

MORFOLOGÍA Y DESARROLLO VEGETATIVO DE LOS FRUTALES

VALERO URBINA VALLEJO



**MORFOLOGÍA Y DESARROLLO
VEGETATIVO DE LOS FRUTALES**

MONOGRAFÍAS DE FRUTICULTURA: N.º 5

MORFOLOGÍA Y DESARROLLO VEGETATIVO 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 - 2001

© 2001 de la obra: Valero Urbina Vallejo

© 2001 de la presente edición: Paperkite® Editorial

Fecha de edición: Noviembre de 2001

Número de edición: 1ª

Imprime: Copitec

I.S.B.N: 84 - 699 - 6565 - 4

Depósito legal: L - 1378 - 2001

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

La Fruticultura es una materia tradicional en los estudios de Agronomía y de Ingeniería Agraria que tiene una entidad propia y característica dentro de la Producción Vegetal.

Esta materia va dirigida a aquellos estudiantes interesados en adquirir conocimientos científicos y técnicos, y práctica sobre la producción frutal; con dos planteamientos bien diferenciados dentro del currículum, según los objetivos de su titulación.

Un planteamiento consiste en adquirir un conocimiento teórico y práctico completo, fundamentado tanto en los aspectos biológicos de las especies frutales y en su tecnología de producción como en la planificación y gestión de explotaciones frutales; lo que da lugar a una especialización profesional en Fruticultura dentro de la correspondiente titulación. El otro planteamiento es el de adquirir sólo una formación básica sobre las especies frutales, su cultivo y su problemática; para que sirva de complemento a las otras materias y actividades propias de la titulación, sin dar lugar, en este caso, a una especialización en Fruticultura.

El estudio de la Fruticultura puede estructurarse en una serie de asignaturas de carácter general o específico, con diferentes objetivos, según el tipo de conocimientos exigidos, su nivel de profundización y la capacitación requerida.

La presente Monografía se integra dentro de la parte denominada "Fruticultura General", y su estudio es el primer paso para la formación y especialización en la materia.

Independientemente de los conocimientos básicos que se tengan, relacionados con las plantas y el medio, y de los conocimientos fitotécnicos adquiridos en otras materias, el estudio en profundidad de la Fruticultura debe comenzar por el conocimiento concreto de los aspectos morfológicos y fisiológicos de los frutales, para comprender luego, más fácilmente, aspectos que se estudiarán al tratar la propagación, la incidencia del medio ecológico y las técnicas culturales aplicadas.

Aunque en un principio parezca redundante con otras materias básicas, se hace hincapié en la necesidad de conocer la biología particular de las especies frutales, por la importancia que tiene para comprender, posteriormente, aspectos tan diferentes como la

soldadura del injerto, la sintomatología de helada, los hábitos de fructificación, la respuesta a la poda, el control de la producción, etc. Igualmente, estos conocimientos biológicos específicos servirán de base para profundizar luego en aspectos ecofisiológicos y de manejo y gestión de los diferentes cultivos frutales.

En Centros localizados en zonas agrícolas es frecuente encontrar a estudiantes que acceden a los estudios universitarios desde una formación profesional agraria, así como estudiantes que disponen de cierta formación práctica adquirida con su trabajo en la explotación familiar; pues bien, ello no asegura que ya dispongan de los conocimientos científicos y técnicos básicos que la formación universitaria en Fruticultura exige, y, por tanto, deben abordar también el estudio de la Fruticultura a partir de los temas de morfología y fisiología frutal tratados en el presente texto y en la siguiente Monografía de esta serie; aunque para ellos, evidentemente, la comprensión de estos temas será más fácil y rápida que para los estudiantes profanos en la materia.

Se persigue que el estudiante utilice esta Monografía y las sucesivas, en sustitución de la ardua tarea de tomar los extensos apuntes literarios que, en general, está acostumbrado a tomar en clase. El estudiante debe utilizar la clase para afianzar sus conocimientos y aclarar sus dudas sobre el contenido de cada tema, pero para ello debe haber estudiado previamente el tema en un libro. En clase se le mostraran ejemplos y se le darán explicaciones, apoyadas en dibujos, fotografías y otros medios, que faciliten la comprensión de los conceptos expuestos.

Además, como la Fruticultura es una materia eminentemente práctica, las clases deben incluir, inexcusablemente, la realización de prácticas de gabinete o taller, laboratorio y campo para facilitar la comprensión y asimilación duradera de los conceptos; y deben capacitar al estudiante para analizar, diagnosticar, proyectar y ejecutar los diferentes aspectos incluidos en la materia. Es decir, no sólo se persigue el conocimiento, sino también el "saber hacer" de todo buen técnico.

Como ya se ha comentado, esta Monografía tiene un carácter plenamente docente, y junto con las sucesivas Monografías de esta serie que irán apareciendo, dedicadas al estudio de la fructificación, a la influencia del medio ecológico, a la propagación, etc., 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, el cual tiene su continuación en la asignatura denominada "Tecnología de la Producción Frutal".

El texto trata de ser también una guía docente que presenta al estudiante la materia de forma sistematizada, para que le sirva de metodología y de 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, evitando, en lo posible, las referencias a autores y a trabajos de experimentación e investigación, así como el incluir excesivos datos, procurando no perder por ello el nivel científico-técnico deseable.

Para facilitar la elaboración y edición del libro sólo se incluyen algunas figuras sencillas y tablas sinópticas, y no se han incluido fotografías (a excepción de las de los ramos) para abaratar su coste. Estas deficiencias son suplidas en las clases mediante la proyección de transparencias y su distribución, y la proyección de numerosas diapositivas que ilustran cada uno de los temas tratados.

Finalmente, quiero resaltar que el conocimiento adquirido con este texto debe ser complementado por el estudiante con otros textos sobre Fruticultura y con otras fuentes de información, como son las revistas científicas y técnicas, y los nuevos medios informáticos y audiovisuales. Asimismo, quiero insistir en que las clases prácticas son imprescindibles en esta materia para completar la formación de una forma eficiente y duradera.

Espero y deseo que este texto sea de utilidad para los estudiantes de Fruticultura, así como para todas aquellas personas interesadas en adquirir conocimientos sobre los principios científicos y técnicos de esta variada, amena y gratificadora materia. Espero también que, desde un concepto actual, la Fruticultura sea considerada algo más que "el arte que enseña el cultivo de frutales", y sea comprendida dentro de la ingeniería agraria en todas sus facetas: productiva, económica y ambiental, que la integran.

Lleida, septiembre de 2001.

Valero Urbina

ÍNDICE

Introducción, **13**

Capítulo 1. Las especies frutales, 15

1. El cultivo de especies frutales, **17**
 - 1.1. Áreas de cultivo, **18**
 - 1.2. Finalidad del cultivo, **20**
 2. Las plantas leñosas frutales, **21**
 - 2.1. Tipos de frutales, **22**
 3. Diferencias esenciales entre el cultivo de especies frutales y otros cultivos, **24**
 4. Concepto de morfología y fisiología de los frutales, **28**
 5. El árbol frutal, **29**
 - 5.1. Componentes del árbol, **32**
 6. Bibliografía, **33**
- Actividades prácticas recomendadas, **34**
- Cuestionario de evaluación, **35**

Capítulo 2. El sistema radical, 37

1. Las raíces de los frutales, **39**
 - 1.1. Origen, **39**
 - 1.2. Forma, **41**
2. Tipificación del sistema radical, **43**
 - 2.1. Clases de raíces, **43**
 - 2.2. Pelos radicales, **46**
 - 2.3. Micorrizas, **47**
3. Estructura y desarrollo de la raíz, **48**
 - 3.1. Estructura primaria, **49**
 - 3.2. Estructura secundaria, **51**
 - 3.3. Desarrollo de raíces laterales, **52**
 - 3.4. Desarrollo de raíces adventicias, **53**
 - 3.5. Desarrollo de yemas en las raíces, **55**
 - 3.6. Renovación de raíces, **55**
4. Desarrollo y distribución en superficie y profundidad del sistema radical, **56**
 - 4.1. Estudio del desarrollo de raíces, **59**
 - 4.2. Distribución en superficie, **60**
 - 4.3. Distribución en profundidad, **62**
5. Factores que influyen en el crecimiento de las raíces, **63**

- 6. Funciones de las raíces, **69**
- 7. Influencia del sistema radical sobre la parte aérea, **72**
- 8. Franqueamiento y serpeo, **75**
 - 8.1. Franqueamiento, **75**
 - 8.2. Serpeo, **76**
- 9. Bibliografía, **77**
- Actividades prácticas recomendadas, **79**
- Cuestionario de evaluación, **81**

Capítulo. 3. El tronco y la ramificación, 83

- 1. Constitución del sistema aéreo, **85**
 - 1.1. Tipificación de la ramificación, **87**
 - 1.2. Tipos de copa, **90**
 - 1.3. Cuello del árbol, **91**
- 2. Estructura y desarrollo del tallo, **91**
 - 2.1. Estructura primaria, **92**
 - 2.2. Estructura secundaria, **94**
 - 2.3. Cicatrización de heridas y soldadura del injerto, **99**
- 3. Desarrollo del sistema aéreo, **100**
 - 3.1. Crecimiento del brote, **101**
 - 3.2. Vigor y dominancia de la ramificación, **104**
 - 3.3. Vigor de los brotes según la posición de la rama, **108**
- 4. Factores que influyen en el crecimiento de la ramificación, **111**
- 5. Funciones del tronco y de las ramas, **113**
- 6. Influencia de la parte aérea sobre el sistema radical, **114**
- 7. Las yemas, **115**
 - 7.1. Constitución de las yemas y características, **116**
 - 7.2. Tipos de yemas, **118**
- 8. Tipos de ramos y otras formaciones, **122**
 - 8.1. Ramos vegetativos, **124**
 - 8.2. Ramos fructíferos, **126**
 - 8.3. Formaciones especiales, **128**
- 9. Bibliografía, **138**
- Actividades prácticas recomendadas, **140**
- Cuestionario de evaluación, **142**

Capítulo. 4. Las hojas, 145

1. Las hojas, **147**
 - 1.1. Constitución y características de las hojas, **147**
 - 1.2. Estructura interna de la hoja, **151**
2. Desarrollo de las hojas, **152**
 - 2.1. Disposición de las hojas, **153**
 - 2.2. Índice de área foliar, **155**
3. Factores que influyen sobre el desarrollo foliar, **155**
4. Funciones de las hojas, **156**
5. Caídas de hojas, **159**
6. Análisis foliar, **160**
7. Bibliografía, **162**
- Actividades prácticas recomendadas, **163**
- Cuestionario de evaluación, **164**

Capítulo. 5. Fenología y vida de las plantas, 165

1. Fenología, **167**
 - 1.1. Descripción de estados fenológicos, **168**
2. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas, **170**
3. Ciclo anual de las especies frutales, **186**
 - 3.1. Factores condicionantes del ciclo anual, **187**
4. Periodo de reposo, **188**
 - 4.1. Duración del reposo, **190**
 - 4.2. Entrada en reposo, **191**
 - 4.3. Salida del reposo, **193**
5. Desborre, brotación y floración, **196**
6. Desarrollo de la vegetación y de los frutos, **197**
 - 6.1. Desarrollo de la vegetación, **197**
 - 6.2. Desarrollo de los frutos, **200**
7. Vida de la planta, **201**
 - 7.1. Juvenilidad, **201**
 - 7.2. Longevidad, **202**
8. Fases de la plantación, **203**
9. Bibliografía, **206**
- Actividades prácticas recomendadas, **208**
- Cuestionario de evaluación, **210**

Introducción

El estudio de la Fruticultura comienza por conocer la morfología de los frutales y su desarrollo vegetativo y fructífero. Estos conocimientos biológicos específicos serán la base para el estudio de los restantes temas incluidos en la "Fruticultura General", y para afrontar, posteriormente, el estudio de las diferentes especies en particular.

Los frutales tratados en este texto, de forma general y conjunta, son las especies leñosas productoras de fruta cultivadas en España con cierto interés, bien económico o por su extensión; aunque, principalmente, se hará referencia a los frutales de zona templada. No se hace referencia a especies herbáceas, como por ejemplo la fresa que, normalmente, se incluye en los tratados de Fruticultura. Como excepción se hace referencia, en algún punto, a la platanera, por la similitud que presenta su tecnología de producción con los cultivos arbóreos.

Al referirnos a "frutales" este término debe entenderse de forma genérica, lo mismo que cuando se habla de "explotaciones frutales". Sin embargo, las referencias que se hagan en el texto sobre el término "frutales" se matizarán, en muchos casos, según la tipificación más usual de los cultivos leñosos, que separa y diferencia: frutales (propiamente dichos), cítricos, vid y olivo.

El contenido del texto se ha estructurado en capítulos, coincidentes con los primeros temas de la parte de morfología y fisiología del programa de la asignatura: "Fruticultura General", impartido bajo esta denominación y con contenidos similares en la mayor parte de las Escuelas de Ingeniería Agraria.

Se comienza con un capítulo introductorio sobre las especies frutales, en el que se exponen los aspectos más significativos de las plantas y de su cultivo, para luego afrontar en los capítulos siguientes cada una de sus partes y su desarrollo vegetativo, el ciclo anual y la vida de la plantación.

El segundo capítulo trata la morfología y fisiología del sistema radical, haciendo especial hincapié en la estructura y desarrollo de las raíces y en la influencia que ejerce la raíz sobre la parte aérea.

El tercer capítulo trata la morfología y fisiología del sistema aéreo. Se estudia la constitución, desarrollo y funciones del tronco y las ramificaciones, la influencia que

ejerce la parte aérea sobre el sistema radical, y se hace especial hincapié en la estructura y tipificación de las yemas y los ramos vegetativos y fructíferos.

El capítulo cuarto versa sobre las hojas, estudiando sus características, desarrollo y funciones. Asimismo, se hace una breve referencia al análisis foliar, empleado comúnmente como una herramienta para conocer el estado nutricional de la planta.

Finalmente, el capítulo quinto se dedica a la fenología y vida de los frutales. Se describen los estados fenológicos tipo, se analizan cada uno de los períodos del ciclo vegetativo anual de las especies frutales, con especial mención a la entrada y salida de reposo, y, luego, se tratan las fases de la vida de la planta y las fases de la explotación.

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

LAS ESPECIES FRUTALES

1. El cultivo de especies frutales.
2. Las plantas leñosas frutales.
3. Diferencias esenciales entre el cultivo de especies frutales y otros cultivos.
4. Concepto de morfología y fisiología de los frutales.
5. El árbol frutal.
6. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. El cultivo de especies frutales

El cultivo de los frutales se inicia en los tiempos prehistóricos cuando el hombre aprende a cuidar y a domesticar las especies silvestres que le servían de alimento. Su origen es tan antiguo que muy poco sabemos de él; aunque si imaginamos cuáles eran las costumbres del hombre recolector de frutos y de otros productos vegetales, podemos imaginar también cómo surgió su interés por el cultivo.

Es de suponer que el hombre primitivo sintió curiosidad al observar cómo algunos árboles y arbustos frutales, que se encontraban aislados o libres de la competencia de otras plantas, crecían mejor y producían más frutos. También podemos suponer que este hecho le indujo a limpiar el terreno alrededor de dichos árboles y arbustos productores de fruta, y a proteger a las nuevas plantas que nacían solas para disponer de más frutales productivos. Paralelamente el hombre aprende a cultivar y a propagar las especies herbáceas y pasa de una vida nómada a una vida sedentaria.

La posterior extensión y perpetuación del cultivo requería conocer los métodos de producción de nuevas plantas, como la siembra de semillas y el trasplante de las nuevas plantas así obtenidas, o el trasplante de rebrotes con raíces; además de las características vegetativas y productivas de cada especie. Con ello el hombre prehistórico comienza a sentar las bases iniciales de la Fruticultura.

Los descubrimientos arqueológicos han puesto de manifiesto la utilización de los frutos por las civilizaciones primitivas. Se tienen referencias escritas sobre técnicas de cultivo de árboles que datan de un milenio antes de la era actual. Asimismo se cita que el injerto era conocido por los chinos hace tres mil años.

En la época del Imperio Romano los tratados sobre agricultura ya describen métodos y técnicas de cultivo de frutales con gran precisión.

Posteriormente, el desarrollo frutícola entra, como otras muchas cosas, en el oscuro periodo de la Edad Media, y no es hasta el siglo XVI cuando la Fruticultura vuelve a tener un nuevo auge en toda Europa. A partir del siglo XVIII se realizan numerosos estudios sobre fisiología y se describen las diferentes especies y las características de sus variedades.

Ya en el último siglo es cuando se produce la verdadera revolución agrícola con la utilización de los abonos, los insecticidas, los fungicidas, los herbicidas y la

mecanización del cultivo; consiguiendo aumentar considerablemente la producción por unidad de superficie y poder atender superficies mucho mayores con menos esfuerzo.

