laboratorio]. Observar en flores de diferentes especies las dificultades o facilidades morfológicas para dar lugar a la autopolinización (por ejemplo: en almendro y vid).

5 [Laboratorio]. Observar con la lupa en diferentes flores los granos de polen depositados sobre los estigmas. Reconocer en fotografías realizadas en el microscopio de fluorescencia los tubos polínicos creciendo por el estilo.

6 [Campo]. Observar y analizar el efecto que tienen las siguientes acciones en ramas de almendro de una variedad autofértil sobre la polinización y fecundación de sus flores:

a) Rama aislada con bolsa de malla protectora de insectos.
b) Rama con las flores emasculadas (supresión de los estambres y pétalos antes de abrir).
c) Rama con las flores emasculadas y polinizadas artificialmente con polen de otra variedad cuando maduran los estigmas.
d) Rama sin intervenir sobre la floración.

7 [Campo]. Observar y analizar el efecto que tienen las acciones propuestas en la actividad número 6 en el caso de realizarse sobre ramos mixtos de melocotonero.

8 [Campo]. Observar y analizar el efecto que tienen las acciones propuestas en la actividad número 6 en el caso de realizarse sobre ramas de peral.

9 [Laboratorio]. Observar con la lupa, después de la caída de pétalos, en flores y frutos recién cuajados de peral y manzano las diferencias que se presentan en el receptáculo y los óvulos según avanza el proceso de desarrollo. Identificar los óvulos fecundados que se encuentran en desarrollo y observar sus diferencias respecto a los óvulos que comienzan a sumirse.

10 [Laboratorio]. Observar en flores de diferentes especies anomalías morfológicas que den lugar a esterilidad. Como ejemplo más patente observar el aborto de estambres o del pistilo.

11 [Campo]. Controlar las condiciones climáticas en las que se lleva a cabo el proceso de floración de variedades de diferentes especies y establecer sus repercusiones.

12 [Campo]. Observar y analizar en plantaciones frutales diferentes disposiciones de polinizadores.

13 [Campo]. Observar y reconocer las características de diferentes polinizadores de manzano ornamental. Establecer los solapes de su periodo de floración con las variedades a polinizar.

14 [Taller]. A partir de unas necesidades de empleo de polinizadores, definidas por un porcentaje, realizar diferentes diseños sobre su disposición en una plantación e identificar las ventajas inconvenientes de cada uno de ellos.

15 [Campo - taller]. Analizar la adecuación de la colocación de las colmenas en una plantación frutal y controlar su actividad en un día soleado. Observar la constitución de una colmena vacía y el funcionamiento de un distribuidor de polen.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 2. El proceso de floración

1. ¿Cuándo se considera que comienza y finaliza la floración y qué se entiende por plena floración?

2. En los frutales de pepita y hueso, después de que las plantas satisfacen sus necesidades de frío para salir de reposo, ¿Cómo influye la temperatura en la época de floración de las diferentes especies y variedades?

3. ¿Cuáles son las fases del proceso de floración y qué procesos fundamentales se llevan a cabo en cada una de ellas?

4. ¿En qué consiste la polinización anemófila y la polinización entomófila?

5. ¿Qué es el período efectivo de polinización?

6. ¿En qué consiste la germinación del polen y qué factores influyen en la misma?

7. ¿Cómo se produce el crecimiento del tubo polínico y qué factores influyen en dicho crecimiento?

8. ¿Qué procesos se llevan a cabo en el saco embrionario durante la fecundación?

9. ¿Cómo se lleva a cabo la formación inicial del embrión y qué otros procesos tienen lugar en el óvulo?

10. ¿En qué consiste la poliembrionía, en qué especies tiene lugar y qué aplicaciones puede tener?

11. ¿Qué es la autoesterilidad y la interesterilidad, y qué repercusiones tienen en las plantaciones frutales?

12. ¿Cuáles son las causas de la esterilidad morfológica? Citar ejemplos de especies y variedades en las que se presenta.

13. ¿A qué es debida la esterilidad factorial? Citar y representar ejemplos de diferentes casos.

14. ¿Qué condiciones deben darse para que una variedad sea autocompatible? ¿Cuáles son las condiciones de la intercompatibilidad?

15. ¿Qué repercusiones tiene la lluvia y el viento sobre la floración de los frutales?

16. ¿Por qué se emplean polinizadores en una plantación frutal y en qué especies es necesario? ¿Cuál será el número de polinizadores a implantar respecto a la variedad a polinizar? Justificar las respuestas.

18. ¿Qué dos tipos de diseños se diferencian respecto a la disposición de los polinizadores y cuáles son las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos?

19. En las plantaciones frutales, ¿por qué se recomienda el empleo de colmenas en la floración? ¿Cuántas colmenas se deben colocar?

20. ¿Cuáles son los factores más incidentes sobre la eficacia polinizadora de las abejas si el número y disposición de polinizadores se considera adecuado y el manejo de las colmenas correcto?

3

DESARROLLO DEL FRUTO Y DE LA SEMILLA

1. Cuajado del fruto.
2. Factores que influyen en el cuajado.
3. Partenocarpia.
4. Desarrollo del fruto.
5. Factores que influyen en el desarrollo del fruto.
6. Desarrollo de la semilla.
7. Caída de frutos.
8. Vecería.
9. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Cuajado del fruto

Al final del proceso de floración se inicia la formación de la semilla y del fruto, comenzando otro importante proceso fisiológico de la fructificación de los frutales que es el proceso de desarrollo del fruto.

Con la fecundación tiene lugar la formación del embrión y del endospermo, y se desarrollan los tegumentos del óvulo que formarán la cubierta de la semilla. Paralelamente se produce el desarrollo de las paredes del ovario; y, en su caso, del receptáculo o de otras partes de la flor. Se inicia así el proceso de cuajado del fruto que es la primera etapa del desarrollo del fruto. El cuajado es, por lo tanto, la transformación de la flor a fruto y equivale, en general, a un estadio en que el ovario ha doblado su diámetro. En algunos casos el cuajado del fruto se efectúa sin haberse producido la fecundación, lo que se denomina partenocarpia.

El inicio del cuajado coincide con la caída de pétalos, a la vez que se produce en la flor el desprendimiento de las anteras y marchitamiento del filamento en los estambres, y el marchitamiento de estigmas y estilos. En bastantes especies se desprende también el cáliz.

El cuajado se apercibe por el engrosamiento progresivo del ovario, como en las drupáceas, o del receptáculo, como en las pomáceas. Aproximadamente, y dependiendo de las especies, adquiere inicialmente el tamaño de un pequeño guisante (diámetro 4-6 mm), hasta alcanzar en el cuajado definitivo el tamaño de un pequeño garbanzo (diámetro 8-10 mm). En las especies que el fruto se forma sólo a partir del ovario estos tamaños de referencia serán menores que en el caso de que incluya al receptáculo.

Con el cuajado definitivo las paredes del ovario se han convertido en el pericarpio (o pericarpo), que prosigue su desarrollo. En algunos casos se une con otras partes accesorias no carpelares para formar el fruto.

El pericarpio comprende las siguientes partes: una capa interior denominada endocarpio (o endocarpo), a continuación se encuentra el mesocarpio (o mesocarpo) y la capa más externa se denomina exocarpio (o bien epicarpio o epicarpo) que constituye la piel del fruto en la mayoría de los casos. La capa epidérmica consta de una sola capa de células poligonales recubiertas por la cutina (cutícula), sobre la que se depositará, a menudo, un revestimiento céreo (pruina).

Como ya se ha citado, en algunos casos para formar el fruto el pericarpio se funde con el receptáculo, con el tubo floral que está constituido por el receptáculo y parte de otros verticilos (pomos), con los tejidos adyacentes del pedúnculo (peras), con otros tejidos extracarpelares; o, incluso, con el perianto, como en las nueces.

1.1. Caída de flores y frutos recién cuajados

Durante el proceso de cuajado ocurre una caída natural de flores y de frutos recién formados que varía en intensidad según las especies y según las condiciones en que se ha llevado a cabo proceso de floración. En ambos casos los órganos se desprenden de los ramos por el punto de inserción del pedúnculo.

La caída de flores tiene lugar poco después del marchitamiento y caída de los pétalos, y se extiende durante la primera y segunda semana después de la floración. Afecta a las flores con anomalías (pistilos defectuosos, aborto de óvulos, etc.), a las flores que no han sido fecundadas y a las flores en las que ha abortado el embrión recién formado.

La caída de frutos recién cuajados afecta a los frutos originados por flores no fecundadas que han tenido un conato de desarrollo y a frutos de flores fecundadas en las que ha abortado el embrión o que por cualquier circunstancia natural o accidental han paralizado su desarrollo, aunque presentan una apariencia normal y se observa un crecimiento inicial. Esta caída ocurre a las dos semanas, aproximadamente, después de la floración y se extiende, en general, de 15 a 30 días; aunque según las especies esta caída puede concentrarse en una o dos semanas después de la caída de flores o bien realizarse progresivamente en un período mucho más largo.

Estas caídas afectan a un número muy elevado de flores y de pequeños frutos mal cuajados. Dentro de unos límites son consideradas caídas naturales, ya que la planta no sería capaz de desarrollar los frutos originados por todas las flores de una floración normal. Aún en el caso de conservar frutos en exceso su tamaño final sería pequeño y tendría otras repercusiones negativas para la planta.

Por ejemplo, en manzano y peral pueden caer del 90 al 95% de sus flores y frutos recién cuajados, en melocotonero y otros frutales de hueso del 70 al 90%, y en especies de pequeños frutos entre el 20 y 40%. Es difícil establecer el porcentaje necesario de cuajado para obtener una cosecha normal, ya que dependerá del potencial fructífero

(carga) dejado en la poda, además de que los frutos suelen sufrir otras caídas durante su desarrollo.

Con una floración normal se considera, en general, que puede obtenerse una buena cosecha si el número de frutos cuajados finalmente respecto a las flores iniciales es el siguiente: 5% en peral y manzano, 10% en melocotonero, 30% en almendro, 8% en ciruelo, 1% en aguacate, 4% en cítricos, 2% en olivo y del 25 al 50%, según variedades, en vid.

Por el contrario cuando la caída es excesiva y el número de frutos cuajados definitivamente es bastante menor que el imprescindible se dice que ha habido "corrimiento de la flor". En general, ocurre por una polinización y fecundación deficiente o por heladas en los órganos vitales de la flor.

2. Factores que influyen en el cuajado

Los factores que intervienen en el proceso de cuajado no son aún bien conocidos. Se ha comprobado que las hormonas juegan un papel muy importante en la regulación, pero también influyen en el cuajado otra serie de factores, tanto internos como externos a la planta, que solos o en interacción son determinantes para el proceso.

Parece ser que los principales requerimientos fisiológicos y hormonales para el crecimiento del óvulo fecundado y del ovario y tejidos adyacentes son similares para las diferentes especies frutales. Aunque, lógicamente, entre las especies y variedades se presentan diferencias debido a factores genéticos y a las características peculiares de sus frutos.

En general, los factores que más influyen en el cuajado son los siguientes:

1. Condiciones del desarrollo de la floración.

Las condiciones ambientales (lluvias, heladas, etc.) y la forma en que se ha llevado a cabo la polinización y la fecundación tienen una gran incidencia sobre el cuajado, ya que, en general, son requisitos previos para la formación del fruto. Si las fases del proceso de floración no se han llevado a cabo adecuadamente se producirá una caída de flores, así como de frutos recién formados que han tenido alguna anormalidad en su desarrollo, según se comentará en un apartado posterior.

2. Regulación hormonal.

En el proceso de cuajado interviene un complejo hormonal, con especial incidencia de las giberelinas y auxinas y, en menor grado, citoquininas, etileno y ABA.

Hay pruebas experimentales en varias especies de que la giberelina producida en los óvulos, inmediatamente después de la fecundación, es la responsable del cuajado de los frutos. Parece ser que la giberelina estimula, a la vez, la producción de auxina y esta última es la que origina el proceso de cuajado. Las citoquininas intervienen activando la división celular.

En conclusión, se considera que el estímulo hormonal es generado por el joven embrión en desarrollo y por el endospermo (o en algunos casos por la partenocarpia), lo que impide la abscisión del fruto y da lugar al crecimiento del ovario y de los tejidos adyacentes, en su caso. No obstante el equilibrio total de hormonas en la planta también parece afectar al cuajado. Posiblemente, cada especie y variedad requiera una combinación específica de hormonas para el cuajado.

La aplicación durante la floración de ciertas hormonas como giberelinas o auxinas impide la abscisión de las flores y estimula, en general, el desarrollo de los frutos, aunque en bastantes casos no lleguen a buen término. Cabe destacar que la respuesta a los tratamientos hormonales no siempre es la misma, dependiendo de la dosificación y de las condiciones de aplicación. Incluso algunos tratamientos con auxina (ANA, ácido naftalenacético) puede lograr el efecto contrario de promover la abscisión de los frutos. En algunas especies y variedades concretas, como en peral y en cítricos, se utilizan habitualmente tratamientos hormonales (sobre todo giberelinas) para promover el cuajado de frutos, con resultados aceptables.

3. Condiciones meteorológicas durante el proceso de cuajado.

Los frutos son muy sensibles durante esta fase a los factores meteorológicos adversos. Principalmente, tiene una gran incidencia sobre el cuajado la temperatura. La lluvia y otros factores también pueden afectar negativamente a la capa epidérmica.

Las bajas temperaturas pueden provocar abortos del embrión y promover la abscisión y, especialmente, las heladas pueden dañar a los órganos del fruto total o parcialmente, provocando un desarrollo anormal y posiblemente su necrosis y caída, dando al traste con el proceso; lo que ocurre en numerosas ocasiones en muchas de nuestras zonas frutícolas.

4. Estado nutricional de la planta

El desarrollo inicial de los frutos se produce, en muchas especies, a expensas de las reservas existentes en la planta después de la floración y a expensas de la escasa capacidad que aún tiene la nueva brotación para proporcionar fotosintatos. Por lo tanto, cualquier deficiencia nutricional en dichas fuentes provoca la paralización del crecimiento y muy posiblemente la caída de los frutos.

A algunos elementos concretos se les achaca un papel importante en el cuajado, especialmente al nitrógeno, ya que si las plantas presentan clorosis acusada por deficiencia de este elemento, el cuajado será prácticamente nulo. También se ha comprobado que las deficiencias en boro repercuten muy negativamente sobre el cuajado.

5. Vigor del ramo fructífero y posición del fruto.

En los ramos fructíferos débiles, mal posicionados o enfermos, el cuajado será deficiente; debido, normalmente, a un mal estado nutricional, según se ha comentado anteriormente. Asimismo, un exceso de vigor en la nueva brotación puede entrar en competencia con el crecimiento de los frutos y dificultar su cuajado; aunque esta acción es más compleja y no se manifiesta tan claramente como en condiciones de debilidad.

La posición que ocupa la flor en el ramo fructífero o en la inflorescencia, en su caso, también incide sobre el cuajado. Normalmente cuajan mejor los frutos que provienen de las flores que abren primero.

6. Acción de plagas y enfermedades.

Algunas plagas causan daños a la flor y a los pequeños frutos originando su caída, como es el caso de la hoplocampa en peral, anthonomo en manzano, prays en olivo, etc. Los pájaros también pueden causar con sus picaduras daños importantes. Igualmente, varias enfermedades pueden alterar el desarrollo y provocar necrosis en los pequeños frutos, que se muestran muy sensibles en este estado.

7. Accidentes y otros factores.

Las actividades culturales mal realizadas, como labores profundas que originan rotura de raíces, falta o exceso de riego, toxicidad producida por fitosanitarios, etc., y otras causas accidentales o factores que provoquen un desequilibrio en la fisiología de la planta pueden tener incidencia sobre el cuajado.

3. Partenocarpia

La partenocarpia es un fenómeno por el cual las flores pueden producir frutos sin haber sido fecundadas y, por lo tanto, sin semillas. Es un carácter genético que se manifiesta en muchas especies, total o parcialmente, y con diferente grado de unas variedades a otras, incluso, excepcionalmente. Está influido también por las condiciones ambientales y hormonales.

La partenocarpia es habitual en especies como la platanera, la piña, el caqui y la higuera; se presenta con cierta frecuencia en cítricos, frutales de pepita, en ciertas variedades de uva de mesa (Corinto negro y Sultanina), etc.

En algunos frutales sus manifestación es escasa o los frutos partenocárpicos caen rápidamente o no consiguen un desarrollo definitivo, como ocurre, por ejemplo, en los frutales de hueso y en el olivo (aceitunas pajareras). Evidentemente, en los frutos aprovechados por sus semillas no tendrá ninguna utilidad.

En algunos frutos, como el plátano, los cítricos, el caqui y la uva de mesa, la ausencia de semillas aumenta su valor cualitativo. En otros, como algunas variedades de pera y manzana no tiene tanta relevancia, aunque su calidad disminuye respecto a los frutos semillados, en otros casos los frutos partenocárpicos presentan formas y tamaños irregulares que en las situaciones más acusadas hace que no sean comerciales; por ejemplo, son de tamaño más reducido, con forma alargada o cilíndrica, ó con invaginaciones y abultamientos que suelen provocar agrietados.

No todos los frutos sin semilla son partenocárpicos, ya que después de ser fecundadas las flores e iniciarse el desarrollo del embrión puede producirse su aborto, y, por lo tanto, no tienen la semilla desarrollada; aunque sí haya tenido un desarrollo inicial de los tegumentos, lo que también puede suceder en los frutos partenocárpicos que presentan una pequeña "semilla" sumida. Asimismo, no serán partenocárpicos los frutos procedentes de la fecundación cuyas semillas han sido dañadas por las heladas y, sin embargo, se ha conseguido forzar su desarrollo con la aplicación de fitorreguladores.

La partenocarpia se diferencia en dos tipos:

1. Partenocarpia natural.

La partenocarpia natural se da en numerosas especies, como las citadas anteriormente que tienen una tendencia natural a producir todos los frutos por esta vía, o

en cantidades elevadas. Las condiciones ambientales hacen variar de un año a otro esta capacidad partenocárpica.

Presenta dos formas:

a) Estimulativa: necesita el estímulo hormonal de los granos de polen sobre el estigma o creciendo por el estilo. El polen es rico en auxinas y parece ser que éstas son las responsables del estímulo. En algún caso se cita que las oscilaciones térmicas y acciones accidentales han estimulado la partenocarpia.

b) Vegetativa: se da sin el estímulo de la polinización de forma natural. El desarrollo inicial del óvulo no fecundado, aunque luego degenere, puede influir en el desarrollo del fruto.

2. Partenocarpia inducida.

La partenocarpia es provocada por la aportación de fitorreguladores.

Cada vez se conoce mejor la respuesta partenocárpica de las diferentes especies y variedades a determinados tratamientos hormonales. Se han obtenido resultados favorables, principalmente, con giberelinas y auxinas o combinación de ambas, además de otras sustancias.

En bastantes variedades de peral se emplea, habitualmente, el ácido giberélico aplicado en uno o dos tratamientos al final de la floración, generalmente con concentraciones totales de 3 a 5 ppm. En cítricos es habitual el empleo de ácido giberélico, y también asociado con fenotiol, en naranjo, mandarino y limonero. En otros frutales, como manzano, vid y frutales de hueso, se han probado diversas sustancias con resultados variables o no concluyentes.

4. Desarrollo del fruto

El desarrollo de los frutos, que comienza con el cuajado, presenta diferencias acusadas entre las especies en cuanto al crecimiento de sus tejidos y a la duración del proceso. Hay diferencias importantes entre los frutos de pepita y los frutos de hueso, así como si son frutos carnosos o frutos secos. El periodo de desarrollo desde la floración a la madurez es muy diferente según las especies y también entre variedades,

clasificándose éstas en: tempranas, de media estación y tardías, según el intervalo de tiempo que tardan en madurar. La duración del desarrollo varía, por ejemplo, de algo más de un mes en variedades tempranas de cereza, a siete meses en variedades tardías de pera y manzana, y hasta algo más de un año en variedades tardías de naranja.

A pesar de estas diferencias, todos los frutos tienen el crecimiento y aumentan el volumen por la acción de dos fenómenos: la división de sus células y el engrosamiento de las mismas. Normalmente, el crecimiento es mayor por la noche que durante el día, coincidiendo con el periodo en que la planta no tiene la máxima actividad. También, en términos generales, el ciclo de desarrollo atraviesa en todos los frutales por las mismas fases características

Durante el desarrollo los frutos realizan también las funciones vitales de respiración, transpiración y fotosíntesis. La respiración varía en intensidad en las diferentes fases de su desarrollo, y tiene gran importancia para la conservación del fruto después de la recolección. La transpiración presenta también variaciones a lo largo de sus fases de desarrollo y está ligada al espesor de la piel, al número y dimensiones de las lenticelas, al recubrimiento ceroso de la cutícula y a otros factores internos ligados con su capacidad de retención de agua; así como a los factores ambientales. La fotosíntesis va perdiendo importancia a partir del envero (cambio de color) al ir desapareciendo los pigmentos fotosintéticos y ser sustituidos por otras sustancias.

4.1. Fases de la vida de los frutos

Los frutos, desde su formación hasta su muerte, atraviesan por las siguientes fases:

1. Multiplicación celular.

La fase de multiplicación celular comienza con la fecundación y dura de 3 a 7 o más semanas, según las especies. En general, en cerezo es de 2 a 4 semanas, en melocotonero y ciruelo de 4 a 5, en manzano de 4 a 6, en peral de 6 a 8 y en aguacate continúa hasta la maduración. Al inicio hay una intensa división celular que disminuye, considerablemente, después de la floración. Durante esta fase el aumento de tamaño del fruto es muy pequeño.

La mayor parte de las duplicaciones de células se produce antes de la antesis. Por ejemplo, en una manzana que contiene, aproximadamente, dos millones de células en el momento de la antesis y cuarenta millones en la recolección, se han producido unas

veinte duplicaciones antes de la antesis y sólo unas cinco después. El tamaño final del fruto estará muy condicionado por el número de células que tiene antes de iniciar el aumento de volumen celular. Es importante que la flor haya tenido un buen desarrollo para que sea alto el número de células al iniciarse el cuajado.

2. Engrosamiento celular.

A continuación de la división celular activa se produce progresivamente el aumento de tamaño de las células. El fruto va aumentando de peso y volumen por la acumulación de sustancias hidrocarbonadas y de agua.

La tasa de crecimiento presenta diferencias importantes según las especies, y será más elevada si la variedad es más temprana en alcanzar la maduración. Su duración será, por lo tanto, muy variable y puede ser de uno a cuatro o más meses, según la especie y la variedad.

3. Maduración.

En la fase final de crecimiento se producen en el fruto una serie de transformaciones bioquímicas que hacen que el fruto adopte su aspecto y propiedades organolépticas características, alcanzando la madurez.

Durante esta fase aumenta ligeramente de tamaño y de peso por acumulación, principalmente, de agua; además de aumentar sus espacios intercelulares. Esta fase dura, en general, de 10 a 30 días según las especies y la época de maduración.

4. Senescencia (o envejecimiento).

Después de la maduración, transcurrido un tiempo más o menos largo, que puede ir de unos días a algunas semanas según el tipo de fruto, los frutos pierden sus buenas características organolépticas. Degenera el sabor y el aroma y, según los casos, se ablandan o la pulpa se convierte en una sustancia de tipo harinoso, alcanzando un estado de senectud. En general, si no han sido recolectados se desprenden de la planta.

5. Pudrición.

Es la fase final de la vida del fruto. Se producen alteraciones y fermentaciones que originan la podredumbre del fruto y, por lo tanto, su muerte.

La evolución de estas fases del desarrollo de los frutos puede seguirse mediante la variación de la intensidad respiratoria, medida por la eliminación de CO_2 por los frutos. Este indicador viene dado por los gramos de CO_2 desprendidos por una muestra equivalente a 100 g de peso durante 24 horas, a una temperatura dada.

La intensidad respiratoria permite clasificar a los frutos en dos tipos:

a) Frutos climatéricos

La intensidad respiratoria tiene un descenso muy acusado en la fase de multiplicación celular y luego se atenúa durante el engrosamiento celular. Posteriormente aumenta durante la maduración, lo que se denomina climaterio, hasta alcanzar su máximo en la denominada crisis climatérica, tornando luego a descender en la senescencia. Finalmente, al entrar en la fase de pudrición tiene un ligero aumento debido a las fermentaciones, para luego descender hasta anularse.

En la Figura 3.1 se representa la variación de la intensidad respiratoria durante la vida de los frutos climatéricos. Entre estos frutos se encuentran los siguientes: pera, manzana, melocotón, albaricoque, ciruela, plátano, aguacate, mango, chirimoya y papaya.

b) Frutos no climatéricos.

La intensidad respiratoria en estos frutos tiene un descenso continuado a lo largo de las diferentes fases de desarrollo y no presenta el climaterio o aumento durante la maduración, según se representa en la Figura 3.2. Entre los frutos no climatéricos se encuentran los siguientes: cereza, uva, naranja, limón y piña.

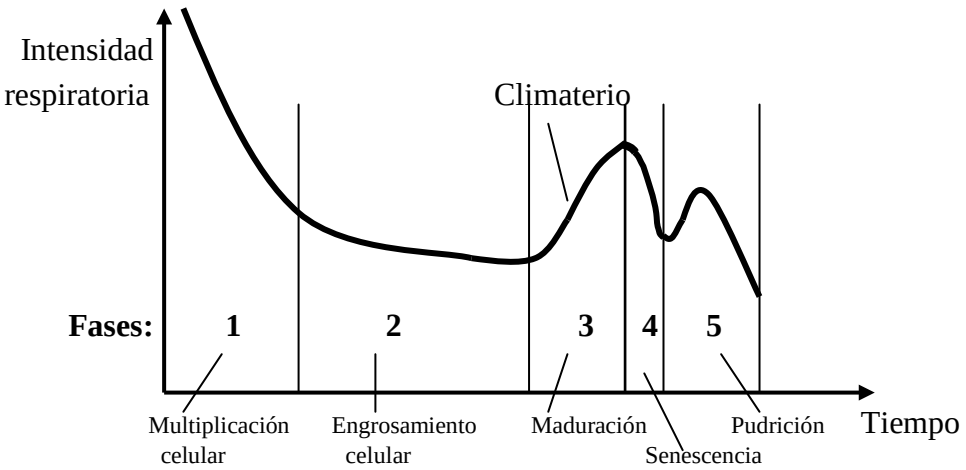


Figura 3.1. Variación de la intensidad respiratoria en frutos climatéricos.

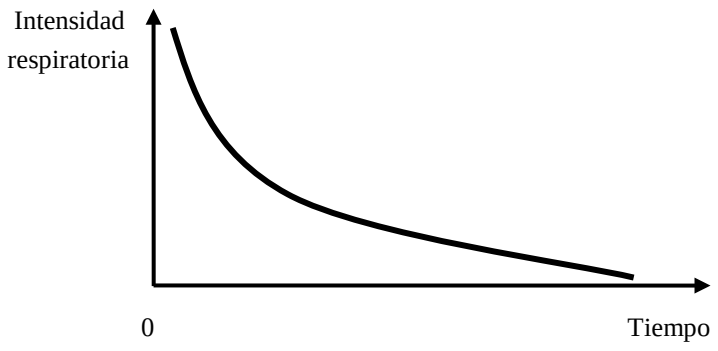


Figura 3.2. Variación de la intensidad respiratoria en frutos no climatéricos.

4.2. Crecimiento estacional de los frutos

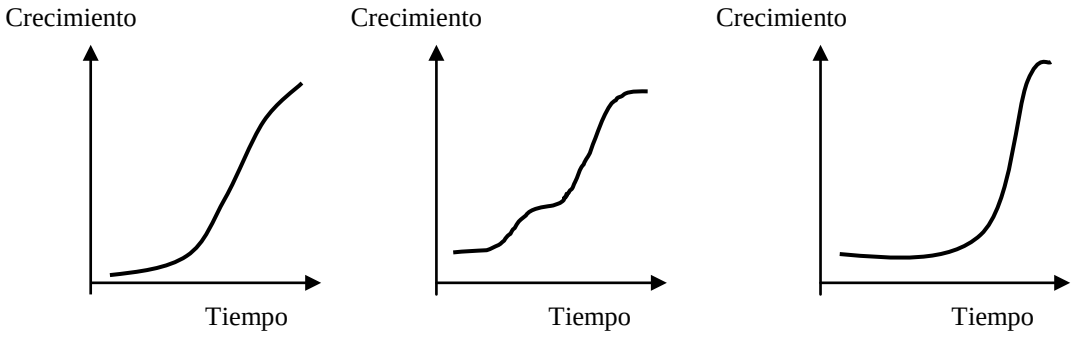
El crecimiento de los frutos puede ser medido por el aumento de diámetro, volumen, peso fresco o peso seco, etc. Las medidas del diámetro, sobre los mismos frutos, a intervalos durante el periodo de crecimiento permiten obtener una curva de crecimiento. También tomando muestras de frutos a intervalos se puede determinar la curva de crecimiento en peso o volumen y establecer las correlaciones alométricas con el diámetro.

Cada especie o grupo de especies tiene una intensidad de crecimiento diferente que da lugar a una curva característica de crecimiento, en general, de tipo sigmoidal.

Los frutos de pepita presentan un crecimiento lento en la fase de multiplicación, luego un crecimiento rápido en la fase de engrosamiento y finalmente un crecimiento lento en la fase de maduración, más acusado en la manzana, ya que la pera apenas lo presenta. La representación del crecimiento respecto al tiempo adopta una "curva en S", según se representa en la Figura 3.3.A. Otros frutos como los cítricos, el plátano y la piña tropical presentan también una curva sigmoidal similar en su crecimiento.

En los frutos de hueso tras la división celular con un crecimiento lento se produce un crecimiento rápido (fase I), alcanzando el endocarpio y la semilla casi su tamaño definitivo. Luego se produce una detención, con un crecimiento muy lento (fase II) durante el endurecimiento del endocarpio y el rápido desarrollo del embrión. A continuación tiene lugar un nuevo incremento (fase III), alcanzado un crecimiento rápido en la etapa próxima a la maduración. La representación de este crecimiento adopta una "curva en doble S", según se representa en la Figura 3.3.B. La aceituna presenta una curva similar diferenciando estas tres fases. En la uva también se presenta un crecimiento de este tipo con una detención durante la formación de la semilla, aunque luego en el envero el crecimiento también vuelve a ralentizarse.

Los frutos secos tienen un crecimiento sigmoidal simple, pero la avellana presenta un crecimiento muy particular, debido al gran desfase entre la fecundación y cuajado, y el posterior desarrollo del ovario que tiene lugar en junio, presentando entonces un crecimiento extremadamente rápido, según se representa en la Figura 3.3.C.



A. Frutos de pepita B. Frutos de hueso C. Avellano

Figura 3.3. Curvas tipo de crecimiento estacional de los frutos.

4.3. Seguimiento del desarrollo del fruto y previsión de cosecha

El seguimiento del desarrollo de los frutos permite realizar una previsión de la cosecha; y, además, prever las características que tendrán los frutos en recolección, especialmente: calibre, número de semillas, aspecto, y otras características específicas de su calidad.

En una explotación frutal, si se conoce la curva de crecimiento media que presenta una variedad se puede comparar durante la campaña la curva de crecimiento que se va produciendo con dicha curva prevista o deseable. Si los valores obtenidos en el seguimiento de la campaña están por debajo de lo normal pueden detectarse posibles fallos en el proceso productivo y proponer acciones correctoras. Los menores crecimientos respecto a la curva base pueden indicar, por ejemplo, que el riego o la fertilización están siendo insuficientes ese año, permitiendo su corrección antes de que la manifestación sea más patente y tenga mayores repercusiones sobre la producción.

Asimismo, pueden usarse tablas varietales de predicción de tamaño (diámetro o peso) en las que se refleja la evolución de diferentes tamaños de frutos, respecto a una referencia inicial, para determinados días después de la plena floración. De esta forma puede predecirse el tamaño que probablemente alcanzarán los frutos en recolección según sea su tamaño en cada fecha de referencia.

Las previsiones de producción de la plantación se utilizan para la planificación de las necesidades del proceso productivo y para planificar la comercialización. Estas previsiones son la base para el control de las necesidades de aclareo, poda en verde, fertilización, riego, etc., y finalmente para establecer las necesidades de la recolección.

Una primera medida de la futura cosecha se obtiene a partir de los frutos cuajados por árbol. Para el seguimiento del proceso y su comparación con otros datos se determina el porcentaje de cuajado, mediante el número de frutos cuajados respecto al número de flores o de inflorescencias, en su caso. El grado de cuajado también puede referirse al número de frutos cuajados por cm^2 de sección de la rama que los soporta o del tronco del árbol, lo que indica la densidad de cuajado.

Las previsiones de producción también se realizan a nivel regional y nacional mediante diferentes métodos, con el fin de planificar las políticas de mercado y con fines estadísticos.

La Administración realiza todos años, para las especies más importantes, una previsión de producción mediante el método de aforo de cosechas. Para ello se llevan a cabo dos aforos. Uno varias semanas antes de la recolección y otro próximo a la recolección. Entre ellos se tienen en cuenta las modificaciones, por factores climáticos o de otro tipo, que pueden influir en la cosecha. Los resultados se obtienen próximos a la recolección, por lo que este método, más que una previsión para la regulación de mercados, tiene más bien efectos estadísticos. El método de aforo de cosechas se basa en la localización de parcelas-censo, extraídas aleatoriamente del Inventario Agronómico. De estas parcelas se constatan los datos agronómicos mediante expertos en evaluación, y se verifica la variedad, marco de plantación, formación, edad, anomalías, etc., estimando la producción de la parcela. Luego se hace una agrupación de parcelas, constatadas en cada comarca, por variedades y estratos de edad. Y se relacionan los datos, estimando así la cosecha en kg/ha para cada variedad y estrato de edad. Finalmente se extrapolan los datos a escala comarcal, provincial y nacional, según los rendimientos medios obtenidos, para prever de forma aproximada la producción total.

Otro método es el de seguimiento polínico. Se basa en establecer unas zonas climáticas homogéneas y seguir la circulación polínica de esa zona con una estación de seguimiento polínico, para luego relacionar la cantidad de polen captada con los factores meteorológicos y los factores biológicos que se dan en la zona y hacer una previsión de cosecha. Tiene la ventaja sobre el sistema de aforos de conocer la previsión varios meses antes de la recolección. Está especialmente indicado para especies de

polinización anemófila y se está poniendo a punto para otros frutales de polinización entomófila.

Por otro lado se está estudiando el sistema de teledetección para la previsión de cosechas, en base a los datos facilitados por satélites, con resoluciones cada vez mejores para pequeños tamaños de parcela. Igualmente se está trabajando con fotografía aérea en diferentes bandas.

4.4. Productividad

La productividad es un indicador de la eficacia y de la eficiencia productiva de una planta o de la plantación. También se utiliza para comparar, sobre la base de determinados parámetros, el material vegetal empleado en la plantación con otros materiales, en el mismo medio o en condiciones de cultivo similares.

Una de las medidas más corrientes es la producción por árbol, pero en una misma parcela puede haber árboles de diferente tamaño o de diferentes características, por lo que, generalmente, para conseguir una mejor comparación de su productividad, se toma como parámetro más significativo la producción respecto al tamaño del tronco.

Tanto la producción como el crecimiento están relacionados con el perímetro del tronco. Igualmente existe una relación lineal entre el área de la sección transversal del tronco y el peso de la parte aérea.

Estas relaciones permiten el cálculo de la productividad en términos de producción por centímetro cuadrado de sección transversal del tronco (kg/cm^2). Este es un indicador comúnmente aceptado en las experiencias con frutales para medir la eficacia de la planta.

Para tener un estimador más completo de la productividad del árbol debería añadirse a la anterior relación la superficie ocupada por el árbol en la plantación, obteniendo de esta forma un indicador referido también a m^2 de suelo ($kg/cm^2/m^2$).

La productividad de la parcela se da en kilos totales producidos por unidad de superficie (kg/ha). Este será un estimador de la eficacia de la plantación. Cabe citar que en las referencias de productividad interesará, en muchas ocasiones, conocer también otros datos, como distribución de calibres de los frutos, peso medio, etc.

Por otro lado, la eficiencia de la planta la determinaríamos teniendo en cuenta el consumo de materias primas (agua, fertilizantes, energía, etc.) respecto a los kilos de producción obtenida. De igual forma determinaríamos la eficiencia de la plantación, y teniendo en cuenta otros aspectos, como inversiones, mano de obra, etc. determinaríamos la eficiencia de la explotación. Estos datos resultan muy útiles para comparar diferentes estrategias de producción y analizar las repercusiones económicas que tienen.

En base a las medidas de superficie fructífera potencial máxima (cm^2 de sección de tronco por hectárea que puede haber como máximo), y según las variedades y patrones empleados, y la tecnología de producción, se puede estimar la producción máxima potencial por hectárea en una plantación. Disponiendo de muchos datos de ensayos se pueden hacer estimaciones sobre las producciones máximas (de características aceptables) que pueden obtenerse por unidad de superficie para las diferentes especies y variedades. Por ejemplo, actualmente la producción potencial máxima en manzano se sitúa próxima a las 120 t/ha, en peral a las 100 t/ha, en melocotonero a las 60 t/ha, en naranjo a las 80 t/ha en vid a las 45 t/ha. Evidentemente, estas producciones máximas variarán mucho según las condiciones en que se lleva a cabo el desarrollo de los frutos, las variedades empleadas y el tamaño exigido a los frutos.

5. Factores que influyen en el desarrollo del fruto

El desarrollo del fruto está influido por un número grande de factores que pueden dividirse en dos grandes grupos: factores internos o de la propia planta y factores externos o del medio productivo.

Estos factores, además de intervenir en las caídas de frutos, son los responsables del tamaño final alcanzado por el fruto y de las características que determinan su calidad. El fruticultor debe prestarles atención y tratar de controlar su acción, en lo posible, ya que de ellos va a depender, finalmente, la cosecha.

5.1. Factores internos

Las características propias de cada tipo de fruto entrañan unas necesidades específicas para su desarrollo, lo que ligado al crecimiento de la vegetación y, sobre

todo, a los aspectos nutricionales, determina la principal incidencia, dada por los siguientes factores:

1. Número de células y tamaño.

Para cada variedad, los frutos con mayor número de células tienen, normalmente, la posibilidad de alcanzar mayor tamaño. Por eso es importante que la flor sea de "calidad", es decir, que haya tenido lugar en la flor un número alto de divisiones celulares, dado que después de la fecundación se produce un número mucho más reducido de divisiones.

La disponibilidad de nutrientes antes y durante la floración, y en la primera etapa de formación del fruto, será esencial para tener un buen comienzo de desarrollo.

Un aclareo fuerte de flores o de frutos recién formados origina frutos con mayor número de células y de mayor tamaño. Posiblemente al mejorar las condiciones para la división celular por una menor competencia. Los aclareos basados en productos químicos son mucho más selectivos que los manuales, al derribar sólo los frutos más pequeños y débiles, normalmente con menor cantidad de células; lo que es más difícil de conseguir con un aclareo manual, sobre todo si no es cuidadoso.

El tamaño final de las células estará ligado a su número y a las condiciones del desarrollo. La interacción de estos factores originará frutos de mayor o menor tamaño; aunque, en general, un mayor tamaño de células suele implicar mayor tamaño del fruto, al haber estado también el fruto en buenas condiciones durante la división celular.

2. Número y evolución de las semillas.

Las semillas ejercen una gran influencia en el desarrollo del fruto y sobre sus características finales.

En los frutos de hueso si se destruye el embrión en sus primeros estados de desarrollo se provoca la parada del crecimiento y la caída del fruto. En todo caso, si la semilla no llega a desarrollarse completamente los frutos caen más fácilmente, o no tienen un desarrollo correcto entrando antes en la maduración.

En los frutos de pepita las semillas contribuyen también a evitar su caída; ya que, en general, caen los frutos que tienen menos semillas. No obstante, pueden completar su desarrollo aunque no hayan sido fecundados (frutos partenocárpicos) o aunque el embrión haya abortado, sumiéndose la semilla (semillas vanas).

Al igual que ocurre con el cuajado, las hormonas sintetizadas en la semilla afectan al crecimiento posterior del fruto y regulan su caída. La actividad giberélica en la semilla tiene un incremento importante al poco tiempo de la fecundación y luego desciende progresivamente según va creciendo el fruto. Las giberelinas producidas estimulan la producción de AIA (auxina) con una cierta periodicidad, que coincide con fenómenos importantes en el desarrollo del endospermo o del embrión, regulando de esta forma la retención o el desprendimiento del fruto. En manzano se manifiesta claramente la relación entre los niveles de auxinas en la semilla y la caída de frutos, coincidiendo los bajos contenidos de hormona con las caídas acusadas de frutos.

En los frutos de pepita el número de semillas puede incidir, también, sobre la forma, el volumen, la maduración y la calidad del fruto. Si faltan las semillas en los carpelos de un lado el fruto presenta un desarrollo asimétrico, al crecer menos ese lado. Al tener más semillas suelen alcanzar mayor volumen y presentan mayor calidad. Los frutos partenocárpicos y los frutos sin semillas desarrolladas suelen retrasar su maduración respecto a los normales y presentan inferior calidad.

3. Número de hojas y superficie foliar.

La síntesis y acumulación de sustancias de reserva en las hojas y la traslocación a los frutos condicionará su nutrición, siendo un factor determinante de la caída, además de incidir sobre el tamaño y la calidad del fruto. El abastecimiento de agua y nutrientes, y las condiciones ambientales en que se encuentra la planta, serán determinantes para un buen desarrollo foliar y para una buena actividad fotosintética. Gran parte de los compuestos son sintetizados en las hojas y transportados hacia los frutos; aunque algunos productos, como los azucares reductores, se forman directamente en los tejidos de los frutos.

El contenido de materia seca y de azúcar en los frutos aumenta en relación a la superficie foliar disponible, hasta que alcanza unos niveles óptimos, a partir de los cuales su acción puede ser negativa para los frutos.

El crecimiento celular, y por lo tanto el desarrollo del fruto, está íntimamente ligado al abastecimiento de hidratos de carbono. Cada fruto precisa un número mínimo de hojas para ser alimentado en buenas condiciones. Al disminuir de este número mínimo de hojas por fruto el tamaño será más pequeño y el contenido de azucares más bajo. En la Tabla 3.1 se indica el número de hojas por fruto que en término medio se precisa en diferentes especies. No obstante, al tener más frutos el árbol las hojas se comportan de forma más eficiente.

El general, los frutos asentados sobre ramos débiles, enfermos o provistos de pocas hojas, pierden antes sus frutos y éstos alcanzan menor tamaño. Asimismo, un exceso de vigor en la vegetación puede provocar también una pérdida de frutos y dificultar su desarrollo por la excesiva competencia sobre los nutrientes disponibles y los desequilibrios creados, como una mala iluminación y aireación. No obstante, se ha constatado que los frutos son verdaderos sumideros metabólicos hacia los que se mueven preferentemente todos los nutrientes, orgánicos e inorgánicos; por lo que una carga abundante de frutos origina siempre un menor crecimiento de los brotes.

Se ha comprobado en peral y manzano que, después del cuajado, los brotes desarrollados por las yemas fructíferas mixtas influyen positivamente sobre el desarrollo de los frutos del corimbo, al contribuir a su alimentación hidrocarbonada. Pero antes y durante el cuajado, mientras que el balance fotosintético es negativo, estos brotes se desarrollan a expensas de las reservas y compiten con los frutos, dificultando el cuajado.

Tabla 3.1. Número medio de hojas necesario por fruto, en diversas especies.

Especie	Nº de hojas	Especie	Nº de hojas
Peral	40	Naranjo	25
Manzano	35	Olivo	15
Melocotonero	30	Aguacate	30
Albaricoquero	35	Nogal	10
Ciruelo	25	Higuera	4

4. Posición del fruto y estado de la ramificación.

Los frutos tienen un mayor o menor crecimiento según sean las características de los ramos fructíferos y de las yemas que los producen. Los frutos mejor situados, los procedentes de yemas fructíferas más fértiles o de flores que abren antes, tienen mayores posibilidades de desarrollo. Por ejemplo, en manzano alcanzará mayor tamaño el fruto procedente de la flor central del corimbo; y, asimismo, los frutos procedentes de las yemas terminales de brindillas coronadas o de ramos mixtos que los procedentes de yemas axilares de estos últimos.

En melocotonero, en general, los frutos desarrollados en ramos con cierto grosor y longitud (ramos mixtos) suelen alcanzar mayor tamaño que los desarrollados sobre ramos más cortos y débiles y con más flores (chifonas) o sobre ramilletes de mayo, dado

que el número de yemas vegetativas para desarrollar nuevos brotes es mucho menor, sobre todo en estos últimos que solo tienen la terminal.

En general, cuando los ramos fructíferos se asientan sobre una ramificación muy envejecida, alejada de las ramas estructurales, en mal estado sanitario, deprimida por falta de iluminación, etc., los frutos tendrán mayor tendencia a desprenderse y su tamaño será menor. Estos efectos están ligados, principalmente, a la nutrición del fruto.

5. Número de frutos.

El número de frutos de la planta tiene una gran incidencia sobre las caídas, sobre el tamaño final alcanzado y sobre aspectos de su calidad.

A partir de cierto número de frutos, la competencia entre ellos hace que el tamaño descienda considerablemente, según se representa, genéricamente, en la Figura 3.4. Aunque al tener más frutos la producción total por planta aumente, el fruticultor debe buscar el tamaño óptimo mediante el aclareo de frutos, ya que los frutos pequeños suelen tener poco valor comercial.

Un exceso de frutos tiene, además, efectos negativos sobre la inducción floral y puede desencadenar alternancia de la producción.

El aclareo de frutos es una práctica habitual en varias especies, como en manzano, melocotonero, ciruelo, etc. Tradicionalmente se ha realizado un aclareo manual después de que se conoce el cuajado definitivo y antes de que se produzca una competencia excesiva entre frutos al adquirir cierto tamaño, ya que en el caso de ser tardío el aclareo las reservas de los frutos desprendidos podrían haber sido aprovechadas por los que quedan en la planta.

El aclareo químico de frutos, prácticamente, se emplea sólo en manzano, puesto que en otras especies no se logran siempre los resultados deseados, como es el caso del melocotonero, albaricoquero y ciruelo.

Los productos y las dosis utilizadas en manzano deben ajustarse para cada variedad o grupo de variedades, lo mismo que el momento óptimo de aplicación. El producto hormonal más utilizado es la auxina ANA (acido naftalenacético) a una dosis media de 10 ppm. También se emplean: NAD o NAAm (naftalenacetamida), Carbaril (Sevin), etc. Normalmente su acción se basa en el desprendimiento de los frutos que no han alcanzado cierto tamaño, permaneciendo en el árbol los frutos que lo superan, controlando de esta manera la carga deseada. El ANA actúa, principalmente, sobre el

endospermo provocando su degeneración y con ello la muerte del embrión, interrumpiendo su acción hormonal y originando la caída del fruto.

En frutales de hueso se han utilizado productos como el 3-CPA (3-clorofenoxi-α-propionamida), CEPA (Ethrel o Ethephon), etc., pero su acción es irregular y no siempre son eficientes.

Uno de los primeros productos utilizados y que actualmente está prohibido su uso fue el DNOC (4,6-dinitro-*o*-cresol), producto de tipo cáustico. También se aplican productos aclarantes de flores o incluso de yemas para regular la futura producción. Debe tenerse en cuenta que la primera intervención para regular la producción se hace mediante una poda adecuada.

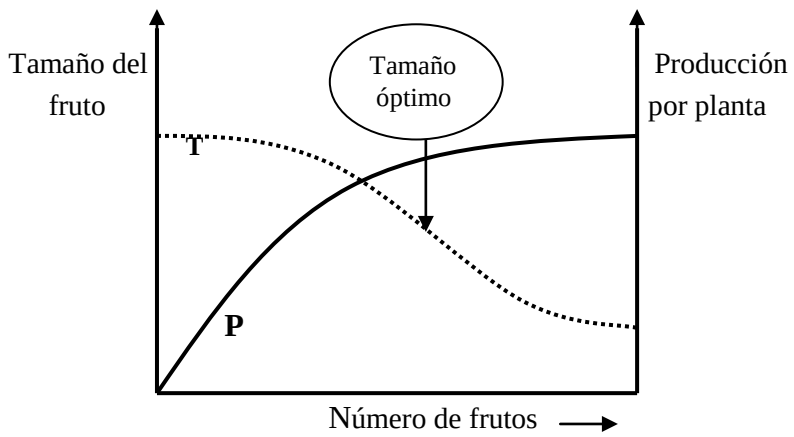


Figura 3.4. Relación genérica entre el tamaño del fruto y la producción.

5.2 Factores externos

Los factores externos que influyen en el desarrollo de los frutos son inherentes al medio ambiental y a las técnicas culturales aplicadas. La incidencia más importante está dada por los siguientes factores:

1. Nutrición mineral.

La existencia de nutrientes en suelo y las condiciones adecuadas para la absorción son aspectos determinantes para el crecimiento del fruto y para su calidad.

El nitrógeno es el factor más límitante del crecimiento, sobre todo durante los primeros estados del desarrollo del fruto. El potasio y el fósforo ejercen su mayor

influencia sobre la calidad, al igual que el calcio, que además tiene importancia para la conservación.

2. Agua.

El agua es el componente más importante en casi todos los frutos y supone, en muchos casos, el 80 - 90 % del peso en la madurez. De no satisfacer las necesidades de agua se perjudica la absorción de nutrientes y la traslocación de sustancias hidrocarbonadas, lo que provocará una reducción de tamaño del fruto.

Los frutos jóvenes necesitan una elevada cantidad de agua, su contenido absoluto aumenta hasta el envero, luego al acumular sustancias orgánicas disminuye su porcentaje. Los frutos también tienen transpiración, la cual disminuye al acercarse la maduración. Los frutos se contraen durante el día y se dilatan por la noche.

En condiciones de sequía, si las raíces no suministran suficiente agua, el agua necesaria en la planta puede ser retirada de los frutos hacia las hojas. Si el estrés hídrico perdura se produce la deshidratación del fruto ("arrugado") y la consiguiente caída.

3. Condiciones climáticas.

La variable meteorológica que más condiciona el crecimiento es la temperatura, al incidir, especialmente, en los procesos metabólicos que se llevan a cabo en el fruto. Temperaturas cálidas, sin contrastes nocturnos, favorecen el crecimiento. Los frutos en desarrollo también son afectados frecuentemente por las heladas primaverales que causan daños en sus tejidos provocando su caída o mermando su calidad.

La iluminación, junto con la temperatura, ejerce una incidencia directa sobre el tamaño de los frutos y su coloración. Los frutos situados en las zonas interiores del árbol son más pequeños y menos coloreados, además de tener más desfavorables otras cualidades de la calidad.

Otros factores, como el granizo que provoca heridas y desprendimientos, la lluvia y la alta humedad atmosférica que provoca agrietamientos, la radiación elevada que provoca quemaduras, etc., pueden afectar considerablemente al desarrollo de los frutos.

4. Actividades culturales.

Dentro de las actividades culturales, la poda es uno de los factores que más incidencia tiene sobre el crecimiento del fruto al incidir sobre el equilibrio vegetación-

producción, y sobre la iluminación y la aireación de los frutos. Especialmente la poda en verde para corregir los posibles desequilibrios.

Ya se ha comentado la importancia del aclareo sobre el tamaño de los frutos, así como la importancia del riego y la fertilización sobre el desarrollo. Asimismo, una buena defensa fitosanitaria es imprescindible para librar a los frutos de ataques parasitarios que pueden provocar su caída o mermar su calidad.

Los tratamientos con fitorreguladores pueden incidir sobre el proceso de desarrollo frenando la caída, modificando su forma, actuando sobre la maduración, etc.

6. Desarrollo de la semilla

La semilla tiene su origen en la fecundación del óvulo con la formación del embrión o, excepcionalmente, en la apomixis con la formación a la vez de embriones asexuales, según se ha comentado detalladamente en el apartado 4 del capítulo 2.

El desarrollo de la semilla está determinado por el desarrollo del endospermo y del embrión, junto con el desarrollo de los tegumentos del óvulo que darán origen a la cubierta de la semilla. Si el embrión aborta, los tegumentos del óvulo pueden continuar el desarrollo dando lugar a una semilla sumida (semillas vanas), con mayor o menor crecimiento. Incluso, sin haberse producido la fecundación puede haber un ligero desarrollo de los tegumentos originando una pequeña semilla vana.

En las semillas maduras de la mayor parte de especies frutales no existen restos apreciables de la nucela ni del endospermo. En las semillas de las Rosáceas no hay endospermo y, sin embargo, permanece como tejido de reserva (albumen) en la semilla de la vid. En muchos casos estos tejidos se reducen a una fina película adosada la pared interna de la cubierta.

El embrión ocupa todo el espacio que encierra la cubierta. Se diferencia en dos cotiledones relativamente grandes que al separarlos queda adherido a uno de ellos el pequeño embrión residual, en el cual se aprecia un eje embrionario en cuyos extremos está la plúmula y la radícula que darán origen a la futura plántula. Las semillas apomícticas contienen varios embriones de diferente tamaño con cotiledones de forma irregular.

La cubierta de la semilla está formada por el tegumento externo denominado testa, originado por la primina, y por el tegumento interno o tegmen, originado por la secundina.

Comúnmente, a la semilla madura de los frutos tipo drupa se le denomina almendra y a la de los frutos tipo pomo y baya se le denomina pepita. Las semillas de algunas especies, como en frutales de hueso, olivo, avellano, etc., se hallan protegidas o recubiertas por un endocarpio lignificado, o por otros tejidos del pericarpio, denominándose, comúnmente y en algunos casos, al conjunto también semilla. No obstante, al estudiar o tratar las semillas deben diferenciarse claramente estos recubrimientos de lo que es la semilla. Así, por ejemplo, al endocarpio del melocotón o de la aceituna se le denomina hueso, diferenciándolo de la semilla. En la Figura 3.5. Se representan las diferentes partes de una semilla tipo ya madura.

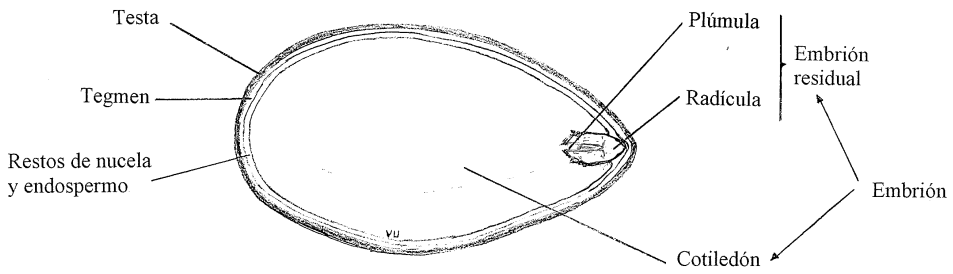


Figura 3.5. Partes de una semilla tipo seccionada.

6.1. Fases del desarrollo de la semilla

En el desarrollo de la semilla se diferencian las cuatro fases siguientes, marcadas por el estado del embrión:

1. Fase de crecimiento lento.

En la primera fase se produce una división lenta del cigoto formando un proembrión indiferenciado. En esta fase el endospermo se desarrolla rápidamente dando lugar a núcleos libres. El embrión no es apreciable a la vista y el proceso tiene una duración muy variable (3-10 semanas) según especies.

2. Fase de crecimiento rápido.

Al inicio de la fase el endospermo pasa a un estado celular y el embrión entra en un periodo de crecimiento rápido, consumiendo el endospermo primario que es

reemplazado por otro secundario, el cual se regenera constantemente al ser consumido. El embrión se va alargando y se aprecia a la vista. En los frutos de hueso adquiere inicialmente forma de corazón. Ya se diferencian claramente los cotiledones y el embrión residual, y al terminar la fase el embrión ocupa su volumen máximo y finaliza el crecimiento. El proceso dura varias semanas.

En los frutales de hueso comienza en esta fase el endurecimiento del endocarpio, lo que marca el volumen máximo a ocupar por la semilla. En la Figura 3.6 se representan las curvas de crecimiento de una semilla de melocotonero y su relación con las fases del crecimiento.

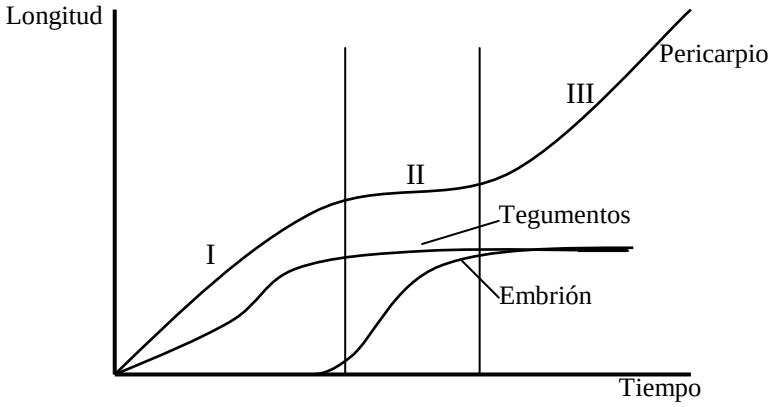


Figura 3.6. Curva tipo de crecimiento de la semilla y su relación con el crecimiento del fruto, en melocotonero.

3. Fase de maduración.

En esta fase ya no hay crecimiento del endospermo ni del embrión y comienza lo que se denomina período de relleno. La duración de esta fase es corta en relación con las anteriores.

La semilla aumenta rápidamente de peso seco, se endurece y pierde humedad. La testa pasa del color blanco anterior a adquirir una coloración marrón.

A la vez que madura y se va secando la semilla va madurando el fruto. En variedades de recolección muy temprana, con un ciclo de desarrollo del fruto muy corto, puede ocurrir que cuando madure el fruto la semilla aún no esté madura y fisiológicamente no sea viable, teniendo que transcurrir un cierto tiempo para completar su desarrollo.

4. Fase de latencia.

Por último, la semilla ya madura entra, en general, en una fase de latencia interna regulada por el ABA (ácido abscísico) que le impide la germinación. Necesitará acumular frío para salir de esta latencia o endodormición, por la que pasan las especies de zona templada.

En la Figura 3.7 se representan diferentes fases del desarrollo de la semilla de los frutales de pepita y de los frutales y hueso.

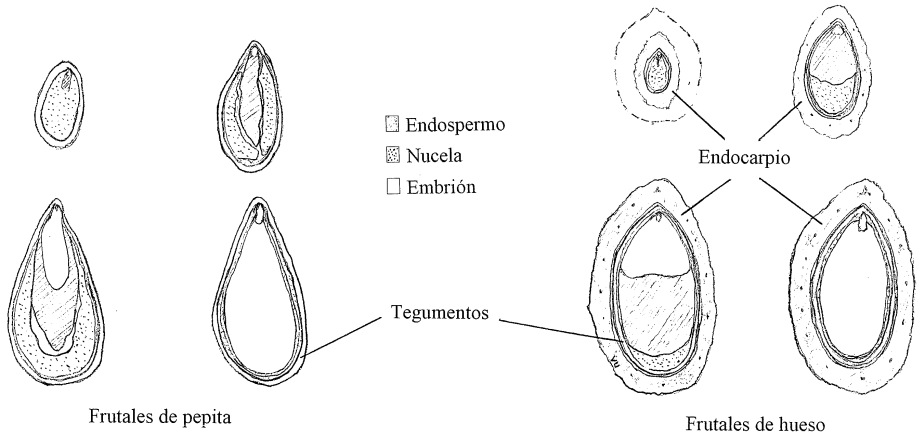


Figura 3.7. Fases del desarrollo de la semilla en frutales de pepita y en frutales de hueso.

7. Caída de frutos

A lo largo del proceso de desarrollo de los frutos se producen diferentes caídas, en unos casos consideradas naturales y en otros como consecuencia de accidentes sufridos, tal como se ha comentado al tratar los factores que influyen en su desarrollo. La caída es un proceso selectivo, aún no muy bien explicado, que puede ser iniciado, principalmente, por los siguientes factores:

- Falta de fecundación y aborto del embrión.
- Factores endógenos de regulación de la planta.
- Factores nutricionales y meteorológicos.
- Tratamientos químicos y otras intervenciones sobre la planta.
- Ataques de plagas y enfermedades, heridas, etc.

La caída se produce por el proceso de abscisión que tiene lugar, en general, en la zona de inserción del pedúnculo del fruto al ramo.

El proceso se inicia con la formación, en la zona de inserción del pedúnculo, de la capa de abscisión, que es un estrato meristemático con dos a diez capas de células. En esta etapa se llevan a cabo cambios metabólicos con transformación de la celulosa en compuestos pécticos de consistencia gelatinosa. Igualmente la actividad de enzimática específica origina que se sustituya el calcio por grupos metilo, ocasionando la disolución, en parte, de la pared celular, por lo que las células dejan de estar cementadas y unidas, y se produce la separación. En las células de la capa de separación que quedan en la parte del ramo ocurren, asimismo, una serie de cambios que originan una capa suberificada impermeable, protectora de la superficie de separación.

Según se deduce de experiencias realizadas, existe una relación importante entre la caída de frutos y la producción de hormonas en la semilla, más concretamente en los tejidos del endospermo.

Así por ejemplo, en manzano, según se representa en la Figura 3.8, se produce un pequeño incremento del nivel de auxinas después de la fecundación y cesa unos días después de la caída de pétalos, produciéndose entonces un mayor desprendimiento de frutos (caída de frutos recién cuajados). Posteriormente se produce un nuevo incremento de auxinas al pasar el endospermo a un estado celular, lo que origina un descenso en la caída. Al bajar de nuevo el contenido auxínico se produce una segunda caída importante de frutos (caída de competencia) que finaliza de una forma rápida al producirse un nuevo estímulo auxínico, más importante que los anteriores, que coincide con la finalización del crecimiento del embrión. Finalmente, la caída próxima a la maduración coincide con un nuevo descenso del contenido hormonal, al decaer la actividad de la semilla al haber completado su desarrollo el embrión.

Dada la regulación hormonal, en el proceso de abscisión se puede intervenir mediante la aplicación de fitorreguladores. Según parece, las sustancias ejercen su acción en la regulación enzimática especifica que interviene en las transformaciones celulares.

Los productos pueden facilitar o retrasar la abscisión y su acción es muy variable y difícil de controlar, dependiendo, conjuntamente, de la época de aplicación, de la dosis aplicada y de las condiciones ambientales de la aplicación. Asimismo, se pueden presentar efectos contradictorios para un mismo producto según la época y la dosis.

Ya se ha comentado que en determinados frutales, sobre todo en numerosas variedades de manzano, se realiza el aclareo químico de frutos. Para ello se emplean

diferentes productos: ANA (a dosis de 10 ppm), NAD, Carbaril, Ethrel, etc., con acciones más o menos selectivas respecto a variedades y épocas de aplicación.

Para dificultar o impedir la abscisión, ya en un estado próximo a la maduración, se emplea: NAP (naftil acetato potásico); ANA (a dosis superiores a 20 ppm); 2,4 D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético); 2,4 DP (Diclorprop), etc., y también con acciones selectivas según especies y variedades. Por el contrario, en estados avanzados de desarrollo facilitan la abscisión: ABA, Ethrel y otros productos que favorecen la producción de etileno.

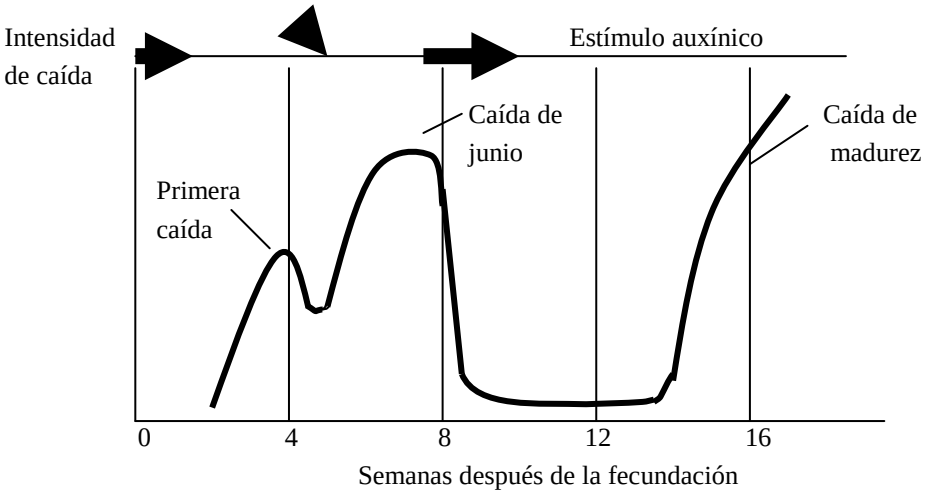


Figura 3.8. Relación entre el contenido de auxinas de la semilla y la caída de frutos en manzano, (según Luckwill, 1953).