Es a mediados del siglo XX cuando se produce la gran expansión del cultivo frutícola y en especial de las plantaciones en regadío. Asimismo se profundiza en el conocimiento fisiológico y ecológico de la planta, se obtienen nuevas variedades y se desarrollan nuevas técnicas de propagación y de cultivo.

Actualmente, los aspectos más significativos en que se basa en desarrollo frutícola son: el empleo de nuevas técnicas de biotecnología, la sanidad y calidad del material vegetal, el control del ecosistema, un mejor control y una mejor gestión del proceso productivo, además del control de calidad en la producción. La Fruticultura va asimilando los nuevos conocimientos técnicos y científicos, con la finalidad de obtener una producción rentable en las diferentes condiciones económicas y sociales por las que atraviesa.

1.1. Áreas de cultivo

El cultivo de frutales está muy extendido a lo ancho de todo el mundo. Son las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua las que limitan, principalmente, la extensión y adaptación de las diferentes especies.

Las principales zonas productoras de fruta se encuentran, aproximadamente, entre las latitudes de 30° y 50°, según puede verse en la Figura 1.1. No obstante la altitud y las condiciones geográficas zonales también originan que se encuentren zonas productoras a mayores o menores latitudes.

Existe una gradación que va desde las regiones cálidas, con las especies tropicales que tienen elevadas necesidades de calor y no resisten el frío, hasta las regiones frías, con especies de zonas templado-frías que necesitan reposo invernal y son tolerantes al frío. Dentro de cada especie hay también una gran diversidad varietal en cuanto a su adaptación al medio.

Las principales zonas con frutales de pepita y hueso se encuentran en los países europeos (Italia, Francia, España, Alemania, etc.), Rusia, China, y Estados Unidos. Las mayores extensiones de cultivos tropicales y subtropicales se encuentran en las zonas más cálidas de los países sudamericanos, extremo Oriente y África. Los cítricos se encuentran muy extendidos en las zonas cálidas de todo el mundo, destacando Brasil,

Estados Unidos y China. La vid se concentra principalmente en Europa, aunque también hay zonas productoras en otros muchos países como Estados Unidos, ex-Unión Soviética, Turquía, Argentina, Australia, etc. El olivo se concentra en los países mediterráneos, principalmente en Italia, España y Grecia.

Aunque el principal condicionante para la expansión de una especie frutal sea la temperatura, no hay que olvidar que existen otros factores climáticos y muchos más condicionantes del medio ecológico que hacen no aconsejable el cultivo de una especie en zonas desfavorables, puesto que siempre se encontrará en inferioridad de condiciones a la hora de competir en productividad y calidad con las zonas más favorables.

Téngase en cuenta que el hecho de que una especie frutal crezca y sobreviva en un medio ecológico determinado no implica que en ese medio se pueda llevar a cabo su explotación con suficientes garantías de éxito. Por otro lado, las intervenciones que se realizan sobre el medio ecológico, modificando sus características, y la tecnología de producción aplicada, hacen que se pueda cultivar especies en condiciones protegidas o en cultivo forzado, cuando las condiciones naturales de cultivo en la zona no lo permitirían o bien no lo aconsejarían.

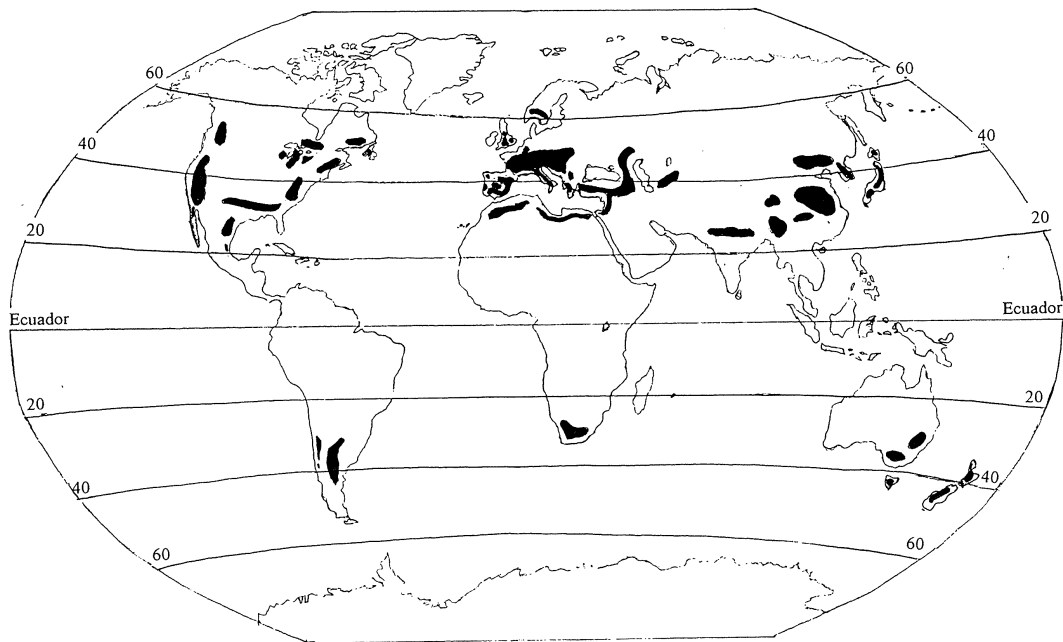


Figura 1.1. Principales zonas productoras de fruta.

1.2. Finalidad del cultivo

Las especies frutales se cultivan con la finalidad fundamental de producir frutos, además para la producción de nuevas plantas y, en ocasiones excepcionales, con otras finalidades no productivas o bien complementarias. Estas finalidades se agrupan en los siguientes tipos:

1) Obtención de frutos con dos objetivos:

- Frutos para consumo directo. Utilizados como frutos frescos o bien en algunos casos aprovechados por sus semillas, como ocurre con los frutos secos.
- Frutos para transformación. Utilizados por diferentes cualidades, como es el caso de la uva para vinificación, las olivas para aceite, la manzana para sidra, la pera y el melocotón para conserva en almíbar, etc.

2) Finalidad viverística.

Las plantas se cultivan para la producción de material vegetal que será utilizado en el proceso viverístico, como es el caso de plantas madres para la producción de estaquillas, acodos, injertos y semillas. En los viveros se producirán las plantas (patrones y plantones) con las que luego se establecerá la plantación frutal.

3) Finalidad ornamental y paisajística.

Se emplean las plantas con un carácter decorativo o estético, y en algún caso de sombreado. Se busca la belleza de formas, el porte, el colorido, el follaje, etc.

Es el caso de plantas utilizadas en jardines y parques para formar setos, pérgolas y emparrados, parterres con conjuntos arbóreos o arbustivos, o bien como individuos aislados desarrollando su porte de forma más o menos natural. Asimismo, como árboles de paseo en alineación en calles y parques.

4) Finalidades mixtas y de carácter muy específico.

Se encuadran en este tipo aquellos cultivos que se realizan con varias finalidades como es el caso de los huertos de recreo, cuya finalidad es la producción a la vez que el entretenimiento. Igualmente con una finalidad triple: ornamental, recreativa y productiva, como es el caso de los frutales implantados en las parcelas de casas de campo, chalets, etc.

En ocasiones excepcionales el cultivo de frutales se realiza con objetivos muy específicos, como es el caso de la utilización de plantas para indexaje de virosis, cultivos para la producción de polen, o bien cultivos para el proceso de mejora genética y para la investigación frutícola.

2. Las plantas leñosas frutales

Las plantas leñosas productoras de fruta se hallan incluidas dentro del grupo de las Angiospermas, con excepciones como el pino piñonero que pertenece a las Gimnospermas. Asimismo, dentro de las Angiospermas, las especies frutales se hallan incluidas, casi en su totalidad, dentro de la clase Dicotiledoneas, con excepciones como la palmera datilera que pertenece a la clase Monocotiledoneas. Luego se encuentran dispersas en varias familias y comprenden una gran diversidad de géneros, con formas y características muy diferenciadas.

Cada uno de los géneros incluye, en general, varias especies, tanto silvestres como cultivadas. Las especies cultivadas presentan numerosas variedades (o cultivares) fruto de la selección y la mejora genética. A su vez una variedad puede incluir diferentes clones, o individuos con diferente genotipo pero con unas características comunes que permiten encuadrarlos dentro de una misma variedad. Las variedades son cultivadas para la producción de frutos, aunque algunas de ellas son utilizadas como patrones (o portainjertos) para formar mediante el injerto la planta frutal.

La mayor parte de las especies frutales presentan formas arbóreas, aunque también hay especies arbustivas con una gran importancia de cultivo. Las podas que se dan a la planta modifican la forma natural tanto de los árboles como de los diferentes tipos de arbustos frutales.

En el texto se hace referencia solamente a las plantas leñosas, pero es frecuente incluir dentro de los tratados de Fruticultura a algunos cultivos herbáceos productores de fruta, como es el caso de la fresa, aunque no del melón y la sandía; no obstante, debido a su sistema de explotación es más propio tratarlos desde el ámbito de la Horticultura. Lo contrario ocurre con la platanera que, aunque no es una planta leñosa, su tecnología de producción se asemeja más a la de una plantación de especies leñosas.

2.1. Tipos de frutales

Las especies frutales se clasifican en muy diferentes formas, atendiendo a criterios botánicos (taxonómicos), ecológicos, agronómicos, o bien criterios basados en las características de la planta y de los frutos, en su aprovechamiento, etc. No obstante, desde un punto de vista práctico es frecuente encontrar en los tratados de Fruticultura la clasificación en función de su adaptación climática. Asimismo, en los inventarios frutícolas se sigue una clasificación basada fundamentalmente en las características de sus frutos.

Según la adaptación climática, los frutales se clasifican en los siguientes tipos:

1. Especies de zona templado-fría.

Estas especies soportan bien las bajas temperaturas invernales (inferiores a -10 °C o -15 °C) sin sufrir daños. Tienen necesidades de frío invernal para salir del reposo y no son adecuadas para zonas con inviernos templados.

Entre las especies mejor adaptadas al frío se encuentra el manzano, y se incluyen también dentro de este grupo el peral, el cerezo, el membrillero y el ciruelo europeo, así como algunas especies de pequeños frutos como el frambueso y el grosellero.

2. Especies de zona templado-cálida.

Estas especies son más sensibles a las bajas temperaturas invernales (inferiores a -10 °C) pero siguen teniendo necesidades de frío invernal en su reposo, y por otro lado están mejor adaptadas a los veranos cálidos.

En este grupo se incluyen el melocotonero, el albaricoquero y el ciruelo japonés, y luego adaptadas a las zonas más cálidas se incluyen el almendro, el pistacho, el avellano, el nogal, el olivo y la vid (esta última adaptada también incluso a zonas tropicales).

3. Especies subtropicales.

Son especies muy sensibles a las bajas temperaturas invernales (inferiores a -5 °C). No tienen necesidad de acumular frío invernal durante el reposo y tienen necesidades moderadas o altas de calor durante el periodo vegetativo.

Se incluyen en este grupo, ordenadas de menor a mayor necesidad de calor: la higuera, el caqui y la pacana; luego el naranjo, el limonero, el mandarino, el aguacate, el chirimoyo y el níspero; y como más exigente la palmera datilera.

4. Especies tropicales.

Estas especies no suelen soportar temperaturas inferiores a 0 °C, no precisan acumular frío invernal y son muy exigentes en calor.

Como ejemplo de este grupo se tiene a la platanera, al mango y a la papaya.

Otra clasificación de los frutales, basada en las características productivas y en el tipo de fruto, es la que incluye los siguientes grupos:

1. De fruta dulce:

- a) De pepita (fruto en pomo): peral, manzano y membrillero.
- b) De hueso (fruto en drupa): melocotonero, albaricoquero, cerezo y ciruelo.
- c) Otras especies: higuera, kiwi, caqui, platanera, piña, etc.

2. De frutos secos:

Almendro, avellano, nogal, pistacho, etc.

3. De pequeños frutos:

Grosellero, frambueso, zarzamora, arándano, endrino, etc.

4. Agrios:

Naranjo, limonero, mandarino, pomelo, etc.

5. Vid.

6. Olivo.

7. Frutales exóticos (lichi, papaya, etc.) y otros frutales.

3. Diferencias esenciales entre el cultivo de especies frutales y otros cultivos

El cultivo de especies frutales presenta unas características y una problemática particular que lo diferencia de otros tipos de cultivo, especialmente de los cultivos herbáceos.

Las diferencias radican, principalmente, en aspectos derivados de las características de la vida del cultivo, de la morfología y fisiología de la planta, y de las exigencias específicas del proceso productivo y de las técnicas de cultivo.

Las características diferenciales más significativas son las siguientes:

1. Plantas perennes.

El carácter perenne del cultivo marca diferencias muy importantes con los cultivos anuales o de un número reducido de años. La duración del cultivo puede variar desde una a varias décadas, dependiendo de las especies o de la tecnología de producción, lo que origina una serie de problemas derivados de la falta de alternancia y del desequilibrio ecológico que se crea con la plantación.

Las plantas ocupan, por tanto, una posición fija; pero, sobre todo, a lo largo de los primeros años de su vida, varía tanto la ocupación del suelo como la ocupación del espacio aéreo, lo que dificulta la optimización del aprovechamiento de los recursos.

Asimismo, algunos sucesos o accidentes que sufren las plantas pueden tener repercusión sobre las campañas productivas de varios años, o incluso llegan a afectar a la plantación el resto de su vida productiva.

2. Fases muy diferentes durante la vida de la planta.

La planta pasa a lo largo de su vida por una serie de fases con características y necesidades muy diferentes.

Su primera etapa, normalmente, transcurre fuera de la explotación o plantación definitiva, desarrollándose en el vivero. La implantación del cultivo en su terreno definitivo suele ser más compleja que en otros tipos de cultivos.

Luego, en relación con la producción, el cultivo pasa por las siguientes fases, con duraciones muy variables:

- Improductiva.
- Entrada en producción.
- Plena producción.
- Descenso de la producción (envejecimiento).

A su vez, en estas fases las necesidades del proceso productivo son muy diferentes. Por ejemplo: en actividades a realizar, en materias primas aportadas, en mano de obra, etc. Además de ser diferentes las producciones en cada fase, éstas también pueden presentar grandes variaciones de un año a otro dentro de la misma fase.

Todo ello origina una mayor complicación a la hora de planificar las necesidades de explotación y a la hora de ejecutar las actividades.

3. Constitución de la planta.

La planta está constituida, en la mayor parte los cultivos, por dos materiales vegetales genéticamente diferentes: el patrón y la variedad, según se representa en la Figura 1.2. Estos materiales llegan a ser hasta de diferente género, en algunos casos. En combinaciones excepcionales también se requiere un tercer material vegetal para facilitar la afinidad entre las partes (injerto intermediario).

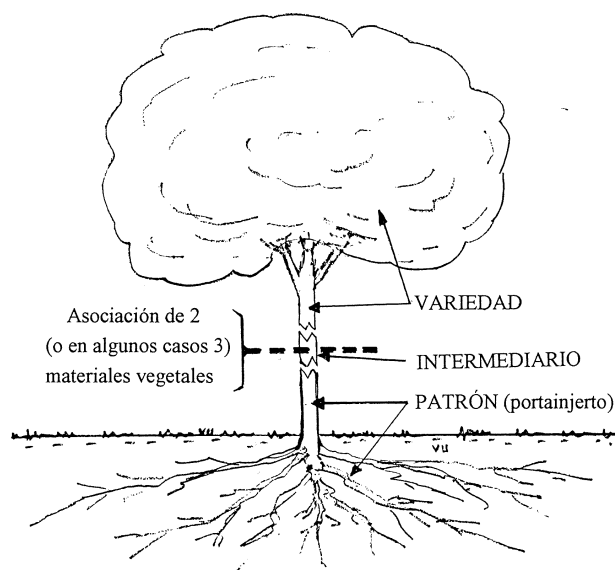


Figura 1.2. Constitución de la planta por diferentes materiales vegetales.

Este hecho ha supuesto un gran avance para el cultivo frutícola, al permitir combinaciones con estos materiales vegetales, de forma que se puedan utilizar los más adecuados a las exigencias de adaptación al suelo, al clima, al vigor deseado para la planta, etc. No obstante, la interacción mutua entre el patrón y la variedad no siempre se puede establecer exactamente, y, en ocasiones, se presentan problemas no deseados para la plantación, como puede ser la falta de afinidad o una respuesta productiva no adecuada.

4. Estructura y forma de la planta.

Las plantas deben adoptar una estructura determinada, definida por el sistema de formación empleado. Esta estructura será erigida mediante intervenciones de poda, desde que la planta se produce en el vivero hasta que finaliza su vida productiva en la plantación.

La formación de la estructura principal (o esqueleto) se realiza durante los primeros años, hasta que la planta entra en plena producción y adquiere la estructura y tamaño definitivos. No obstante, la forma concreta de la planta variará ligeramente de unos años a otros, según las sucesivas intervenciones de poda que se vayan realizando y los crecimientos anuales que se produzcan.

5. Necesidades fisiológicas.

Algunos procesos fisiológicos de la planta requieren requisitos estrictos y complejos, especialmente los relacionados con la fructificación.