7.1. Tipos de caídas

Las caídas que se producen a lo largo del desarrollo del fruto van a ser determinantes de la cantidad y calidad de la cosecha. En condiciones normales, los desprendimientos concurren, en general, en tres épocas más o menos definidas, según el estado de desarrollo, denominándose caídas fisiológicas. En algunos casos, los desprendimientos son motivados por causas anormales o accidentales que ocurren en la planta, denominándose entonces caídas accidentales.

A) Caídas fisiológicas de frutos:

1. Caída de cuajado.

Esta primera caída tiene lugar de dos a cuatro semanas, aproximadamente, después de la floración y se solapa con la caída de flores. Se desprenden algunos frutos recién cuajados aunque el pistilo tenga una apariencia normal, e, incluso, frutos en los que ya

se aprecia un ligero desarrollo. En muchos casos se considera a esta caída como continuación de la caída de flores que ocurre poco después de la caída de pétalos, y que afecta a las flores defectuosas, no fecundadas o con aborto del embrión recién formado. En este caso se denomina caída de flores y de frutos recién cuajados, siendo considerada como una única caída, tal como se ha expuesto en el apartado 1.1 del presente capítulo. En los frutales de hueso el periodo de caída de cuajado es más amplio, abarcando, incluso, hasta la siguiente caída.

2. Caída de junio.

Esta caída se produce, normalmente, al terminar la fase de multiplicación celular y comenzar el engrosamiento del fruto. En muchas especies tiene lugar a primeros de junio, por eso recibe esa denominación en el Hemisferio Norte, aunque si la maduración de la variedad es temprana y la zona es cálida, se adelanta a mayo o antes. Suele comenzar de dos a cuatro semanas después de la caída anterior.

Se denomina también caída de competencia al ser debida, principalmente, a la competencia que se produce entre los frutos en crecimiento y a la vez con la vegetación. Puede afectar del 10 al 30% o más de los frutos de la planta, dependiendo de las variedades y de la carga existente. Los frutos de hueso se desprenden de su pedúnculo, a diferencia de la caída de cuajado en que la separación se produce en el ramo.

Según se ha comprobado existe una gran relación entre el aumento del contenido de hormonas en la semilla y el cese de la caída de frutos.

Presentan mayor tendencia a la caída los frutos con menos semillas o con semillas mal desarrolladas, los situados en ramos más débiles o en posición desfavorable para su nutrición, los frutos más retrasados en su desarrollo y, en general, todos aquellos frutos que se encuentran en peores condiciones o estado.

Cuando la cosecha es excesiva, esta caída es favorable para lograr un buen tamaño de frutos. Si no ocurre, habrá que realizar un aclareo. No obstante, los aclareos realizados con anterioridad regulan esta caída de junio que puede llegar a no apercibirse.

Algunas variedades presentan una caída posterior irregular, previa a la maduración, de diferente intensidad según los años y no debida a causas accidentales, sin que se conozca exactamente el motivo; aunque está muy relacionada con el suministro de agua y el desarrollo vegetativo. Se da, por ejemplo, en la variedad de melocotonero "Alejandro Dumas".

3. Caída de madurez.

Es la caída natural de los frutos al formase la capa de abscisión en la madurez. Sin embargo, algunas variedades comienzan a presentar esta caída unos días antes de la recolección, lo que origina considerables pérdidas y no tiene, prácticamente, compensación para el desarrollo de los demás frutos, ya que su crecimiento esta casi completado. El desprendimiento previo a la recolección se acentúa en algunas variedades y se ve favorecido por lluvias y vientos.

B) Caídas accidentales:

Además de las caídas citadas anteriormente, se producen desprendimientos accidentales de frutos que no tienen relación con las fases del desarrollo y son motivados por diferentes factores, bien de forma individual o por interacción entre ellos.

Las causas más comunes son las climatológicas, como: granizo, lluvias y vientos fuertes, cambios bruscos de temperatura, etc. En otras ocasiones la caída es producida por la sequía o por la falta considerable de nutrientes.

Otros motivos pueden ser: ataques de plagas y enfermedades, daños producidos por la aplicación de productos químicos, daños producidos a la planta por labores, etc.

Cabe citar que el aporte excesivo de agua en la época de máximo desarrollo y en momentos de altas temperaturas puede provocar la caída de frutos. Asimismo, los riegos abundantes después de un período de sequía suelen provocar también caídas de frutos.

8. Vecería o alternancia de fructificación

La vecería de los frutales consiste en tener un año una cosecha muy abundante y al siguiente muy poca, manteniendo esta periodicidad, y debido, exclusivamente, a factores internos de la planta.

Se produce al existir una alternancia de fructificación, con un año de carga elevada seguido de otro año con muy poca fructificación; marcando, normalmente, un ritmo bianual acusado, aunque puede presentar también ligeras variaciones en el ciclo, como uno de cada tres o más años, y en la intensidad. La vecería es más o menos acusada según sea la oscilación de las producciones sucesivas.

La vecería se produce más acentuadamente dependiendo de las especies y variedades. Presenta más incidencia en peral, manzano, ciruelo, cítricos, olivo y mango. En otros casos su manifestación es menos acusada, como en albaricoquero, o es prácticamente nula, como en melocotonero y vid. Actualmente, las nuevas variedades se seleccionan para que no presenten este fenómeno, al menos intensamente.

La vecería conlleva graves inconvenientes: tener frutos pequeños los años de gran producción si no se realiza aclareo, obtener una menor producción acumulada, deficiente desarrollo de la vegetación el año de carga, plantas con pocas reservas para el siguiente año después de una gran carga y mayor sensibilidad a heladas, desequilibrio vegetativo el año de poca producción, intervenciones más exhaustivas en poda, etc.

Las causas de la vecería están ligadas a aspectos hormonales y nutricionales de la planta, influidos, muchas veces, por las condiciones externas o por sucesos accidentales. Entre las causas más frecuentes cabe citar a las siguientes:

- La fructificación muy abundante en un año ocasiona un consumo de reservas y de sustancias sintetizadas muy grande, lo que hace que el proceso de inducción floral de ese año no se desarrolle correctamente, por lo que la floración del siguiente año será escasa. Además la planta al soportar una excesiva cosecha no podrá acumular reservas suficientes, sobre todo en variedades tardías, para el correcto desarrollo de las yemas y de la floración al siguiente año, lo que acentúa la falta de cuajado. Aspectos ya comentados en el apartado 4 del capítulo 1, junto con la causa siguiente.

- El exceso de frutos el año de gran producción origina también que las giberelinas producidas en sus semillas jóvenes interfieran en el proceso de inducción floral, inhibiendo la formación de flores.

- La pérdida temprana de la cosecha (flores o frutos) por heladas y por granizadas u otros accidentes provoca desequilibrios entre producción y vegetación, que interfieren también sobre la inducción floral. Igualmente una falta de agua el momento de la inducción puede desencadenar la alternancia.

Para evitar o atenuar la alternancia se interviene mediante podas adecuadas para regular la carga productiva de cada año y controlar la vegetación, y eliminando los ramos débiles en el invierno después una gran producción para favorecer el cuajado en los ramos más favorables. Asimismo, con aclareo de flores y frutos jóvenes; con una fertilización controlada en base a la producción existente; así como con todas aquellas actividades tendentes a regular el equilibrio vegetación-producción.

9. Bibliografía (Capítulo 3. Desarrollo del fruto y de la semilla)

Relación de libros y artículos de interés que tratan aspectos generales y específicos sobre el tema; para los libros se indican, entre corchetes, las páginas concretas que se recomienda su lectura:

Agustí, M. 2000. *Citricultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 416 pp., [135 - 165].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [268 - 277].

Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R. 1988. *Fisiología vegetal.* Ediciones Pirámide. Madrid. 823 pp., [722 - 734].

Bargioni, G. 1982. *Il ciliegio dolce*. Edagricole. Bologna. 341 pp., [63 - 64, 98 - 99].

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Editores). 1999 (3ª ed.). *El cultivo del olivo.* Junta de Andalucía - Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 701 pp., [51 - 60, 131 - 135, 153 - 155].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [124 - 128, 150 - 173].

Coutanceau, M. 1971. *Fruticultura.* Oikos-Tau. Ediciones. Vilassar de Mar. Barcelona. 608 pp., [95 - 108].

Dennis F.G. 1996. *Fruit maturity and ripening.* In *Tree Fruit. Physiology: Growth and development.* Edited by Maid, K.B. Good Fruit Grower. Washinton. 165 pp, [107 - 116].

Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees.* John Wiley & Sons. New York. 338 pp., [200 - 229].

Felipe, A.J. 2000. *El almendro. I. El material vegetal.* Mira Editores. Zaragoza 461 pp., [168-183].

Gautier, M. 1987. *La culture fruitière. Volume 1, L`arbre fruitier*. Éditions J.B. Baillière. París. 492 pp., [70 - 76].

Gil, F.G. 2000. *Fruticultura. La producción de fruta.* Ediciones Universidad Católica de Chile. 583 pp. [113 - 207].

Kobel, F. 1966 (Edición italiana). *Trattato di Frutticoltura*. Edizioni Agricole. Bologna. 438 pp., [242 - 260].

Kramer, S.; Achuricht, R.; Friedrich, G. 1986. *Fruticultura.* Compañía Editorial Continental. Mexico. 277 pp., [41 - 46].

Martinez de Toda. F. 1991. *Biología de la vid.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 346 pp., [150 - 165].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. M.º Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [180 - 208].

Monet, R. 1983. *Le pêcher. Génétique et physiologie.* Masson. París. 133 pp., [86 - 95, 103 - 106].

Moreira, N.; Nakagawa, J.; 1988. *Semillas. Ciencia, tecnología y producción.* Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo. 406 pp., [41 - 50].

Opara, L. U. 1999. *Fruit Growth. Measurement and Analysis*. Horticultural Reviews. Vol. 24: 373-431, [373 - 390].

Pratt, Ch. 1988. *Apple Flower and Fruit: Morphology and Anatomy.* Horticultural Reviews. Vol. 10: 273-308, [285 - 290].

Reynier, A. 1989 (4ª ed.). *Manual de viticultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 377 pp., [153 - 158].

Rallo, L. y Camacho, F. 1977. *Bases fisiológicas de la producción frutal*. E.T.S.I. Agrónomos de Córdoba. Monografía. 9 temas. Córdoba. s/pp., [Tema 7, 23 pp. , Tema 9, 20 pp.].

Spina, P. (Coord.). 1985. *Trattato di Agrumicoltura.* Edagricole. Bologna. 552 pp., [228 - 233, 250 - 251].

Valli, R. y Schiavi, S. 1989. *Coltivazioni Arboree*. Edizioni Agricole. Bologna. 432 pp., [42 - 48].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. M.º Agricultura. S.G.T., Serie Técnica. Madrid. 521 pp., [104 - 141].

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [211 - 240].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 3. Desarrollo del fruto y de la semilla

1 [Campo]. Observar y controlar cómo se desarrolla el cuajado de frutos en corimbos de peral y manzano y establecer las diferencias entre las distintas flores de la inflorescencia.

2. [Campo]. Observar y controlar cómo se desarrolla el proceso de cuajado de frutos en ramos mixtos de melocotonero y establecer las diferencias entre las distintas flores.

3 [Campo]. Observar y controlar cómo se desarrolla el cuajado de frutos en racimos de vid y establecer las diferencias según la posición del racimo y entre las flores.

4 [Laboratorio]. Después de la caída de pétalos, observar con la lupa en diferentes flores y frutos de peral, manzano, melocotonero, ciruelo, y cerezo las diferencias que se aprecian entre frutos cuajados y los no cuajados o que han detenido su crecimiento.

5 [Campo]. En una variedad de peral y en una de manzano del Campo de Prácticas marcar diez corimbos y seguir el proceso de desarrollo de los frutos determinando: el porcentaje de cuajado inicial y final, la incidencia de la caída de junio y el porcentaje de frutos que llegan a recolección.

6 [Campo]. En la plantación de melocotoneros del Campo de Prácticas, marcar cinco ramos mixtos de una variedad de melocotón y cinco de una variedad de nectarina y seguir el proceso de desarrollo de los frutos determinando: el porcentaje de cuajado inicial y final, la incidencia de la caída de junio y el porcentaje de frutos que llegan a recolección.

7 [Campo]. En la plantación de cerezos del Campo de Prácticas marcar diez ramilletes de mayo de una variedad y seguir el proceso de desarrollo de los frutos determinando el porcentaje de cuajado inicial y final, la incidencia de la caída de junio y el porcentaje de frutos que llegan a recolección.

8 [Campo - laboratorio]. En árboles de peral de la variedad Blanquilla del Campo de Prácticas, realizar un tratamiento con giberelinas y observar y controlar el desarrollo de frutos partenocárpicos respecto a árboles no tratados.

9. [Campo - laboratorio]. En una variedad de melocotonero del Campo de Prácticas controlar el crecimiento de los frutos mediante muestras periódicas de frutos, determinando el perímetro y el peso, y representar las curvas resultantes. Observar y establecer el momento en que se produce el endurecimiento del hueso mediante la resistencia que oponen a la punción o al corte los frutos.

10 [Campo]. En dos de las variedades de peral del Campo de Prácticas, controlar el crecimiento mediante la medida del diámetro en 10 frutos marcados y representar la curva media resultante.

11 [Campo - laboratorio]. En la plantación de manzanos del Campo de Prácticas reservar tres árboles y realizar un aclareo muy tardío de manzanas. Observar en los frutos desprendidos la incidencia del número de semillas y de su localización en los carpelos sobre el crecimiento del fruto. Determinar si existe relación entre el número de semillas y el calibre de los frutos.

12 [Campo]. En la variedad Golden Delicious de la plantación de manzanos del Campo de Prácticas, determinar si existen diferencias de tamaño en los frutos dependiendo del ramo que los porta. Realizar el muestreo sobre un mínimo de treinta frutos de cada tipo, en época avanzada de desarrollo, considerando frutos procedentes de lamburdas, de brindillas coronadas y de yemas axilares de ramos mixtos.

13 [Campo]. En un árbol de cuatro brazos de la plantación de melocotoneros del Campo de Prácticas realizar un aclareo de frutos en los ramos de dos de los brazos y dejar sin aclarar los otros dos brazos. Determinar las diferencias de crecimiento de los frutos y las repercusiones sobre la brotación y la producción.

14 [Laboratorio]. Observar la estructura de semillas maduras de melocotonero, ciruelo, peral y naranjo.

15 [Campo]. Observar y controlar el proceso de desarrollo de las semillas de dos variedades de almendro del Campo de Prácticas.

16 [Laboratorio]. Observar el grado desarrollo de las semillas en cerezas maduras de variedades tempranas e identificar sus componentes.

17 [Campo]. Observar la caída de cuajado en peral, melocotonero, cerezo y ciruelo, y establecer las diferencias entre las especies.

18 [Campo]. Observar la caída de junio en manzano y analizar las características de los frutos desprendidos.

19 [Campo]. Observar cuando se produce el envero en diferentes variedades de ciruela japonesa y analizar las características de los frutos desprendidos desde ese momento hasta la madurez.

20 [Campo]. Observar la vecería en plantaciones de peral y manzano estableciendo su intensidad y la uniformidad en la plantación. Observar, concretamente, su manifestación en manzanos no aclarados de la variedad Verde Doncella del Campo de Prácticas.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 3. Desarrollo del fruto y de la semilla

1. ¿Qué es el cuajado de frutos, cómo se apercibe y cuándo tiene lugar?

2. ¿Cuándo se produce la caída de flores y frutos recién cuajados y a qué es debida?

3. ¿Qué influencia tienen las hormonas sobre el cuajado de los frutos? Justificar la respuesta.

4. ¿Qué es la partenocarpia y en qué especies es habitual?

5. ¿ Cómo puede ser provocada la partenocarpia y con qué finalidad?

6. ¿Cuáles son las fases de la vida de los frutos y por qué se caracterizan dichas fases?

7. ¿Qué diferencias existen entre los frutos climatéricos y no climatéricos a lo largo de su desarrollo?

8. ¿Qué fases características tiene el crecimiento de los frutos de hueso y qué transformaciones tienen lugar en los mismos?

9. ¿Cómo puede controlarse el desarrollo de los frutos en una plantación y que finalidad tiene realizar el seguimiento?

10. ¿Qué es la productividad y como se expresa?

11. ¿Qué incidencia tiene el número de semillas en el desarrollo de los frutos de pepita? ¿Y en los frutos de hueso? Justificar las respuestas.

12. ¿Qué importancia tiene el número de hojas existentes en el árbol, por cada fruto, para el desarrollo y las características finales de sus frutos?

13. ¿Qué efectos tiene un aclareo temprano de frutos sobre la producción y cómo puede realizarse?

14. ¿Cuáles son los factores externos que inciden en el desarrollo de los frutos? Citar los dos factores que se consideren más influyentes y justificar su elección.

15. ¿Cuáles son las partes de la semilla madura de melocotonero? Indicarlas en una representación de la semilla.

16. ¿Cuáles son las fases del desarrollo de la semilla y qué características presenta la semilla en cada una de ellas?

17. ¿Por qué puede ser iniciada la caída de los frutos de un manzano a lo largo de su proceso de desarrollo? ¿Qué relación tienen las caídas con el contenido de auxinas en las semillas?

18. ¿Qué es la caída de junio, cuando tiene lugar y a qué frutos afecta?

19. ¿Qué es la caída de madurez? ¿Se puede incidir de alguna forma sobre esta caída con intervenciones sobre la planta?

20. ¿Cuáles son las causas que provocan la vecería y en qué frutales se produce dicho fenómeno?

4

CARACTERÍSTICAS DE LOS FRUTOS

1. Tipos de frutos.
2. Caracterización morfológica de los frutos.
3. Forma del fruto.
4. Tamaño y densidad del fruto.
5. Color del fruto.
6. Composición química de los frutos.
7. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Tipos de frutos

Los frutos, según se ha comentado en el apartado 3, se desarrollan, normalmente, a partir de los carpelos del ovario, pero en algunos frutales son más complejos y se forman también a partir de otras partes de la flor o de la inflorescencia. Las características de esta estructura que les da origen, así como las características de sus partes comestibles y la manera como liberan las semillas, ha servido para clasificar a los frutos en general.

Atendiendo a estas diferencias, los frutos se clasifican según los siguientes criterios:

a) Por la composición y consistencia de su pericarpio se clasifican en frutos carnosos y secos.

Los frutos carnosos están formados en la madurez por tejidos suculentos más o menos jugosos. En general, la parte carnosa puede comprender todo el pericarpio (ej. uva y naranja), o tener el endocarpio lignificado (ej. melocotón y oliva), presentando entre ellos notables diferencias en cuanto al aspecto y composición de sus tejidos.

Los frutos secos están formados en la madurez por tejidos secos y duros. Se presentan numerosos tipos, con gran variación en la composición de sus tejidos, en general con epicarpio coriaceo o lignificado.

No debe confundirse esta clasificación botánica con la denominación de frutos secos que, comúnmente, se da en Fruticultura a los frutos de algunas especies frutales que tienen las paredes secas y que son utilizados por sus semillas. Por ejemplo, el almendro se encuadra dentro los frutales de frutos secos, cuando su fruto es carnoso de tipo drupa; pero, una vez recolectado, la almendra con su cáscara tiene similitud con un fruto seco.

b) Por el número de semillas se clasifican en monospermos y polispermos.

c) Por la forma de liberar las semillas se clasifican en dehiscentes e indehiscentes. Esta clasificación es solo para los frutos secos.

d) Por el origen del fruto se clasifican según procedan de uno o de un conjunto de ovarios, y según procedan de una sola flor o de varias flores reunidas originando un sólo fruto. Los frutos pueden estar constituidos, además de por el ovario, por otras partes de la flor, como los tépalos, el receptáculo, el tubo floral o hipanto (receptáculo

conjuntamente con otros tejidos adyacentes), tejidos de la parte superior del pedúnculo, por el eje de la inflorescencia, etc.

Esta clasificación según el origen es muy usual para las especies frutales y da lugar a los tres tipos siguientes:

1. Frutos simples. Procedentes de un solo ovario, el cual a su vez puede constar de:

- Un solo carpelo.

  - Drupa (melocotón, almendra, oliva, etc.).
  - Aquenio (avellana).
  - Núcula (nuez, pacana, pistacho).

- Dos o varios carpelos.

  - Pomo (pera, manzana).
  - Baya (uva, plátano).
  - Hesperidio (naranja, mandarina, limón).
  - Balausta (granada).
  - Pepónide (papaya).

2. Frutos agregados o múltiples. Procedentes de un ovario dividido o un conjunto de ovarios, de una sola flor.

- Polidrupa (frambuesa, mora de la zarzamora).
- Poliaquenio (fresa).

3. Infrutescencias. Formadas a partir de los ovarios de las flores de una inflorescencia, íntimamente reunidos en un mismo conjunto, con las partes florales más o menos modificadas, originando aparentemente o en la práctica un solo fruto.

- Sicono (higo).
- Sorosis (chiromoya, piña, mora de la morera).
- Cúpula ("erizo" o involucro del castaño).

1.1. Tipos principales

Los tipos principales de frutos de las especies leñosas frutales más cultivadas, y sus características resumidas brevemente, son los siguientes:

1. Drupa. Deriva en su totalidad del ovario. Tiene un solo carpelo con dos óvulos, aunque normalmente desarrolla solo uno. El endocarpio es duro y leñoso y se le denomina hueso. El mesocarpio es carnoso. Ejemplo: melocotón, cereza, ciruela, almendra, oliva, mango, etc.

2. Baya. Deriva de un ovario simple que una vez desarrollado no presenta tabiques aparentes de carpelos. Carece de endocarpio y es multisemillado. Ejemplo: uva (deriva de dos carpelos con dos óvulos) y grosella. La falsa baya deriva de la fusión del ovario y del receptáculo y es multisemillado. Ejemplo: arándano.

3. Pomo. Deriva de la fusión del ovario y del tubo floral (receptáculo y tejidos adyacentes del pedúnculo) que se transforma en pulpa. Tiene cinco carpelos con dos óvulos cada uno, normalmente. Ejemplo: pera y manzana. El membrillo tiene más de dos óvulos por carpelo.

4. Hesperidio. Deriva de un ovario simple con varios carpelos. El endocarpio está dividido en numerosos lóculos o gajos que contienen las vesículas de zumo, el mexocarpio es esponjoso y delgado y el epicarpio posee glándulas con aceites esenciales. Ejemplo: naranja, mandarina, limón y pomelo.

5. Núcula (o nuez). Deriva de la fusión del ovario y del perianto. Es considerada como una nuez drupacea, con el pericarpio leñoso. Ejemplo: nuez, pacana y pistacho. La avellana es un aquenio que tiene el pericarpio lignificado rodeado en la base de un involucro de hojas, no constituyendo una núcula propiamente dicha.

La núcula tiene ovario pluricarpelar pero sólo se desarrolla un carpelo al abortar los otros, dando un fruto monospermo. El aquenio está formado por un solo carpelo y da un fruto monospermo.

6. Fruto agregado o múltiple. Deriva de varios ovarios (carpelos libres) de una sola flor y de un receptáculo. Ejemplo: frambuesa y mora de la zarzamora.

7. Infrutescencia. Deriva de la unión de varios ovarios y receptáculos de una inflorescencia o bien de frutos simples íntimamente reunidos dando la apariencia de un solo fruto. Ejemplo: higo, chirimoya, piña, mora de la morera y "erizo" del castaño.

En las Figuras 4.1 y 4.2 se representan las secciones de los principales tipos de frutos indicando su constitución.

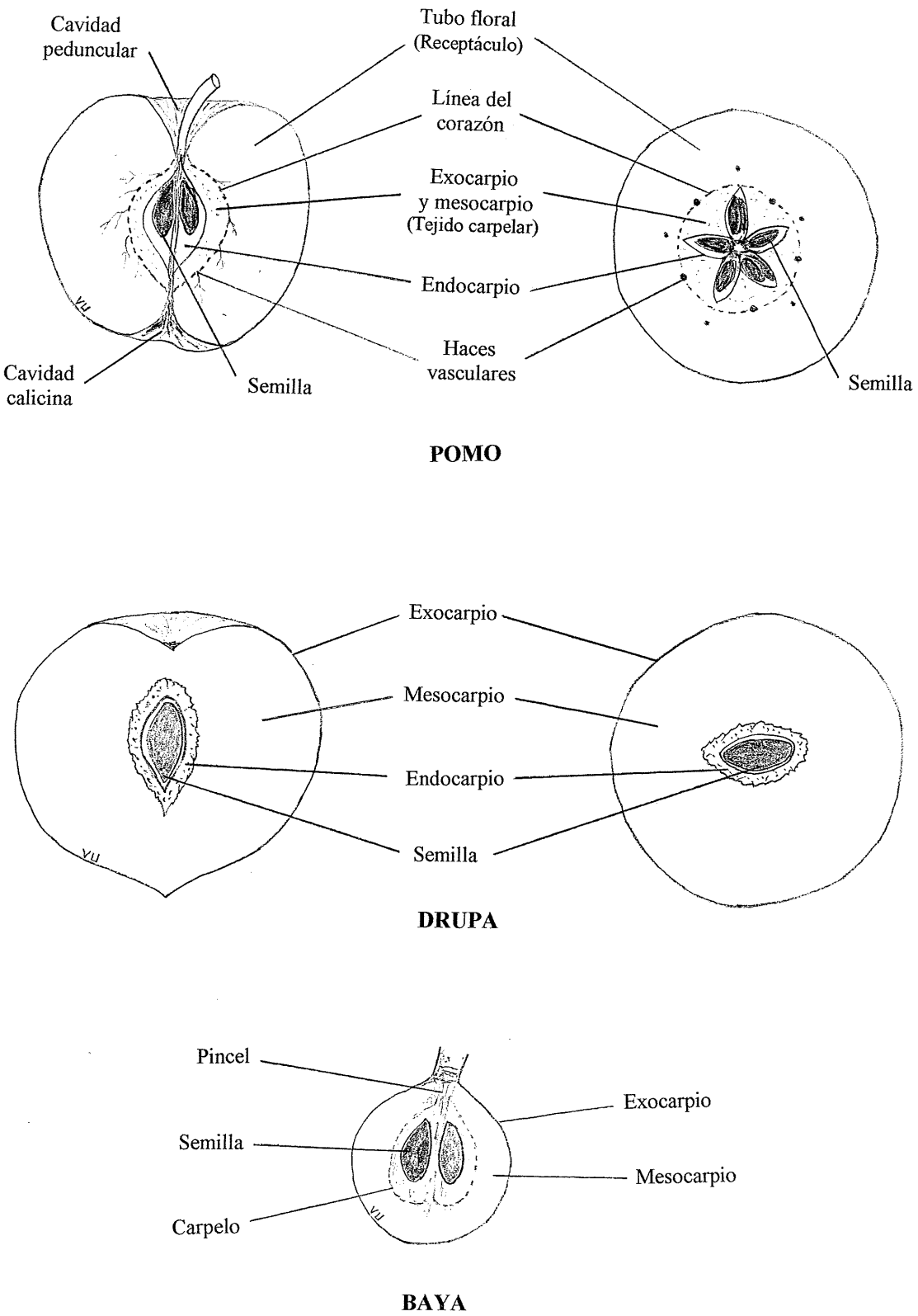


Figura 4.1. Secciones de diferentes tipos de frutos indicando su constitución.

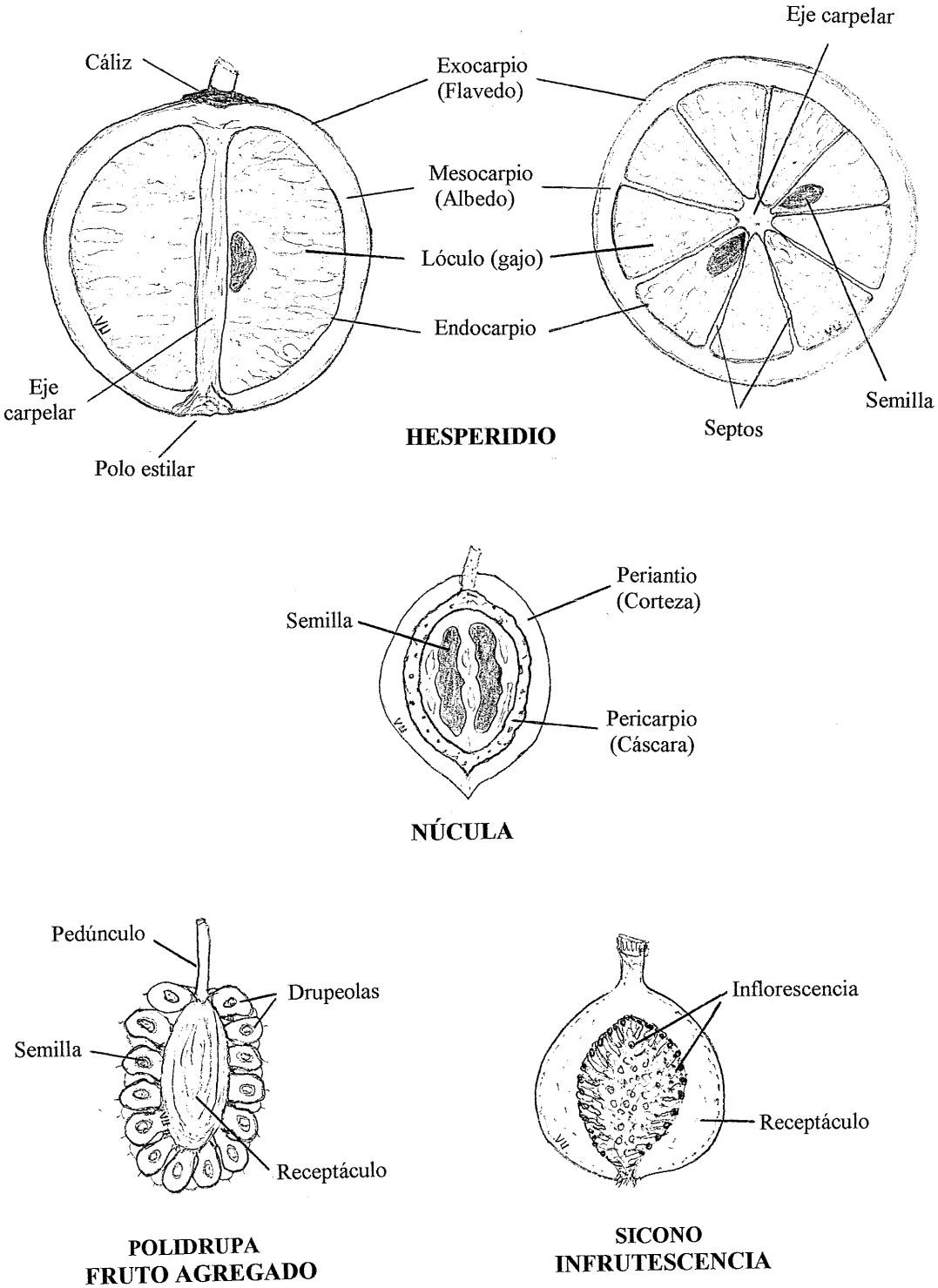


Figura 4.2. Secciones de diferentes tipos de frutos indicando su constitución.

2. Características básicas de los frutos

Los frutos presentan características muy diferentes dependiendo del tipo en que se clasifican según su origen, tal como se ha visto en el apartado anterior. Dentro de cada tipo, las características son también muy diferentes según especies y, asimismo, entre variedades las características presentan diferencias acusadas.

Entre las variedades comerciales actuales de un determinado fruto podemos apreciar diferencias de tamaño, de forma, de color, de sabor, etc. Si observamos un banco de germoplasma de una especie en el que se recogen variedades autóctonas y tradicionales, e incluso individuos silvestres, encontraremos diferencias mucho más acusadas entre las características de los frutos. Por ejemplo, en una colección de germoplasma de peral encontraremos peras desde muy pequeñas a muy grandes; de maduración temprana a muy tardía; de diferente forma, aspecto, color y ruginosidad; de sabores y texturas muy diferentes; etc.

Las características finales de los frutos están determinadas genéticamente, pero también están muy influidas por el patrón empleado y el estado de la planta, por las condiciones del medio, por las técnicas culturales y, en definitiva, por cualquier acción que interfiera en su proceso de desarrollo, según se ha comentado al tratar el desarrollo de los frutos.

La influencia de todos estos factores se ejerce de forma integrada, por lo que es difícil discernir, muchas veces, el defecto individual de cada factor sobre las características finales de los frutos.