Así por ejemplo, muchas variedades tendrán necesidad de pasar un determinado número de horas por debajo de una temperatura dada, durante el reposo invernal (acumulación de horas-frío). Así mismo, se requieren unas condiciones adecuadas para que se lleve a cabo la formación de yemas fructíferas (inducción floral), la polinización, el cuajado y crecimiento de los frutos, etc., de cuyos sucesivos fenómenos dependerá, año tras año, el éxito de la plantación.

6. Aspectos del proceso productivo y de las técnicas de cultivo.

El proceso productivo está muy condicionado por el medio ecológico. No debe olvidarse que la planta está expuesta todo el año a sus condiciones, las cuales influirán sobre los diferentes estados fenológicos por los que atraviesa el cultivo (reposo, brotación, floración, etc.). Además, será muy difícil actuar sobre este medio, y más aún una vez implantado el cultivo, como por ejemplo modificar las características del suelo.

A su vez el propio cultivo modificará a lo largo de los años el ecosistema previo, sobre todo en la biodiversidad y en las propiedades físicas.

El carácter perenne del cultivo y sus necesidades fisiológicas originan que las acciones del medio en un año determinado puedan tener repercusión o manifestación en años posteriores. Es el caso, por ejemplo, de tener condiciones adversas durante la inducción floral, con la consiguiente falta de flores al siguiente año; o el de sufrir una fuerte granizada, que además de perder la producción ese año, las heridas producidas en el árbol tendrán secuelas varios años.

Las necesidades del proceso productivo no son uniformes en todas las fases de la plantación, según ya se ha citado. Además a lo largo de cada campaña hay momentos con una gran necesidad de mano de obra y equipos, como en la poda, el aclareo y la recolección; y en otros períodos las necesidades de la plantación se limitan solamente al riego, al mantenimiento del suelo y a algún tratamiento fitosanitario.

También, la plantación puede requerir un planteamiento especial por las exigencias de polinización de las plantas, lo que obliga a implantar polinizadores en muchas especies e instalar colmenas en la plantación, para que se lleve a cabo correctamente la polinización, y la posterior fecundación y desarrollo del fruto. La necesidad de emplear polinizadores será siempre un inconveniente que se añade a la plantación.

La explotación frutal requiere también una tecnología de producción específica, adaptada a las necesidades de su proceso productivo. En muchos casos, las técnicas aplicadas precisan instalaciones fijas durante toda la vida la plantación, como estructuras de apoyo para facilitar la formación y sostenimiento de las plantas, redes de riego adaptadas a la disposición de las líneas de plantación, o sistemas de protección del cultivo; así como equipos específicos de poda o de recolección.

Los aspectos comentados marcan unas diferencias importantes entre la explotación de cultivos leñosos y de otro tipo de cultivos. Estas diferencias y las repercusiones que originan, especialmente sobre la rentabilidad en el caso de cometer un error, hacen que los cultivos frutales exijan un mayor cuidado en la planificación, diseño, ejecución y proceso productivo de la explotación. Por lo que el ingeniero que proyecta y dirige la explotación tendrá una mayor responsabilidad.

4. Concepto de morfología y fisiología de los frutales

La Morfología es la parte de la Biología que trata de la forma de los seres vivos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta.

El estudio de la forma y estructura de los frutales incluye los siguientes aspectos:

- Componentes o partes de la planta.
- Forma y constitución de los diferentes elementos y órganos.
- Distribución espacial.
- Evolución en el tiempo.

Las especies leñosas frutales muestran diversas formas de plantas, las cuales a su vez presentan particularidades estructurales y órganos con una organización interna y caracteres muy diferentes.

Esta gran variación se tratará de estudiar en la presente Monografía de forma genérica, agrupando los tipos que derivan de formas originarias comunes, y que por lo tanto presentan cierta analogía en su estructura y constitución. Luego en textos específicos se desarrolla la morfología concreta y el estudio particular de cada especie frutal.

El estudio de la morfología externa de los órganos de la planta se designa botánicamente como Organografía. Este estudio no puede separarse por completo de la Histología, ya que la organización interna y la forma exterior están muy relacionadas, por lo que en el texto también se hará referencia, en varias ocasiones, a los tejidos y a su función.

La Fisiología estudia las funciones de los seres vivos. Por tanto, la fisiología de especies frutales tratará sobre las actividades vitales que se llevan a cabo en las plantas, el mecanismo de estos fenómenos vitales y las funciones que desempeñan.

Desde un punto de vista práctico, puede dividirse el estudio fisiológico en dos aspectos:

- a) Fisiología del desarrollo, que trata de los procesos de crecimiento, desarrollo y reproducción.

- b) Fisiología del metabolismo, que estudia los intercambios materiales y las transformaciones físicas y químicas que se producen en las células y órganos de la planta.

En la presente Monografía se trata principalmente del crecimiento de la planta y de las funciones de sus órganos, siempre desde un punto de vista general y sin profundizar en el conocimiento fisiológico de forma exhaustiva y específica. Asimismo, los procesos fisiológicos de floración y fructificación serán tratados en una siguiente Monografía.

5. El árbol frutal

La forma de planta más significativa del cultivo de especies frutales es el árbol frutal, aunque como ya se ha citado, algunas especies importantes presentan formaciones que no se adaptan a la estructura típica del árbol, como son por ejemplo la vid o el kiwi y otras especies netamente arbustivas.

El árbol frutal de la explotación actual difiere bastante de la concepción clásica de un árbol tipo. Las numerosas intervenciones que se realizan sobre la planta, a lo largo de su vida en la plantación frutal, hacen que el árbol frutal adopte una estructura y un desarrollo muy diferente del que tendría esa especie creciendo en condiciones naturales, sin la intervención del fruticultor.

El crecimiento natural de un árbol origina un tronco bien definido y una copa con una forma más o menos piramidal o globosa. Su forma depende de la predominancia del crecimiento del tallo, formando entonces una estructura con un eje central característico, o bien de la predominancia de su ramificación lateral, como consecuencia de la pérdida o menor crecimiento del meristemo apical del eje, formando entonces una estructura en forma de vaso.

Con la edad las ramas principales se van quedando desguarnecidas de vegetación, lo que origina el despoblamiento vegetativo de la zona interior y que la fructificación se desarrolle en la zona más exterior, cada año más alejada del centro. El peso de los frutos ocasiona arqueamientos característicos en las ramas y el desarrollo de algunos ramos vigorosos o chupones, que dan lugar a un rejuvenecimiento parcial de la copa. El aspecto que presenta un árbol tipo se asemejará al representado en la Figura 1.3.

Por el contrario, el árbol de una plantación frutal tendrá desde su origen un desarrollo controlado por fruticultor. En la mayor parte de los casos ya se parte de un árbol compuesto por dos materiales vegetales diferentes: patrón y variedad, que mediante injerto originan un individuo complejo, sobre cuyas características vegetativas y productivas ya se ejerce un primer control aunque no siempre con la efectividad deseada.

Durante el periodo de juventud, la estructura de este árbol es moldeada mediante la poda, según los deseos del fruticultor, adquiriendo su esqueleto, incluso, formaciones geométricas y caprichosas. De igual manera se moldea la forma de la copa hasta conseguir que ocupe el volumen deseado en la plantación. Se persigue con ello que el manejo de la plantación se realice sin dificultades, y que la fructificación se sitúe en las condiciones más favorables y sea fácilmente accesible para la recolección. El aspecto del árbol frutal, tal como se representa en la Figura 1.4, será muy diferente del que presenta el árbol tipo.

Además de estas dos intervenciones muy llamativas, que se han comentado, sobre la planta se interviene de muy diversas maneras, tanto directa como indirectamente. Así por ejemplo se controla su nutrición mediante el riego y la fertilización, se interviene sobre las condiciones del suelo en que se desarrolla mediante laboreo y otras aplicaciones (aireación, drenaje, etc.), sobre las condiciones ambientales mediante protecciones o modificaciones del medio (calentamiento, humectación, etc.), se controlan sus plagas y enfermedades, e, incluso, se llega a intervenir sobre los procesos fisiológicos de la planta mediante tratamientos hormonales y de regulación del crecimiento.

A pesar del cuantioso número de intervenciones que se realizan sobre el medio y sobre el árbol, o sobre cualquier tipo de planta que se cultive en una plantación frutal, muchos aspectos y factores escapan del control del fruticultor. No debemos olvidar que en la explotación se trabaja con seres vivos y, por tanto, con un proceso biológico que se desarrolla en un medio ecológico variable y muchas veces imprevisible, lo cual conlleva un alto grado de incertidumbre y de riesgo.

El grado de control que se puede ejercer sobre los árboles y sobre el medio, basado en el conocimiento científico y técnico, será la base para una buena gestión de la explotación frutal y, en definitiva, para el éxito del cultivo.

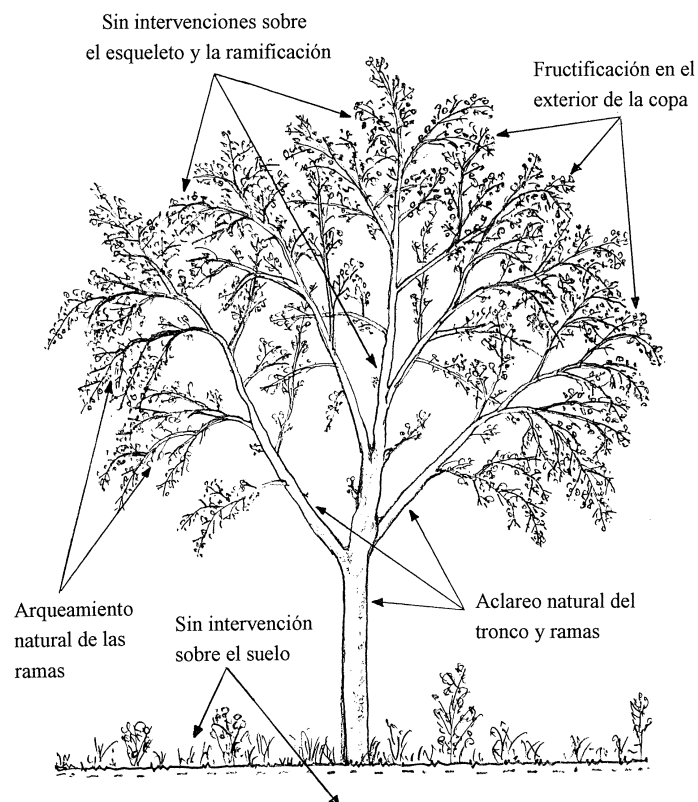


Figura 1.3. El árbol tipo.

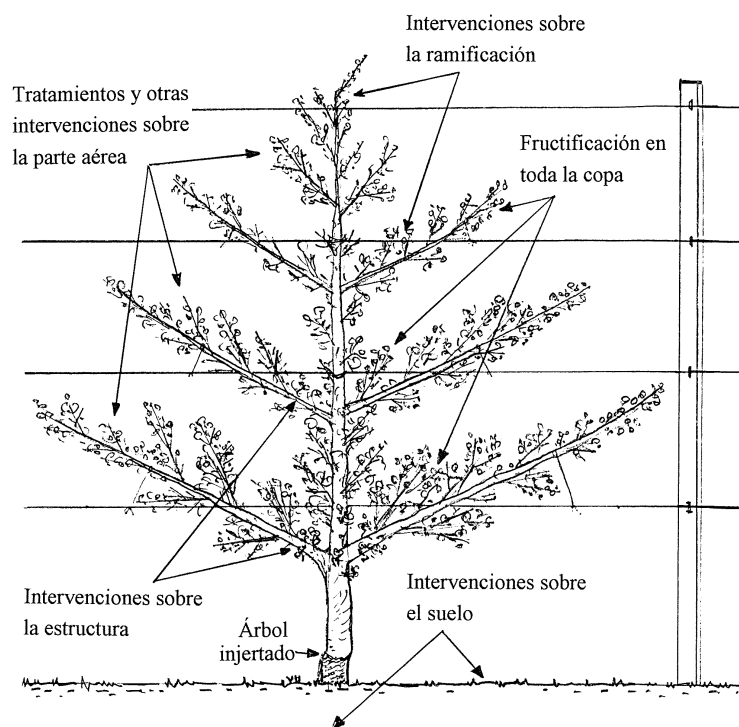


Figura 1.4. El árbol frutal.

5.1. Componentes del árbol

En el árbol frutal se diferencian dos grandes componentes: el sistema radical y el sistema aéreo, según puede apreciarse en la Figura 1.5.

El sistema radical comprende todo el conjunto de raíces que anclan el árbol al suelo y le proveen de agua y nutrientes. Este sistema está constituido por una serie de raíces más o menos gruesas que se ramifican en sucesivos órdenes, hasta formar raicillas finas que reciben la denominación de cabellera.

El sistema aéreo está compuesto por el tronco y un conjunto de ramas gruesas estructuradas en sucesivos ordenes que forman el esqueleto del árbol, sobre el que se asienta el resto de la ramificación, constituida por las ramas más jóvenes y, finalmente, por los ramos. Sobre los ramos se asientan las yemas, que en su evolución darán lugar a los nuevos brotes y a las flores y frutos. Las hojas desarrolladas por los brotes revisten las ramas formando la copa del árbol.

Debe recordarse que tanto la forma del sistema radical como la del sistema aéreo se verán modificadas por las características del medio en que se desarrolla el árbol y por las intervenciones realizadas por el fruticultor.

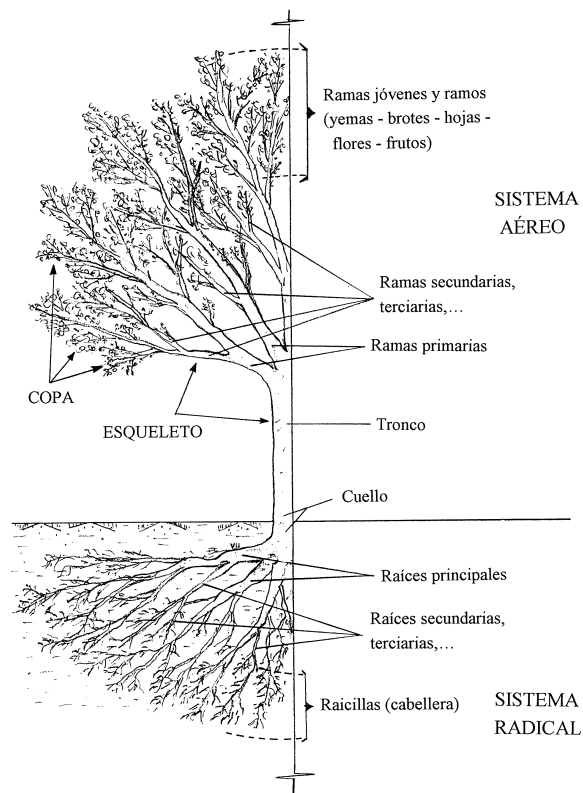


Figura 1.5. Componentes del árbol.

6. Bibliografía (Capítulo 1. Las especies frutales)

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:

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [1 - 35, 211 - 212, 283 - 292].

Gil, G.F. 1977. *Fruticultura. El potencial productivo*. Universidad Católica de Chile. Santiago. 342 pp., [21 - 44].

Maroto, J.V. 1998. *Historia de la Agronomía. Una visión de la evolución histórica de las ciencias y técnicas agrarias*. Mundi-Prensa. Madrid. 371 pp., [Varias].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. Mº. Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [1 - 9].

Papadakis, J. 1960. *Geografía agrícola mundial*. Salvat Editores. Barcelona. 649 pp., [177 - 203].

Rallo, L.; Camacho, F. 1977. *Bases fisiológicas de la producción frutal*. E.T.S.I. Agrónomos de Córdoba. Monografía. 9 temas. Córdoba. s/pp., [Tema 1, 65 pp.].

Urbina, V.; Dalmases, J.; Pascual, M. 1999. *Objetivos de producción en las explotaciones frutales para la primera década del 2000*. Fruticultura Profesional, n.º 106: 25 - 32.

Urbina, V. (2000). *El sistema productivo en explotaciones frutales*. Paperkite Editorial. Lleida. 205 pp., [15 - 37].

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [1 - 20].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 1. Las especies frutales

1 [Campo]. Caracterizar y diferenciar un frutal ornamental de uno productor de fruta para consumo. Como referencia utilizar manzanos o ciruelos.

2 [Campo]. Reconocer, en el periodo vegetativo, las diferentes especies frutales implantadas en el Campo de Prácticas. Advertir las diferencias que presentan respecto a la forma de las plantas y la disposición de los frutos.

3 [Campo - laboratorio - taller]. Reconocer el punto de injerto, distinguiendo la variedad y el patrón, en diferentes plantas injertadas de varios años de edad. Por ejemplo, en los siguientes árboles: manzano sobre manzano, peral sobre membrillero y melocotonero sobre ciruelo, y en otras especies como níspero, granado, y vid.