Los frutos de cada variedad tienen unas características propias pero, además, tienen unas necesidades concretas, tanto de medio productivo como de actividades culturales, para adquirir unas características comerciales y organolépticas óptimas.

El fruticultor debe adaptarse a las exigencias del mercado y a las preferencias del consumidor y debe producir los frutos con unas características concretas de tamaño, color, forma, aspecto, etc.; ya que de ellas va a depender el precio de venta y la rentabilidad de la plantación.

Será fundamental en una explotación tener el mayor control posible sobre los factores que condicionan las características de los frutos y, en definitiva, su calidad.

2.1. Xenia y otras influencias

Por algunos autores se cita la influencia que puede tener el origen del polen sobre las futuras características del fruto desarrollado por la fecundación. Este fenómeno se denomina xenia, aunque inicialmente este término se utilizó para designar la influencia que tiene el polen sobre el embrión y el endospermo, denominando metaxenia a la influencia que ejerce el polen sobre el tejido materno de los frutos.

Evidentemente, los embriones formados sexualmente contienen caracteres paternos y maternos, lo mismo que el endospermo, por lo que la semilla sí se verá influida por el polen. Por ejemplo, se han encontrado diferencias entre los tamaños de la semilla del cerezo dulce al polinizarlo con cerezo ácido, lo que se justificaría por su diferente número de cromosomas. En almendro, al polinizar con polen de almendro amargo (carácter monofactorial recesivo) una variedad de almendra dulce, aunque sea heterocigótica para este carácter, no se obtienen almendras amargas ya que la amigdalina responsable del amargor solo se sintetiza en el tejido materno.

En cuanto a la influencia del polen sobre las características del tejido materno de los frutos, además de que es difícil de explicar, no se han encontrado resultados fiables y generalizables, aunque sí existen citas sobre el posible aumento de color al emplear polen de una variedad muy coloreada, o de obtener frutos más ácidos si se emplea polen de una variedad ácida. En todo caso, la única hipótesis admisible sería la de una acción de las hormonas producidas la semilla durante el desarrollo del fruto.

Por otro lado, también se ha tratado de establecer si hay transmisión de las características que tienen los frutos del patrón a los frutos producidos por la variedad. Afortunadamente, y como es de esperar, no se produce esta influencia. Por ejemplo, las peras de un peral injertado sobre membrillero, no adquieren la forma y el sabor del membrillo. No obstante en especies de hoja perenne, y en algún caso muy concreto, sí se cita una cierta influencia sobre las características, que puede ser indirecta; por ejemplo, más acidez en naranjo injertado sobre limonero y en pomelo injertado sobre naranjo amargo.

Evidentemente, el patrón empleado ejercerá una notable influencia indirecta sobre las características de los frutos producidos por la variedad, al condicionar su adaptación al medio, sus posibilidades de alimentación, su vigor, su fenología, etc., aspectos que inciden considerablemente en el desarrollo de los frutos y en las características finales adquiridas. Además, la afinidad entre los materiales vegetales también repercutirá sobre el desarrollo de la parte aérea y, por lo tanto, sobre los frutos.

2.2. Caracterización morfológica

Entre variedades, las diferencias morfológicas que presentan los frutos se emplean para la identificación y caracterización varietal. Algunas de las características físicas de los frutos son empleadas, también, para controlar su desarrollo y para establecer su calidad.

Las características principales empleadas para la descripción de variedades hacen referencia a los siguientes aspectos:

- Del fruto en general.
  - Época de maduración.
  - Tamaño (peso y volumen).
  - Forma y simetría.
  - Longitud, anchura (diámetro máximo) y espesor.
  - Relación longitud/anchura.
- Cavidades peduncular y calicina.
  - Presencia, forma y tamaño.
  - Profundidad y anchura.
  - Longitud.
  - Posición de los sépalos.
- Pedúnculo.
  - Longitud.
  - Grosor y consistencia.
  - Curvatura e inserción.
- Piel.
  - Color de fondo.
  - Color de superficie (sobrecolor) e importancia. Brillantez.
  - Espesor.
  - Tomentosidad y ruginosidad.
  - Características de las lenticelas (abundancia, forma, tamaño).
- Pulpa (o carne).
  - Color.
  - Textura y consistencia.
  - Suculencia.
  - Sabor (dulzura y acidez).
  - Aroma.

- Semillas.
    - Forma.
    - Número, tamaño, peso medio.
    - Longitud, anchura, espesor.
    - Color y consistencia de la cubierta.

3. Forma del fruto

Los frutos de cada variedad presentan una forma característica, regulada genéticamente, que los diferencia de las otras variedades. La forma tiene gran importancia desde el punto de vista comercial, ya que cualquier alteración de la forma característica puede depreciar el valor del fruto.

El parámetro utilizado para expresar la forma de los frutos es la relación entre el diámetro longitudinal el diámetro transversal, denominada L/T. Los valores más altos de la relación corresponden a frutos alargados y los valores bajos a frutos achatados.

La relación L/T disminuye, en general, con el desarrollo del fruto. Los frutos son más alargados al comienzo del crecimiento que en la madurez, por lo que van cambiando de forma a lo largo de su desarrollo.

En la Figura 4.3 puede apreciarse la variación del contorno longitudinal de una manzana del tipo Red Delicious durante su desarrollo y la variación de la relación longitud/anchura (L/T).

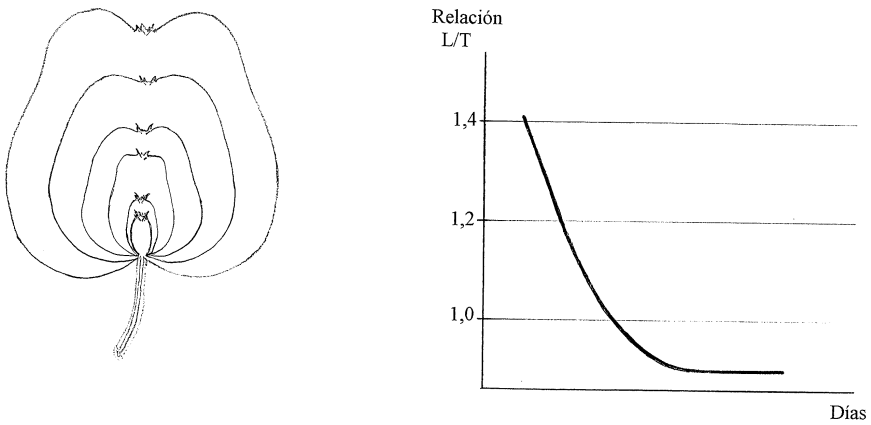


Figura 4.3. Variación de la forma del fruto lo largo de su desarrollo. Manzana del tipo Red Delicious.

3.1. Factores que influyen la forma del fruto

La forma de los frutos pueden verse modificada por diferentes factores, con mayor o menor incidencia según las especies, aunque en muchos casos no es apreciable la modificación o sólo lo es para algunas variedades.

Los factores más importantes son:

1. Condiciones climáticas.

La influencia mayor la ejerce la temperatura. El efecto se manifiesta, por ejemplo, en manzanas del grupo "Red Delicious", ya que si después de la floración las temperaturas son altas los frutos son más achatados. Igualmente, si los días son templados y las noches frías, los frutos son más alargados y cónicos que en el caso de tener días calurosos y noches templadas. La acumulación en exceso de grados-día (sobre 5 ºC) durante el desarrollo origina frutos más achatados.

2. Posición del fruto y número de semillas.

La forma del fruto puede variar ligeramente según su posición en el árbol, dando lugar en las zonas orientadas al sur y menos sombreadas a frutos más achatados. Igualmente, en las especies que tienen inflorescencias, parece ser que los frutos centrales de la inflorescencia son mas alargados.

En los frutos de pepita, el número de semillas y su posición en los carpelos hacen variar la forma del fruto debido al efecto de las giberelinas producidas en las semillas. Los frutos partenocárpicos presentan formas más irregulares.

3. Vigor de la planta y cantidad de cosecha.

Las variedades injertadas sobre patrones muy vigorosos, debido también al efecto del mayor sombreamiento, suelen producir frutos más alargados.

Lo mismo ocurre en el caso de realizar aclareos tempranos fuertes, o bien cuando la producción es escasa.

En el caso de las variedades de manzano del grupo Red Delicious, las variedades con vegetación tipo "spur" producen frutos más alargados y con los lóbulos más marcados.

4. Tratamientos con fitorreguladores.

Los tratamientos con productos hormonales pueden modificar considerablemente la forma de los frutos. En general los efectos son los siguientes:

- Giberelinas y citoquininas originan frutos más alargados, con efectos aditivos si se emplean conjuntamente.
- 2,4 D y algunos reguladores de crecimiento originan frutos más achatados y más pequeños.

Las giberelinas originan crecimientos importantes y deformaciones de la zona calicina en pera y manzana. El tratamiento localizado en la superficie origina el crecimiento irregular de la zona tratada, dando frutos asimétricos y deformados. En la Figura 4.4 se reflejan, esquemáticamente, los efectos en manzana de los tratamientos hormonales.

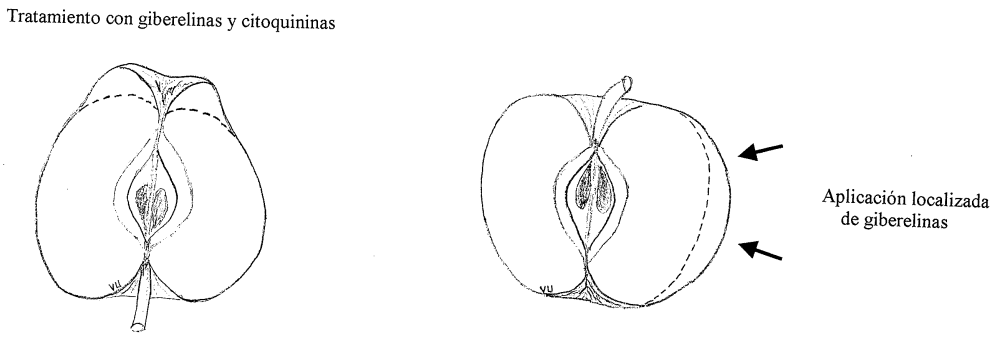


Figura 4.4. Efecto de los tratamientos hormonales en manzana sobre la forma del fruto.

4. Tamaño y densidad del fruto

El tamaño del fruto, al igual que la forma, es una característica varietal. En general, se expresa por el diámetro (calibre) del fruto, y en algunos casos por su peso o volumen. Depende en gran parte del tamaño alcanzado por sus células, y está muy influido por el estado de la planta, por sus condiciones nutritivas y por el número de frutos que tiene con relación al tamaño de la planta.

Los frutos mayores suelen tener más células, aunque también el número de células puede ser el mismo en frutos grandes que en pequeños.

Normalmente, cuando el tamaño del fruto es relativamente pequeño al comienzo del desarrollo, también será relativamente pequeño en recolección. Un fruto inicialmente grande alcanzará mayor tamaño en recolección que uno pequeño, aunque tenga competencia con otros frutos en su proximidad y al pequeño se le deje aislado. Esto es debido a que los frutos pequeños suelen encontrarse en condiciones desfavorables y, además, el número inicial de células también suele ser menor.

No obstante, el aclareo tiene gran incidencia en el tamaño final alcanzado por los frutos que quedan. Si el aclareo es manual y se realiza pronto, puede influir también en que los frutos que quedan tengan más células. El aclareo químico en estado más o menos avanzado de desarrollo, al tirar los frutos más débiles y con menos células, hace que los frutos que quedan puedan alcanzar, en su conjunto, mayor tamaño, al tener mayor potencial de crecimiento.

La densidad (peso específico) del fruto varía a lo largo del desarrollo. En general, desciende desde el comienzo del crecimiento hasta la madurez. La variación es debida, en parte, al crecimiento de los espacios huecos intercelulares y carpelares. Los frutos de hueso presentan, normalmente, un descenso irregular de la densidad en la época de lignificación del hueso, debido al incremento rápido del peso seco del endocarpio. En ello influye también el aumento del peso específico de la semilla. Posteriormente, la densidad del fruto disminuye hasta la madurez. En la Figura 4.5 se representa la variación de la densidad en pera, manzana y melocotón a lo largo de su desarrollo.

Los frutos pequeños, en general, tienen mayor densidad que los grandes, tanto durante su desarrollo como en la madurez.

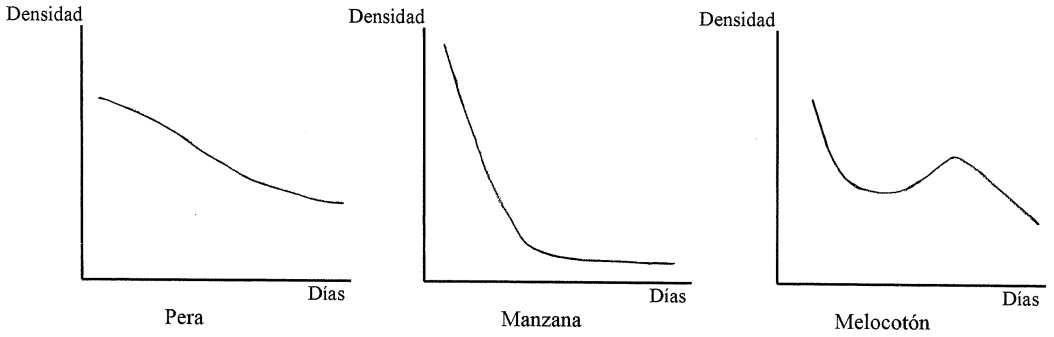


Figura 4.5. Variación de la densidad (peso específico) a lo largo del desarrollo del fruto en pera, manzana y melocotón.

5. Color del fruto

Los frutos varían de color a lo largo de su desarrollo. En general, presentan durante las fases iniciales una coloración verde que luego va cambiando al entrar en la fase de maduración, adquiriendo colores amarillos, rojos, anaranjados, púrpuras o azules.

La coloración adquirida es una característica varietal, siendo un indicativo del grado de maduración y de la calidad del fruto.

5.1. Factores que influyen en el color del fruto

Los principales factores que influyen en el color de los frutos son los siguientes:

1. Pigmentos existentes y acción de la luz y la temperatura.

Los pigmentos determinantes del color de los frutos pueden agruparse en tres tipos: clorofilas, carotenoides y antocianinas.

a) Clorofilas.

La clorofila de los cloroplastos, presentes en las capas más externas del fruto, da lugar al color verde inicial. Durante la maduración hay una degradación de la clorofila, dando productos incoloros, a la vez que se produce la acumulación de otros pigmentos.

b) Carotenoides.

Los carotenoides son sintetizados en los cromoplastos o bien acompañan a las clorofilas en los cloroplastos. Son hidrocarburos no saturados derivados del isopreno. Originan las coloraciones rojo-anaranjadas debido a las carotinas, o amarillas debido a las xantofilas.

La síntesis de carotenoides no es influida por la luz, pero sí por la temperatura, siendo las temperaturas moderadas, o bajas en algunos casos, las más adecuadas.

Generalmente, de forma simultánea a la descomposición de las clorofilas, durante la maduración se produce un enriquecimiento en carotenoides. Estos son los que dan, por

ejemplo, el color amarillo a los cítricos, lo que se ve favorecido por un descenso, más o menos acusado, de la temperatura.

c) Antocianinas.

Las antocianinas se sintetizan en las vacuolas de las células, manteniendo una gran relación con la acumulación de azucares en el fruto. Son glucósidos, derivados de monosacáridos. Originan los colores rojos, violáceos o púrpuras, azulados, y amarillo-rojizos pálidos.

La síntesis de antocianinas está muy influida por la luz y la temperatura. La luz es necesaria para la producción de estos pigmentos antociánicos, especialmente la radiación ultravioleta, según se desprende de experiencias realizadas en manzano; aunque también precisan de luz roja. Para que una variedad adquiera buena pigmentación se necesita una iluminación adecuada de los frutos. La temperatura influye, junto con la luz, incrementando el color, sobre todo en las manzanas; de esta forma los periodos previos a la recolección con días claros y noches frescas hacen que las manzanas tengan más color. Las temperaturas diurnas elevadas inhiben la síntesis de antocianinas. Las mejores coloraciones se consiguen con temperaturas diurnas de 20-24 °C y nocturnas de 8-10 ºC.

2. Otras acciones del medio y técnicas culturales.

Además de la luz y la temperatura, otros factores del medio pueden incidir sobre el color, bien actuando sobre estos dos factores citados o bien directamente al provocar alteraciones. Es el caso, por ejemplo, de la lluvia, del exceso de humedad y de las heladas que inciden sobre el russeting del fruto. Por otro lado la nubosidad ejercerá su acción al incidir sobre la iluminación y la temperatura. Las condiciones del suelo ejercerán su acción sobre la nutrición de los frutos, lo que repercute en el color.

Las técnicas culturales pueden afectar al color de los frutos al tener incidencia sobre la síntesis de hidratos de carbono y la iluminación.

El aclareo de frutos origina un aumento del contenido de azucares en los frutos restantes lo que les da la posibilidad de adquirir más coloración. Una poda de aclareo adecuada en invierno para mantener equilibrada la vegetación y la poda en verde en verano permiten una mejor iluminación de frutos, por lo tanto, se obtendrá mejor color. Un abonado equilibrado, sin exceso de nitrógeno y con potasio en cantidad adecuada, mejorará la coloración. Igualmente, un buen control fitosanitario influirá sobre el color

de los frutos, al mantener la vegetación en buen estado y permitir un buen funcionamiento fotosintético de las plantas.

3. Empleo de fitorreguladores.

Los tratamientos con Ethrel (CEPA) en frutales de hueso pueden originar un aumento de la coloración junto con un adelanto de la maduración.

6. Composición química de los frutos

La composición química de los frutos, una vez finalizado su desarrollo, es muy variada. Y depende, asimismo, de la parte comestible considerada. Principalmente se componen de agua, hidratos de carbono, proteínas, grasas, ácidos y sales minerales. En la Tabla 4.1 se recoge una composición química de diversos frutos, a titulo de referencia. A continuación se comentan, de forma general, los constituyentes más importantes.

1. Agua.

El agua es el principal componente de los frutos. El contenido en frutos frescos se encuentra, en general, entre el 80-90%. En el caso de frutos en los que se aprovecha la semilla, el contenido en agua una vez seca la semilla es del 4-8%, aproximadamente.

El agua interviene en la turgencia del fruto, permite mantener en disolución muchos componentes y hace posibles las reacciones orgánicas; interviniendo, además, en los procesos fisiológicos que acontecen después de la maduración.

2. Hidratos de carbono.

Los hidratos de carbono más abundantes son los azucares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa. Hay también otros azucares en proporciones menores, como manosa, sorbitol, arabinosa, etc.

También se encuentran algunos polisacáridos, principalmente almidón que puede estar presente en mayor o menor cantidad según el grado de maduración del fruto, y

otros compuestos estructurales en menor cuantía, como pectinas (protopectinas y ácidos pécticos), celulosa y hemicelulosa.

Los azucares tienen gran importancia sobre las características organolépticas de la calidad, sobre todo en el sabor, junto con el contenido en ácidos. También contribuyen a la síntesis de antocianinas (glucósidos) responsables de los colores de superficie.

Las pectinas (protopectinas) son responsables de la textura del fruto y de la consistencia la pulpa. Se transforman en pectinas solubles al madurar el fruto originando el consiguiente ablandamiento.

El contenido total de hidratos de carbono varía mucho según la clase de fruto. Aproximadamente, se encuentra entre el 10-15% en muchos frutos, correspondiendo a los azucares entre el 8-12%. En este contenido tienen gran influencia las condiciones de cultivo y ambientales.

3. Ácidos.

Los ácidos orgánicos principales son: cítrico, málico y tartárico. En menor cuantía pueden existir: oxálico, ascórbico, glicólico, láctico, pirúvico, etc. En muchos frutos se sintetiza ácido ascórbico (vitamina C) a partir de la glucosa, al que se le da una gran importancia nutricional. Los ácidos se encuentran en las vacuolas y suelen presentarse, generalmente, en forma de sales potásicas.

El contenido de ácidos es muy bajo, menos del 1%, en general. Está influido por las condiciones en que se han desarrollado los frutos, principalmente las meteorológicas. La lluvia, la falta de iluminación y las temperaturas bajas incrementan la acidez de los frutos. Este contenido va descendiendo a medida que avanza la maduración, aumentando los componentes azucarados. La relación entre azucares y ácidos tiene gran importancia para definir el sabor característico de cada variedad.

4. Lípidos.

El contenido en lípidos es muy bajo, en general, menos del 1%, y se encuentran en forma de fosfolípidos y glicolípidos, principalmente en la piel. En algunos frutos el contenido en lípidos es alto, como en aceituna que en maduración puede ser del 20 al 30%, localizándose en la carne y la semilla en forma de lipoproteínas. Las semillas de los frutos secos contienen también un alto contenido en grasas (sobre el 50% en semilla seca), en muchos casos se encuentran en forma de lipoproteínas.

A este grupo pertenecen también los aceites esenciales o sustancias volátiles que originan gran parte del aroma del fruto maduro. En la piel del fruto se encuentran también otras sustancias como triglicéridos, ceras y cutina, polímeros compuestos de unidades aromáticas que le confieren el carácter de ser impermeable al agua.

5. Proteínas.

El contenido en proteínas de los frutos es muy bajo, menor de 1%, en general. Se encuentran bajo la forma esencial de aminoácidos.

Entre las proteínas hay que destacar también a las proteínas enzimáticas, por la importancia que tienen en el conjunto de transformaciones bioquímicas que se dan en el fruto, sobre todo durante la maduración. Entre estas enzimas están: las clorofilasas, encargadas de la degradación de la clorofila; las fosforilasas y amilasas, para la transformación del almidón; y las pectinasas y celulasas, que modifican la textura y la dureza del fruto en la maduración.

6. Sales minerales.

Las sales minerales representan un contenido menor del 0,5%, generalmente. El componente más importante es el potasio, y con menor importancia se encuentran fósforo, calcio y sodio. Están disueltas en el contenido celular o combinadas con ciertos constituyentes citoplasmáticos, como ácidos orgánicos, pectinas, etc.

7. Otras sustancias.

Entre el resto de compuestos que se encuentran en los frutos en muy pequeñas cantidades cabe citar a los siguientes:

Los taninos, que son polifenoles responsables, en parte, de la astringencia de los frutos. Durante la maduración se van transformando, disminuyendo así la sensación de astringencia del fruto.

Los pigmentos, que son responsables del color. Presentan composiciones muy variadas y complejas, como las clorofilas, compuestas por cuatro anillos de pirrol unidos por un núcleo de magnesio más una cadena de fitol; las antocianinas, compuestas por glucósidos; y los carotenoides, derivados del isopreno.

Dentro la composición química de fruto, aunque algunas sustancias se encuentran en cantidades no significativas, pueden tener gran importancia en su desarrollo y en la

calidad final del fruto, tanto para su consumo en fresco como para ser conservado o transformado.

Tabla 4.1. Composición química, a título de ejemplo, de diversos frutos (por 100 g de pulpa o parte comestible). Datos de diferentes autores.

Fruto	Agua %	Hidratos de C. (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Vitamina C (mg)	Potasio (mg)	Fósforo (mg)	Calcio (mg)
Pera	83	15,3	0,7	0,4	4	130	11	8
Manzana	85	14,0	0,2	0,6	7	110	10	7
Melocotón	89	9,7	0,6	0,1	7	202	19	9
Albaricoque	85	12,8	1,0	0,2	10	281	23	17
Cereza	81	17,0	1,2	0,3	10	191	19	22
Ciruela	86	12,3	0,5	0,2	6	170	18	12
Almendra (seca)	5	19,5	18,6	54,2	Trazas	778	504	234
Nuez	4	15,8	14,8	64,0	2	450	380	99
Avellana	6	16,7	12,6	62,4	Trazas	704	337	209
Higo	77	20,3	1,2	0,3	2	194	22	35
Frambuesa	84	13,6	1,2	0,5	25	168	22	22
Naranja	87	9,4	0,8	-	50	187	22	43
Aceituna	62	8,5	1,4	27,0	-	-	-	50
Uva	80	17,3	0,6	0,3	4	173	20	12

7. Bibliografía (Capítulo 4. Características de los frutos)

Relación de libros y artículos de interés que tratan aspectos generales y específicos sobre el tema; para los libros se indican, entre corchetes, las páginas concretas que se recomienda su lectura:

Agustí, M. 2000. *Citricultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 416 pp., [78 - 87].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [225 - 230].

Bargioni, G. 1982. *Il ciliegio dolce*. Edagricole. Bologna. 341 pp., [54 - 58].

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Editores). 1999 (3ª ed.). *El cultivo del olivo.* Junta de Andalucía - Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 701 pp., [51 -55, 155].

Bracegirdle, B.; Miles, P. H. 1973. *An atlas of plant structure (Volume 2).* Heinemann Educational Books. London. 108 pp. [96 - 103].

Bretaudeau, J. 1975. *Atlas d´arboriculture fruitière (Volume I).* Éditions J. B. Baillière. París. 246 pp., [196 - 203, 209 - 214].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [198 - 210].

Esau, K. 1985 (3ªed. rev.). *Anatomía vegetal*. Ediciones Omega. Barcelona. 779 pp., [620 - 638].

Fahn, A. 1985. *Anatomía vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 599 pp., [504 - 526].

Fregoni, M. 1985. *Viticoltura Generale.* Reda. Roma.728 pp., [201 - 227].

Felipe, A.J. 2000. *El almendro. I. El material vegetal.* Mira Editores. Zaragoza 461 pp., [169, 184 - 190].

Gautier, M. 1987. *La culture fruitière. Volume 1, L`arbre fruitier*. Éditions J.B. Baillière. París. 492 pp., [76 - 80].

Kobel, F. 1966 (Edición italiana). *Trattato di Frutticoltura*. Edizioni Agricole. Bologna. 438 pp., [233 - 237].

Loussert, R.; Brousse, G. 1980. *El Olivo.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 529 pp., [81 - 83, 93 - 99].

Martinez de Toda. F. 1991. *Biología de la vid.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 346 pp., [94 - 97, 163 - 173].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. M.º Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [195, 209 - 212].

Opara, L. U. 1999. *Fruit Growth. Measurement and Analysis*. Horticultural Reviews. Vol. 24: 373-431, [376 - 377].

Pratt, Ch. 1988. *Apple Flower and Fruit: Morphology and Anatomy.* Horticultural Reviews. Vol. 10: 273-308, [277 - 280, 290 - 295].

Reynier, A. 1989 (4ª ed.). *Manual de viticultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 377 pp., [147 - 153].

Spina, P. (Coord.). 1985. *Trattato di Agrumicoltura.* Edagricole. Bologna. 552 pp., [212 - 217].

Strasburger, E.; Noll, F.; Schenck, H.; Schimper, A.F. 1974 (6ª ed.). *Tratado de Botánica*. Editorial Marín. Barcelona. 799 pp., [644 - 649, 669 - 670].

Valli, R. y Schiavi, S. 1989. *Coltivazioni Arboree*. Edizioni Agricole. Bologna. 432 pp., [267 - 268, 375].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. M.º Agricultura. S.G.T., Serie Técnica. Madrid. 521 pp., [126 -130].

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [45 - 83, 219 - 229, 261 - 267, 308 - 309].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 4. Características de los frutos

1. [Campo - laboratorio]. Observar y clasificar, según su origen, los frutos de las plantas de la colección de especies del Campo de Prácticas.

2. [Laboratorio]. Seccionar longitudinal y transversalmente cuatro tipos diferentes de frutos de la colección de especies del Campo de Prácticas y realizar una representación de las secciones indicando su constitución. Especificar la especie a que corresponden.

3. [Campo - laboratorio]. Caracterizar, siguiendo la normativa UPOV (Guía: TWF/26/4-1995)(1), los frutos de una variedad de peral de las plantaciones del Campo de Prácticas.

4 [Campo - laboratorio]. Caracterizar, siguiendo la normativa UPOV (Guía: TG/14/8-1995)(2), los frutos de una variedad de manzano de las plantaciones del Campo de Prácticas.

5. [Campo]. Observar y analizar la forma de los frutos de diferentes variedades de pera y manzana en árboles tratados con fitorreguladores, en comparación con frutos de árboles no tratados.

6. [Campo - laboratorio]. Controlar el volumen y la densidad de los frutos de una variedad de melocotonero a lo largo de su desarrollo. Representar gráficamente los resultados.

7. [Campo]. En la plantación de manzanos del Campo de Prácticas, observar y analizar las diferencias de color en los frutos según su posición en el árbol, en la variedad Oregón Spur Delicious®.

8. [Campo]. Observar y analizar el cambio de color que se produce en los frutos a lo largo de su proceso de desarrollo hasta alcanzar la madurez. Tomar como ejemplo: cerezas, ciruelas, nectarinas, uva blanca y tinta, y manzanas verdes y rojas.

9. [Campo]. En manzanos de la variedad Oregón Spur Delicious® seleccionar, antes de iniciarse el cambio de color, frutos situados en el exterior y pegarles cintas adhesivas opacas y diáfanas, longitudinal o transversalmente. Quitar las cintas al alcanzar la madurez y analizar el efecto producido sobre la coloración.

10. [Laboratorio]. Testar y comparar organolépticamente el contenido de azucares, ácidos y taninos de diferentes frutos.

---

(1) UPOV. 1995. Working paper on revised test guidelines for fruit varieties of pear (*Pyrus* L.) TWF/26/4. April - 1995. UPOV. Ginebra. 26 pp. (2) UPOV. 1995. Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability - Apple. TG/14/8 - 1995. UPOV. Ginebra. 30 pp.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 4. Características de los frutos

1. ¿Qué diferencias hay entre un fruto carnoso y un fruto seco?

2. ¿Qué origen tienen y cuáles son las diferencias esenciales entre una drupa y una baya? Citar frutos de cada tipo.

3. ¿Cuál es el origen de los pomos y qué constitución tiene un fruto desarrollado? Citar frutos de este tipo.

4. ¿Cuál es el origen de un fruto agregado o múltiple y de una infrutescencia? ¿Cuál es la diferencia esencial entre ellos? Citar frutos de cada tipo.

5. ¿De qué factores dependen las características finales de los frutos?

6. ¿Qué se entiende por metaxenia y qué explicación puede tener su efecto?

7. ¿Para qué se utiliza la caracterización morfológica de los frutos y qué caracteres principales se tienen en cuenta?

8. ¿Cómo se expresa la forma del fruto y cómo puede alterarse dicha forma en una plantación?

9. ¿De qué depende el tamaño final de los frutos de un árbol?

10. ¿Cómo varía, en general, la densidad de los frutos de los frutales de pepita y de hueso a lo largo de su desarrollo y a qué es debido?

11. ¿Cuáles son los pigmentos responsables del color de los frutos y cómo influyen la luz y la temperatura sobre su síntesis?

12. ¿Qué factores del medio ecológico inciden, en general, sobre el color de los frutos; y, especialmente, en las manzanas?

13. ¿Qué intervenciones pueden hacerse en un árbol para favorecer el color de los frutos?

14. ¿Cuáles son los principales componentes químicos de los frutos una vez alcanzada la madurez y cuál es la importancia de su contenido?

15. ¿Cuáles son los hidratos de carbono y los ácidos más abundantes en los frutos y qué importancia tiene su relación?

5

MADURACIÓN DE LOS FRUTOS

1. El proceso de maduración del fruto.
2. Cambios en el fruto durante la maduración.
3. Factores que influyen en la maduración.
4. Índices de madurez.
5. Principales índices de madurez.
6. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. El proceso de maduración del fruto

La maduración es la etapa de la vida de los frutos que se lleva a cabo al final de la fase de engrosamiento celular y finaliza en el momento en que el fruto alcanza las características organolépticas más adecuadas para ser consumido en fresco.

Una vez que los frutos entran en la fase de maduración, tanto en árbol como recolectados, el proceso es irreversible y la maduración no puede ser detenida, aunque sí ralentizada según las condiciones, principalmente ambientales, en que se lleva a cabo.

La duración del proceso de maduración es diferente según especies y también según las variedades. Normalmente en las variedades de maduración temprana la duración del proceso es bastante más corta que en las de maduración tardía, en concordancia con la duración total del desarrollo del fruto.

El inicio del proceso no tiene por qué coincidir, exactamente, con el final del crecimiento del fruto, sino que, en muchos casos, los cambios que denotan la entrada en la maduración se producen bastante antes, y el fruto sigue aumentando también de tamaño durante la maduración.

Uno de los síntomas más patentes del comienzo de la maduración es el envero o cambio de color, que es muy notorio en los frutos con coloración roja o morada.

Durante el proceso de maduración se llevan a acabo en el fruto una serie de transformaciones físicas y químicas como consecuencia de reacciones bioquímicas, tanto de los procesos de síntesis como de degradación que se producen en el fruto. Esta actividad metabólica origina en el fruto la transformación o acumulación de sus constituyentes y la emisión de sustancias volátiles. El fruto va perdiendo su capacidad fotosintética y continua realizando la transpiración y la respiración, incluso más intensamente.

Las transformaciones que se producen en los frutos son de muy diverso tipo. En general se hidratan y se ablandan, y acumulan azucares, principalmente; pero, en ciertos casos, por el contrario, pueden deshidratarse y formar una capa de abscisión entre el mesocarpio y el endocarpio, como en la almendra; o pueden acumular otras sustancias, como aceite en la aceituna.

Asociado a la maduración, muchos frutos presentan un modelo de respiración característico, con un incremento durante esta fase (climaterio), el cual marca claramente el paso de la fase de engrosamiento celular a la fase de maduración y posteriormente a la de senescencia.

Una vez que el fruto completa el proceso de maduración forma la capa de abscisión en el pedúnculo y, si antes no ha sido recolectado, normalmente, se desprende de la planta.

En una plantación frutal es muy importante controlar cuándo y cómo se lleva a cabo el proceso de maduración ya que es otra fase crítica para la producción, por las actividades o tratamientos que puede requerir el cultivo y, sobre todo, para fijar el momento más adecuado de recolección según el destino de los frutos.

1.1. Estados de madurez

La madurez se asocia a un estado del fruto en el que se han producido cambios, como la desaparición del color verde y la aparición de otros colores (amarillo, rojo, etc.), también a un mayor dulzor y menor acidez y astringencia, a una mayor facilidad de desprendimiento, a una menor dureza de su pulpa, etc.

Comúnmente, se dice que el fruto alcanza la madurez al final del proceso de maduración, y suele asimilarse al momento en que se consume por haber alcanzado sus mejores características organolépticas.

Desde un punto de vista más técnico, la madurez es referida a diferentes estados del desarrollo de la maduración. Estos estados son:

1. Madurez de recolección o comercial.

Es el momento en que puede recolectarse para que después, en el almacenamiento o conservación, continúe su proceso de maduración hasta la madurez de consumo. O bien el momento en que reúne sus características óptimas para ser recolectado y transformado. Estos momentos dependerán de las características de la variedad y del destino que va a tener la fruta. Normalmente, en frutales de pepita la madurez de recolección coincide con el principio de la fase climatérica; en frutales de hueso se sitúa ligeramente posterior al cambio de color o envero.

2. Madurez de consumo o gustativa.

Es el momento en que el fruto alcanza sus mejores características organolépticas o es más adecuado para su consumo. Normalmente, en los frutos climatéricos coincide con el máximo de la "crisis climatérica". Debe tenerse en cuenta a la hora de fijar este estado que los gustos o preferencias de los consumidores son diferentes y que unos prefieren los frutos menos maduros y otros más maduros, lo que suelen asociar al tipo de fruto y al sabor, dureza, etc.; por lo que es difícil fijar este estado con precisión generalizada.

3. Madurez fisiológica del fruto.

Considerando la finalidad reproductora de los frutos, este estado se corresponde con el momento en que la semilla está suficientemente evolucionada como para ser viable y poder germinar. Suele producirse, en general, a la vez que la madurez de consumo, aunque en frutos de pepita es algo anterior y en frutos de hueso más tardía, sobre todo en variedades tempranas.

1.2. Senescencia

Si los frutos no han sido recolectados, una vez completada la fase de maduración entran, a continuación, en la fase senescencia o envejecimiento y, en general, se desprenden de la planta.

Si antes de alcanzar la madurez de consumo los frutos han sido recolectados seguirán completando el proceso de maduración después de la recolección, y permanecen más o menos tiempo sin perder sus buenas características organolépticas, dependiendo de las condiciones de conservación. Más o menos tarde entran en la fase de senescencia y, finalmente, acaban pudriéndose.

Con la senescencia los frutos pierden sus cualidades organolépticas más apreciadas. Principalmente al degenerar su sabor y aroma, al perder su consistencia mostrándose excesivamente blandos, o al cambiar su textura y su jugosidad.

También sufren otras alteraciones, como decoloraciones irregulares y cambios de color con la aparición de manchas marrones, arrugado por deshidratación, agrietamientos, etc. Cuando los frutos presentan un estado de senectud se dice que tienen sobremadurez.

En los frutos recolectados, la senescencia, al igual que la maduración, puede retrasarse mediante la conservación en frío y el control ambiental. Igualmente con la aplicación de productos hormonales en campo, como giberelinas y auxinas, se retrasan los procesos (y la caída del fruto), lo mismo que los tratamientos de conservación que reducen la deshidratación y la actividad del fruto.

2. Cambios en el fruto durante la maduración

Los cambios principales que se producen en las actividades fisiológicas y en la composición de los frutos durante la maduración son los siguientes:

1. Incremento de la actividad respiratoria.

En el capítulo 3, al tratar las fases del desarrollo del fruto, ya se ha visto que determinados frutos tienen un incremento repentino en la actividad respiratoria al iniciarse el proceso de maduración. La intensidad respiratoria va aumentando hasta llegar a un máximo al final del proceso, el cual se denomina máximo climatérico. A partir de este punto la intensidad desciende de nuevo, entrando el fruto en la fase siguiente de su desarrollo.

Al período que comprende el incremento citado de la actividad respiratoria se le denomina climaterio, y a los frutos que tienen este fenómeno se les denomina frutos climatéricos. Por el contrario, a los frutos que no presentan un incremento de la actividad respiratoria durante el proceso de maduración se les denomina frutos no climatéricos. En éstos la disminución de la actividad respiratoria es gradual y más lenta.

Estas diferencias en la actividad respiratoria de los frutos durante la maduración no siempre son tan claras. Así, frutos no climatéricos pueden presentar un ligero incremento de la respiración en determinadas condiciones.

El incremento respiratorio se explica por las transformaciones bioquímicas rápidas que se producen en los frutos, como la hidrólisis de los polisacáridos y de los componentes de la pared celular, cambios en los ácidos orgánicos, aumento de la producción de etileno, etc. Por el contrario, en los frutos no climatéricos estas transformaciones son más graduales, sin necesitar tanto consumo de energía, y no se acompañan del aumento de la respiración y de una mayor producción de etileno.

Una vez iniciada la subida climatérica, difícilmente se puede frenar. En general la actividad respiratoria se incrementa al aumentar la temperatura.

2. Producción de etileno.

Los frutos durante la maduración liberan al exterior cantidades apreciables de etileno. Se considera al etileno como la hormona de la maduración, aunque su papel en el proceso de maduración no está aún muy claro, y lo mismo ocurre con su proceso de síntesis en los frutos y la planta, y con los mecanismos de actuación. A esto hay que añadir que la producción de etileno interno también es alta en la fase de división celular del desarrollo de los frutos, descendiendo posteriormente hasta que se produce el aumento en la maduración.

Existe, generalmente, un desfase entre la producción de etileno, que es previa al climaterio, y el incremento de la actividad respiratoria. Los niveles internos de etileno considerados como estimuladores de la maduración están entre 0,1 y 1 ppm.

Los frutos responden de forma diferente a la aplicación de etileno. Los frutos climatéricos son sensibles al etileno sólo en el período previo al climaterio, adelantando, como consecuencia, el momento en que se produce el climaterio, pero no incrementan la intensidad respiratoria. Los frutos no climatéricos son sensibles al etileno en cualquier momento, estimulando éste la actividad respiratoria y originando una curva parecida a la de los frutos climatéricos.

En condiciones de anaerobiosis se inhibe la producción de etileno. Si se aumenta la concentración de oxígeno en la atmósfera se estimula la producción de etileno. Por el contrario, si se aumenta el contenido de CO_2 se retrasa la maduración al actuar éste como inhibidor de la acción del etileno. A temperaturas bajas el etileno no tiene acción sobre la respiración.

Los daños producidos en los frutos originan un incremento en la producción de etileno y adelantan la maduración.

La aplicación de etileno se emplea para desverdizar los frutos cítricos y adelantar la comercialización de las variedades más tempranas.

3. Disminución de la consistencia y aumento de peso.

En la mayor parte de los frutos, el cambio de la consistencia durante la maduración se debe, principalmente, a la disminución de la resistencia de las paredes celulares al

transformarse las pectinas insolubles o protopectinas en pectinas solubles, con su posterior degradación, ocasionando el ablandamiento del fruto. A la menor dureza contribuye también el aumento de agua en el fruto. Téngase en cuenta que en los frutos secos, como en la almendra, se produce la deshidratación del mesocarpio o de otros tejidos constituyentes. En las aceitunas se produce también una disminución del contenido de agua, por lo que aumenta el porcentaje de aceite con la maduración.

El aumento de peso durante la maduración, en general, viene originado por la acumulación, principalmente, de agua; además de otras sustancias como los azúcares. Y también por el consiguiente aumento de tamaño, más o menos acusado según las especies.

4. Cambios en los hidratos de carbono.

Los hidratos de carbono presentan una serie de cambios durante el proceso de maduración.

El contenido en almidón decrece, normalmente, durante la maduración, aunque su comportamiento varía mucho de unos frutos a otros. Puede darse, incluso, un incremento inicial de almidón al comenzar la maduración para disminuir posteriormente de una forma rápida. Hay frutos que al final del proceso carecen totalmente de almidón, como es el caso de las ciruelas.

El almidón almacenado en el fruto se degrada de nuevo a azúcares, tales como sacarosa, glucosa, fructosa, etc. La desaparición del almidón coincide con la máxima concentración de azucares en los sólidos solubles.

La sacarosa presenta, en general, un incremento durante la maduración. Los cítricos son una excepción en este caso, ya que decrece ligeramente el contenido de sacarosa en la maduración.

Los azúcares reductores aumentan su contenido durante la maduración, y varía, a la vez, la relación que existe entre la glucosa y la fructosa a lo largo del proceso.

5. Disminución de la acidez.

En general, hay una disminución de la acidez durante la maduración, que presenta variaciones según el tipo de frutos y el contenido de ácidos. Esta disminución de la concentración de ácidos se corresponde con un incremento de los sólidos solubles,

constituidos principalmente por azucares, con excepciones como en el limón en el que el ácido cítrico puede superar el 60% del total de sólidos solubles.

Parte de los ácidos se utilizan en la respiración, ejerciendo la temperatura una acción específica para cada tipo de ácido. Así, por ejemplo, la metabolización del ácido cítrico precisa temperaturas más elevadas que el málico. En general, los frutos de climas fríos presentan mayor acidez, y lo mismo ocurre en el caso de aquellos factores que tienden a disminuir la respiración de los frutos.

6. Otras transformaciones.

Durante el proceso de maduración tienen lugar, además, otras transformaciones en los frutos, entre las que cabe citar:

- Incremento de la síntesis de pigmentos, principalmente antocianinas, y la degradación de clorofilas, lo que origina la pérdida de color verde y la adquisición del color característico de cada fruto.

- Aumento de la síntesis de proteínas, principalmente de proteínas enzimáticas que ejercen un control importante de la maduración, ya que si se inhiben se paraliza el proceso y no tiene efecto la aportación de etileno.

- Pérdida de la astringencia debido a las transformaciones de los taninos (polimerización).

- Producción de sustancias volátiles que originan el aroma del fruto.

- Producción de ceras que se acumulan en la superficie de la epidermis, sobre todo después de recolectados los frutos. La presencia de ceras disminuye la permeabilidad de la epidermis a los gases, por lo que ralentiza la respiración y la pérdida de agua.

- La fracción lipídica parece ser que no disminuye durante la maduración. No obstante, si el contenido de lípidos en el fruto es importante se pueden originar fenómenos de enranciamiento una vez finalizado el proceso. Las aceitunas en el momento del envero ya tienen formado, prácticamente, la totalidad del aceite, y durante la maduración no aumenta en cantidad; aunque al perder peso la aceituna, por la pérdida de agua, aumenta su porcentaje respecto al peso del fruto.

En la Figura 5.1 se reflejan algunos de los cambios principales que ocurren durante la maduración de los frutos.

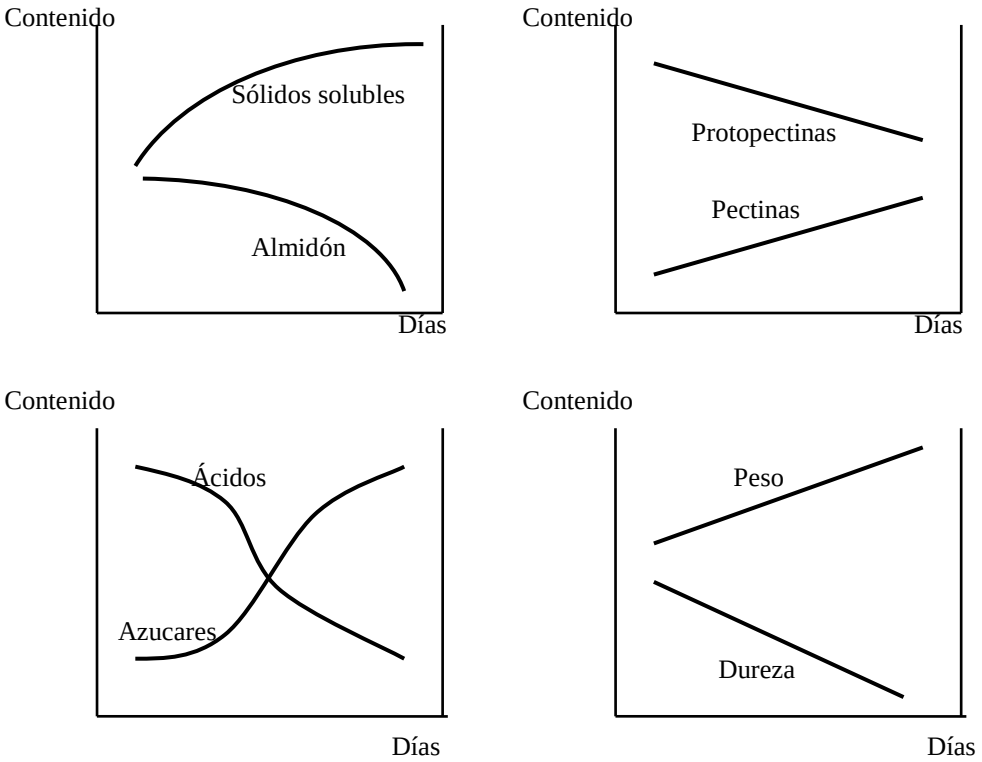


Figura 5.1. Cambios generales en el fruto durante la maduración.

3. Factores que influyen en la maduración

Sobre la maduración influyen aquellos factores que pueden modificar los cambios producidos durante el proceso, o bien intervienen previamente ocasionando su adelanto o retraso.

Entre estos factores cabe destacar a los siguientes:

1. Temperatura.

Existe una relación entre las temperaturas habidas en las fases anteriores del desarrollo del fruto y la maduración.

En general, las temperaturas elevadas adelantan la maduración. Los frutos tienen unas necesidades de calor, medidas en unidades de calor acumuladas (días-grado) a partir de una temperatura de referencia, para que el proceso de maduración se inicie en condiciones normales.

En algún caso (pera Williams) se cita que existe, también, una relación entre los días-grado acumulados durante un cierto periodo de tiempo posterior la floración y la maduración.

Igualmente, por ser la maduración un proceso esencialmente enzimático está influido por la temperatura. Tanto a temperaturas muy bajas como excesivamente altas la maduración se desarrolla anormalmente. Por ejemplo, aproximadamente a temperaturas de 1ºC se impide la maduración en manzanas y por encima de los 35 ºC se inhibe la producción de etileno.

Dentro del intervalo normal de temperaturas, el proceso se desarrolla más rápidamente si la temperatura es más elevada.

La temperatura tiene también incidencia específica sobre la síntesis de pigmentos y sobre la disminución de la acidez.

2. Control de la atmósfera en frutos recolectados.

La atmósfera intercelular depende de la actividad metabólica de la célula, de la permeabilidad de la cutícula externa a los gases y de la atmósfera exterior.

Modificaciones en la composición de la atmósfera normal originarán modificaciones en la atmósfera intercelular y, por lo tanto, en la actividad metabólica de las células. Esto tiene aplicación en el control de la maduración de los frutos recolectados antes de iniciarse el proceso de maduración o bien durante su desarrollo.

En general, niveles relativamente altos de CO_2 y bajos de O_2, en atmósferas controladas, retrasarán la maduración. De igual forma se influirá controlando la producción y el contenido de etileno.

3. Fitorreguladores.

Por su relación con el etileno, son varios los fitorreguladores que aplicados sobre la planta actúan sobre el proceso de maduración.

Aceleran la maduración los tratamientos con generadores de etileno, como el Ethrel. Igualmente, el ABA actúa como antagonista de las giberelinas facilitando la maduración. Las auxinas (2,4-D; 2,4,5-TP, etc.) actúan estimulando la producción de etileno, aunque tienen acciones contrapuestas al retrasar la abscisión.

Retrasan la maduración las giberelinas al reducir la respiración y la pérdida de clorofila. Igualmente, las citoquininas retrasan ciertas reacciones de la maduración. Algunas otras sustancias tienden a reducir la producción de etileno, como el SADH (Daminocida) cuya aplicación a frutales está prohibida actualmente.

4. Vigor y estado de la planta.

En plantas vigorosas y con buen estado sanitario se puede retrasar la maduración respecto a plantas con poco vigor, con síntomas de clorosis o afectadas por ataques de plagas y enfermedades. Las virosis pueden provocar, igualmente, variaciones en la fecha de maduración.

5. Técnicas culturales y otros factores.

Las técnicas culturales afectan indirectamente al proceso de maduración y, además, a la calidad del fruto.

Un exceso de producción por falta de aclareo origina, en general, frutos con menos azucares y menos ácidos y una maduración más escalonada. Los abonados nitrogenados excesivos alargan el periodo de división celular pudiendo retrasar la maduración y, además, junto con las podas invernales muy severas, provocan brotación vigorosa retrasando la maduración. La falta de agua adelanta la maduración. Igualmente, una buena exposición a la radiación solar adelantará la maduración respecto a los frutos sombreados.

También influirán sobre el proceso de maduración las condiciones fisiológicas en que se han llevado a cabo las fases previas del desarrollo del fruto. Por ejemplo, en frutos de pepita suele adelantarse la maduración en los frutos con mayor número de semillas.

4. Índices de madurez

Los índices de madurez son indicadores que dan una idea del desarrollo del proceso de maduración y de las características que adquieren los frutos. Sus valores definen un estado de madurez en el proceso.

Su aplicación fundamental es para establecer la fecha en que debe realizarse la recolección, definiendo el estado de madurez comercial o de recolección mediante uno

o, normalmente, varios indicadores. Estos índices son utilizados también para establecer la calidad de los frutos.

Si la recolección es demasiado temprana las cualidades organolépticas de los frutos no serán buenas, aunque el fruto se haya conservado perfectamente; además, el peso de la cosecha será menor. Por el contrario, cuanto más avance el proceso de maduración mejores cualidades tendrán los frutos, pero será menor la capacidad de conservación y, además, habrá mayor riesgo de caída en la plantación.

Por otro lado, se persigue que el fruto tenga cuando vaya a ser consumido el sabor y aroma característico de la variedad y que mantenga su calidad global.

En general y en buenas condiciones de almacenamiento (sin control ambiental) los frutos recolectados alcanzan la madurez de consumo más tarde que si son dejados en la planta sin recolectar.

El momento de recolección debe fijarse según las características particulares de cada variedad y según sea la evolución de estas características en función del destino de la fruta, de tal forma que los frutos puedan presentar en el momento de su consumo o transformación una buena calidad, claro está, siempre que hayan tenido una adecuada conservación y manipulación. En una explotación frutal tampoco deben olvidarse las exigencias comerciales a la hora del fijar el momento de recolección.

Es difícil, por lo tanto, establecer el momento más adecuado de recolección. Algunas veces viene marcado exclusivamente por la oportunidad comercial y económica, sin considerar la calidad global de los frutos. En la mayor parte de los casos será la duración y las condiciones de la conservación, según la aptitud de cada variedad, las que determinen el momento más adecuado de recolección.

Para que los índices de madurez resulten fiables y tengan una fácil aplicación práctica deben ser lo más objetivos posible y, por tanto, cuantificable con precisión la valoración efectuada. Igualmente deben indicar la evolución de la característica medida de forma independiente, sin interferencia de otros factores; deben ser rápidos y sencillos de observar y deben requerir una instrumentación sencilla para su determinación.

Como es lógico, las muestras de frutos para el análisis deben ser representativas de toda la plantación, por lo que es necesario muestrear en plantas diferentes y en una posición representativa de la copa de la planta, o en diferentes posiciones separadamente si se quiere establecer su diferenciación. Se evitará coger frutos de ramos débiles o enfermos y frutos dañados o con una situación anormal.

Al inicio o en la fase previa del proceso de maduración es suficiente con tomar muestras cada 6-7 días, luego se debe reducir este período a 3-4 días, o menos, en las etapas finales de la maduración.

Si se tiene práctica en el muestreo y conocimiento de la variedad, para el seguimiento de la maduración en la plantación suelen hacerse las determinaciones con 12-15 frutos, lo que puede dar una idea bastante aproximada del estado de madurez.

En experimentación, para estudiar la incidencia de diferentes factores en el estado de madurez o para establecer diferencias entre estados, es conveniente que como mínimo se disponga de 3-4 repeticiones de unos 15 frutos cada una.

4.1. Clasificación de los índices

Los índices de madurez se clasifican según diferentes criterios, como la naturaleza del parámetro determinado, el uso destructivo o no de los frutos, el método de determinación, etc. La clasificación más adoptada está basada en la naturaleza y características de las variables a observar, agrupándose en los siguientes tipos:

1. Variables de tiempo y ambientales.

   Recogen aspectos de la duración del ciclo fructífero y de las condiciones, principalmente, térmicas en que se desarrolla.

2. Variables de tipo físico.

   Comprenden las propiedades físicas de los frutos.

3. Variables de tipo químico.

   Comprenden las propiedades químicas de los frutos.

4. Variables fisiológicas.

   Definen aspectos del proceso de desarrollo del fruto y de su actividad metabólica.

5. Variables organolépticas.

   Tienen en cuenta las características organolépticas apreciadas en los frutos.

En la Tabla 5.1 se recogen los parámetros que definirán los índices más importantes incluidos en cada una de las diferentes clases.

Tabla 5.1. Tipos de variables observadas y parámetros utilizados en los índices de madurez.

1. Variables de tiempo y ambientales.

- Fechas del calendario.
- Días transcurridos de la floración hasta la recolección.
- Unidades de calor acumuladas.

2. Variables de tipo físico.

- Calibre y peso del fruto.
- Color de fondo y de superficie.
- Dureza de la pulpa.
- Elasticidad y resistencia a la punción de la epidermis.
- Grados Brix del zumo (índice refractométrico).
- Dimensiones (L/T) del fruto.
- Peso específico.
- Dimensiones de la cavidad calicina (en manzana).

3. Variables de tipo químico.

- Contenido en almidón.
- Contenido en azúcares.
- Contenido en ácidos.
- Contenido en clorofila.

4. Variables fisiológicas.

- Desarrollo alcanzado por el fruto y degradación de clorofilas.
- Facilidad de abscisión.
- Desarrollo de las semillas (estado y color).
- Intensidad de respiración.
- Generación de etileno (contenido interno).

5. Variables organolépticas.

- Aspecto general del fruto.
- Sabor del fruto.
- Aroma del fruto.

5. Principales índices de madurez

Los índices de madurez no son generalizables para todas las especies, ni dentro de cada especie para todas las variedades. Para establecer la fecha más adecuada de recolección de cada variedad se deben conocer sus características particulares y los requerimientos para su conservación.

De esta forma se pueden adoptar los parámetros (o características numéricas) que permitan definir más o menos exactamente el estado de madurez en que se encuentran los frutos y qué valores mínimos o máximos deben tomar esos parámetros para realizar la recolección, según las características exigidas a los frutos, teniendo en cuenta su destino y la previsible evolución del fruto.

Siempre es necesario considerar más de un parámetro y conocer la correlación de cada parámetro con la evolución de la maduración en los frutos de una variedad concreta. Determinados indicadores pueden ser muy representativos del estado de madurez de una variedad y, sin embargo, no serlo de otra. Y, posiblemente, mucho menos si se trata de otra especie.

Algunos índices son más o menos objetivos que otros, según se basen en hechos ajenos a los frutos o en las características propias que van adquiriendo con su desarrollo. Asimismo, son más o menos sencillos de determinar o bien requieren instrumental más o menos sofisticado.

Dentro de esta gran diversidad son cuatro o cinco los índices más recomendables utilizados; aunque desde un punto de vista meramente comercial, en muchos casos, la recolección se fija con uno o dos parámetros.

Puede decirse que ninguno de los índices será el definitivo para determinar las fechas concretas de recolección y que su aplicación dependerá mucho de la especie y variedad. Pero la información conjunta de varios índices y la experiencia acumulada en una zona serán de gran ayuda para establecer el momento más adecuado de recolección.

A continuación se exponen los principales índices utilizados, haciendo mención en primer lugar a un grupo de indicadores, más o menos subjetivos, pero que tradicionalmente han sido las referencias de los fruticultores para realizar la recolección. Luego se describen los índices ya más técnicos que para su determinación requieren un pequeño instrumental.

5.1. Índices tradicionales y variables extrínsecas

Estos índices, aunque no expresan con exactitud el estado del fruto o son subjetivos, siguen teniendo aplicación al ser índices orientativos que sirven de referencia para efectuar otras determinaciones. Los más comúnmente utilizados son:

a) Época de maduración y días transcurridos desde la floración.

La época de maduración de cada variedad es la referencia básica que todo fruticultor tiene para planificar la recolección.

Se añade más precisión si se conocen los días que, aproximadamente, transcurren entre la plena floración y la madurez de recolección. Si durante varios años se realiza esta medición, y teniendo en cuenta las condiciones climáticas, puede llegarse a un intervalo preciso de los días que tienen que transcurrir desde el estado F_2 a la recolección. Como ejemplo, en la Tabla 5.2 se reflejan para algunas variedades de pera y manzana el número aproximado de días que deben transcurrir desde la plena floración a la recolección; pero se insiste en que estos días deben particularizarse a cada zona.

Tabla 5.2. Número aproximado de días que deben transcurrir desde la plena floración a la recolección en algunas variedades de pera y manzana en la zona media-tardía de Lleida.

Peras	Días	Manzanas	Días
Castell	85-90	Early Gold	110-115
Limonera	110-115	Royal Gala	120-125
Williams	130-140	Top Red	145-150
Blanquilla	135-145	Golden Delicious	150-155
Conferencia	155-165	Granny Smith	185-190
Decana Congreso	165-170	Fuji	195-200

b) Facilidad de desprendimiento del fruto.

Indica el estado de formación de la capa de abscisión. Debe tenerse en cuenta que la facilidad de desprendimiento de las variedades es diferente y, además, es un índice muy subjetivo, al depender de la apreciación de cada observador.

c) Aspecto del fruto y dureza al tacto.

La apreciación global del aspecto de los frutos (tamaño, color, forma, etc.), y en algunos casos (frutos de hueso) la resistencia que oponen al presionarlos con los dedos, han sido tradicionalmente, junto con la facilidad de abscisión, los indicadores más utilizados para recolección. No obstante, además de subjetivos en su apreciación, dependen de otros factores, por lo que no son representativos del estado de madurez.

d) Coloración de las semillas.

Es un índice que indica la madurez fisiológica de la semilla, la cual se relaciona con la madurez el fruto. Es relativamente subjetivo y no se dispone de una referencia clara para la observación y para relacionarlo con la maduración de la variedad.

Ha sido muy utilizado en frutos de pepita. Por ejemplo, en pera Blanquilla se aconsejaba su recolección antes de que las semillas adquiriesen una coloración oscura; y en manzanas de tipo Golden cuando el color marrón apareciese en más de las 3/4 partes de la semilla.

e) Unidades de calor acumuladas.

Como complemento de los días transcurridos desde la floración se pueden medir las unidades del calor acumuladas (días-grado) a partir de una temperatura umbral. Conociendo la integral térmica que precisa cada variedad para llegar al estado de madurez comercial, se dispone así de una herramienta relativamente precisa para establecer el estado de madurez en que se encuentra dicha variedad.

En algunas variedades de peral se ha visto que existe una relación entre las unidades de calor acumuladas durante las primeras semanas después de la floración y los días necesarios para alcanzar la madurez. Si las temperaturas en ese período son altas se adelanta sensiblemente la maduración. Este mismo efecto también se presenta en otros frutos, como el melocotón.

5.2. Color de fondo y de superficie de la piel

El color que van adquiriendo los frutos es uno de los indicadores más utilizados. Cabe diferenciar el color en dos partes en el fruto:

1. Color de fondo:

Es el color debido a la clorofila, que va evolucionando de verde a amarillo según va degradándose con la maduración y van predominando las xantofilas y las carotinas.

2. Color de superficie:

Es el color adquirido superficialmente por algunas variedades, generalmente rojas y púrpuras, debido a la acumulación de antocianinas.

Si los frutos están totalmente coloreados de rojo o de otros colores superficiales, es difícil observar el color de fondo, por lo que éste se utilizará principalmente para variedades amarillas.

La determinación se realiza comparando el color de la zona ecuatorial de los frutos con la escala de color de una carta colorimétrica. Se debe efectuar la observación con luz natural y difusa, no exponiendo los frutos directamente a los rayos solares.

Para determinar del color de fondo puede utilizarse una tabla o carta general, como el Código Universal de Colores de Seguy. Existen tablas de color varietales, como la elaborada para manzanas del tipo Golden por el Centro Francés de Comercio Exterior, que ha sido ampliamente utilizada. Otros organismos e incluso centrales hortofrutícolas tienen elaboradas tablas de color que distribuyen a los fruticultores para que sirvan de referencia para la recolección, siguiendo las indicaciones que figuran en cada tabla.

Las tablas de color para valorar el color de fondo y de superficie son cada vez más utilizadas en la recolección de diferentes especies frutales, y se dispone, también, de varias tablas particulares para grupos varietales de manzana. Las más conocidas son las elaboradas por el CTIFL en Francia.

El color de superficie y la extensión que ocupa en el fruto son también indicadores muy utilizados para establecer la calidad de los frutos. Debe tenerse en cuenta que las nuevas variedades con coloración más roja pueden adquirir antes el color y, por lo tanto, encontrarse en estados más inmaduros que las variedades similares más antiguas, a pesar de su intensidad de color.

El color de los frutos también puede valorarse por métodos analíticos, determinando la cantidad de clorofila o de otros pigmentos en determinada superficie de piel; o bien midiendo el color por reflexión, en determinada superficie, mediante un colorímetro,

quedando definido el color, de esta forma, por la luminosidad, croma, y tono; y expresado mediante las coordenadas CIELAB (L*, a* y b*).

Cabe citar que en algunas variedades de manzana del grupo Red Delicious se ha utilizado como indicador la coloración de la pulpa, observando cómo va desapareciendo el color verde de la zona próxima a los haces vasculares y la pulpa se torna completamente blanca.

5.3. Dureza de la pulpa

Es uno de los índices más generalizados ya que casi todos los frutos pierden dureza según avanza la maduración. Mide la resistencia de la pulpa a la penetración y es sinónimo de firmeza. Esta fuerza se mide a través de la presión ejercida con un puntal determinado. Para ello se utiliza el penetrómetro, que consta de un puntal acoplado a un muelle el cual está conectado a un cursor que recorre una escala graduada (Figura 5.2).

Existen diferentes modelos de penetrómetros, manuales y automatizados, con puntales normalizados. Generalmente, se utiliza el puntal de 8 milímetros de diámetro (5/16 de pulgada) para peras, melocotones, ciruelas, y kiwis; y el puntal de 11 milímetros de diámetro (7/16 de pulgada) para manzanas. También hay puntales de otros diámetros, como el de 3 milímetros para uvas y el de 1,5 milímetros para olivas. La graduación en los aparatos está reflejada, en general, en libras o kg fuerza, o ambos a la vez; aunque la medida, actualmente, debería expresarse en Newtons (1 kg = 9,8 N). Siempre debe reflejarse en la medida el puntal con que se ha obtenido.

En manzanas suele hacerse una ligera corrección de la dureza según el diámetro del fruto, sobre la base de tablas existentes para los grupos Golden y Red Delicious.