4 [Laboratorio - taller]. Comprobar en troncos seccionados longitudinalmente por el punto de injerto la soldadura entre los tejidos del patrón y la variedad.

5 [Campo]. Reconocer plantas no injertadas. Por ejemplo: olivo, higuera y avellano.

6 [Campo]. Reconocer plantas formadas por tres materiales vegetales diferentes mediante injerto doble. Por ejemplo: un peral de la variedad Williams injertada sobre un intermediario de la variedad Decana del Congreso, y esta última injertada sobre un membrillero.

7 [Campo]. Reconocer diferentes posibilidades de combinación de materiales vegetales que pueden constituir un árbol frutal. Por ejemplo: un árbol formado por un patrón de ciruelo en cuyo tronco se han injertado dos variedades de melocotonero (melocotón y nectarina), una de ciruelo y una de albaricoquero.

8 [Campo]. Analizar en una plantación adulta las diferentes intervenciones realizadas sobre un árbol frutal y su medio circundante. Utilizar la plantación de manzanos del Campo de Practicas, que dispone de diferentes variedades y sistemas de formación, instalación de fertirrigación y sistema mixto de mantenimiento del suelo.

9 [Laboratorio - taller - campo]. Reconocer la composición y la estructura de un árbol frutal. Se debe disponer de un árbol arrancado en el que se observe bien el sistema radical. En su defecto utilizar un árbol de las plantaciones.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 1. Las especies frutales

1. ¿Cuál es el origen del cultivo de los frutales?
2. ¿Cuándo se produce la gran expansión del cultivo de frutales y a que es debido?
3. ¿En qué zonas pueden desarrollarse los frutales?
4. ¿Cuál es la principal finalidad del cultivo de frutales?
5. ¿Qué condiciones climáticas requieren las especies clasificadas como de zona templado-cálida, y qué frutales se incluyen en esta zona?
6. ¿Cuáles son los aspectos de la vida de los frutales que más los diferencia de otros tipos de cultivos?
7. ¿Por qué está constituida, generalmente, la planta en los frutales?
8. ¿Qué aspectos comprende el estudio morfológico de los frutales?
9. ¿De qué trata la fisiología de especies frutales?
10. ¿Cuáles son las principales intervenciones que se realizan sobre un árbol frutal?

2

EL SISTEMA RADICAL

1. Las raíces de los frutales.
2. Tipificación del sistema radical.
3. Estructura y desarrollo de la raíz.
4. Desarrollo y distribución en superficie y profundidad del sistema radical.
5. Factores que influyen en el crecimiento de las raíces.
6. Funciones de las raíces.
7. Influencia del sistema radical sobre la parte aérea.
8. Franqueamiento y serpeo.
9. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Las raíces de los frutales

El sistema radical de las plantas leñosas frutales está compuesto por un conjunto de raíces sucesivamente ramificado que adopta una estructura más o menos gradual. Las raíces primarias producen en su crecimiento, mediante ramificación acrópeta que progresa hacia el ápice, raíces secundarias; éstas a su vez terciarias, y así sucesivamente en todos los sentidos, hasta finalizar en una serie de raicillas finas que constituyen lo que se denomina cabellera. En la Figura 2.1 se representa esquemáticamente la estructura del sistema radical.

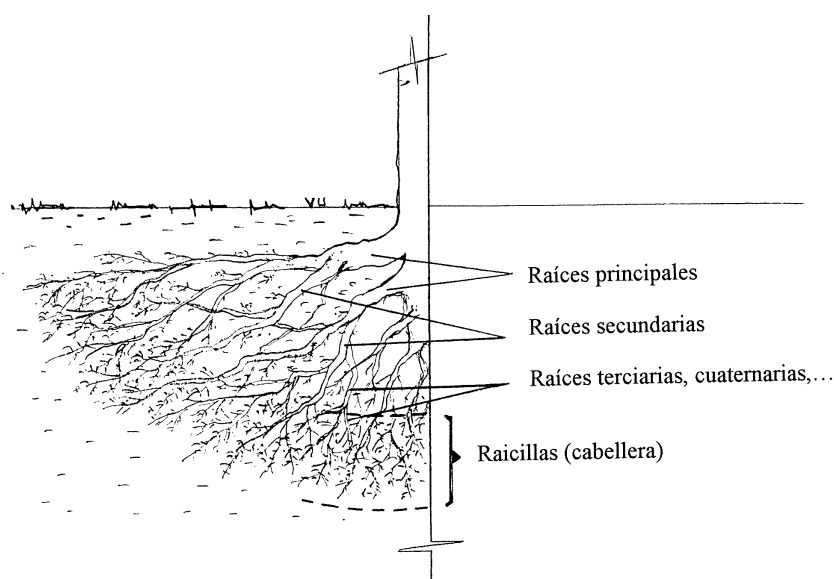


Figura 2.1. Estructura del sistema radical.

1.1. Origen

El sistema radical de los frutales puede tener dos orígenes muy distintos según sea el tipo de propagación empleado para obtener las plantas, bien por semilla o bien por multiplicación vegetativa.

a) Plantas propagadas por semilla.

En las plantas propagadas por semilla se forma una raíz primaria a partir de la radícula del embrión. De esta raíz primaria pivotante surgen raíces laterales de primer orden, a partir de las cuales se desarrollan, mediante ramificación, las raíces de órdenes inferiores sucesivos y la cabellera radical.

Avanzado el desarrollo del sistema radical, la raíz primaria frena su crecimiento y las raíces laterales alcanzan gran vigor y tamaño, llegando a predominar sobre la raíz primaria pivotante. De esta forma, la planta presenta al cabo de varios años un sistema de raíces gruesas fasciculado, más o menos vertical según las características del suelo y de la propia planta.

b) Plantas propagadas por vía vegetativa.

En las plantas propagadas vegetativamente las raíces se originan de forma adventicia, mediante el enraizamiento de brotes y ramos (estaquillado y acodo), o bien por otros métodos. El sistema radical formado se compone inicialmente de varias raíces principales ligeramente oblicuas que se desarrollan por igual en grosor y profundidad, ramificándose en órdenes sucesivos, dando lugar de esta forma, desde su inicio, a un sistema fasciculado.

En la Figura 2.2 pueden verse las raíces de una planta propagada por semilla, con su raíz primaria pivotante originada por la radícula del embrión, y de una planta propagada vegetativamente, con raíces primarias adventicias originadas en un ramo.

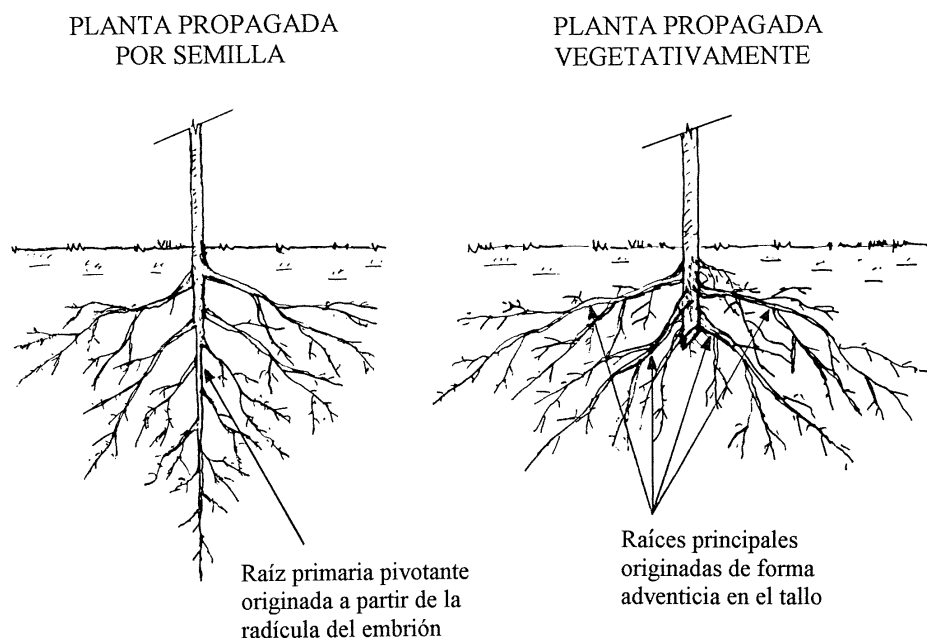


Figura 2.2. Orígenes del sistema radical.

1.2. Forma

Las diversas especies y variedades frutales presentan diferencias apreciables en la forma y dimensión de las raíces. Además, la forma de las raíces dependerá de su origen y de las intervenciones que han sufrido, del suelo, de las actividades culturales y de otros numerosos factores que influyen sobre su desarrollo.

Aunque las raíces de cada planta presentan diferencias en su ramificación, tamaño, etc., en general, la forma del sistema radical puede clasificarse en dos tipos muy diferenciados y una forma intermedia entre ellos; según se representa, esquemáticamente, en la Figura 2.3. Estos tipos son los siguientes

1) Pivotante. Formado por una raíz principal predominante que penetra vertical y profundamente en el terreno.

2) Fasciculado. Formado por varias raíces principales predominantes, con una tendencia inicial ligeramente horizontal, que penetran en el terreno en todas las direcciones.

3) Forma intermedia entre pivotante y fasciculado. Originada al morir o cesar el crecimiento de la raíz principal en un sistema pivotante y tomar preponderancia las raíces secundarias que nacen en ella.

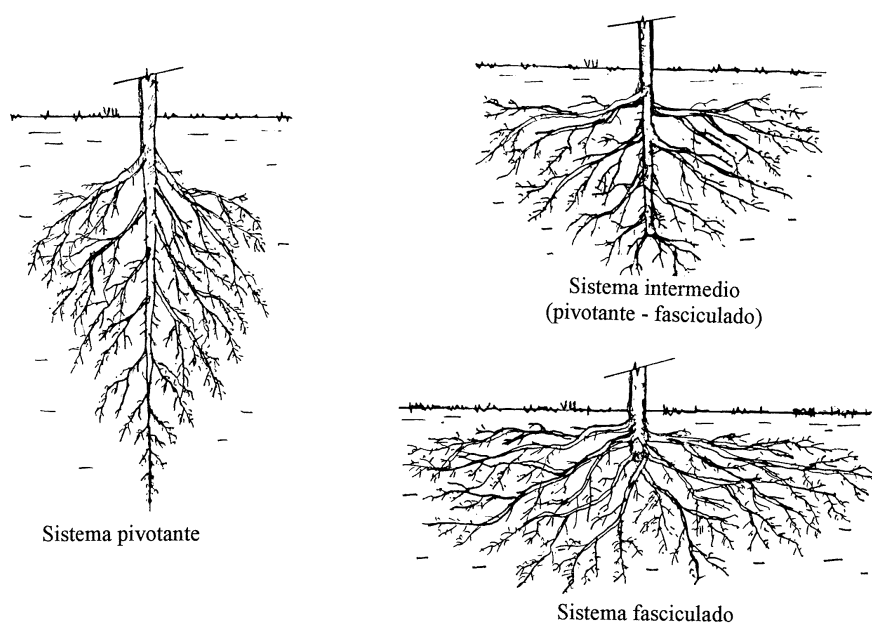


Figura 2.3. Formas del sistema radical.

Las plantaciones frutales no presentarán sistemas radicales pivotantes, debido sobre todo a las operaciones que sufren las raíces de las plantas en el vivero y en el momento de ser implantadas en la explotación. Aunque las raíces tengan diferente origen, la estructura del sistema radical tiende a ser muy parecida al cabo de los años

Si la planta proviene de semilla, al repicarla o arrancarla definitivamente del vivero perderá la raíz pivotante. Igualmente, las plantas con sistema fasciculado perderán los extremos de sus raíces principales al arrancarlos del vivero. Luego, con la poda de raíces, que habitualmente se realiza antes de implantarla en la plantación, los sistemas radicales de uno u otro origen serán más o menos uniformes, tal como puede verse en el esquema de la Figura 2.4. Por lo tanto, las plantas de una plantación adulta presentarán sistemas radicales más o menos fasciculados, con varias raíces principales que parten próximas a la zona del cuello.

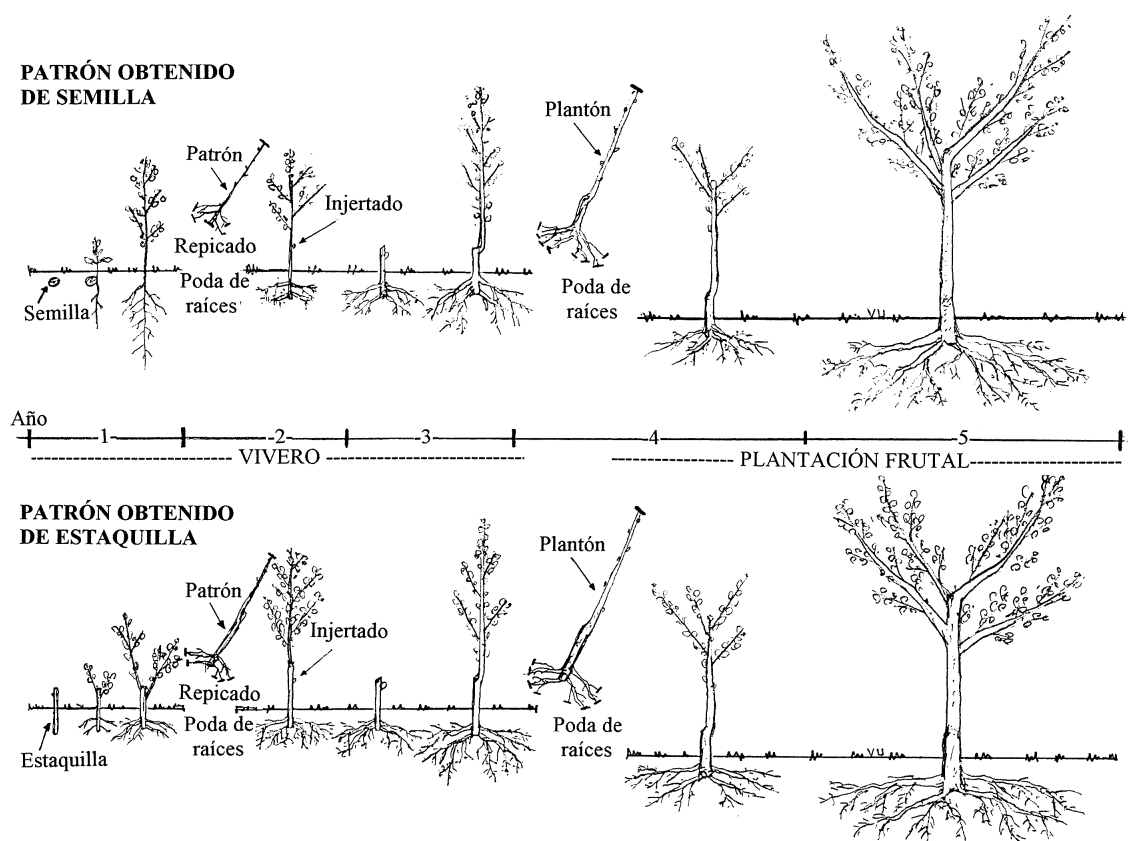


Figura 2.4. Formación del sistema radical de los frutales.

Con el paso de los años, el sistema fasciculado, que inicialmente presentan las raíces en la plantación, adoptará luego una forma particular que dependerá del vigor y de las características vegetativas de la especie y variedad, y del medio en que se desarrolla. En unos casos las raíces gruesas serán más verticales y profundizarán más en suelo, como en los perales y almendros; en otros casos serán más horizontales manteniéndose más superficiales, como en ciruelos, membrilleros y manzanos.

2. Tipificación del sistema radical

Dada la gran diversidad de especies frutales existentes, los sistemas radicales presentan variaciones importantes en cuanto a la forma y desarrollo en el suelo.

Los tratados de Botánica recogen diferentes clasificaciones genéricas de los sistemas radicales de los árboles y arbustos, basadas normalmente en criterios como: la dimensión, la función que desempeñan, el origen, su persistencia, etc.

Desde un punto de vista práctico respecto a los frutales, la tipificación también puede hacerse en base a criterios similares que permitan caracterizar las raíces y comprender sus funciones y desarrollo, tanto en el vivero como en la plantación frutal, según se expone seguidamente.

2.1. Clases de raíces

A) Clasificación según el origen.

Según el origen, las raíces son de dos tipos:

1- Raíces primarias.

Dan lugar al inicio de todo el sistema radical de la planta, por eso se denominan también raíces principales o madres. Tienen dos orígenes diferentes:

- 1) Procedentes de la radícula del embrión. Raíz normal originada por el desarrollo de la radícula del embrión de la semilla, después de la germinación.

2) Procedentes de raíces adventicias. Son aquellas raíces que aparecen en lugar y tiempo anormales. Se originan de manera endógena, a partir de la formación de meristemas secundarios, en raíces ya desarrolladas, tallos o incluso hojas. Generalmente se originan después de haber sufrido lesiones estos órganos en sus tejidos o por la aplicación de tratamientos hormonales, y siempre que exista un medio adecuado para su desarrollo.