Para realizar la medida se quita previamente una ligera capa de la piel de 1-2 cm^2 y se hacen dos determinaciones opuestas en la zona ecuatorial de cada fruto. El índice debe obtenerse como mínimo de unos 30 frutos (o alguno menos según la experiencia y uniformidad de la producción). Las medidas deben comenzase unos 15 días antes de la época normal recolección y repetirlas cada 2-3 días en frutos de verano y 4-6 días en frutos de otoño, hasta llegar a la madurez de referencia para la recolección.

Este indicador es más recomendable para unos frutos que para otros. Por ejemplo, es un buen índice de recolección para peras y menos efectivo para manzanas, aunque luego para seguir la evolución de estos frutos en la conservación ocurre lo contrario.

Para un mismo fruto, los resultados serán ligeramente diferentes si la medida se realiza en la cara más soleada o en la cara menos soleada. Lógicamente, también variarán según el tamaño del fruto y su posición en el árbol.

En la Tabla 5.3 se reflejan, como ejemplo, los valores recomendados de dureza para realizar la recolección en diferentes variedades de pera y manzana.

Otras determinaciones relacionadas con la dureza que se realizan con aparatos sencillos en los frutos son la medida de la fuerza necesaria para la punción de la piel, determinada con un punzón de 0,5 milímetros de diámetro, y la medida de la deformación de la piel, determinada mediante presión con una pequeña bola o con puntales de 0,1 y 0,25 cm².

Tabla 5.3. Valores recomendados de la dureza de la pulpa para la recolección de algunas variedades de pera y manzana, para una buena conservación.

Peras	Dureza (kg) Puntal ∅ 8 mm	Manzanas	Dureza (kg) Puntal ∅ 11 mm
Limonera	7,0 - 7,5	Golden Delicious	7,2 - 7,5
Blanquilla	6,5 - 7,0	Top Red	7,0 - 8,0
Williams	7,0 - 7,5	Royal Gala	7,5 - 8,0
Conferencia	5,5 - 6,5	Braeburn	8,0 - 8,5
Decana Congreso	4,5 - 5,0	Granny Smith	6,5 - 7,0
Passa Crassana	6,0 - 6,5	Fuji	7,0 - 7,5

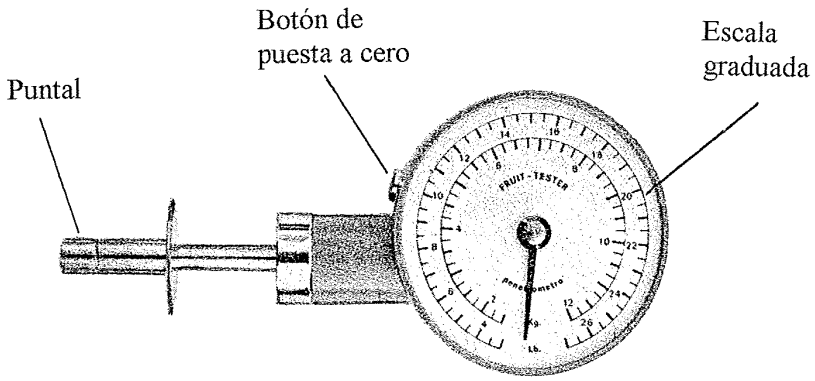


Figura 5.2. Penetrómetro manual o de bolsillo.

5.4. Contenido de almidón

El almidón de los frutos se va transformando en azúcares al avanzar la maduración, lo que es utilizado para definir su estado de madurez. Este indicador es cada vez más utilizado para fijar la fecha de recolección en pera y manzana, junto con otros índices. Igualmente sirve de referencia a la hora de establecer la calidad del fruto.

El test consiste en seccionar los frutos transversalmente por la mitad, teñir una de las mitades con una sustancia indicadora y observar, según la zona teñida, como va desapareciendo el almidón del centro del fruto hacia la periferia según el estado de madurez.

Se recomienda emplear una solución preparada con 10 gramos de yodo y 40 gramos de yoduro potásico, por litro de agua; aunque también se han propuesto otras soluciones de yodo-yoduro con ligeras variaciones sobre estas cantidades. Para la tinción se pinta la superficie cortada o se sumerge el fruto unos milímetros en la solución, en un recipiente plano, durante 20-30 segundos; luego, transcurridos 2-3 minutos se compara la tinción (azul oscuro) con una escala de regresión de almidón. Se dispone de diferentes tablas con escalas tipo, bien generales o particularizadas para determinadas variedades, que comprenden, en general, de 5 a 10 categorías. En la Figura 5.3 se representa la escala propuesta por el CTFIL de Francia, y adoptada en el ámbito europeo, para manzanas Golden Delicious, Elstar y otras variedades que tienen un tipo de degradación radial del almidón.

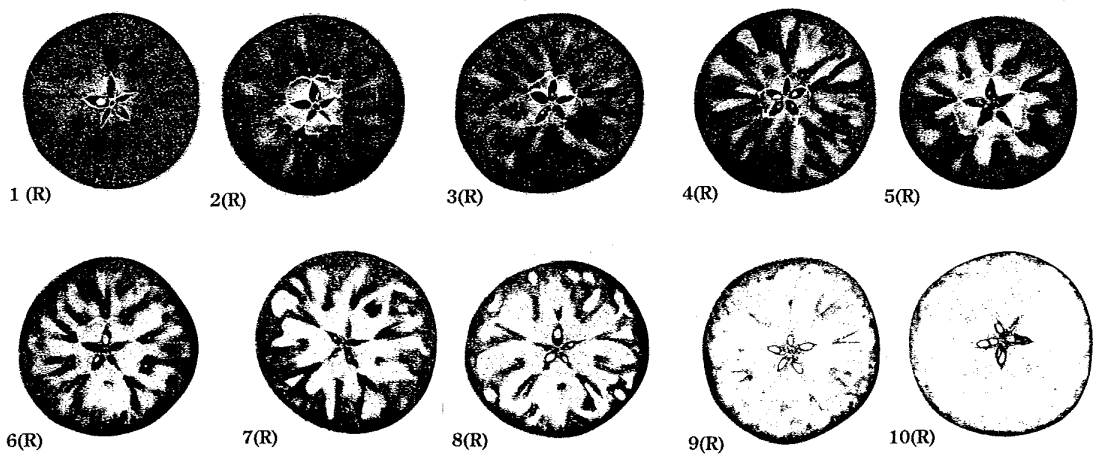


Figura 5.3. Escala de regresión del almidón para manzana Golden Delicious y otras variedades con decoloración de tipo radial (según CTIFL, 1995).

En las tablas varietales se indican los valores más adecuados de la escala para la recolección. En general, los frutos se recolectan cuando se tiñe, aproximadamente, la mitad de la superficie. Si el almidón ha desaparecido casi en su totalidad el fruto estará demasiado maduro para una buena conservación.

5.5. Índice refractométrico

El índice refractométrico (IR) indica el contenido en sólidos solubles del jugo. Se expresa en % o grados Brix. Es a la vez un indicador del contenido de azúcar del fruto, ya que alrededor de un 80% del residuo seco soluble son azucares, cifra que depende mucho de la especie y variedad.

El incremento de los azucares en el fruto según avanza la maduración se utiliza, también, para definir su estado de madurez, en este caso, junto con la acidez.

La determinación se realiza con el refractómetro. Existen diferentes modelos, manuales y de lectura automática. En la Figura 5.4 puede verse un refractómetro manual portátil o de bolsillo, muy utilizado en campo.

Para la medición se extraen de la parte central del fruto unas gotas de zumo, se depositan sobre el prisma del refractómetro y se realiza la lectura directa en una escala graduada, o bien en una pantalla digital en los aparatos automáticos. En el índice influye la temperatura del zumo, por lo que deben realizarse ligeras correcciones, indicadas en tablas, a partir de una temperatura de referencia (20 ºC). Los refractómetros electrónicos suelen incorporar la compensación automática de la temperatura.

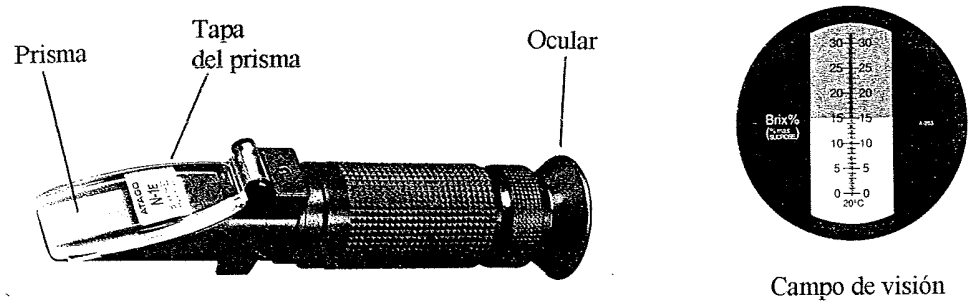


Figura 5.4. Refractómetro manual o de bolsillo.

Los valores mínimos del índice refractométrico recomendables para recolección difieren según la variedad, estando comprendidos, en general, entre 9-12% para peras,

11-13% para manzanas y 9-10% para melocotones, mientras que para variedades de uva de mesa los valores suelen oscilar entre 15-25%.

5.6. Acidez titulable

Los ácidos contenidos en el fruto van disminuyendo según avanza la maduración, lo que es utilizado para indicar su estado de madurez y, además, para definir la calidad del fruto, junto con el contenido de azucares.

La determinación de este índice requiere una licuadora y un material básico de laboratorio. Se basa en la neutralización del ácido con una base. Para ello se extrae zumo del fruto o de un lote de frutos, en general de 3 a 5, utilizados a la vez en la determinación de los otros índices. Una vez filtrado el zumo se toman con una pipeta, en general, 10 ml y se depositan en un vaso de precipitados. Se añaden 10 ml de agua y tres gotas de fenoftaleina como indicador. A continuación se neutraliza mediante una bureta con una solución de hidróxido sódico 0,1 N, observando cuando se produce el viraje a color rosa para controlar los mililitros de NaOH consumidos.

La acidez titulable, expresada en porcentaje de ácido málico (frutos de pepita y hueso), cítrico (cítricos) o tartárico (uva) viene dada por la expresión:

$$\mathrm{AT}(\%) = \frac{\text{ml NaOH} * \text{N (NaOH)} * \text{meq. factor ácido}}{\text{ml zumo utilizado}} * 100$$

En la Tabla 5.4 se expresan a los valores empleados para el cálculo de la acidez titulable según el ácido de referencia.

En el caso de emplear 10 ml de zumo la acidez en miliequivalentes por litro viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{A (meq./l)} = \text{ml NaOH} * 10$$

La acidez suele expresarse, frecuentemente, en gramos por litro del ácido de referencia, así resultaría en el caso de emplear 10 ml de zumo:

$$\text{AT (g/l ácido málico)} = \text{ml NaOH} * 0{,}67$$

$$\text{AT (g/l ácido cítrico)} = \text{ml NaOH} * 0{,}64$$

$$\text{AT (g/l ácido tartárico)} = \text{ml NaOH} * 0{,}75$$

Los índices de referencia, tanto para la recolección como para establecer la calidad, difieren considerablemente según las variedades. En manzano se recomienda, en general, para una buena conservación, que la acidez sea como mínimo de 5 g/l de ácido málico.

Tabla 5.4. Valores para la determinación de la acidez titulable según el ácido de referencia.

Ácido	Peso molecular	Peso equivalente	meq. factor ácido
Málico	134,09	67,05	0,067
Cítrico	192,12	64,04	0,064
Tartárico	150,08	75,04	0,075

5.7. Otros índices e índices compuestos

Para definir el estado de madurez existen otros índices generales, menos empleados que los expuestos anteriormente, y también índices específicos para algunos frutos.

Por ejemplo, el contenido de etileno interno, empleado en manzanas. Para su determinación se mide el etileno presente la cavidad carpelar mediante cromatografía de gases. La medición puede realizarse en campo con un cromatógrafo portátil. Si la concentración resultante de etileno en las manzanas es menor de 0,1 ppm no deben recolectarse aún, entre 0,1 y 5 ppm se recolectan para conservación en atmósfera controlada, entre 5 y 10 ppm para conservación corta en frío normal y superior a 10 ppm para comercialización inmediata.

En uvas se emplea, entre otros índices, la densidad del zumo, bien expresada en gramos/litro o bien determinada mediante un aerómetro Beaumé graduado al efecto y expresada en grados Beaumé (0 ºBé = densidad 1,00).

En algunos frutos se utiliza como indicador de la madurez un índice compuesto, o la relación entre diferentes índices. Es el caso, por ejemplo, de los cítricos en que se utiliza la relación entre los sólidos solubles totales (en grados Brix) y la acidez (en %), denominando el índice de madurez E/A, el cual es utilizado también como índice de calidad.

En la uva se utiliza, entre otros, el índice de Weaver que es la relación entre los grados Brix del zumo y la acidez total en g/100 ml de ácido tartárico.

6. Bibliografía (Capítulo 5. Maduración de los frutos)

Relación de libros y artículos de interés que tratan aspectos generales y específicos sobre el tema; para los libros se indican, entre corchetes, las páginas concretas que se recomienda su lectura:

Agustí, M. 2000. *Citricultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 416 pp., [167 - 177].

Alavoine, F.; Crochon, M.; Fady, Cl.; Fallot, J.; Moras, Ph.; Pech, J.Cl. 1988. *La qualité gustative des fruits. Méthodes pratiques d`analyse.* CEMAGREF - Ministère de l`Agriculture. France. 20 pp. + fiches techniques.

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [277 - 285].

Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R. 1988. *Fisiología vegetal.* Ediciones Pirámide. Madrid. 823 pp., [742 - 750].

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Editores). 1999 (3ª ed.). *El cultivo del olivo.* Junta de Andalucía - Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 701 pp., [151 - 167].

Barreiro, P.; Ruiz-Altisent, M. 1996. *Propiedades mecánicas y calidad de los frutos. Definiciones y medidas instrumentales.* Fruticultura Profesional. N.º 77: 48-55.

Biondi, G.; Pratella, G.C.; Guardi, S. 1991. *Calidad de la fruta: Definición de los índices de madurez para la recolección.* Fruticultura Profesional. N.º 41: 73-82.

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [173 - 198].

Ctifl. 1995. *Le test amidon des pommes pour l`aide a la décision de récolte.* Ctifl. Le point sur, n.º 6. Paris. 4 pp.

Eccher, P.; Giudetti, G.; Rizzolo, A; Grassi, M.; Fibiani, M.; Bianchi, G. 2002. *Indici di maturazione per la raccolta delle pesche.* Frutticoltura. N.º 5-2002: 53-59.

Fregoni, M. 1985. *Viticoltura Generale.* Reda. Roma.728 pp., [205 - 234].

Felipe, A.J. 2000. *El almendro. I. El material vegetal.* Mira Editores. Zaragoza 461 pp., [178 - 180].

Gautier, M. 1987. *La culture fruitière. Volume 1, L`arbre fruitier*. Éditions J.B. Baillière. París. 492 pp., [80 - 87].

Hidalgo, L. 1993. *Tratado de viticultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 984 pp., [956 - 967].

Juan Delhon, M. 1978. *Índices de madurez para frutos de pepita.* Hojas divulgadoras Nº 13-78. Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid. 16 pp.

Kobel, F. 1966 (Edición italiana). *Trattato di Frutticoltura*. Edizioni Agricole. Bologna. 438 pp., [260 - 308].

Le Lezec, M; Belouin, A. 1994. *Test de régression de l`amidon des poires.* L`Arboriculture Fruitière. N.º 474: 34-35.

Madrid, R.; Boronat, M.; Rosauro, C. 1998. *Evolución del color superficial de los frutos. Índice de madurez.* Agrícola Vergel. Abril 98: 210-218.

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. M.º Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [214 - 228].

Mattheis, J. 1996. *Fruit maturity and ripening.* In *Tree Fruit. Physiology: Growth and development.* Edited by Maid, K.B. Good Fruit Grower. Washinton. 165 pp., [117 - 124].

Monet, R. 1983. *Le pêcher. Génétique et physiologie.* Masson. París. 133 pp.,[96 - 103].

Moras, Ph. 1980. *Prevision de la date de récolte des pêches et nectarines par la mesure de la fermeté au pénétromètre aiguille.* L`Arboriculture Fruitière. N.º 317-318: 39-43.

Rallo, L. y Camacho, F. 1977. *Bases fisiológicas de la producción frutal*. E.T.S.I. Agrónomos de Córdoba. Monografía. 9 temas. Córdoba. s/pp., [Tema 8, 26 pp.].

Reynier, A. 1989 (4ª ed.). *Manual de viticultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 377 pp., [158 - 162].

Spina, P. (Coord.). 1985. *Trattato di Agrumicoltura.* Edagricole. Bologna. 552 pp., [449 - 453, 458 - 459].

Valero, C.; Ruiz-Altisent, M. 1998. *Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas.* Fruticultura Profesional. N.º 95: 38-45.

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [251 - 261].

Wills, R.H.H.; Lee, T.H.; McGlasson, W.B.; Hall, E.G.; Graham, D. 1984. *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección.* Editorial Acribia. Zaragoza. 195 pp., [18 - 40, 103 - 111].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 5. Maduración de los frutos

1 [Campo]. Observar el envero en frutos de diferentes especies. Por ejemplo, en ciruelas, uvas, membrillos y olivas. Analizar la uniformidad con que se produce en cada caso y determinar la antelación respecto a la madurez de recolección.

2 [Campo]. Observar y controlar la uniformidad en la maduración de las variedades de melocotonero del Campo de Prácticas y establecer el número de pasadas de recolección necesarias.

3 [Campo]. Observar el inicio y controlar la duración del proceso de maduración en las variedades de la plantación de cerezos del Campo de Prácticas.

4 [Campo - laboratorio]. Observar y controlar cuando se producen los estados de madurez de recolección, de consumo y fisiológica en las variedades de cereza y pera implantadas en el Campo de Prácticas.

5 [Campo - laboratorio]. Observar y controlar el aumento de peso y de calibre en variedades de melocotón y pera durante la etapa final de su proceso de maduración. Analizar qué repercusiones tiene la recolección en diferentes momentos sobre la cosecha.

6. [Campo - laboratorio]. Observar y controlar la influencia de la temperatura sobre la maduración. Realizar la prueba en peras recolectadas al inicio de la maduración y sometidas a diferentes temperaturas. Compararlas con las peras que siguen en el árbol sin recolectar.

7 [Campo]. Realizar un tratamiento con Ethrel (CEPA) en melocotonero y analizar los efectos sobre la maduración de los frutos. Aplicarlo a una variedad tardía.

8 [Campo]. Determinar el número de días que transcurren desde la plena floración a la recolección de las variedades de cereza, ciruela, almendra, pera y manzana, implantadas en el Campo de Prácticas. Comparar los resultados con los de otras campañas.

9 [Campo]. Determinar las unidades de calor (días-grado) acumuladas desde la plena floración hasta la recolección de las variedades de pera implantas en el Campo de Prácticas. Controlar los días-grado acumulados durante las cinco primeras semanas. Comparar los resultados con los de otras campañas y analizar la incidencia que ha tenido la temperatura de las primeras semanas.

10 [Campo]. Practicar en las variedades de pera del Campo de Prácticas la aplicación de índices tradicionales de recolección, como la facilidad de desprendimiento, la dureza al tacto, la coloración de las semillas, etc. Analizar la dificultad de la aplicación y los inconvenientes que presentan estos índices.

11 [Laboratorio]. Determinar mediante el penetrómetro portátil la evolución de la dureza de los frutos de variedades de pera y manzana del Campo de Prácticas durante el proceso de maduración.

12 [Laboratorio]. En los frutos utilizados para la actividad número 11 realizar el test del contenido de almidón y dar los resultados según las escalas propuestas por el CTIFL.

13 [Laboratorio]. En los frutos utilizados para la actividad número 11 determinar el índice refractométrico mediante el refractómetro portátil y el refractómetro electrónico.

14 [Laboratorio]. Determinar la acidez titulable en gramos/litro de ácido málico de los frutos utilizados en la actividad número 11. Extraer el zumo en lotes de 5 frutos.

15 [Laboratorio]. Analizar globalmente los resultados obtenidos en las actividades 11 a 14 y fijar cuál hubiera sido el momento más adecuado de recolección para la conservación a medio plazo y para el consumo inmediato de los frutos.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 5. Maduración de los frutos

1. ¿Cuándo tiene lugar el proceso de maduración de los frutos y cuál es su duración?

2. ¿Qué transformaciones más características se llevan a cabo en los frutos durante el proceso de maduración?

3. ¿Qué es la madurez del fruto y a qué suele referirse?

4. ¿Qué es la senescencia del fruto y como se manifiesta?

5. ¿Cuál es la influencia de la temperatura sobre la maduración de los frutos?

6. ¿Qué influencia tiene el control de la atmósfera sobre la maduración de los frutos?

7. ¿Cómo influye el estado de las plantas y las técnicas culturales aplicadas en una plantación sobre la maduración de los frutos?

8. ¿Qué son los índices de madurez y qué aplicación tienen?

9. ¿Cómo se clasifican los índices de madurez y qué variables comprende cada tipo?

10. ¿Cuáles son los índices de tipo ambiental utilizados para establecer la fecha de recolección y en qué consisten?

11. ¿Qué es el color de fondo y cómo se utiliza para fijar la fecha recolección?

12. ¿Cómo se mide la dureza de la pulpa y qué aplicación tiene para determinar el estado de madurez?

13. ¿Cómo se averigua el contenido de almidón de los frutos y en qué tipos de frutos se utiliza como indicador de madurez?

14. ¿Qué es el índice refractométrico, cómo se determina y qué relación mantiene con la acidez del fruto?

15. ¿Cómo se determina la acidez titulable de los frutos y por qué es utilizada como un indicador del estado de madurez?

6

CALIDAD DE LOS FRUTOS

1. La calidad de la producción frutal.
2. Factores que influyen en la calidad.
3. Criterios y medida de la calidad.
4. Calidad reglamentada y contractual.
5. Calidad organoléptica o sensorial.
6. Calidad nutritiva y sanitaria.
7. Interacciones entre calidad, productividad y rentabilidad.
8. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. La calidad de la producción frutal

La calidad es uno de los términos más mencionados a la hora de hablar sobre la producción frutal. Generalmente, se da por supuesto que la calidad es un concepto suficientemente definido y que tanto los productores como los consumidores están familiarizados con él y que tienen una idea clara de las propiedades o cualidades que deben poseer los frutos para ser calificados genéricamente como frutos de calidad. Sin embargo, de hecho no es así ya que ni los productores ni mucho menos los consumidores saben definir manifiestamente y de forma uniforme qué es una fruta de calidad.

Como prueba de ello se propone al lector que, en primer lugar, defina brevemente qué es una fruta de calidad, y luego que cite por orden de preferencia las cinco cualidades que considera más importantes para dicha fruta. En muchos casos veremos que para definir el concepto se emplean calificativos y que luego a la hora de jerarquizar estas cualidades se duda sobre el orden. Además, surgirá la interrogación sobre cuál es el agente implicado o desde qué punto de vista debe plasmarse la definición.

Continuando con este sencillo ejercicio se propone al lector que analice brevemente y discuta las siguientes cualidades que, comúnmente, se exigen a un fruto de calidad y las aplique comparativamente a frutos concretos:

- ¿Grande? Por ejemplo, comparar manzanas Early Red One (grande) y Jonee (pequeña).
- ¿Coloreado? Por ejemplo, comparar manzanas Red Winter (roja), Granny Smith (verde) y Early Gold (amarilla).
- ¿Con buen aspecto (limpio)? Por ejemplo, comparar manzanas Golden Smoothee (sin russeting) y Reineta Gris (ruginosa).
- ¿Con forma y composición naturales? Por ejemplo, comparar manzanas Golden Delicious normales y deformadas por la aplicación de fitorreguladores.
- ¿Con buen sabor? Por ejemplo, comparar manzanas Idared (acidulada) y Fuji (ligeramente dulce).

- ¿Maduro? Por ejemplo, comparar manzanas Verde Doncella (jugosa, crujiente y dulce) y Granny Smith (jugosa, crujiente y ácida).

- ¿Sano? Por ejemplo, comparar manzanas Golden Delicious sin tratamientos fitosanitarios pero con moteado y carpocapsa, y manzanas tratadas que tengan un contenido permitido de residuos pero libres de ataques de plagas enfermedades.

El análisis realizado y su discusión, aplicado a manzanas, pondrá de manifiesto que muchas propiedades son inherentes a la variedad, que una misma propiedad puede ser valorada positiva o negativamente, que se precisa más de una cualidad para definir la calidad, y que, además, la valoración sensorial dependerá del observador.

Si comparamos varios resultados de la definición y del análisis del ejercicio propuesto anteriormente llegaremos a la conclusión que, en general, todos los implicados en la prueba manifiestan su opinión sobre la calidad, pero que no hay un acuerdo explícito. Nos daremos cuenta que no es fácil definir la calidad de los frutos y tampoco lo es fijar unos criterios comunes y aplicables a todas las situaciones. No obstante, el concepto de calidad ha sido estudiado desde múltiples facetas y se han establecido criterios y mecanismos para determinar y definir, en el caso que nos atañe, la calidad de los frutos.

1.1. Definición de calidad

La calidad de los frutos es un concepto complejo al estar especificada por un conjunto de valores formado por diferentes parámetros o propiedades, los cuales se determinan con diferentes unidades de medida. Dicha calidad se complica aún más al ser el resultado de un proceso biológico en el que inciden muchos factores no controlables, y el producto final, los frutos, van a ser consumidos, en muchos casos, directamente tal como son sin aplicar correcciones o transformaciones en su composición y cualidades.

La calidad puede ser contemplada desde diferentes criterios de valor y mediante combinaciones diferentes de propiedades, lo que hace que sea un concepto relativo. Además, algunas de las características que intervienen en la calidad pueden ser valoradas de forma muy diferente, o incluso opuesta, según el tipo de fruto considerado. Por otra parte, los indicadores de la calidad evolucionan también con el tiempo, difieren

según el lugar (región o país) de consumo, y cambian según el destino o utilización de los frutos.

Según puede verse, es difícil definir de forma precisa el concepto de calidad; no obstante, de forma general, podemos decir que un fruto es de calidad si tiene las características adecuadas para la finalidad que fue producido y conserva estas características al ser consumido.

Atendiendo a las definiciones clásicas de calidad de un producto, podemos decir, en nuestro caso, que un fruto es de calidad si satisface las necesidades del usuario o del consumidor.

Implicando a los aspectos económicos en la definición, también se cita que calidad es: "aquello que el cliente espera del producto por el precio que paga", es decir que el consumidor queda satisfecho con los frutos tanto sensorial como económicamente. Para el productor un fruto será de calidad si se obtiene abundante y fácilmente, se vende sin dificultad y alcanza una buena cotización.

La mayor parte de las definiciones de calidad hacen referencia por un lado a las cualidades o atributos del producto y por otro lado a su aceptación por parte del consumidor. Lógicamente, se entiende que las exigencias legales están implícitamente incluidas en la definición.

1.2. Importancia de la calidad

La calidad de los frutos es una inquietud constante de todos los implicados en la cadena de producción-comercialización frutícola. Asimismo, es una recomendación unánime para facilitar la venta de los frutos y mantener la competitividad de la explotación frutal.

Siempre se dice que la calidad es una exigencia para los frutos, pero muchas veces sin preguntarse: ¿por qué es una exigencia? También se dice muchas veces que los frutos deben ser de máxima de calidad, sin especificar que implica esto y desconociendo que la calidad difícilmente se podrá maximizar; en todo caso, la calidad se podrá optimizar.

Realmente, lo que está claro es que cada vez son mayores las diferencias de precio entre los frutos considerados de buena calidad y los de mala calidad. Asimismo, para los

frutos de regular o mala calidad existen grandes dificultades comerciales, sobre todo en situaciones excedentarias, y su destino termina siendo la transformación, incluso también con dificultades comerciales y con el agravante de que ésta no era la finalidad prevista por la explotación para la producción.

Esto hace que la producción de fruta tenga que adaptarse a las exigencias del mercado en cada momento, según los diferentes destinos. En definitiva, no queda más remedio que adaptarse a los parámetros de calidad establecidos en las normas comerciales, así como a los parámetros establecidos en la reglamentación a la que se acoja la explotación o en los contratos de compraventa; y, finalmente, adaptarse a los deseos del comerciante y del consumidor para cada tipo de fruta.

Por otro lado, en la explotación frutal se están comenzando a valorar los costes de la no-calidad o costes producidos por fallos en la explotación, entre los que cada día tienen más peso los originados por una falta de calidad en los frutos, según se comentará en el apartado siguiente.

Estos aspectos comentados hacen que la calidad tenga una gran importancia para la explotación frutal y que sea un objetivo preferente de la producción.

Asimismo, dentro de las políticas agrarias sobre producción existe la recomendación unánime de fomentar la calidad, como una de las escasas alternativas que presentan muchas zonas frutícolas para seguir siendo competitivas.

Es por ello que desde la Administración se han establecido ayudas directas o indirectas a organizaciones, a infraestructuras, a estrategias productivas, a procesos u otros aspectos que fomenten la calidad; se han establecido nuevas formas de protección y regulación de la calidad, y se han desarrollado campañas de promoción y divulgación sobre la calidad de los frutos.

La calidad es por lo tanto una preocupación para todos los sectores, pero no existe un acuerdo unánime y concreto a la hora de definir los criterios de calidad, ni en como mejorar la calidad en la explotación. No se tienen definidas unívocamente o con la misma significación las características que deben poseer los diferentes tipos de frutos para que sean considerados de calidad.

Tampoco está precisado, en muchos casos, cuál es el tipo de tecnología de producción más adecuado, de prácticas culturales a realizar en la plantación o de productos a aplicar, para lograr una determinada calidad en los frutos de una variedad concreta.

1.3. Tendencias sobre calidad de la producción

El concepto de calidad no es estático, sino que evoluciona con el tiempo incorporando nuevas formas de concebir la calidad y nuevos criterios de valoración que no se fijan sólo en el producto final que son los frutos. También la tendencia es a controlar la calidad en origen y no sólo en destino, como habitualmente ocurre.

La obtención de una producción de calidad exige que en la explotación se lleve a cabo una buena gestión de los factores de producción. Actualmente se entiende la calidad dentro de un proceso integral de gestión de todos los factores y actividades, los cuales van desde la planificación de la explotación hasta el final de la vida útil de la plantación; haciendo especial hincapié en las posibles variaciones del proceso productivo en cada uno de los años, dado que se trabaja con un material biológico como es el árbol, el cual se desarrolla en un medio ecológico variable y con múltiples interacciones.

A esta forma de tratar la calidad dentro de la explotación es lo que se denomina "Calidad Total". Concepto que frecuentemente se asimila al de "Gestión de Calidad", puesto que se ha convertido en uno de los aspectos fundamentales de la gestión empresarial. Este concepto ha evolucionado recientemente hacia lo que se denomina "Calidad Integral", en la que se tiene también en cuenta aspectos del medio ambiente y de seguridad laboral en la explotación.

El objetivo final de la Gestión de la Calidad no es otro que el de aumentar la competitividad empresarial a través de la consecución de niveles superiores de satisfacción en los clientes.

En este nuevo concepto de calidad total se tiene en cuenta una serie de costes que normalmente no eran considerados en la gestión empresarial, como son los costes implicados con la calidad. Los componentes de los costes de la calidad total son: costes de prevención, costes de evaluación y costes de los fallos o de la no-calidad.

Entre los costes de prevención se incluyen: costes para analizar el mercado y los criterios de calidad que tienen los futuros compradores o clientes de la explotación, costes del diseño y puesta en marcha del plan de mejora de la calidad, costes de formación, costes de actividades de mantenimiento preventivo, etc. Los costes de evaluación incluyen: el coste de funcionamiento del propio sistema de control, los costes de los materiales ó productos utilizados en la evaluación, los costes de auditoría o de estudios para conocer la imagen de calidad de los productos, etc. Ambos costes son

controlables por la empresa, sin embargo los costes de la no-calidad son más difíciles de controlar y en algunos casos son intangibles, aunque pueden llegar a cuantificarse.

Dentro de los costes de la no-calidad se incluyen los costes producidos por un mal diseño de la plantación, por sobredimensionamiento de la maquinaria, por errores en el proceso productivo, por falta de motivación en el personal, etc., y una serie de costes directamente relacionados con la calidad de la fruta como son:

- Costes de frutos no vendidos por no alcanzar la adecuada calidad, o vendidos por debajo del precio previsto.

- Costes de eliminar frutos defectuosos o de actuaciones no previstas, con motivo de una calidad inaceptable.

- Costes por exceso de almacenamiento, accidentes, reclamaciones, devoluciones de partidas, etc.

- Costes de las ventas pérdidas y de pérdida de imagen por los fallos.

Dentro de una política de mejora continua de la explotación, mediante la reducción de costes y el aumento de la productividad y calidad, el control de la calidad consistirá en llevar a cabo una serie de acciones que permitan, bajo criterios económicos, asegurar que los frutos tengan la calidad prevista o deseada en el momento de su recolección y venta. De esta forma no sólo se controla la calidad sino que se gestiona.

Este control y gestión afectarán igualmente a todos los recursos de la explotación (medio productivo, equipos e instalaciones, personal, financiación, etc.) con el fin de optimizarlos y colaborar de esta forma a reducir el coste asociado a la mala calidad, y a identificar nuevas posibilidades de mejora. Es decir, la gestión de la calidad se integrará en la gestión general de la explotación.

Una observación cabe hacer en este sentido a la hora de aplicar un sistema de gestión de la calidad total a la producción frutal, es que no se puede gestionar bien aquello que no se controla; y en el proceso de producción de la fruta hay muchas cosas que se escapan a este control, o al menos no se puede realizar tan exhaustivamente como en otras explotaciones agrícolas. En todo caso el control es bastante inferior al que puede realizarse en otro tipo de empresas, como ocurre en la producción industrial o de servicios.

La explotación frutal lleva a cabo su actividad productiva con seres vivos, como son los árboles, con unas necesidades fisiológicas cambiantes y, además, esta actividad se lleva a cabo en un medio ecológico muy variable y difícilmente controlable. A esto hay que añadir que la respuesta de la planta a las intervenciones no está perfectamente definida y que los fallos o sucesos que ocurren en la plantación pueden tener repercusión en más de una campaña o, incluso, durante toda la vida productiva. Luego las posibilidades de gestión será sumamente restringidas y su realización complicada.

La gestión de la calidad puede hacerse de forma sistematizada siguiendo unas Normas de Aseguramiento de la Calidad y poniendo en marcha en la explotación un sistema operativo de aseguramiento basado en dichas normas, de forma que se consiga acreditar la calidad de la fruta producida.

La tendencia en este sentido, actualmente y en un futuro no muy lejano, es conseguir una acreditación o certificación de un organismo facultado para ello, de cara a valorizar la producción y garantizar a los proveedores una cierta calidad. Como por ejemplo: acogiéndose a certificaciones de organismos oficiales sobre producciones reguladas, a certificaciones según las normas ISO (tipo ISO 9000) y las normas UNE, certificaciones de organizaciones no gubernamentales como la OILB, o bien garantías de asociaciones sin ánimo de lucro, etc.

La explotación frutal puede acogerse a la certificación de una denominación regulada oficialmente, como son las denominaciones de origen (DO), las indicaciones geográficas protegidas (IGP), la producción integrada, la producción ecológica, o cualquier otra denominación referente a la calidad que pudiera establecerse al efecto por la Administración.

También la explotación frutal puede garantizar que es un proveedor calificado siguiendo unas normas de aseguramiento de la calidad, como por ejemplo las Normas ISO 9000 (2000), y conseguir la acreditación de una entidad de certificación (AENOR, BVQI, etc.), lo que ya ocurre en alguna gran explotación frutícola que se ha acogido a estas Normas en alguna de sus anteriores modalidades ISO 9001 o ISO 9002.

Igualmente la producción también podría acogerse a una normalización voluntaria específica como son las Normas UNE que publica AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Específicamente, a una normalización del tipo UNE 15500- elaborada por el Comité Técnico de Frutas y Hortalizas para Consumo en Fresco, como la Norma UNE 155001 aplicada a hortalizas para consumo en fresco, y que tiene previsto el desarrollo de normas similares para cultivos frutales. Los frutos

acogidos al programa de certificación de AENOR, en base a estas normas, llevarían la marca de conformidad "Marca AENOR" con su correspondiente logotipo.

Otra iniciativa sobre certificación y marca concreta es, por ejemplo, la propuesta por EUREP (Euro Retailer Produce Working Grup), con sede en Colonia (Alemania), que es una organización europea de minoristas, la cual ha acordado adoptar y promover los principios descritos en el protocolo titulado "Buenas Prácticas Agrícolas" (GAP). Las explotaciones deben demostrar que siguen este protocolo para conseguir la confianza de sus clientes, entre los que se encuentran las importantes cadenas de supermercados que pertenecen a dicha asociación.

Otra tendencia ligada a sistemas de certificación es el desarrollo de marcas propias basadas en la calidad, muchas veces promovidas por cadenas comerciales más que por explotaciones frutales. Otra iniciativa para variedades protegidas con título de obtención vegetal es la producción de forma restringida por los socios de un "club" creado al efecto. Se trata, a la vez de proteger los derechos del obtentor, de rodear a la variedad de un entorno selecto diferencial fundamentado en la calidad del producto. Esta iniciativa se ha puesto en marcha con variedades de manzana.

Por otro lado, también hay una tendencia a que la explotación frutal contrate su producción con una empresa comercial o de transformación, bajo unas condiciones concretas de calidad estipuladas en el contrato.

Estas tendencias tienen como consecuencia derivada que un nuevo agente intermediario, el certificador que da fe de la calidad de la producción, sea remunerado, también, de la ya sobrecargada cadena productivo-comercial. Ello tiene como consecuencia que la fruta se venda más cara al consumidor, pero, normalmente, los beneficios incrementales derivados del constante encarecimiento de la fruta en el mercado no llegan al fruticultor, cuando es éste el que origina el verdadero valor del producto, ya que todo lo demás será accesorio y no comestible.

Cabe citar, también, que un nuevo concepto, justificado en parte por la calidad, se está incorporando recientemente al sector frutícola, es la trazabilidad. Definida como la capacidad de reconstruir la trayectoria y el origen de un producto a partir de un sistema de control aplicado a lo largo de la cadena de producción-comercialización. Con la trazabilidad se pretende transmitir al consumidor una garantía de calidad simplemente con el conocimiento de la procedencia, cuando en esencia es un mecanismo de fiscalización y de gestión, para conocer referencias de las explotaciones, para saber qué

ocurre en todo momento con la mercancía, para facilitar la operatividad de la distribución y, en su caso, actuar si surge algún problema en el producto

En definitiva, con las tendencias expuestas se trata de diferenciar la producción frutal siguiendo diferentes estrategias productivo-comerciales bajo el signo de la calidad de la fruta.

2. Factores que influyen en la calidad

Al estar definida la calidad de los frutos por un conjunto de propiedades, los factores que influyen sobre la misma son los que tienen acción sobre estas propiedades y, por lo tanto, son muy numerosos. Además, estos factores presentan efectos múltiples e interaccionados sobre los diversos parámetros de la calidad.

Su acción tiene lugar desde que se inicia el ciclo productivo de la planta hasta que el fruto llega al consumidor. Es decir, actúan sobre la planta, sobre el proceso de desarrollo y maduración de fruto, y sobre su conservación.

Los factores pueden agruparse en los siguientes tipos:

1. Factores de producción.
   Incluye factores de la propia planta, del medio ecológico, de la tecnología de producción aplicada y de las actividades culturales.
2. Factores de recolección y manipulación.
   Incluye los factores ligados a la recolección, manejo, transporte y tratamiento de los frutos en la central frutícola.
3. Factores de conservación.
   Incluye factores ligados al sistema de conservación y manejo de la cámara.
4. Factores de comercialización.
   Incluye factores ligados a la manipulación de los frutos hasta llegar al consumidor.

En la Tabla 6.1 se recogen todos estos factores más detalladamente.

Cabe destacar que la calidad de un fruto puede variar también, de forma importante, después de su recolección. Si la conservación y manipulación no han sido adecuadas, la calidad final empeorará considerablemente, máxime si el fruto presentaba ya una baja

calidad, o bien no tenía características adecuadas para la conservación. Esto hace que deba prestarse gran atención a este aspecto, para no tirar por tierra todos los cuidados puestos durante la producción. El consumidor juzgará por los frutos que le llegan a la mesa.

Tabla 6.1. Factores que influyen la calidad de los frutos.

FACTORES DE PRODUCCIÓN

Planta.
- Variedad, patrón, vigor, afinidad del injerto, virosis, etc.
- Fecundación, nivel de cuajado, estado de la vegetación, etc.

Medio ecológico.
- Condiciones climáticas y edáficas, plagas, enfermedades, etc.

Tecnología de producción.
- Sistema de plantación y formación, sistema de riego, sistema de protección, sistema de mecanización de actividades, etc.

Actividades culturales.
- Poda, aclareo, riego, fertilización, tratamientos fitosanitarios, etc.

FACTORES DE RECOLECCIÓN Y MANIPULACIÓN

Momento de recolección.
Sistema de recolección.
Transporte y manipulación.
Tratamientos post-recolección, etc.

FACTORES DE CONSERVACIÓN

Sistema de conservación.
Tiempo de conservación.
Manejo de la cámara, etc.

FACTORES DE COMERCIALIZACIÓN

Sistema de clasificación.
Envasado.
Transporte.
Manipulación y tiempo hasta llegar al consumidor, etc.

El control de la calidad de la explotación dependerá del control que se tenga de los factores citados. En una plantación el control de estos factores será muy restringido, ya que, según se representa en la Figura 6.1, se manejan seres vivos con unas necesidades fisiológicas, en un medio ecológico variable y muchas veces imprevisible; y, aunque las actividades culturales aplicadas son más o menos controlables en su ejecución, no lo es totalmente su incidencia. Luego la gestión de la calidad será difícil.

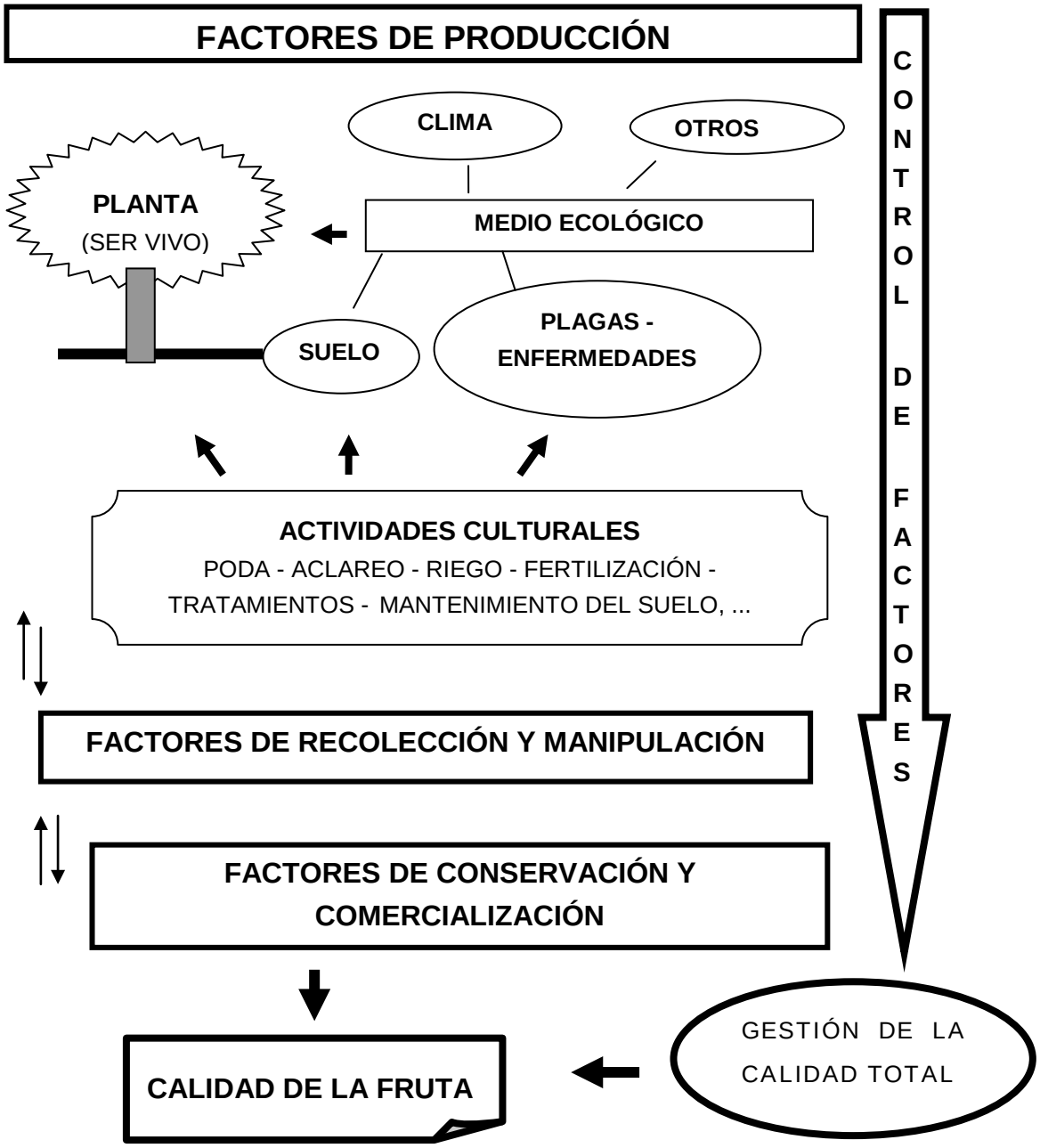


Figura 6.1. Interacciones entre los factores que influyen en la calidad.

A lo largo de este apartado solamente se han identificado los factores que influyen en la calidad, sin entrar en su forma de actuación, lo que se deja para otras ocasiones en su estudio concreto. Alguno de estos factores ya ha sido comentado en el presente libro, al exponer diferentes aspectos de la fructificación; otros factores serán estudiados en temas posteriores de la Materia al tratar el medio ecológico, el material vegetal, las técnicas de producción, etc.

3. Criterios y medida de la calidad

Los criterios aplicados para definir la calidad de un fruto varían según el interés particular de cada uno de los agentes implicados: productor, comerciante y consumidor, y en algunos casos el transformador o industrial. Cada criterio incluirá diferentes propiedades o parámetros de calidad.

Al productor le interesa, principalmente, el calibre, el color, el aspecto sanitario y la idoneidad para la manipulación, en el caso de ir destinado el fruto al consumo directo; o bien su composición y sanidad si va destinado a la transformación, en concordancia con las exigencias del industrial. El comerciante o distribuidor prestará especial atención a la uniformidad en la clasificación, al aspecto del fruto y a las características de manipulación y conservación. El consumidor basará la calidad, principalmente, en el aspecto del fruto, en las características gustativas, así como en algunas características sanitarias y nutricionales.

En la Tabla 6.2 se refleja la importancia dada algunas características de los frutos según estos agentes implicados.

Aunque los intereses sean distintos, cada vez hay más coincidencia entre los sectores implicados a la hora de fijar los criterios de calidad los frutos. Estos criterios se pueden integrar en tres grupos, basándose en su origen y finalidad:

- Calidad reglamentada y contractual.
- Calidad organoléptica o sensorial.
- Calidad nutritiva y sanitaria.

Los criterios en que se basa cada uno de estos grupos se comentan posteriormente. También podrían definirse otros criterios, como criterios tecnológicos o criterios que engloben características para la transformación de los frutos.

Tabla 6.2. Importancia dada a algunas características de los frutos según los agentes implicados.

Características de los frutos	A G E N T E S		
	Productor	**Distribuidor**	**Consumidor**
Tamaño	Alta	Alta	Media
Aspecto	Alta	Alta	Alta
Resistencia a manipulaciones	Alta	Alta	Baja
Facilidad de conservación	Baja	Alta	Media
Sabor	Baja	Baja	Alta

3.1. Medida de la calidad

La medida de la calidad se realiza determinando cada una de las propiedades consideradas. En muchos casos, los métodos instrumentales y los parámetros cuantificados son los mismos que los utilizados para determinar los índices de madurez.

Según los equipos de medida utilizados y las unidades en las que se refleja la medición tendremos los diferentes valores numéricos de las muestras analizadas. Normalmente, se utilizarán varios valores, o las relaciones entre ellos expresando ciertos índices, para establecer la calidad de la fruta. En la Figura 6.2 se representan los pasos a seguir para la medida de la calidad.

Como puede verse en dicha Figura, según los criterios de calidad que se consideren se establecerán los parámetros de calidad a especificar (o variables a controlar). Luego mediante los métodos y equipos de medida, que suelen ser aspectos normalizados, se determinan los valores de cada parámetro, especificados con la correspondiente unidad de medida. Finalmente, con su evaluación se establece la calidad de los frutos analizados.

Normalmente, la valoración global de la calidad de los frutos de una especie se realiza teniendo en cuenta las categorías establecidas en las Normas de Calidad oficiales y además algún parámetro específico determinado con los análisis. En general, los parámetros más utilizados son: calibre, color, dureza, índice refractométrico y acidez. A estos valores hay que añadir la forma, el aspecto de la piel y los defectos internos y

externos. Se está comenzando a prestar importancia, también, a la valoración sensorial del test de cata y a la ausencia de residuos de fitosanitarios.

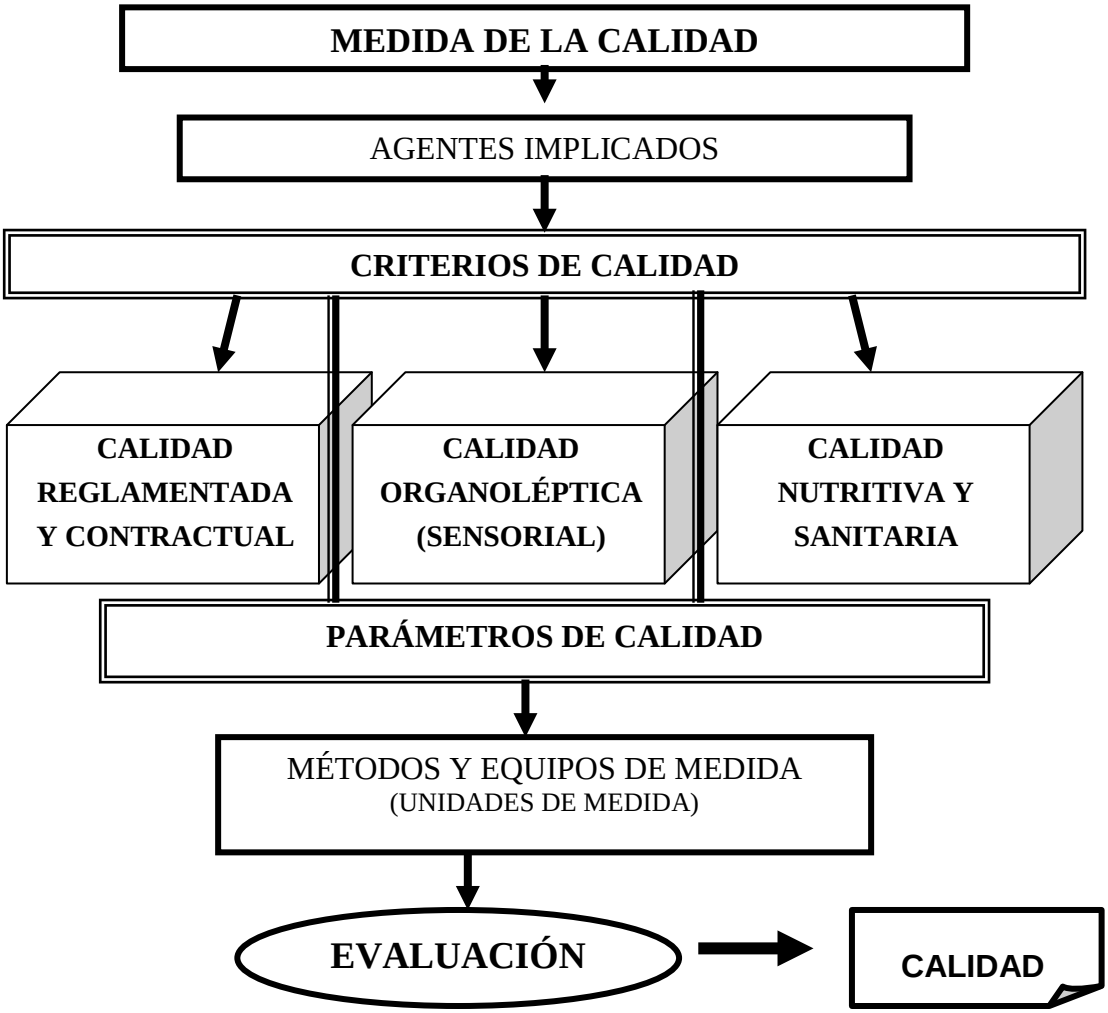


Figura 6.2. Proceso para la medida de la calidad.

3.2. Índices específicos de calidad

Comercialmente se tienen establecidos para muchas frutas los valores mínimos exigibles a determinados parámetros, o bien valores de índices específicos de medida de la calidad.

Por ejemplo, las manzanas Golden Delicious se consideran de buena calidad si el índice refractométrico es superior al 13% y la acidez titulable es superior a 5 g/l de

ácido málico. Una pera Blanquilla se considera de buena calidad si la dureza está entre 5-6 kg (con puntal de 8 mm) y el índice refractométrico es del 12-13%.

Los melocotones de media estación se consideran de buena calidad si la dureza es de 2,0-2,5 kg (con puntal de 8 mm) y el índice refractométrico es mayor del 10,5%.

Las cerezas tempranas se consideran de buena calidad si el índice refractométrico es mayor del 15% y la ciruela Reina Claudia si el índice refractométrico es mayor del 17-18%.

Específicamente, hay establecidos algunos índices de calidad para un tipo determinado de frutos o incluso para una variedad concreta. Estos índices específicos se basan en alguno de los parámetros ya mencionados. Por ejemplo, el índice de Thiault para manzanas del tipo Golden Delicious, aunque también es una referencia para otras manzanas no ácidas. Está basado en el contenido de azucares y la acidez y viene dado por la expresión:

Índice de Thiaul = Az +10 AT

Siendo Az igual a los azucares totales en g/l, obtenidos por conversión mediante tablas a partir del índice refractométrico y AT igual a la acidez titulable expresada en g/l de ácido málico.

El valor mínimo aceptado del Índice para que la manzana Golden sea de alta calidad es de 170.

En melocotones se emplea un índice con iguales parámetros que el anterior. Se define una buena calidad mediante la siguiente relación:

$$\frac{10 \quad IR}{AT} \geq 0{,}9$$

Siendo IR el índice refractométrico (%)

y AT la acidez en meq./l de ácido málico.

En cítricos se aplica el índice E/A, utilizado también como índice de madurez. En naranjas alcanza valores alrededor de 11-13, según variedades (los valores mínimos exigidos para la comercialización son de 6 ó 6,5). Viene dado por la relación:

$$E/A = \frac{IR}{AT}$$

Siendo IR el índice refractométrico (%)

y AT la acidez en % de ácido cítrico.

4. Calidad reglamentada y contractual

La calidad reglamentada está basada en las disposiciones legales y normativas que las diferentes Administraciones y Organismos Públicos han establecido para regular específicamente la calidad de los frutos; o bien para regular aspectos más generales, como determinadas estrategias de producción bajo denominaciones controladas oficialmente, productos acogidos a indicativos y marcas oficiales de calidad, producción bajo normas o certificaciones reconocidas oficialmente, etc.

La calidad contractual se basa en las estipulaciones sobre calidad establecidas en un contrato entre el productor y la empresa comercial o transformadora. En muchas ocasiones estas estipulaciones están ligadas a un sistema de certificación de la producción.

4.1. Normas de calidad

Dentro de los criterios reglamentados cabe citar en primer lugar lo que se denomina "Calidad Comercial", que es la definida por las disposiciones legales que regulan las características que deben poseer los frutos para ser comercializados en el mercado interior y exterior, conocidas como "Normas de Calidad", de obligado cumplimiento y establecidas según Reglamentos CE y Órdenes Ministeriales nacionales.

Las Normas de Calidad exigen unas características mínimas sobre aspecto, tamaño y sanidad del fruto; establecen una clasificación en categorías, especificando el calibre mínimo, la homogeneidad y las tolerancias admitidas en cada categoría; y, finalmente, definen las condiciones de envasado, etiquetado y rotulación. En la Tabla 6.3 se recogen los diferentes reglamentos de la CE que establecen las normas de calidad para diferentes frutos.

La normalización comercial, además de facilitar la regulación y la transparencia del mercado, y proteger al consumidor, permite que el fruticultor fije los objetivos de producción basándose en las características exigidas en las categorías que establecen las normas de calidad y en las cotizaciones que se alcanzan en el mercado para dichas categorías. En general, los aspectos recogidos en las normas de calidad son los que comúnmente se utilizan en el mercado para definir la calidad de los frutos.

Tabla 6.3. Normas de calidad CE para diferentes frutas (Actualización: Sep. - 2002).

Reglamento CEE 899/1987 de la Comisión, de 30 de marzo de 1987, por el que se establecen las normas de calidad para las cerezas y para las fresas (DOCE: 31-3-87).

Reglamento CEE 410/1990 de la Comisión, de 16 de febrero de 1990, por el que se establecen normas de calidad para los kiwis (DOCE: 17-2-90).

Reglamento CEE 2257/1994 de la Comisión, de 16 de septiembre de 1994, por el que se fijan las normas de calidad para los plátanos (DOCE: 20-9-94).

Reglamento CE 1168/1999 de la Comisión, de 3 de junio de 1999, por el que se establecen las normas de comercialización de las ciruelas (DOCE: 4-6-99).

Reglamento CE 2335/1999 de la Comisión, de 3 de noviembre de 1999, por el que se establecen normas de comercialización de los melocotones y nectarinas (DOCE: 4-11-99).

Reglamento CE 2789/1999 de la Comisión, de 22 de diciembre de 1999, por el que se establecen las normas de comercialización de las uvas de mesa (DOCE: 29-12-99).

Reglamento CE 851/2000 de la Comisión, de 27 de abril de 2000, por el que se establecen normas de comercialización de los albaricoques (DOCE: 28-4-00).

Reglamento CE 1619/2001 de la Comisión, de 6 de agosto de 2001, por el que se establecen normas de comercialización de las manzanas y las peras (DOCE: 9-8-01).

Reglamento CE 1799/2001 de la Comisión, de 12 septiembre de 2001, por el que se establecen normas de comercialización de los cítricos (DOCE: 14-9-01).

Nota: estos Reglamentos básicos han sido modificados por otros Reglamentos posteriores en varias ocasiones. Pueden consultarse en la dirección de Internet: http://europa.eu.int/eur-lex/es/ . Las normas de calidad también pueden consultarse en las direcciones:

http://www.mapya.es/aliment/pags/calidad/normasfru/normascali.htm
http://www.mapya.es/aliment/pags/calidad/manual/XXII.htm

4.2. Denominaciones protegidas

Otros criterios basados en una reglamentación oficial son los correspondientes a la producción frutal sometida a una denominación regulada y controlada oficialmente. Esto conlleva a cumplir una serie de requisitos que diferencia a este tipo de producción de lo que podría denominarse producción convencional, aunque muchas de las técnicas culturales empleadas sean similares a las empleadas en la producción convencional.

El factor diferencial se basa, casi siempre, en determinados aspectos de la calidad de la fruta producida, bien porque ha sido cultivada en una zona geográfica de características especiales, o bien porque las variedades o las técnicas de producción presentan características diferenciales determinantes de la calidad preconizada.

El sistema productivo de la explotación debe ajustarse a lo dispuesto en los reglamentos y en las normas técnicas que regulan la denominación, constituyendo una estrategia de producción que se corresponde con dicha denominación.

Dentro de este tipo de producción se encuentra la producción con una denominación de origen o con una denominación específica de calidad; además de la producción denominada "integrada" y la producción "ecológica", aunque estos dos últimos tipos tienen ya una regulación propia independiente.

La regulación sobre denominaciones de origen o denominaciones de calidad se ha desarrollado en tres niveles administrativos: comunitario, nacional y autonómico.

1) Disposiciones comunitarias.

La Comunidad Europea ha establecido el Reglamento (CEE) 2081/92 del Consejo de 14 de julio de 1992 (DOCE: 24-7-92), relativo a la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios, con la finalidad de uniformar las dispares denominaciones que existían en los diferentes países sobre la protección de las producciones que mantienen una relación entre sus características y su origen geográfico. Este Reglamento básico ha sido modificado por otros Reglamentos según puede verse en la dirección de Internet: http://europa.eu.int/eur-lex/es/ , secciones del repertorio analítico 03.60.55 y 15.20.40.

El Reglamento 2081/92 establece para la protección dos niveles diferentes de referencia geográfica con el nombre de una región o de un lugar determinado (o excepcionalmente de un país), que sirve para designar un producto agrícola o un producto alimenticio. Estas denominaciones son:

- Denominación de Origen Protegida (DOP): para designar un producto originario de dicha región o de dicho lugar determinado y cuya calidad o características se deban fundamental o exclusivamente al medio geográfico con sus factores naturales y humanos, y cuya producción, transformación y elaboración se realicen en la zona geográfica delimitada.

- Indicación Geográfica Protegida (IGP): para designar un producto originario de dicha región o lugar determinado, y que posea una cualidad determinada, una reputación u otra característica que pueda atribuirse a dicho origen geográfico, y cuya producción y/o transformación y/o elaboración se realicen en la zona geográfica delimitada.

También se establece una certificación específica por el Reglamento (CEE) 2082/92 del Consejo de 14 de julio de 1992 (DOCE: 24-7-92), relativo a la certificación de las características específicas de los productos agrícolas y alimenticios, para diferenciar un producto que se distingue claramente de otros similares de la misma categoría. Recibe la denominación de Especialidad Tradicional Garantizada (ETG).

Independiente, para los vinos existente una normativa sobre denominaciones de origen que está regulada actualmente por el Reglamento (CE) 1493/1999 del Consejo, de 17 de mayo de 1999, por el cual se establece la organización común del mercado vitivinícola (DOCE: 14-7-99). En este Reglamento se establecen, en el título VI y en varios anejos, las disposiciones especificas relativas a los vinos de calidad producidos en regiones determinadas (vcprd). Asimismo, el Reglamento 1607/2000 de la Comisión, de 24 de julio de 2000 (DOCE: 25-7-00), fija determinadas disposiciones de aplicación del Reglamento 1493/2000 y en particular del título relativo a los vinos "vcprd". Para España se establecen las menciones: Denominación de Origen y Denominación de Origen Calificada.

2) Disposiciones nacionales.

A nivel nacional, la base legal parte de la Ley 25/1970, de 2 de diciembre, del Estatuto de la Viña, del Vino y de los Alcoholes, la cual va a ser modificada en breve por una nueva Ley. La Ley 25/1970 establece el régimen de protección a la calidad mediante Denominaciones de Origen, Genéricas y Específicas, permitiendo aplicar este régimen a todos los productos agroalimentarios que sean autorizados por el Gobierno en razón de su interés económico y social. Dicha Ley y su Reglamento aprobado por el Decreto 835/1972, de 23 de marzo, delimitan el concepto de Denominación de Origen y establecen la posibilidad de creación de Denominaciones Genéricas y Específicas.

En base a esta normativa se desarrollan las diferentes denominaciones de origen de vinos. Posteriormente, el Real Decreto 157/88, de 22 de febrero de 1988 (BOE: 24-2 1988), establece la normativa a la que deben ajustarse las denominaciones de origen y las denominaciones de origen calificadas de vinos y sus respectivos Reglamentos, para adaptar la legislación nacional a los Reglamentos comunitarios. Este Real Decreto ha sido modificado por el Real Decreto 1906/1995 de 24 de noviembre (BOE: 19-12-95). Además de las denominaciones de origen citadas existen otras denominaciones para diferenciar los "vinos de la tierra" específicos del resto de vinos de mesa comunes.

Las diferentes Denominaciones (vcprd) existentes en España, con sus datos y la fecha de publicación de su Reglamento, pueden verse en la dirección de Internet:

http://www.mapya.es/aliment/pags/vinos/vinos.aps

Por otro lado, el Real Decreto 1573/1985, de 1 de agosto (BOE: 6-9-85), por el que se regulan las Denominaciones Genéricas y Específicas de los productos alimentarios, establece los conceptos de estas otras dos denominaciones. Posteriormente, el Real Decreto 728/1988, de 8 de julio (BOE: 12-7-88), establece la normativa a que deben ajustarse las Denominaciones de Origen, Específicas y Genéricas de productos agroalimentarios no vínicos. Es ya en el Real Decreto 251/1990, de 23 de febrero (BOE: 28-2-90), en el que se incluyen en el régimen citado los frutos secos y luego en el Real Decreto 1554/1990, de 30 de noviembre (BOE: 4-12-90), se incluyen los frutos de hueso y pepita.