2- Raíces laterales.

Se originan por ramificación natural de la joven raíz primaria, de manera endógena. Es decir, en el interior de los tejidos de la raíz con estructura primaria, a partir del periciclo, que es un meristema que ha conservado la capacidad de dividirse. Luego perforan en su crecimiento a los otros tejidos de la raíz hasta salir al exterior.

Esta ramificación da origen, sucesivamente, a raíces secundarias, terciarias y de órdenes ulteriores, hasta llegar a la cabellera, la cual avanzará en el suelo a lo largo del tiempo, a la vez que se produce una renovación de raíces.

En general, en los frutales la estructura ramificada se produce tanto por la emisión de raíces laterales como por la formación de raíces adventicias en las ya existentes.

B) Clasificación según la distribución en el suelo.

Según la posición y la distribución que presentan en el suelo que colonizan, las raíces se clasifican en dos tipos:

1- Raíces horizontales.

Se desarrollan en los horizontes más superficiales del suelo, de forma más o menos paralela a la superficie. Se extienden radialmente en una zona no más profunda de un metro, donde las condiciones del medio son más adecuadas (aireación, nutrientes, etc.), explorando así una gran superficie.

2- Raíces verticales.

Se desarrollan más o menos verticalmente, profundizando varios metros en suelo, si las condiciones del mismo lo permiten. Aseguran el anclaje de la planta, además de explorar los horizontes profundos extrayendo sus nutrientes y el agua.

C) Clasificación según la dimensión y su función.

Según el grosor y la longitud que presentan las raíces, y correlacionado con la estructura interna y función principal que realizan, se encuentran los siguientes tipos de raíces:

1- Raíces de esqueleto.

Son raíces gruesas y fuertemente lignificadas, con un diámetro, en general, de uno a varios centímetros. Su longitud depende de la ramificación existente, alcanzando de varios centímetros a uno o más metros. Constituyen el esqueleto del sistema radical e incluyen la raíz o raíces primarias y las raíces de los primeros órdenes (normalmente secundario y terciario, según la edad de la planta). Su función es netamente de anclaje, de conducción y de acumulación de reservas.

2- Raíces fibrosas.

Son raíces delgadas o muy delgadas, de menos de medio centímetro a menos de un milímetro de diámetro. La longitud es relativamente corta y varía, según sus tipos, de menos de un milímetro a varios centímetros. Constituyen la denominada cabellera del sistema radical, incluyendo los órdenes subsiguientes a las raíces de esqueleto.

A su vez, se pueden clasificar en:

a) Raíces axiales (o de crecimiento) y absorbentes.

Tienen estructura primaria y su función es extender rápidamente el sistema radical mediante el crecimiento en longitud y la formación de ramificaciones laterales, a la vez que tienen una función absorbente.

Solo una parte de las raíces axiales serán las encargadas del crecimiento en longitud del sistema radical y son la base para la formación de los sucesivos órdenes de ramificación. Llegan a tener longitudes de varios centímetros y se transforman posteriormente en raíces conductoras, al adquirir la estructura secundaria y perder los pelos radicales que portan en su extremo. Estas raíces axiales no tienen micorrizas, su color es blanquecino y su función principal es la extensión rápida del sistema.

La mayor parte de las raíces originadas por la ramificación lateral serán raíces cortas netamente absorbentes. Se diferencian de las axiales por tener una mayor actividad fisiológica, con la principal función de absorber agua y minerales. Comprenden

aproximadamente el 80-90% de las raíces cortas de la planta. Su longitud va desde décimas de milímetro a unos pocos milímetros (no más de 5 mm); y su diámetro tiene escasas décimas de milímetro. La superficie absorbente aumenta hasta diez veces con los pelos radicales que presentan. Tienen un color blanquecino y pueden tener micorrizas. Son de vida relativamente corta (varias semanas) y se autoaclaran.

b) Raíces intermedias y conductoras.

Las raíces intermedias tienen estructura primaria y proceden de las raíces de crecimiento y de algunas absorbentes. Se encuentran al inicio de su engrosamiento secundario, para transformarse luego en conductoras. Son indicadoras de la actividad del sistema radical. Su color es grisáceo claro.

Las raíces conductoras tienen ya estructura secundaria y su engrosamiento posterior las transformará, en algunos casos, en raíces de esqueleto. Su función principal es la conducción de agua y nutrientes en ambos sentidos. Su color es marrón claro a oscuro, y el grosor de varios milímetros.

2.2. Pelos radicales.

Los pelos radicales o pelos absorbentes son estructuras especiales formadas por el crecimiento tubular de la pared de las células epidérmicas de las raíces más jóvenes. Estas prolongaciones de la pared se introducen entre las partículas del suelo, incrementando la superficie de contacto entre la raíz y el medio de dos a diez veces. Su membrana es muy fina, lo que facilitará la absorción de agua con las sustancias disueltas. Se producen en todas o parte de las células epidérmicas, adoptando diferentes formas según las especies.

En las raíces axiales, la zona pilífera se va renovando según va creciendo la extremidad de la raíz, lo que unido a la ramificación y desarrollo de nuevas raíces laterales absorbentes permite explorar nuevas zonas del suelo de manera constante, en el periodo de actividad del sistema radical.

La vida de los pelos radicales es corta. Su longitud aumenta con la edad, hasta que terminan desapareciendo al desprenderse la capa epidérmica y ser sustituida por la exodermis. En las raíces, la zona absorbente activa coincide, prácticamente, con su extremo apical y la zona pilífera.

2.3. Micorrizas.

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre un hongo y la raíz. Esta asociación da lugar a un incremento en la absorción de determinados nutrientes por la planta, mientras que la planta suministra al hongo hidratos de carbono procedentes de la fotosíntesis.

Con las micorrizas se aumenta la superficie de absorción de las raíces por parte de las hifas del hongo y, además, los iones más inmóviles, como fosfato, amonio, zinc, etc., se transportan más rápidamente a través de las hifas del hongo.

El incremento en la absorción de nutrientes origina un mayor crecimiento de las plantas micorrizadas, destacando la mejora de la nutrición nitrogenada y fosfatada y la mejor absorción de oligoelementos, principalmente zinc y cobre. Produce otros efectos indirectos debidos, en general a su mejor estado nutricional, como es la mayor resistencia a la sequía, mayor tolerancia a la salinidad y a los metales pesados, mayor tolerancia a enfermedades causadas por patógenos del suelo y una mejor respuesta al trasplante en el establecimiento de la plantación. Además, se producen cambios hormonales (mayor producción de citoquininas) e interacciones con los posibles patógenos de la raíz y otros microorganismos (acción antibiótica).

Se presentan tres grupos de micorrizas, según la forma de colonización de la raíz por el hongo:

1) Ectomicorrizas.

Forman un manto externo o conglomerado compacto de hifas alrededor de las raíces absorbentes, con una interconexión con los espacios intercelulares del córtex de la raíz denominada red de Hartig. Los hongos que las forman son Basidiomicetos. Son muy comunes entre las especies forestales y ornamentales arbóreas.

2) Endomicorrizas.

El hongo no forma un manto externo y no altera la morfología de la raíz. Sus hifas penetran en el interior de las células corticales de la raíz. Este grupo presenta diferentes tipos de asociaciones, siendo las más extendidas las micorrizas arbusculares que son formadas por Zigomicetos. Uno de los géneros más importantes para los frutales es el género *Glomus*. Estas micorrizas forman en la raíz unas estructuras denominadas arbuscúlos y vesículas. Los arbuscúlos se forman al invadir las hifas la célula cortical y formar una invaginación, y son los más significativos de la simbiosis y donde se

produce el intercambio de nutrientes. Las vesículas aparecen en una etapa posterior y se forman entre las células corticales o dentro de ellas, considerándose órganos de reserva. Las hifas del hongo arbuscular desarrollan luego desde la raíz hacia el suelo una red de micelio externo que aumenta la capacidad de captación de nutrientes por la planta, al explorar mayor volumen de suelo.

Este grupo está muy extendido entre las plantas cultivadas y especialmente entre los frutales.

3) Ectendomicorrizas.

Presentan características de los dos grupos anteriores. Los hongos que las forman son poco conocidos y tienen una distribución muy limitada.

La formación de las micorrizas arbusculares en frutales y el funcionamiento de la simbiosis depende de numerosos factores, entre los que destacan: el pH del suelo, la humedad, la temperatura, la luz y las prácticas culturales.

Con un pH muy ácido el hongo no coloniza las raíces. La humedad, la temperatura y la luz afectan a la capacidad de germinación de las esporas y a la colonización (además de afectar al crecimiento de la raíces). Las actividades culturales y la aplicación de pesticidas y fertilizantes afectarán a las condiciones de desarrollo, pero sobre todo será la desinfección del suelo la que, además de eliminar a los organismos patógenos, eliminará a estos hongos y a otros organismos beneficiosos.

Existen interacciones entre las micorrizas y otros organismos como *Rhizobium*, que tienen efectos favorables para la planta. En otros casos presentan cierto efecto profiláctico frente a los patógenos del suelo, al competir con el patógeno y mejorar la absorción en las zonas sanas.

3. Estructura y desarrollo de la raíz

La constitución de la raíz viene determinada por la actividad de los meristemas (o meristemos) primarios que originan su crecimiento en longitud y dan lugar a la estructura primaria. Luego, la actividad de los meristemas secundarios origina el crecimiento en grosor, dando lugar a la estructura secundaria.

3.1. Estructura primaria

La raíz presenta en su ápice un meristema primario en constante actividad que da lugar a una zona meristemática. Recubriendo esta zona y por delante de ella se encuentra la caliptra o cofia, formada, a la vez, a partir del meristema primario.

La caliptra tiene la función de proteger a la extremidad de la raíz en su crecimiento por el suelo. Está constituida por un grupo de células endurecidas que se van renovando al ir desprendiéndose en la penetración de las capas del suelo o al rodear los obstáculos que encuentra en su crecimiento.

Las células de la zona meristemática primaria al ir diferenciándose forman los primeros tejidos de la estructura primaria. Estos son: el pleroma, formado en el interior y que dará lugar al cilindro central; el periblema que dará lugar al córtex; y, en el exterior, el dermatógeno que dará origen a la epidermis, además de a la caliptra en el ápice, según se ha comentado anteriormente.

El cilindro central está constituido por el floema y el xilema primarios que se alternan parcialmente, el parénquima medular o médula que se encuentra por todo el interior y forma los radios medulares entre los haces leñosos y liberianos, y en el exterior una capa de células denominada periciclo.

Inicialmente, los haces leñosos y liberianos se hallan separados por láminas de parénquima en posición radial, cuyas células originarán posteriormente, de forma puramente secundaria, una capa continua de cámbium interfasciculado con forma estrellada, dando lugar al inicio de la estructura secundaria de la raíz. El periciclo es un meristema que ha conservado la capacidad de dividirse y sirve como base de partida para el desarrollo de raíces laterales.

El córtex está constituido por una capa de células concéntricas al periciclo, denominada endodermis, la cual encierra al cilindro central, y varias capas de células con forma regular en la parte interna y más o menos irregular en el exterior. La zona ocupada por el córtex es bastante mayor que la ocupada por el cilindro central, en esta estructura primaria. La capa de células subepidérmicas de parénquima recibe el nombre de hipodermis.

La capa exterior (epidermis o rizodermis) está constituida por una capa de células, las cuales, posteriormente, dan lugar a la zona pilífera, al prolongarse su pared hacia el exterior formando los pelos absorbentes o radicales en todas o parte de ellas. Este

alargamiento de las células epidérmicas incrementa la capacidad de absorción, al exponer una superficie mayor en contacto con el suelo. A su vez, la pared celular es delgada y de constitución primaria, lo que facilita el paso del agua y de los nutrientes.

La estructura primaria de la raíz se representa, de forma esquemática, en la Figura 2.5. Según va creciendo la raíz en longitud, los pelos absorbentes se van alargando y envejeciendo, hasta que se desprende la célula que los forma. Entonces, al destruirse la rizodermis, se origina en el interior de la epidermis una nueva capa denominada exodermis, constituida por células impermeables con suberina o cutina, restringiéndose, por lo tanto, la función de absorción con estos cambios. En la exodermis hay esparcidas también algunas células no suberificadas permeables.

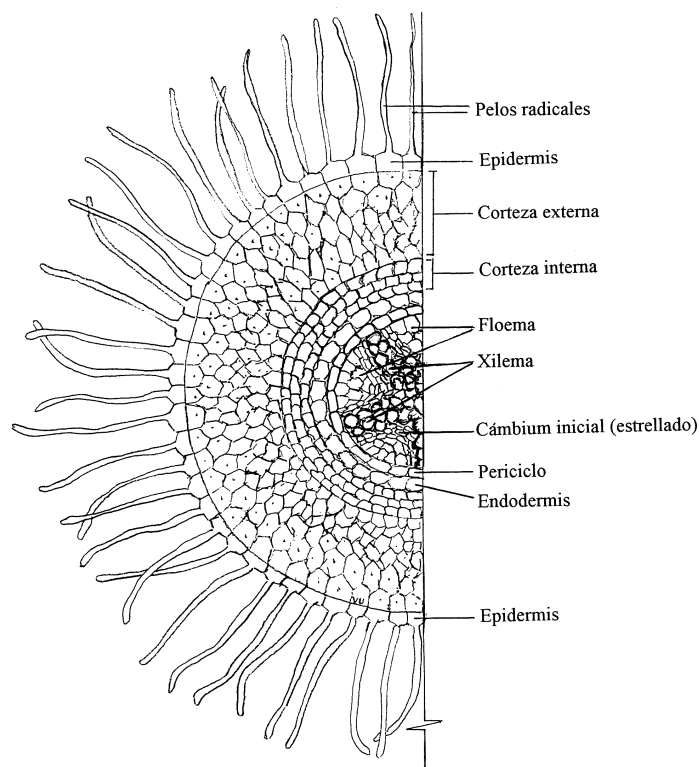


Figura 2.5. Estructura primaria de la raíz.

3.2. Estructura secundaria

A partir de los tejidos de la estructura primaria, y una vez que desaparecen los pelos radicales, se forman dos nuevas zonas meristemáticas, generadoras de las células que dan lugar al crecimiento secundario de la raíz. Estos meristemas secundarios son el cámbium y el felógeno, a partir de los cuales se forma la estructura secundaria de la raíz que se representa, de forma esquemática, en la Figura 2.6.

El cámbium se origina de forma secundaria a partir de las células parenquimáticas del floema primario y de células del periciclo, formando inicialmente una capa continua de cámbium de sección transversal estrellada, la cual se transforma en anillo con los crecimientos posteriores.

El cámbium genera hacia el interior el xilema secundario, formado por los tejidos conductores (vasos y traqueidas), parénquima radial y axial y tejidos de sostén (esclerénquima). Hacia el exterior genera floema secundario, formado por los tejidos conductores (tubos cribosos y otras células), parénquima y tejidos de sostén (colénquima y esclerénquima).

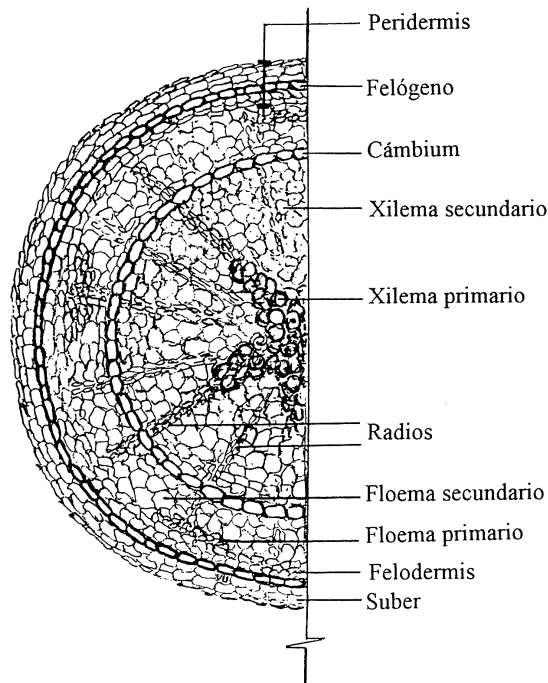


Figura 2.6. Estructura secundaria de la raíz.

La otra zona meristemática secundaria, el felógeno, se origina a partir del periciclo. Con las divisiones periclinales de las células del periciclo se produce un aplastamiento y rotura de la endodermis, a la vez que todo el córtex se rompe y acaba desprendiéndose, siendo sustituido por los nuevos tejidos formados en el felógeno.

El felógeno genera hacia el interior una capa de células parenquimáticas denominada felodermis, y hacia el exterior una capa de células suberificadas denominada suber o feloma. Las células del feloma forman la capa protectora de la raíz, con células muertas que se van desprendiendo al crecer en grosor la raíz.

Las dos capas formadas por el felógeno constituyen la corteza (peridermis) en las raíces con crecimiento secundario, y su grosor en la sección transversal es bastante menor que la del cilindro central, lo contrario que ocurría en la estructura primaria.

3.3. Desarrollo de raíces laterales

Las raíces laterales se originan ordinariamente en el periciclo de la raíz principal y salen al exterior a través del córtex, según se representa, esquemáticamente, en la Figura 2.7.

Se forman en la estructura primaria. Las células del periciclo que inician la división suelen ser las coincidentes con los polos del xilema (protoxilema). Se forma un primordio de raíz lateral (punto vegetativo o iniciador radical). Antes de la salida al exterior de la raíz principal, se diferencian el meristemo apical, el tejido primario del eje de la raíz secundaria y la caliptra.

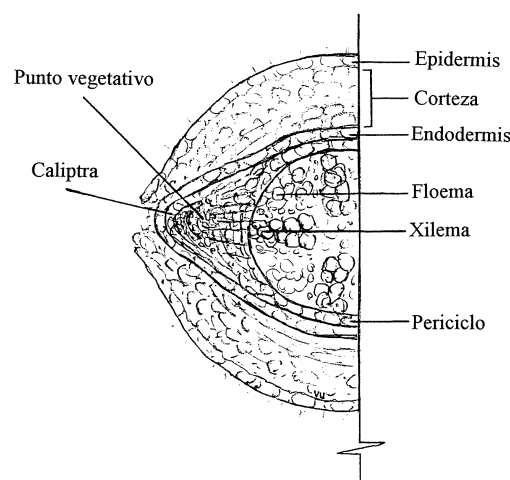


Figura 2.7. Formación de una raíz lateral.

Parece ser que la penetración en el córtex es puramente mecánica ya que no se forman conexiones laterales con los tejidos que va penetrando. En su avance arrastran a la endodermis y terminan penetrándola, lo mismo que a los otros tejidos de la corteza y a la epidermis, aflorando al exterior la caliptra que se pone en contacto con las partículas del suelo.

El inicio de raíces laterales está regulado por un complejo de factores, no bien conocido, en el que intervienen sustancias formadas en el ápice en crecimiento y en los cotiledones de la planta en su desarrollo inicial. Los colapsos corticales a modo de anillado, con la degeneración de todos los tejidos, que se producen en diferentes zonas en el extremo de la raíz al adquirir la estructura secundaria, favorecen el crecimiento de las raíces laterales.

3.4. Desarrollo de raíces adventicias

Las raíces adventicias son aquellas que no tienen origen ni a partir del meristemo apical ni como desarrollo de raíces laterales formadas en la estructura primaria, por lo que se dice que aparecen en lugar y tiempo anormales.

Pueden desarrollarse sobre una raíz con estructura secundaria, sobre un tallo o sobre otros órganos de la planta, a partir de meristemas secundarios. Este desarrollo es el principio fundamental de la propagación vegetativa.

Su origen es casi siempre en la vecindad de los tejidos vasculares en diferenciación del órgano que las produce. Si el órgano es joven, el primordio adventicio es iniciado por un grupo de células situadas cerca de la periferia del sistema vascular. Si es más viejo, el origen es más profundo y se localiza cerca del cámbium. El origen de las raíces adventicias en la región vascular sitúa a la joven raíz cerca del xilema y del floema, y facilita el establecimiento de la conexión vascular entre ellos y la nueva raíz.

Anatómicamente, el proceso consiste en la organización de iniciadores radicales, más frecuentemente, a partir de algunas células de los radios parenquimáticos y de células de parénquima del xilema joven, y, con menos frecuencia, a partir de células del floema o del cámbium. Los iniciadores radicales se transforman en primordios de raíces, estableciendo su conexión con el floema y xilema del órgano que los origina. En condiciones adecuadas crecen, atraviesan la corteza y salen al exterior, tal como se representa, esquemáticamente, en la Figura 2.8.

La capacidad para emitir raíces adventicias varía mucho según las especies. Algunas como el membrillero ya tiene iniciadores radicales formados en la corteza de los ramos, los cuales originan unos abultamientos característicos denominados nódulos radicales ("burr-knots"). En el caso del cerezo Colt se forman en la base de los ramos, si se mantienen sombreados y con humedad alta, numerosas raíces aéreas.

La escasa capacidad que tienen, en general, los tallos y otros órganos de emitir raíces puede ser debido, además de a su dificultad para diferenciar tejidos, a su alto grado de esclerificación que opone resistencia a la nueva raíz.

La emisión de raíces adventicias se ve facilitada por la formación del callo de cicatrización que se produce en las heridas, debido a que se estimula la división celular, aunque el callo no participa directamente en la rizogénesis.

Las hormonas ejercen una gran influencia en la emisión de raíces, especialmente las auxinas, por lo que son utilizadas para favorecer el enraizamiento de estaquillas (Figura 2.8) en la propagación vegetativa de plantas.

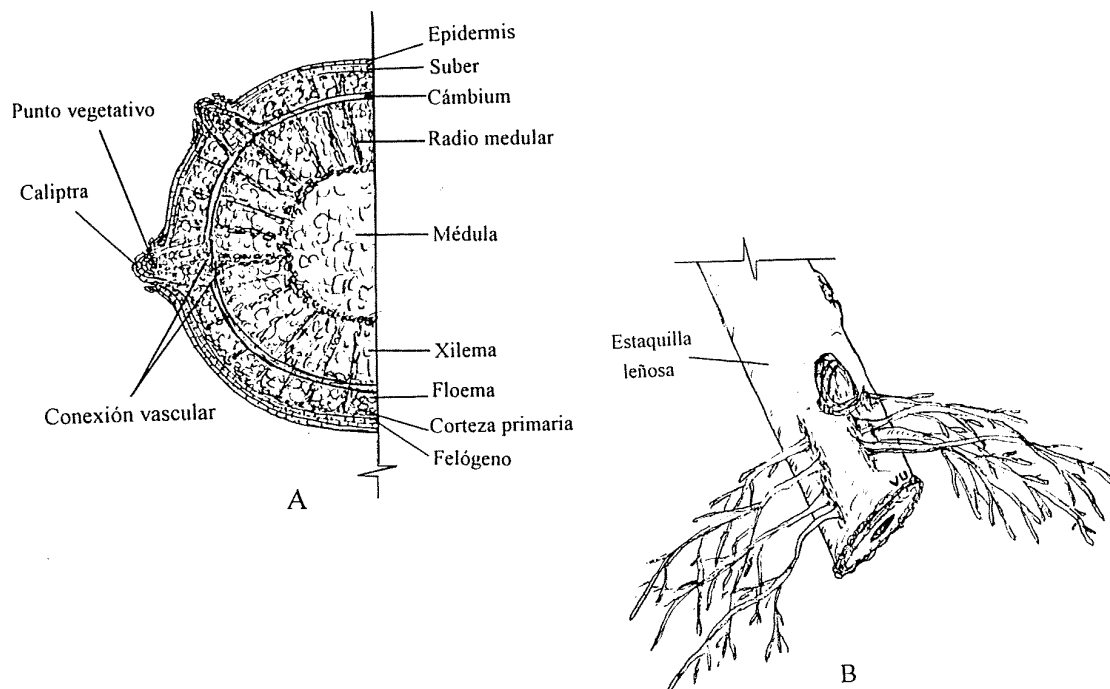


Figura 2.8. Raíces adventicias. A: formación de las raíces. B: Raíces adventicias desarrolladas en una estacilla extraída de un ramo en reposo.

3.5. Desarrollo de yemas en las raíces

Las yemas pueden desarrollarse en raíces de diversas edades y estructuras. Su principal efecto es la emisión de brotes a partir de las raíces (serpeo). Este desarrollo hace posible la propagación vegetativa por estacas o esquejes de raíces.

Frecuentemente, se presentan endógenamente, como si fueran raíces laterales o adventicias. La yema puede originarse en el periciclo de una raíz joven y ser al principio engañosamente similar a un primordio radical.

En una raíz más vieja, el origen puede encontrarse en una proliferación calloide de tejido radial, dando lugar a más de una yema; o bien puede iniciarse exógenamente en una proliferación calloide derivada del felógeno.

Muchas veces se originan cerca de las raíces laterales y pueden quedar conectadas con ellas. Si las yemas se originan en el periciclo, la conexión vascular se inicia por diferenciación acrópeta (primero en la raíz). Si se inicia cerca de la superficie, la diferenciación vascular es basípeta (maduran antes los tejidos vasculares de la yema y luego se establece la conexión).

Un caso particular es la formación de masas hiperplásticas u óvulos que se forman en la peana de los olivos, los cuales contienen iniciadores caulinares y radicales que pueden dar lugar a brotes y raíces.

3.6. Renovación de raíces

Las raíces se autoaclaran y son sustituidas por otras nuevas. Esta renovación se realiza principalmente por:

a) Aclareo sistemático de pequeñas raíces absorbentes.

La vida de las raíces absorbentes es relativamente corta; puede durar desde unas semanas a varios meses. El aclareo se va produciendo al avanzar la ramificación y engrosar las raíces de crecimiento que las portan.

b) Muerte de raíces fibrosas, en general.

Las raíces pueden sufrir la muerte de los ápices, que fuerza la aparición de nuevas raíces laterales preponderantes. A mayor longitud de la raíz más acusado es este fenómeno. Es frecuente que suceda en la raíz pivotante primaria originada por la germinación de las semillas.

Las raíces fibrosas sufren también colapsos en diferentes puntos a lo largo de la raíz, provocando anillados con degeneración de tejidos. Esto origina que sean remplazadas por nuevas raíces. La renovación presenta cierta estacionalidad y está relacionada con los factores ambientales y el estado de la planta.

Algunas raíces de esqueleto también son renovadas, sobre todo en plantas viejas, cuando se encuentran muy alejadas del tronco o en horizontes muy profundos. Esta renovación está ligada con la aparición de raíces nuevas en la zona más cercana al tronco.

Igualmente, la rotura de raíces originada por el laboreo y los daños originados por plagas, enfermedades y otras causas, dan lugar a una renovación y proliferación de raíces que tratan de sustituir a las afectadas.

4. Desarrollo y distribución en superficie y profundidad del sistema radical

El sistema radical de los frutales se desarrolla en la plantación a partir de las pequeñas raíces del plantón, las cuales han sufrido mutilaciones en su arranque del vivero y podas en su manipulación y preparación para la plantación. Una vez implantada la planta en el terreno definitivo, generará nuevas raíces a partir de la estructura existente en el plantón, teniendo en cuenta que las raicillas de último orden se pierden.

Para conseguir un buen enraizamiento de la planta y tener un correcto desarrollo inicial es muy importante que el plantón (o el patrón en su caso) disponga de varias raíces gruesas primarias de más de 10 cm de longitud como mínimo, dependiendo del tamaño de la planta, bien distribuidas en posición y provistas de un buen número de raicillas fibrosas menores de 5 mm de grosor. La regeneración de nuevas raíces activas será más fácil a partir de las raíces finas. No obstante, la poda de raíces origina que se desarrollen nuevas raíces de fuerte vigor sobre las raíces más gruesas podadas.

Las buenas condiciones del suelo, serán determinantes para el enraizamiento, especialmente humedad y aireación. Es muy importante también que la plantación se realice antes de que la planta entre en actividad, teniendo en cuenta que la raíz inicia el crecimiento unas semanas antes de producirse la brotación. De esta forma, las nuevas raicillas emitidas por el plantón podrán suministrar agua y nutrientes a la parte aérea al iniciarse la brotación.

En el plantón debe existir un equilibrio entre la estructura de las raíces y la parte aérea. Los plantones de un año sin ramificación y con el tronco o eje rebajado son los que tienen, en general, más facilidades de enraizamiento. Si el sistema aéreo es muy grande, el enraizamiento será más difícil, lo que se agrava aún más si la plantación se realiza tarde. Esto suele ocurrir en el caso de emplear plantones de 2 años, o plantones de un año ramificados y con gran crecimiento.

Debe darse más importancia a la conformación y al estado del sistema radical que al grosor que pueda tener el tronco del plantón. Incluso un exceso de vigor en el desarrollo del injerto puede ser negativo para la brotación del plantón y la futura formación de la planta. Pero esto no justifica la utilización de plantones débiles en la plantación, puesto que su escaso crecimiento ha podido ser causa de un mal cultivo o estado sanitario en el vivero, o bien de una falta de afinidad entre el patrón y la variedad. Se insiste en que el plantón ideal es el que está bien equilibrado (sistema aéreo/sistema radical), presenta un buen estado y tiene un crecimiento adecuado a las necesidades de la formación de la futura plantación.

Con el enraizamiento, el sistema radical de la planta comienza nuevamente a desarrollarse en longitud de una forma ramificada, a la vez que va teniendo un crecimiento en grosor.

El crecimiento en longitud es debido a la actividad del meristema apical de las nuevas raicillas formadas. La ramificación es originada al formarse las raíces laterales en estas nuevas raíces axiales de estructura primaria, o bien al formarse raíces adventicias en las raíces ya gruesas de estructura secundaria.

El crecimiento en grosor, tanto de las raíces existentes como de las nuevas raíces, es debido a la actividad del cámbium y del felógeno, según se ha comentado anteriormente.

Mediante estos crecimientos, el sistema radical va explorando el suelo y en buenas condiciones puede alcanzar durante el primer año de plantación una extensión lateral de

2 m y una penetración en profundidad de 0,5 a 1m. En la dirección de su crecimiento en longitud influye el geotropismo positivo y el hidrotropismo positivo que tienen las raíces, además de las propiedades físicas y químicas del suelo y las características vegetativas de la planta (patrón y variedad). Basándose en este conjunto de factores las raíces presentarán una distribución característica en el suelo, la cual se verá también muy influenciada por el riego y la fertilización.

El sistema radical inicia su actividad con más de tres semanas de antelación a que se manifieste la actividad en las yemas de la planta. La entrada en reposo se produce unas dos o tres semanas después de la entrada en reposo de la parte aérea y de producirse la caída de hojas en las especies caducifolias. En zonas cálidas prácticamente no hay reposo en la raíz.

El crecimiento de la raíz tiene lugar durante todo el día, aunque es más acusado al final del día y durante la noche. Se llegan a observar crecimientos longitudinales de más de 15 cm a la semana, con velocidades de elongación muy variables según las especies y variedades. En manzano se tienen crecimientos entre 3 y 10 mm/día y en melocotonero entre 10 y 15 mm/día.

Las raíces de los frutales, y sobre todo los de zonas con reposo invernal, presentan dos períodos de crecimiento más acusado. Un primer período al final del invierno y comienzo de primavera, algo más adelantado que el crecimiento primaveral de la vegetación, ya que el crecimiento vigoroso de la vegetación detiene, en general, el crecimiento de las raíces. El segundo período se presenta al final del verano y comienzo del otoño, cuando los brotes tienen una tasa baja de crecimiento y no hay competencia de los frutos. Las reservas acumuladas al final del ciclo vegetativo influirán sobre el primer crecimiento que se produce al año siguiente, aumentando o disminuyendo la tasa de crecimiento.

A lo largo de los años en la plantación, el sistema radical atraviesa por tres fases características:

- a) Fase de juventud, en la que las raíces profundizan rápidamente y se expanden en superficie.
- b) Fase adulta, en la que continúan extendiéndose en superficie pero con una pequeña profundización.
- c) Fase de envejecimiento, en la que el sistema radical se retrae y continúa profundizando.

En la Figura 2.9 se representa esquemáticamente la profundización y la extensión del sistema radical a lo largo de la vida de la planta, en relación con las citadas fases.

En una planta con desarrollo sin limitaciones el sistema radical constituye el 25-30% del peso de la planta.

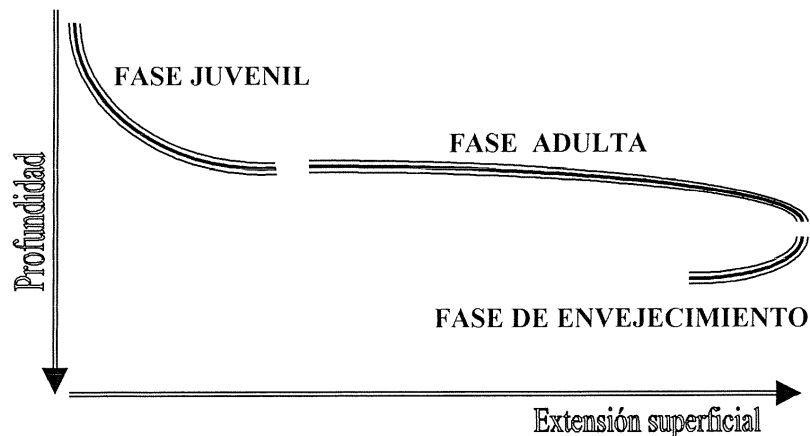


Figura 2.9. Profundización y extensión del sistema radical a lo largo de la vida de la planta

4.1. Estudio del desarrollo de raíces

El estudio de la distribución y de la dinámica de crecimiento de las raíces en el suelo entraña ciertas dificultades. Observar totalmente su distribución en el suelo requiere un proceso laborioso, además de causar la muerte de la planta; o bien, en el caso de que la observación sea parcial, se incide considerablemente en su vitalidad. Por otro lado, si se observa el crecimiento mediante galerías o cabinas subterráneas se modifican las condiciones naturales del medio y se limita el crecimiento de las raíces con las pantallas de observación que se colocan.