Los diferentes productos regulados e información sobre la Denominación concreta pueden verse en las direcciones de Internet:

http://www.papya.es/aliment/pags/denominacion/denorigen.htm
http://www.papya.es/aliment/pags/denominacion/frutas/introduc.htm
http://www.papya.es/aliment/pags/denominacion/aceite/introduc.htm

Con la aparición del Reglamento (CEE) 2081/92 sobre denominaciones de origen e indicaciones geográficas, fue preciso armonizar la legislación nacional con dicho Reglamento, lo que se realizó por la Orden de 25 de enero de 1994 (BOE: 27-1-94) en la que se dispone:

- La denominación de origen (DOP) definida en el artículo 2.2, a), se corresponde con la denominación de origen definida en el artículo 79 de la Ley 25/1979.

- La indicación geográfica protegida (IGP) definida en el artículo 2.2 a), se corresponde con la denominación específica con referencia al nombre geográfico

creada en el artículo 96 de la Ley 25/1970, y definida en el artículo 3 del Real Decreto 1573/1985 y en el artículo 17 del Real Decreto 728/1988.

En la citada Orden de 25 de enero no se especifica nada sobre la denominación genérica, por lo que existe un posible vacío legal en este sentido, y es de suponer que esta denominación desaparezca, adaptándose las producciones acogidas a la misma a una reglamentación independiente, como ya ha ocurrido con la "producción ecológica" y se está haciendo con la "producción integrada".

Para cada denominación se establece un Reglamento en el que se recoge el ámbito de aplicación, las características de los productos, la normativa de producción y comercialización y otros aspectos. Asimismo, se crea el Consejo Regulador que será el encargado, entre otras funciones, de desarrollar las normas técnicas, de controlar la producción y de velar por la calidad del producto.

3) Disposiciones autonómicas.

En el ámbito autonómico se crearon numerosas denominaciones por las Comunidades Autónomas en base a la Ley 25/1970 y a sus competencias autonómicas. Además de las denominaciones de origen de vinos y de algunos otros productos como aceites o avellana, para productos no vínicos se desarrollaron denominaciones genéricas o específicas de calidad, además de marcas de calidad, lo que ha dado lugar a un variopinto abanico de denominaciones en todo el País.

Todas estas denominaciones deben ser adaptadas al Reglamento CEE 2081/92, lo que ya esta sucediendo, lo mismo que con las nuevas denominaciones creadas según las competencias autonómicas. Por lo tanto, ya no pueden protegerse los productos con una denominación de calidad autonómica, sino que deben hacerlo como una DOP o IGP como prevé el Reglamento europeo. Independientemente pueden acogerse a procesos de certificación y a marcas creadas institucionalmente fundamentadas en la calidad.

4.3. Producción integrada

La producción frutícola integrada es una estrategia de producción bajo un signo de calidad sometida a una regulación por parte de organismos oficiales de control. Por lo tanto está regulada la comercialización de la fruta bajo esta denominación.

La OILB (Organización Internacional de Lucha Biológica e Integrada contra los Animales y las Plantas Perjudiciales) que ha liderado esta estrategia de producción desde hace más de una década, da la siguiente definición (en versión resumida) de producción integrada: "La Producción Integrada es un sistema de explotación agraria que produce alimentos y otros productos de alta calidad mediante el uso de recursos naturales y de mecanismos reguladores para reemplazar los insumos contaminantes y para asegurar una producción agraria sostenible".

La producción integrada tiene su origen en los métodos alternativos, que comienzan a buscarse para dar solución a los problemas que la lucha química (controlada o no) origina en el ecosistema de la plantación, así como en la calidad sanitaria de la fruta producida.

El desarrollo y la aplicación de nuevos conceptos en la protección del cultivo basados en el ecosistema, y un mayor conocimiento de los procesos fisiológicos de la planta y de sus posibilidades de control, dan origen a una estrategia productiva que trata de integrar y de optimizar los componentes del sistema productivo.

Si a la protección integrada del cultivo le incorporamos una tecnología de producción racional, con sistemas mas adecuados de plantación y formación, con un control sobre el riego, la fertilización y demás técnicas culturales, con la finalidad de optimizar la relación cantidad/calidad de la cosecha, obtenemos con toda esta integración, lo que se ha denominado "producción integrada".

Por lo tanto, el desarrollo de la producción frutícola integrada se ha llevado a cabo, más que como una alternativa productiva, como una necesidad a la que tarde o temprano deberán acogerse todas las explotaciones si quieren optimizar sus recursos.

No existe todavía en el ámbito de la Comunidad Europea, ni en España a nivel Estatal, una reglamentación específica sobre producción integrada. No obstante se prevé su regulación en breve.

En España el MAPA constituyó hace varios años grupos de trabajo con técnicos especializados de las diferentes Comunidades Autónomas, bajo la coordinación de la Subdirección General de Sanidad Vegetal, para elaborar las directrices generales y una reglamentación uniforme al efecto. Se tiene elaborado un Real Decreto por el que se regula en el territorio nacional la producción integrada, el cual será publicado en breve.

Son las Comunidades Autónomas, según las transferencias administrativas realizadas por el Gobierno Central, las que han desarrollado una regulación sobre la

producción integrada y su indicación en los productos agrarios, en base a la Ley 25/1970 del Estatuto de la Viña, del Vino y de los Alcoholes, y de su Reglamento, que establecen la posibilidad de creación de Denominaciones Genéricas y Específicas, como ya se ha comentado en el apartado 4.2. No obstante en la actualidad existe un posible vacío legal, dado que en la Orden de 25 de enero de 1994, por la que se precisa la correspondencia entre la legislación española y el Reglamento (CEE) 2081/92, no se contempla la Denominación Genérica, en la que se encuentra incluida la producción integrada. Es de suponer que este tipo de producción tendrá en el futuro inmediato una reglamentación propia, independiente de la Ley 25/1970.

Por lo tanto, en la actualidad, la única regulación oficial existente son los diferentes Reglamentos y las Normas Técnicas que cada Comunidad Autónoma ha establecido para su territorio. Así nos encontramos con múltiples y diferentes normas en todo el territorio nacional, sin tener una referencia básica común. Aunque es de suponer que todas estas normas están inspiradas en los principios y directrices dadas por la OILB y luego adaptadas a las características y necesidades de cada territorio. De lo contrario, sería difícil establecer una estrategia común de producción de calidad bajo la denominación Producción Integrada.

4.4. Producción ecológica

La producción frutícola ecológica es otra estrategia de producción bajo un signo de calidad sometida también a una regulación por parte de organismos oficiales de control. Fundamentalmente se basa en el cultivo sin la aplicación de productos químicos de síntesis, como fertilizantes, plaguicidas, fitorreguladores, etc.

Conceptualmente la agricultura ecológica se ha basado en movimientos o tendencias de muy diferente signo, alguno de los cuales, incluso, hasta de carácter esotérico. Pero es a partir de las ideas surgidas en torno a la producción basada en el equilibrio ecológico y en la fertilización orgánica, cuando a mediados de este siglo se propugnan, principalmente en Inglaterra y Estados Unidos, y ya a partir de los años ochenta en otros países como Suiza, Alemania, Austria, Dinamarca, Francia etc., técnicas productivas basadas esencialmente en la no utilización de productos químicos de síntesis, en la protección del medio ambiente y en la conservación de los recursos naturales.

Paralelamente se desarrollan estrategias comerciales para promocionar y ofrecer al consumidor estos productos que basan su calidad en los criterios expuestos. Su

desarrollo es coincidente con el desarrollo del movimiento ecologista. Asimismo, las administraciones van tomando cada vez una mayor conciencia de este tipo de producción y terminan estableciendo normas específicas para su armonización y regulación, así como líneas de investigación y ayudas o subvenciones.

La denominación que recibe este tipo de producción es diferente según los países, utilizándose los siguientes términos: "agricultura ecológica", "agricultura biológica" y "agricultura orgánica".

La regulación actual se basa en el Reglamento (CEE) 2092/91 del Consejo de 24 de junio de 1991 (DOCE: 22-7-91), sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. Este Reglamento entró en vigor el 1 de enero de 1993 y ha sido modificado en sucesivas ocasiones por varios Reglamentos del Consejo y de la Comisión (ver http://europa.eu.int/eur-lex/es , sección: 15.20.40).

Con anterioridad al Reglamento (CEE) 2092/91, en España se inicia la regulación de la producción ecológica en 1988, mediante el Real Decreto 759/1988 de 15 de julio (BOE: 21-7-88, y corrección: 10-8-88), por el que se incluían los productos alimentarios obtenidos sin empleo de productos químicos de síntesis en el régimen de denominaciones genéricas y específicas establecido en la Ley 25/1970 de 2 de diciembre. Posteriormente, pasa a denominarse: Denominación Genérica "Agricultura Ecológica". En la Orden de 4 de octubre de 1989 (BOE: 5-10-89), actualmente derogada, se aprueba el Reglamento de dicha denominación y se establece su Consejo Regulador, ambos con carácter nacional. Igualmente en mayo de 1990 se establecen las Normas Técnicas elaboradas por dicho Consejo Regulador.

En 1993 se produce un cambio en el sistema de control y se lleva a cabo la adaptación de la reglamentación nacional al Reglamento (CEE) 2092/91, mediante el Real Decreto 1852/93 de 22 de octubre (BOE: 26-11-93), sobre producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, modificado por el Real Decreto 506/2001, de 11 de mayo (BOE: 26-5-01). En este Real Decreto se establece la base legal para que las Comunidades Autónomas asuman el control de la producción, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento comunitario.

Aunque el Reglamento (CEE) 2092/91 prevé dos sistemas de control, bien por autoridades u organismos públicos, o bien por organismos privados (autorizados y supervisados por la autoridad competente), en España se ha optado por el control público, que se ejerce a través Consejos, Comités u otros órganismos de las Comunidades Autónomas.

Debe entenderse que la regulación sobre producción ecológica está basada exclusivamente en el Reglamento (CEE) 2092/91 sobre producción agrícola ecológica, y no en la reglamentación nacional derivada de la Ley 25/1970, o bien en el Reglamento (CEE) 2081/92 sobre protección de las denominaciones de origen e indicaciones geográficas, puesto que ha quedado fuera de esta última regulación la denominación genérica nacional que asumió en un principio.

4.5. Calidad contractual

La explotación frutal puede contratar su producción con una empresa comercial o de transformación, bajo unas condiciones concretas de calidad de la fruta estipuladas en el contrato. Los contratos pueden ajustarse a modelos de contratos-tipo oficiales, como los establecidos para determinados frutos destinados a la transformación, o bien ser exclusivamente de carácter privado.

Los contratos son cada vez más frecuentes entre grandes explotaciones y cadenas comerciales de distribución o hipermercados, así como con industrias de transformación dedicadas a productos específicos, como alimentos infantiles, dietéticos, etc.

En ambos casos se persigue asegurar, además de una provisión de fruta, un control sobre determinados aspectos de la calidad de la fruta suministrada por las explotaciones. Muchos de estos contratos van ligados a un sistema de certificación de la producción y obligan a cumplir unos principios o protocolo denominado por el sector: "Buenas Practicas Agrícolas", que está basado en el Reglamento CE 1257/1999, de 17 de mayo.

En estos casos, normalmente, la explotación frutal debe garantizar que se siguen unas normas de aseguramiento de la calidad y que ha conseguido la certificación de una entidad acreditada. Los controles de calidad de la fruta se llevan a cabo tanto en origen como en destino.

Otras exigencias de calidad, encuadradas bajo una forma similar a la calidad contractual, son las especificadas en los acuerdos interprofesionales adoptados entre comités, organizaciones de productores, etc., y que establecen ciertos requisitos de calidad para la fruta producida en cada campaña.

La producción de determinadas variedades protegidas por título de obtención vegetal y acogidas a un "club" adopta, también, una forma de calidad contractual, especificada por las normas de dicho club o asociación para poder comercializar la fruta producida.

5. Calidad organoléptica o sensorial

La calidad organoléptica se refiere a las características del fruto que son apreciadas por los sentidos. Se define como "el conjunto de propiedades que actúan de estímulo de diversos receptores sensoriales afectados antes, durante y después de su consumo".

La valoración de la calidad organoléptica se lleva a cabo mediante un test de cata de los frutos, normalmente en el momento previo a ser consumidos.

El test se realiza por expertos en degustación. La muestra de frutos y su calificación se ajusta a criterios estandarizados, para que la comparación resulte lo más objetiva posible. Es necesario también que haya uniformidad entre los miembros del panel de catadores, a fin de evitar la influencia de los hábitos de consumo.

Los resultados del test se correlacionan con las preferencias mostradas por los consumidores, y con los resultados obtenidos la determinación de la calidad mediante métodos de análisis físicos y químicos. De esta forma se trata de establecer cuáles son los factores que más importancia se les concede en la apreciación organoléptica y, por lo tanto, en los objetivos de calidad.

El consumidor es, en definitiva, quien realiza el último juicio sobre la calidad de un determinado fruto. Las costumbres alimenticias y la memoria sensorial que mantiene el consumidor condicionan fuertemente la valoración y en algunos casos, explícitamente, se da un gran valor al origen del fruto, sin prestar atención a sus características.

En general, el consumidor atribuye la calidad organoléptica basándose en las siguientes cualidades:

a) El aspecto del fruto.

El aspecto incluye, principalmente, el tamaño, el color y la forma. El consumidor asocia, en un principio, una determinada calidad con el aspecto que presenta el fruto a la vista. Téngase en cuenta que, como comúnmente se dice, el consumidor "compra con los ojos".

Las condiciones de limpieza del fruto, la ausencia de defectos en la piel, la uniformidad del color, etc., influyen muchas veces en su elección y valoración.

b) La textura y consistencia.

Hacen referencia a un conjunto de sensaciones que el consumidor percibe con los labios, la lengua, las paredes de la boca, los dientes e, incluso, con los oídos al comer el fruto.

Se valora el tipo de superficie que se expone a los labios, la dureza que presenta el fruto al ser troceado con los dientes y como responde a la presión aplicada. La lengua y las paredes de la boca perciben el tipo de partículas generadas al triturar el fruto; de esta forma se reconoce si es grumoso o fino, si es pastoso o no, así como la cantidad de jugo liberado. Los oídos perciben los sonidos producidos durante la masticación, detectando si el fruto es crujiente.

c) El sabor y olor.

El sabor es percibido por la lengua mediante las cuatro sensaciones gustativas fundamentales que son los sabores: dulce, salado, agrio y amargo. La valoración se realiza mediante el equilibrio entre las sensaciones dulces y agrias, con un ligero fondo amargo debido a los taninos. Los frutos no presentan el componente salado.

El olor, percibido por los receptores olfativos, es debido a los componentes orgánicos volátiles del fruto.

6. Calidad nutritiva y sanitaria

Además de las características organolépticas, citadas anteriormente, el consumidor cada vez se interesa más por las características de los frutos relacionadas con la nutrición.

La calidad nutritiva y sanitaria de los frutos hace referencia a la composición de los frutos desde el punto de vista de satisfacer las necesidades nutritivas del organismo humano y contribuir a su salud. Cada día se presta más atención a la relación existente entre dieta y salud. Se investiga sobre la forma en que la dieta, además de satisfacer las necesidades nutritivas, puede contribuir a evitar algunas enfermedades degenerativas, frecuentes en los países desarrollados.

La fruta constituye en este aspecto una valiosa adicción a la dieta diaria al no tener, en general, componentes problemáticos para la salud, y supone una contribución importante al suministro de vitaminas. No obstante, debe tenerse en cuenta que el mayor

constituyente de la fruta fresca es el agua. Por calificar a la fruta con el adjetivo "natural" no se convierte automáticamente en un alimento dotado de extraordinarias propiedades nutritivas. No debe olvidarse que la fruta confiere, además, a la dieta variedad y atractivo, y que comer no es sólo satisfacer las necesidades nutritivas, sino también un placer.

El consumidor, a la hora de valorar la calidad nutritiva, considera implícitamente su hábito alimenticio, y suele asociar la calidad con sus preferencias gustativas. En los hábitos alimenticios influyen números factores de todo orden que actúan desde la infancia. A lo largo de los años se establece el hábito de consumir fruta y la preferencia o aversión por determinados frutos. La calidad de los frutos está, por lo tanto, supeditada a que los frutos sean apetecibles para el consumidor y que éste los incluya en su alimentación.

Mención aparte cabe hacer del aspecto higiénico-sanitario de los frutos, el cual suscita actualmente una problemática de naturaleza particular y representa un parámetro fundamental de la calidad. Los factores considerados dentro de este criterio son: la contaminación química por residuos de productos fitosanitarios y hormonales, residuos de contaminaciones ambientales, contaminaciones microbiológicas y de micotoxinas, otras contaminaciones por manipulación y las sustancias tóxicas naturales que puede contener el propio fruto.

Especialmente, se valora como parámetro de calidad la ausencia de residuos de pesticidas, y no se presta tanta atención a otros aspectos que, respecto a la salud del consumidor, son también importantes.

Legalmente se establece, para cada principio activo del producto químico aplicado, el límite máximo de residuos (LMR) autorizado o dosis permisible, que pueden contener los frutos en el momento de ser comercializados para el consumo. Por supuesto se trata de residuos de productos autorizados legalmente para su empleo en el cultivo o bien durante la manipulación y conservación. A este respecto, independientemente de la valoración de la calidad higiénico-sanitaria del fruto, se hace necesario establecer una uniformidad internacional, a la hora de fijar los residuos permisibles en los frutos y el contenido máximo utilizado, en base exclusivamente a aspectos toxicológicos y sanitarios, y no obedeciendo a razones comerciales, administrativas o políticas.

Las disposiciones básicas comunitarias que regulan los contenidos máximos de residuos de plaguicidas en frutas y otros aspectos sobre la utilización de productos fitosanitarios son las Directivas 76/895/CEE (DOCE: 9-12-76) y 90/642/CEE (DOCE:

14-12-90), modificadas posteriormente en numerosas ocasiones y complementadas con la Directiva 91/414/CEE, por la que se implanta un sistema armonizado comunitario para comercializar y utilizar productos fitosanitarios, la cual fue transpuesta a la regulación nacional por el Real Decreto 2163/94 de 4 de noviembre de 1994.

A nivel nacional la disposición básica es el Real Decreto 280/94 de 18 de febrero de 1994, por el que se establecen los límites máximos de residuos de plaguicidas y su control en determinados productos de origen vegetal (BOE: 9-3-94), modificado por el Real Decreto 198/2000, de 11 de febrero, y por sucesivas órdenes, entre las que destaca la Orden de 27 de febrero de 1996 (BOE: 5-3-96). En breve será promulgada la Ley de Sanidad Vegetal que engloba aspectos sobre la sanidad del material vegetal y sobre la utilización de fitosanitarios y su interacción con la protección de la salud humana.

En la valoración de la calidad nutritivo-sanitaria, en ocasiones, se otorgan calificaciones confusas a algunos alimentos y entre ellos a los frutos. Es el caso de frutos obtenidos con determinadas estrategias productivas, como por ejemplo sin la aplicación de productos químicos de síntesis, a partir de determinados métodos de producción tradicionales, o con variedades autóctonas, etc. Luego se denominan estos frutos como naturales, tradicionales, autóctonos, etc., considerándolos implícitamente de gran calidad nutritivo-sanitaria. En muchos casos esto es debido a la ignorancia sobre aspectos fisiológicos y agronómicos de la planta. En otros casos, también, a una ignorancia sobre la nutrición humana y la sanidad, por tratar de correlacionar la calidad nutritiva y sanitaria de los frutos con factores que no mantienen ninguna relación. La valoración de la calidad debe hacerse, por lo tanto, en términos claros y apreciables, evitando parámetros y terminologías confusas.

7. Interacciones entre productividad, calidad y rentabilidad

Conseguir una buena productividad y una buena calidad son dos de los objetivos principales de producción en las explotaciones frutales, pero sin olvidar que la finalidad de la explotación es la rentabilidad.

La productividad, medida basándose en la eficacia y eficiencia de la plantación, mantiene una relación importante con la calidad que se exige a la fruta producida. La interacción de ambos aspectos es compleja de analizar. Si los criterios de calidad de la

fruta establecen unos parámetros difíciles de conseguir, evidentemente, la productividad puede verse muy afectada, tanto por descenso de producción como por incremento en el consumo de recursos.

Un ejemplo clásico de la interacción es la relación existente en número de frutos de un árbol y el tamaño de los mismos; propiedad en la que se basa la costosa y muchas veces difícil e inexacta, por su respuesta, práctica del aclareo.

Se da por supuesto desechada ya la idea, que en algunos casos se ha mantenido injustificadamente (como en la viña), de que una menor producción conlleva siempre una mayor calidad. Lo mismo ocurre con algunos frutos producidos en secano que se les achaca una mayor calidad únicamente por ser más pequeños y obtener menor producción. No obstante, si utilizando estas estrategias se consigue una mayor rentabilidad en la explotación, la alternativa seguida prevalecerá sobre otras opciones.

Las decisiones sobre producción y calidad no deben limitarse sólo, como muchas veces se hace, a tener en cuenta los kg/ha y el calibre de los frutos. Téngase en cuenta que el objetivo final debe ser la optimización de la producción, y no deben olvidarse los múltiples aspectos económicos y comerciales que también influyen sobre los resultados finales de la explotación.

Por ejemplo, debemos plantearnos si es más rentable, para una explotación determinada, producir 80 t/ha de manzana Golden de calibre 60-65 mm, que 40 t/ha de calibre 75-80 mm, aun cuando en el primer caso se vendan a 0,24 euros el kilo y en el segundo a 0,48 euros el kilo; puesto que habrá otros muchos aspectos que influirán en la rentabilidad de dicha producción, como el coste de producción y de recolección, las posibilidades de venta, etc.

Igualmente, similares parámetros de calidad pueden cotizarse con grandes diferencias en el mercado, según sea la estrategia comercial a la que se destine la fruta y el grado de satisfacción que genera una determinada cualidad en unos consumidores específicos.

Por lo tanto, dentro de una estrategia productiva, la productividad y la calidad están íntimamente ligadas, y deben ser contempladas según las características de cada explotación y sus posibilidades comerciales, con el objetivo final de maximizar la rentabilidad.

8. Bibliografía (Capítulo 6. Calidad de los frutos)

Relación de libros y artículos de interés que tratan aspectos generales y específicos sobre el tema; para los libros se indican, entre corchetes, las páginas concretas que se recomienda su lectura:

Agustí, M. 2000. *Citricultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 416 pp., [393 - 414].

Alavoine, F.; Crochon, M.; Fady, Cl.; Fallot, J.; Moras, Ph.; Pech, J.Cl. 1988. *La qualité gustative des fruits. Méthodes pratiques d`analyse.* CEMAGREF - Ministère de l`Agriculture. France. 20 pp. + fiches techniques.

Bailleux, P., Scharpe, A. 1994. *La agricultura ecológica*. Europa Verde 2/94. Comisión Europea. DGICCSA - Bruselas. Luxemburgo. 37 pp.

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Editores). 1999 (3ª ed.). *El cultivo del olivo.* Junta de Andalucía - Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 701 pp., [571 - 596].

Barreiro, P.; Ruiz-Altisent, M. 1996. *Propiedades mecánicas y calidad de los frutos. Definiciones y medidas instrumentales.* Fruticultura Profesional. N.º 77: 48-55.

Boller, E.F.; El Titi, A.; Gendrier, J.P.; Avilla, J.; Malavolta, C. (Editors). 1999. *Integrated Production. Principles and Technical Guidelines*. Bulletin IOBC/WPRS 22 (4) 1999. 38 pp. Edición 1995 en español, Bulletin IOBC/WPRS 18 (1,1) 1995. 22 pp.

Estruch, V. 1994. *La calidad y las explotaciones agrarias*. Invest. Agr.: Econ. Vol. 9 (3): 345-358.

Felipe, A.J. 2000. *El almendro. I. El material vegetal.* Mira Editores. Zaragoza 461 pp., [396 - 398].

Glémot, C. 2002. *La traçabilité: vers une véritable stratégie filière.* Infos-Ctifl. N.º 166: 27-31.

Grande Covián, F. 1988. *Nutrición y salud*. Círculo de Lectores. Barcelona. 231 pp.

Hidalgo, L. 1993. *Tratado de viticultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 984 pp., [956 - 967].

Hilaire, Ch.; Mathieu, V.; Scandella, D. 2000. *La qualité organoleptique des pêches et nectarines.* Infos-Ctifl. N.º 161: 26-33.

Kader, A.A. 1985. *Quatity factors: definition and evaluation for freh horticultural crops.* Postharvest Tech. Hort. Crops. University of California. Public. 3311: 118-121.

MAPA. 1991. Varios folletos. *Normas de calidad para frutas. Folletos interpretativos.* Ministerio de Agricultura P. A. Madrid.

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. M.º Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [212 - 214].

Neri, F.; Vasalli, P.; Brigati, S. 1997. *Studio della qualità organolettica delle pere.* Rivista di Frutticoltura. N.º 3: 65-68

Planton, G. 1996. *Mesurer la qualité des fruits.* Infos - Ctifl. Nº 124: 22-26.

Pratella, G. 1988. *Valutazione della qualità della frutta e controli sui residui dei fitofarmaci.* Rivista di Frutticoltura. N.º 1-2: 139-144.

Reynier, A. 1989 (4ª ed.). *Manual de viticultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 377 pp., [158 - 162].

Rivera, L.M. 1995. *Gestión de la calidad agroalimentaria.* Mundi-Prensa y A. Madrid Vicente. Madrid. 139 pp.

Rivera, L.M. 2001. *La calidad como estrategia de competitividad en el sector agroalimentario.* Agricultura. N.º 823: 47-52.

Ruíz-Altisent, M., Valero, C. 1998. *Propiedades cualitativas de las frutas para el consumidor. ¿Qué se puede medir hoy?.* Fruticultura Profesional. Nº 94: 57-61.

Thiault, J. 1970. *Etude de critères objectifs de la qualité gustative de pommes Golden delicious.* B. T. I. N.º 248: 191-201.

Urbina, V. 1990. *La calidad de los frutos.* Frut - Revista de Fruticultura. Vol.V (2): 120-127.

Urbina, V. 2000. *El sistema productivo en explotaciones frutales.* Paperkite Editorial. Lleida. 205 pp. [63 - 100, 189 - 205].

Valero, C.; Ruiz-Altisent, M. 1998. *Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas.* Fruticultura Profesional. N.º 95: 38-45.

Vandeville, P. 1990. *Gestión y control de la calidad.* AENOR. Publicaciones Técnicas. Madrid. 295 pp.

Vaysse, P.; Hilaire, Ch.; Trillot, M. Scandella, D.; Bergougnoux, F. 2000. *L`indice qualité. Un référenciel au service de la filiére.* Infos-Ctifl. N.º 165: 27-29.

Vénien, S. 1998. *Les unités de mesures de la qualité.* Infos-Ctifl. N.º 141: 34-36.

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [298 - 311].

Wills, R.H.H.; Lee, T.H.; McGlasson, W.B.; Hall, E.G.; Graham, D. 1984. *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección.* Editorial Acribia. Zaragoza. 195 pp., [95 - 103].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 6. Calidad de los frutos

1 [Campo]. En la plantación de manzanos Golden Delicious (o de otros frutales según período lectivo) del Campo de Prácticas, en un momento previo a la recolección de los frutos, establecer qué cualidades pueden considerarse para valorar la calidad de los frutos solamente por observación visual en el árbol.

2 [Campo]. En los frutos de los árboles de la actividad anterior analizar, en base a las cualidades de calidad establecidas, las diferencias de calidad según la posición de los frutos en el árbol.

3 [Laboratorio]. En un lote heterogéneo de frutas (peras o manzanas) procedentes de una frutería del mercado, analizar la incidencia que han tenido los diferentes factores que influyen sobre la calidad de los frutos.

4 [Taller]. Analizar en los Reglamentos CE que establecen las Normas de Calidad Comercial de manzanas (Reglamento CEE 920/89) y melocotones (Reglamento CEE 3596/90), cuáles son las similitudes y diferencias existentes en las cualidades o parámetros utilizados para valorar la calidad de los frutos.

5 [Laboratorio]. Clasificar en categorías según la Norma de Calidad Comercial (Reglamento CEE 3596/90 y sus modificaciones posteriores) un lote heterogéneo de melocotones, si es posible ligeramente afectados por el granizo. Utilizar los folletos interpretativos de las Normas de Calidad del MAPA.

6 [Taller]. Analizar y especificar cuáles son los criterios tenidos en cuenta en las referencias que se hacen sobre la calidad de los frutos en las Normas Técnicas de la Producción Integrada de pera en Cataluña y en el Cuaderno de "Buenas Prácticas Agrícolas" requerido por un grupo comercial de hipermercados. Especificar los parámetros propuestos para valorar la calidad y la coincidencia en ambos casos.

7 [Taller]. Analizar los criterios tenidos en cuenta en las referencias que se hacen sobre la calidad de los frutos en el Cuaderno de Normas Técnicas de la Producción Ecológica en Cataluña. Especificar los parámetros propuestos para valorar la calidad.

8 [Laboratorio]. Con algunas variedades autóctonas y tradicionales de manzana o pera del Banco de Germoplasma realizar un test de cata y especificar la variabilidad de los caracteres sensoriales encontrados.

9 [Laboratorio]. Valorar la calidad organoléptica o sensorial de un lote homogéneo de manzanas Golden Delicious. Cumplimentar la ficha de cata facilitada y otorgar una calificación global de 0 a 10 de la calidad evaluada.

10 [Laboratorio]. Con frutos del mismo lote empleado para la actividad número 9, determinar: calibre, dureza, índice refractométrico y acidez. A partir de los parámetros obtenidos valorar la calidad de los frutos y otorgar una calificación global de 0 a 10. Determinar el Índice de Thiault y comentar su resultado. Comparar esta valoración analítica con la evaluación sensorial realizada en la actividad número 9.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 6. Calidad de los frutos

1. Definir qué es la calidad de una fruta. Aplicar la definición a diferentes frutas.

2. ¿Por qué es importante la calidad de la fruta para la explotación frutal?

3. ¿Cuáles son las tendencias sobre el control de la calidad de la fruta. ¿Qué relación mantiene este control con la gestión de la calidad?

4. ¿Qué se entiende por Calidad Total y por costes de la no-calidad en una explotación frutal?

5. ¿Cuáles son las estrategias de producción que se tiende a seguir en las explotaciones frutales basadas en la garantía de la calidad?

6. ¿Cuáles son los principales factores que influyen en la calidad de la fruta y cómo pueden agruparse?

7. ¿Qué dificultades tiene la gestión de la calidad en una explotación frutal?

8. ¿En qué se basa la calidad reglamentada y qué modalidades comprende?

9. ¿Qué aspectos se recogen, en general, en las Normas de Calidad de las diferentes frutas?

10. ¿En qué disposiciones se basan las denominaciones protegidas?. ¿Qué denominaciones existen en el ámbito comunitario y nacional, y qué se persigue con ellas?

11. Desde el punto de vista de la calidad de la fruta ¿Qué diferencia hay entre la Producción Integrada y la Producción Ecológica?

12. ¿A qué hace referencia a la calidad contractual y como suele garantizarse?

13. ¿Qué es la calidad organoléptica de la fruta y en qué cualidades se fundamenta?

14. ¿A qué hace referencia la calidad nutritiva de la fruta y que importancia tiene?

15. ¿Qué aspectos incluye la calidad sanitaria la fruta y cómo está regulada?

TÍTULOS PUBLICADOS DE LA COLECCIÓN

MONOGRAFÍAS DE FRUTICULTURA

N.º 1. Urbina, V. : *Legislación y aspectos básicos sobre planta de vivero de frutales*. 108 págs. 1999.

N.º 2. Urbina, V. : *Viveros de frutales, cítricos y vid*. 182 págs. 1999.

N.º 3. Urbina, V. : *El sistema productivo en explotaciones frutales*. 205 págs. 2000.

N.º 4. Urbina, V. : *Guía para la elaboración de proyectos de explotaciones frutales*. 220 págs. 2000.

N.º 5. Urbina, V. : *Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales.* 211 págs. 2001.

N.º 6. Urbina, V. : *La fructificación de los frutales.* 223 págs. 2002.

En preparación:

N.º 7. - *Propagación de los frutales.*

Paperkite Editorial

Para pedidos o suministros: Copistería Técnica S.A.; Vallcalent, 7; 25006 - Lleida
E-mail: copitec@hbgrup.com - Tel.: 973-273232. - Fax: 973-273863