Los métodos desarrollados para estudio del sistema radical son diferentes según los objetivos perseguidos.

Para estudiar toda la estructura del sistema radical es necesario poner al descubierto las raíces de esqueleto mediante la excavación del suelo. Si se quieren conservar todas las raíces y conocer su distribución en los horizontes del suelo se utiliza el método de

lavado con agua a presión. En plantas cultivadas en contenedor se utiliza, normalmente, el lavado a presión para observar el sistema radical.

Para conocer la distribución de las raíces horizontales en profundidad es suficiente con estudiar perfiles del suelo mediante el método de zanja. Para ello se excavan zanjas a determinadas distancias del tronco y se observan en el perfil los diferentes tipos de raíces teniendo en cuenta su número y grosor.

También pueden hacerse observaciones de la distribución extrayendo bloques de suelo, de una determinada dimensión, a diferentes profundidades y distancias del tronco, para luego analizar las raíces obtenidas. Este método es especialmente útil para conocer la cantidad de raíces absorbentes desarrolladas. En algunos casos para analizar la actividad de las raíces puede ser suficiente el extraer muestras de suelo con sondas.

Si se quiere estudiar el crecimiento a lo largo de un periodo de tiempo, sin destruir la raíz, será preciso recurrir a cabinas o paneles de observación subterráneos, lo que presenta cierta dificultad y además resulta costoso si se instalan en varias plantas.

La utilización de minirrizotrones (tubos transparentes instalados en el suelo) permite observar la dinámica de crecimiento mediante una videocámara. También permite cuantificar la densidad de raíces si se instala un número alto de tubos por planta. Este método está siendo muy utilizado en plantaciones con riego localizado para analizar la distribución de raíces en la zona húmeda. Dado que el sistema radical está muy concentrado en esta zona, y mantiene una cierta uniformidad y simetría entre los árboles de la fila, no es necesario, en este caso, un número alto de repeticiones.

4.2. Distribución en superficie

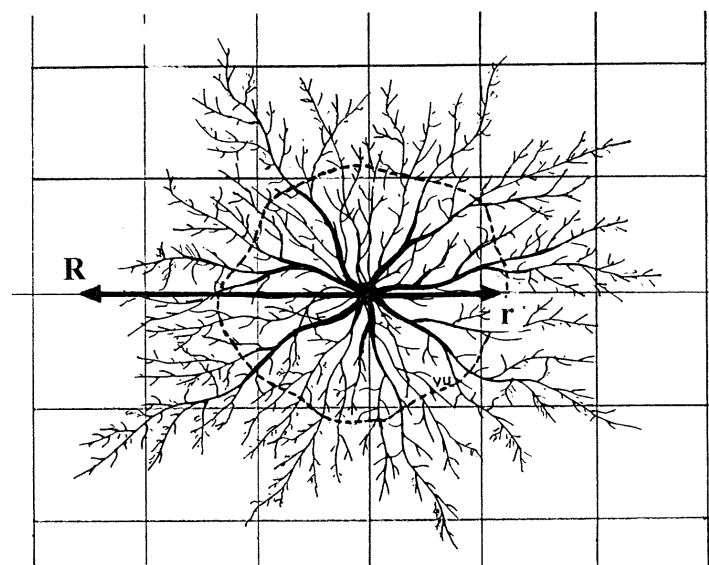
En un árbol frutal adulto las raíces se extienden lateralmente a más de 4 m del tronco si no hay impedimentos. El sistema radical ocupa siempre, en condiciones normales, mayor superficie que la proyectada por el sistema aéreo. La relación entre ambas superficies depende principalmente del tipo de copa de la planta, del vigor de la variedad y del patrón y de las características del suelo.

En condiciones no limitantes las raíces de los frutales se expanden lateralmente el doble o el triple que la proyección de la copa, según se representa en la Figura 2.10. El vigor de la variedad y la formación dada al árbol modificarán estas relaciones. En árboles con copa de tipo aparasolado o globoso el radio medio de la superficie ocupada

por las raíces es mayor 1,5 ó 2 veces que el radio medio de la superficie ocupada por la copa; valor que asciende a más de 5 veces para árboles de tipo fusiforme, siempre que no haya limitación por la densidad de plantación.

En general, en suelos arenosos las raíces se extienden más en superficie y penetran menos que en suelos francos, siempre que no haya limitación de agua y se aporten nutrientes. Como los suelos arenosos son menos fértiles las raíces tienden a ser más largas para colonizar mayor superficie en busca de nutrientes. No obstante, en estos comportamientos influyen otros muchos factores y hay que tener también en cuenta que los granos de arena suponen una dificultad mecánica para la penetración.

En cuanto a la distribución de las raíces absorbentes, éstas se encuentran, en su mayor parte, en la zona ocupada por las raíces finas o cabellera y puede considerarse que, en general, en árboles adultos la mayor parte de las raíces absorbentes se encuentran a más de un metro respecto al tronco de la planta, siempre que el agua se encuentre disponible en toda la superficie por igual. Debe tenerse en cuenta que el riego localizado modifica la distribución del sistema radical, desarrollándose en mayor cuantía en la zona húmeda, a la vez que concentra la mayor parte de sus raíces absorbentes en esta zona donde se aporta el agua y los nutrientes.



R: radio medio de la proyección del sistema radical

r: radio medio de la proyección de la copa

En general: $R = (1,5-3) r$

Figura 2.10. Relación entre la extensión del sistema radical y la superficie proyectada por la copa.

4.3. Distribución en profundidad

Las raíces pueden llegar a profundizar más de 3 ó 4 m, pero su mayor parte se encontrará a menos de 1-1,5 m. En profundidad, el sistema radical viene a ocupar, aproximadamente, una semiesfera, si no hay interferencias en el crecimiento de las raíces.

Para una misma variedad y patrón, el desarrollo vertical depende en gran manera de las características del suelo (tipo de horizontes, textura, humedad, etc.), y del tipo de mantenimiento del suelo que se realice. Las labores del suelo impiden el desarrollo de raíces en la capa labrada. En la Figura 2.11 puede verse la distribución en profundidad para dos tipos de suelo.

Normalmente, las raíces no se desarrollan en los primeros centímetros (aproximadamente 5-10 cm), dado que se verán afectadas por factores como la temperatura y la competencia de las raíces de la vegetación mantenida en suelo. Si el suelo se mantiene sin laboreo y desnudo de vegetación las raíces se sitúan muy superficiales, si hay humedad suficiente.

El sistema activo se encuentra, en general, entre los 10 y 90 centímetros de profundidad, aunque puede llegar a profundidades de varios metros. En contra de lo que suele pensarse, la mayor parte de raíces útiles para la absorción se encuentra en los primeros 50 centímetros, en muchos casos. Sobre todo, en suelos muy pesados las raíces absorbentes tienden a localizarse superficialmente. En suelos ricos en nutrientes las raíces penetran más que en suelos pobres, al tener más crecimiento; no obstante, si los nutrientes son escasos las raíces tenderán a extenderse para conseguir alimento. En suelos pobres, si se realizan aportes de fertilizantes, las raíces tenderán a quedarse más superficiales, ya que en las capas profundas no encuentran nutrientes.

La resistencia mecánica del suelo a la penetración de las raíces marca en muchos casos la distribución en profundidad. El límite suele situarse en 60 kg/cm^2 , siendo ya difícil la penetración a partir de 30 kg/cm^2 .

La existencia de roca inalterada y de capas con piedras cementadas o excesiva compactación, provoca que las raíces no puedan penetrarlas. En el caso de gravas o rocas cuarteadas las raíces pueden introducirse por las grietas, salvando los obstáculos y presentando formas sinuosas.

Las capas con exceso de cal o sales limitarán el crecimiento, resultando incluso tóxicas para las raíces. La existencia de capas freáticas limita igualmente el crecimiento en profundidad, por falta de oxígeno.

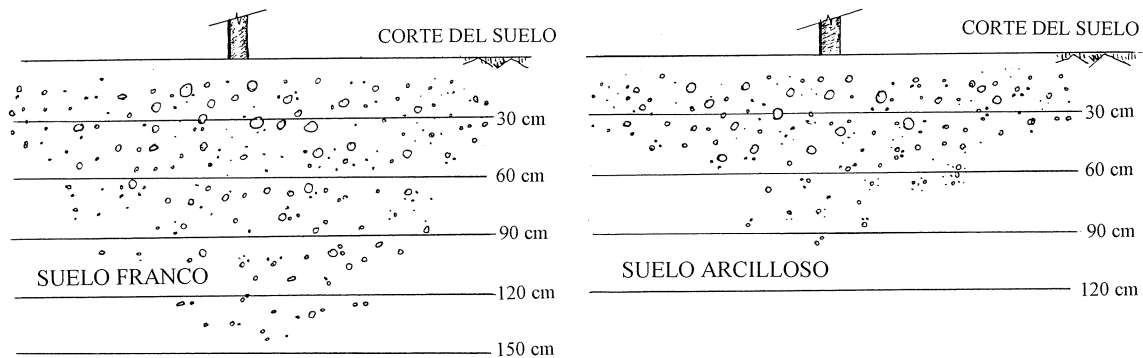


Figura 2.11. Distribución en profundidad de las raíces de un melocotonero, a 1,5 m del tronco, en diferente tipo de suelo.

5. Factores que influyen en el crecimiento de las raíces

En el crecimiento de las raíces influyen factores endógenos, determinados por las características del patrón y la variedad, y factores exógenos, constituidos por las características del medio en que se desarrollan y por las actividades que se realizan en la plantación. A continuación se comenta la incidencia de los factores más importantes.

1. Factores inherentes a la planta

Las características vegetativas de la variedad y, sobre todo, del patrón utilizado influyen considerablemente en el crecimiento de la raíz.

El mayor o menor vigor que imprimen a la planta, la forma y el desarrollo característico que presenta el sistema radical del patrón, la mejor o peor adaptación al medio (especialmente al suelo), el estado de la vegetación, la diferente duración de su

ciclo vegetativo, etc., son factores determinantes de crecimiento de la raíz. La parte aérea es la suministradora de hidratos de carbono, por lo tanto las condiciones en que se hallen los órganos aéreos para realizar la fotosíntesis (temperatura, iluminación, nutrición, sanidad, etc.) influirán sobre el crecimiento de la raíz. De igual forma las condiciones sanitarias de la raíz y la asociación con micorrizas también tendrán influencia sobre el crecimiento.

El crecimiento de la raíz está regulado hormonalmente y se conoce la acción de diferentes sustancias. Las auxinas aplicadas a la vegetación promueven el crecimiento de la raíz y la supresión o defoliación de los brotes origina una detención en el crecimiento. Estos efectos se achacan al AIA que migra desde la parte aérea y presenta un movimiento acrotónico en las raíces, al contrario que en los brotes. El AIA favorece el crecimiento y la formación de raíces adventicias.

Las hormonas producidas en el ápice radical inhiben la formación de raíces laterales, ya que al suprimirlo se produce una mayor ramificación. En este caso parece ser que es la citoquinina la encargada de esta regulación. Intervienen también otras sustancias como las giberelinas que producen elongación y la formación de pelos radicales, y el etileno y el ABA que inhiben el crecimiento.

También otras sustancias exudadas o difundidas por raíces, o bien sustancias producidas por su descomposición en el suelo, pueden originar la inhibición del crecimiento. Las toxinas secretadas son tóxicas para las mismas raíces secretoras y para cualquiera otra raíz, como se ha puesto de manifiesto cultivando las plantas en soluciones con y sin renovación del medio de cultivo. Las toxinas secretadas se destruyen fácilmente por oxidación.

En el caso de replantación de frutales, y sobre todo con la sucesión de la misma especie, ésta puede ser una de las causas que origina los problemas de replantación conocidos comúnmente como "fatiga del suelo", y que se manifiestan más acusadamente para el melocotonero. Aunque existen numerosas referencias sobre este tema, no está clara la intervención de estos fenómenos de toxicidad en los problemas de replantación.

2. Temperatura.

El crecimiento dependerá de que la temperatura del suelo sea favorable. En frutales de hoja caduca el máximo crecimiento se produce, en general, con temperaturas próximas a los 20 °C. Para temperaturas inferiores a los 10 °C y superiores a 30 °C el

crecimiento baja considerablemente, y cesa para temperaturas inferiores a 3 °C y superiores a 35 °C. Los frutales subtropicales requieren temperaturas algo más elevadas.

Las necesidades son diferentes para cada especie. Mientras que el manzano tiene crecimientos muy débiles a 2 °C y notables a 7 °C, el melocotonero presenta crecimientos débiles a 7 °C y los cítricos requieren un mínimo de 12 °C. No obstante, no hay coincidencia entre los diferentes autores a la hora de fijar estas temperaturas.

Las raíces superficiales pueden sufrir daños por congelación a temperaturas de -10 °C o inferiores, según las especies.

A causa de las diferencias de temperatura, el crecimiento de las raíces varía también según la profundidad del suelo y a lo largo del año. Así, al final del invierno será mayor en las capas más profundas, y lo contrario ocurre en verano y otoño, al mantenerse más calientes los horizontes superficiales.

Debe tenerse en cuenta que a temperaturas muy bajas la absorción de minerales será también muy débil, lo que a su vez frenará el crecimiento de la raíz.

3. Humedad.

Las raíces necesitan humedad en el suelo para tener un crecimiento y funcionamiento normal. La humedad más adecuada es la situada próxima a la capacidad de campo o ligeramente inferior. El crecimiento de la raíz disminuye considerablemente si el contenido de agua del suelo es escaso, interrumpiéndose antes de que se produzca la marchitez de la parte aérea.

Las raíces presentan un cierto hidrotropismo positivo y se dirigen hacia las zonas donde se absorbe más fácil el agua. En plantaciones en regadío o en zonas de lluvias frecuentes las raíces tienen propensión a acercarse a la superficie o a desarrollarse en la zona más húmeda. Por el contrario, en plantaciones de secano, si las capas superiores se desecan, las raíces tienden a ocupar las capas más profundas si éstas se encuentran más húmedas. Las capas freáticas profundas, sin que supongan un riesgo de asfixia para el sistema radical, pueden suministrar agua a plantas con raíces muy profundas como la vid.

4. Aireación.

Para que las raíces se desarrollen satisfactoriamente necesitan también un suelo bien aireado. El oxígeno penetra en el suelo por las grietas o poros de una buena estructura y

por los canalillos creados por la fauna del suelo y por las raíces descompuestas. Normalmente se requieren contenidos de oxígeno en la atmósfera del suelo superiores al 5-10%.

Las consecuencias de una mala aireación varían según el estado de la vegetación o la época del año, siendo muy negativas en períodos de crecimiento activo. Durante el período de reposo vegetativo el encharcamiento puede no ser perjudicial, pero en el periodo de actividad vegetativa un encharcamiento de más de una semana causará daños a la plantación, lo que se acentúa si la temperatura es elevada. Si las raíces no tienen oxígeno no funcionará la absorción de agua, ocasionando la sequía fisiológica de la planta; y en casos extremos de anaerobiosis la muerte de la raíz como consecuencia de la intoxicación de sus células, producida por reacciones de fermentación dando lugar a la consiguiente pudrición.

Las diferentes especies, o incluso las combinaciones patrón-variedad, muestran distinta tolerancia a la asfixia radical. Por ejemplo, son muy sensibles el almendro, melocotonero y olivo, y más tolerantes el ciruelo, peral y membrillero.

Las raíces no explorarán las zonas saturadas de agua en las capas freáticas por la falta de oxígeno.

5. Textura del suelo y otras propiedades físicas.

Su influencia ésta relacionada con los factores comentados anteriormente (temperatura, humedad y aireación) y con el mantenimiento del suelo realizado.

El comportamiento de la raíz en el suelo debe verse a través de la integración de todo el conjunto de factores, por lo que es difícil generalizar el crecimiento que tendrá la raíz respecto a la textura del suelo. En suelos arenosos, que no tienen tanta capacidad de retención de agua y nutrientes, el sistema radical tiene tendencia a extenderse más, si el agua se aplica a toda la superficie. Los suelos francos son los que, en su conjunto, presentan mejores características para el crecimiento de las raíces. No obstante, los frutales pueden desarrollarse con un buen manejo del suelo, aunque con mayor o menor adaptación, tanto en suelos arenosos como arcillosos. La estructuración del suelo junto con el contenido de materia orgánica jugará, en estos casos limitantes, un papel importante en el desarrollo de las raíces.

Los obstáculos que presenta el suelo impiden el crecimiento de las raíces, en cuyo caso tienden a ramificarse. Las capas de roca o de cantos cementados no permiten el paso de las raíces. Las grietas originadas al desecarse el suelo también son un obstáculo

para el crecimiento, además de ser un síntoma de suelo muy pesado y seco, y, por lo tanto, no reunirá buenas condiciones para el desarrollo de la raíz.

6. Fertilidad y otras propiedades químicas.

Las raíces proliferan en zonas del suelo ricas en materia orgánica y elementos nutritivos, siempre que sus niveles no resulten tóxicos o vayan acompañados de elementos tóxicos. No parece que las raíces sean atraídas por los elementos nutritivos (tropismo), lo que sí ocurre es que si encuentran una zona rica se ramifican activamente. En terrenos pobres las raíces se alargan más que en los fértiles, ya que para proporcionar un crecimiento dado necesitan explorar mayor volumen de suelo, siendo normal que el mayor desarrollo se haga en extensión superficial más que en profundidad.

El pH del suelo ejerce una acción múltiple y compleja sobre las raíces, que varía según la especie considerada. Así se tiene que unas especies toleran mejor los suelos calizos básicos que otras, como por ejemplo el peral respecto al membrillero, o el ciruelo respecto al melocotonero. El pH del suelo tiene una acción directa sobre la planta, como es alterar la emisión de pelos radicales (manifestado especialmente en vid); y actúa sobre la flora microbiana, que tiene gran importancia para el desarrollo de la raíz (con pH inferior a 5,5 llega a anularse la nitrificación). Por otro lado, el pH modifica la solubilidad de los elementos fertilizantes existentes en el terreno, pudiendo originar carencias en ambos sentidos; como por ejemplo la carencia de hierro con pH muy básico o de calcio con pH muy ácido.

La salinidad, debida principalmente a sales muy solubles como cloruros y sulfatos sódicos y magnésicos, provoca un incremento de la presión osmótica impidiendo la absorción de agua, lo que origina graves consecuencias para el crecimiento de la raíz y para la planta que puede llegar a morir.

7. Interacciones y tendencias de crecimiento.

En general las raíces de plantas contiguas se penetran mutuamente produciéndose una competencia entre ellas. Aunque se citan casos para una misma especie, como en melocotonero, albaricoquero y manzano, y casos entre diferentes especies, en los que no se produce el entrecruzamiento como consecuencia de una interacción o antagonismo determinado por excreciones radicales de fitotoxinas, que es difícil de explicar cuando se trata de plantas clonales, idénticas genéticamente. Este efecto parece ser que se acentúa en el caso del melocotonero en el que los sistemas radicales de árboles

contiguos tienen tendencia a mantenerse separados. Por el contrario, el efecto no se ha encontrado en vid.

También se han encontrado interacciones entre plantas herbáceas y plantas leñosas, que presentan el citado antagonismo, disponiendo los sistemas radicales más o menos separados. Es el caso de mantener el suelo de la plantación con una cubierta vegetal, en el que el sistema radical de la plantación se sitúa superficial pero por debajo de las raíces de la capa de hierba. Esto se explica como un fenómeno de competencia, al ser más activas las raíces de la capa herbácea que las de los frutales.

Una interacción a destacar que influye en el crecimiento de las raíces es la debida a las micorrizas, que, como ya se ha comentado en el apartado 2, incrementan la absorción de determinados nutrientes y producen otros efectos indirectos.

El crecimiento de las raíces también presenta cierta tendencia en las respuestas a situaciones anormales de la planta. Así por ejemplo, si la plantación se realiza excesivamente profunda las raíces tienden a crecer, también, hacia la superficie. O bien, aunque se plante el árbol inclinado las raíces tenderán a crecer de forma normal respecto a la superficie del suelo. En suelos pedregosos, con guijarros de gran tamaño, las raíces tienden a ser muy tortuosas. Cuando las raíces encuentran un obstáculo tienden, en general, a ramificarse de forma activa.

8. Técnicas culturales.

Las técnicas culturales aplicadas a la plantación originan un desarrollo radical característico, determinado por las limitaciones que imponen a la planta y por las características que imprimen al suelo.

Las densidades de plantación más elevadas originan sistemas radicales de las plantas más pequeños; aunque, en su conjunto, la cantidad de raíces y su peso será superior al de plantaciones con densidades menores. La formación dada a los árboles y el volumen de la copa, así como las podas realizadas durante la actividad vegetativa y los tratamientos con reguladores de crecimiento, también influyen en el crecimiento de la raíz, al interferir en unos casos sobre la eficacia fotosintética y en otros sobre la competencia nutricional de la vegetación.

El sistema de riego utilizado condicionará el desarrollo del sistema radical. El riego localizado origina que las raíces se desarrollen, sobre todo, en el bulbo húmedo.

El laboreo del suelo incide favorablemente sobre algunos factores que condicionan el crecimiento de las raíces, como la aireación y la humedad. Pero las labores, sobre todo con fresadora, destruyen las raíces en la capa labrada interfiriendo sobre la absorción, que suele ser muy activa en la capa superficial. Si las labores son profundas pueden dañar o cortar gran parte de las raíces, lo que provoca un gran debilitamiento del árbol. La poda de raíces disminuirá el vigor y la longevidad de la planta.

La cubierta vegetal compite con las raíces de los árboles y hace que se sitúen por debajo de las raíces de la hierba; aunque al cabo de los años mejorará la fertilidad del suelo y la estructura, originando una proliferación superficial de raíces. La aplicación de herbicidas manteniendo el suelo desnudo, sin laboreo, hace que las raíces se sitúen muy superficiales, sobre todo si hay humedad suficiente.

Finalmente, cabe decir que cualquier intervención sobre el medio o sobre la planta que modifique su funcionamiento fisiológico influirá sobre el crecimiento de la raíz.

6. Funciones de las raíces

La función principal de las raíces es alimentar a la planta, aunque también realizan otras funciones fisiológicas importantes para su funcionamiento y fijan la planta al suelo. Estas funciones se comentan, brevemente, a continuación.

1. Absorción de agua y nutrientes.

La absorción de agua se realiza en su mayor parte a través de los pelos absorbentes y por las partes no suberificadas de las raíces jóvenes activas, pero también puede ser absorbida por las zonas suberificadas, con menor velocidad, y por las lenticelas de estas raíces suberificadas.

La absorción se debe a fenómenos físicos como la ósmosis y la succión originada por la transpiración, y también a una forma de succión activa cuya energía necesaria es proporcionada por la respiración. La evapotranspiración de las hojas reduce el potencial de agua en el tejido foliar y esta reducción se transmite al sistema radical a través de los tejidos conductores, estableciéndose un gradiente en la planta, y entre las raíces y el suelo.

Los elementos nutritivos, al igual que el agua, se absorben a través de los pelos absorbentes y las zonas no suberificadas de las raíces jóvenes, y también, aunque con menor importancia, por las zonas suberificadas.

Diferentes experiencias confirman que la absorción de agua y la de elementos nutritivos es independiente, aunque los elementos nutritivos entren también junto con el agua en que están disueltos. La penetración de los elementos nutritivos en el interior de las raíces se lleva a cabo por complejos mecanismos activos y pasivos.

La raíz puede elegir entre los iones que tiene su alcance, acumulándolos en sus células a concentraciones muy superiores a las del exterior. La absorción y el posterior transporte de los iones a través de las membranas plasmáticas hasta llegar a los vasos del xilema exigen un aporte energía, el cual está muy relacionado con la respiración y requiere oxígeno.

En la absorción influyen, principalmente, los siguientes factores:

a) Aireación del suelo. La absorción puede quedar anulada por una falta de oxígeno o por exceso de CO_2 .

b) Humedad del suelo. Las raíces tomarán más fácil el agua con humedad elevada, próxima a la capacidad de campo. Las raíces pueden absorber el agua disponible junto con los elementos asimilables hasta valores críticos de potencial hídrico en suelo (Ψ_m) de -15 bar, aunque por debajo de -8 bar se puede manifestar carencia hídrica.

c) Temperatura. Influye sobre la transpiración, perturbando la absorción, y sobre la actividad de la raíz. En condiciones favorables, la absorción mantiene una relación importante con la temperatura aumentando correlativamente.

d) Crecimiento de las raíces. Al producirse la absorción principalmente a través de las raíces jóvenes y de los pelos absorbentes, la capacidad de absorción va muy ligada al crecimiento de la raíz. No obstante, la absorción se produce en todo el año, incluso en el reposo de la planta, aunque los elementos absorbidos en esta época sólo son una pequeñísima fracción del total anual. Los diferentes elementos presentan variación estacional de la absorción, la cual también varía según la cantidad de frutos que soporta la planta.

e) Interacción entre los elementos. La absorción de los elementos puede reforzarse mutuamente (sinergia), como es el caso de NO_3/Mg , Mg/P , K/Fe ; o, por el contrario,

cuando aumenta la concentración de uno en el medio nutritivo se frena la absorción del otro (antagonismo), como es el caso de N/K, K/Mg, Cu/Fe, etc.

2. Circulación de las sustancias absorbidas.

El agua y las sustancias nutritivas circulan por los vasos leñosos de las raíces y del sistema aéreo hasta las hojas, donde tiene lugar su transformación en savia elaborada.

Al inicio de la actividad de la planta en la primavera, la ascensión de la savia bruta se produce mediante un mecanismo activo debido a una presión radical. Posteriormente, cuando la planta tiene nueva brotación, la ascensión se produce, también, de forma pasiva debido, principalmente, a la succión producida por la transpiración en las hojas.

La savia elaborada circula en sentido inverso, llegando a través del liber hasta las últimas extremidades de las raíces en crecimiento.

Se ha puesto de manifiesto que, en general, cada parte del sistema aéreo es alimentada por su parte correspondiente del sistema radical, y que este fenómeno suele romperse con el injerto. No obstante siempre se produce una traslocación y la planta puede ser alimentada partir de una sola parte de su sistema radical. Además, las raíces de un lado de la planta pueden crecer en cualquier otra dirección y ocupar otros lados de la planta.

3. Almacenamiento de sustancias de reserva.

Las raíces almacenan en sus tejidos sustancias de reserva procedentes de la savia elaborada, las cuales serán necesarias para el nuevo crecimiento de la planta una vez superado el reposo invernal.

El almacenamiento comienza cuando el balance fotosintético es positivo y ha tenido lugar el fuerte crecimiento vegetativo (final de primavera); se intensifica cuando termina el crecimiento de los frutos y se efectúa la recolección, continuando hasta la caída de las hojas o entrada en reposo, en que se alcanza el máximo de reservas.

Mucho antes de que aparezcan los síntomas externos de actividad (enero o incluso final de diciembre) las reservas comienzan a disminuir, al iniciarse el crecimiento de las nuevas raicillas. Posteriormente, las reservas de las raíces también contribuirán al desarrollo de la parte aérea hasta que la planta disponga de suficiente superficie foliar y pueda proporcionarse sus necesidades de hidratos de carbono.

4. Respiración.

La función respiratoria de las raíces es también muy importante para la planta, dadas las repercusiones que tiene la energía obtenida sobre la absorción, como ya se ha comentado. Además, con una mala respiración por falta de oxígeno se pueden producir en la raíz fermentaciones alcohólicas internas que ocasionan su muerte por intoxicación de las células, a consecuencia de la acumulación de alcohol etílico, CO₂ y otros productos secundarios producidos durante la fermentación enzimática de los azúcares y la generación de energía.

5. Anclaje.

La fijación de la planta, sobre todo de los árboles con gran porte, es también una función importante ya que en casos de gran cosecha o de fuertes vientos puede producirse su caída, mayormente con suelos muy húmedos.

Si el anclaje que proporciona el sistema radical no es suficiente, como es en el caso de utilizar patrones muy débiles, habrá que tutorar los árboles. La necesidad de tutorado mediante empalizadas también viene impuesta por la formación dada a la planta y para evitar roturas de ramas por el peso de la cosecha.

7. Influencia del sistema radical sobre la parte aérea

El sistema radical ejerce una notable influencia sobre la parte aérea. Ésta se manifiesta de formas muy diferentes sobre el comportamiento vegetativo y productivo de la planta.

La posibilidad que se dispone en Fruticultura de combinar mediante el injerto un sistema radical con un sistema aéreo, es decir: combinar diferentes tipos de patrones con diferentes variedades, hace que se puedan aprovechar las características favorables que presenta cada patrón en un medio determinado si sobre él podemos injertar la variedad que nos interesa.

La influencia del sistema radical, o en definitiva del patrón, está determinada principalmente por sus características de desarrollo, por la capacidad de absorción de agua y nutrientes, y por su adaptación a las condiciones del medio ecológico. No obstante, la influencia puede variar también según la edad y desarrollo del patrón en el

momento de realizar el injerto, según la altura en que se realice, según la afinidad y la unión que se haya producido entre ambas partes, según la sanidad de los materiales vegetales utilizados (virosis), etc.

Los efectos de un patrón no se manifiestan siempre de una forma clara y precisa, y el comportamiento de las plantas puede ser muy distinto para la combinación de diferentes variedades. Antes de realizar una plantación se debe disponer de experiencia sobre la adaptación del patrón a las condiciones de la zona y sobre la afinidad y comportamiento de la variedad injertada.

En general, la principal influencia del sistema radical se da sobre los siguientes aspectos de la planta:

a) Vigor.

Se conoce relativamente bien la influencia sobre el vigor y comportamiento vegetativo de las variedades respecto a bastantes patrones. Por ejemplo, las selecciones de East Malling de patrones de manzano, clasificados en: enanizantes, medianamente vigorosos, vigorosos y muy vigorosos.

Cabe mencionar que un patrón débil o enanizante no desarrolla su sistema radical exclusivamente de forma superficial, sino que puede profundizar en el suelo, aunque en muchos casos con raíces poco gruesas y frágiles.

b) Adaptación al medio.

El patrón ejerce acciones directas e indirectas que permiten el desarrollo de la variedad en condiciones de medio adversas o desfavorables, como lo serían en el caso de crecer sobre sus propias raíces.

Principalmente se manifiesta por la mejor o peor adaptación al suelo (sequía, exceso de humedad, caliza, salinidad, etc.) y por la resistencia a factores climáticos (heladas) y a plagas y enfermedades.

c) Fructificación.

El patrón puede influir en aspectos como: la precocidad de la planta o anticipación de la fructificación, la inducción floral o formación de yemas de flor, el cuajado y desarrollo posterior del fruto, la producción en su conjunto y la maduración del fruto. El

adelanto de la maduración se produce, en algunos casos, por mala afinidad o mala unión del injerto.

d) Características del fruto.

El patrón puede influir directamente en las características del fruto como: tamaño, color y otros aspectos de la calidad; pero en muchos casos es difícil apreciar esta incidencia a no ser que sea debida a efectos indirectos de su adaptación.

También se ha comprobado que no existe en especies de hoja caduca transmisión de las características del fruto del patrón sobre el de la variedad injertada. Por ejemplo, los membrilleros utilizados como patrones de peral no transmiten las características de su fruto a las peras de la variedad injertada. En especies de hoja perenne sí se ha encontrado esta transmisión en algún caso. Por ejemplo, en naranjos injertados sobre limonero y en pomelos injertados sobre naranjo amargo.

e) Ciclo vegetativo y longevidad.

El patrón, según sea su ciclo vegetativo, puede originar ligeros adelantos o retrasos en el ciclo vegetativo natural de la variedad injertada al incidir sobre su entrada y salida del reposo.

Las plantas injertadas tienen, en general, una vida más corta, aunque en explotaciones frutales lo que interesa realmente es la vida productiva.

f) Otras acciones.

El patrón puede ejercer otras acciones que de forma directa o indirecta actúan sobre la parte aérea y cuyos efectos no son producidos solamente por el sistema radical sino que puede intervenir la parte de tronco de la planta que corresponde al patrón. Según sea la altura en que se realiza el injerto sobre el tronco del patrón, se modifica su influencia sobre el vigor de la planta; o bien se persigue con el tronco del patrón tener una mayor resistencia a las heladas.

También la utilización de una porción de intermediario entre el patrón y la variedad, así como la calidad de la unión que se produzca en el injerto, ejercen acciones importantes sobre la variedad.

8. Franqueamiento y serpeo

8.1. Franqueamiento

Se denomina franqueamiento a la emisión de raíces por parte de la variedad en plantas injertadas, según puede verse en la Figura 2.12.

Cuando el punto de injerto está enterrado o a ras del suelo puede ocurrir que desde el injerto se emitan raíces adventicias, según la facilidad de la especie para formar dichas raíces y las condiciones favorables que se den para su emisión. Si estas raíces de la variedad tienen un desarrollo considerable llegan a inutilizar el efecto del patrón, lo que origina problemas a la plantación y da lugar a una falta de uniformidad entre las plantas.

En algún caso particular el franqueamiento puede interesar para corregir el mal funcionamiento de un patrón, aunque tampoco será una fácil y buena solución para la plantación. En este caso se recomienda hacer incisiones en el tronco y aplicar hormonas para favorecer la emisión de raíces adventicias, y luego aporcar para cubrir la zona a franquear y mantener la humedad adecuada para crecimiento de las nuevas raíces. Los resultados son muy irregulares y dependen de muchas condiciones.

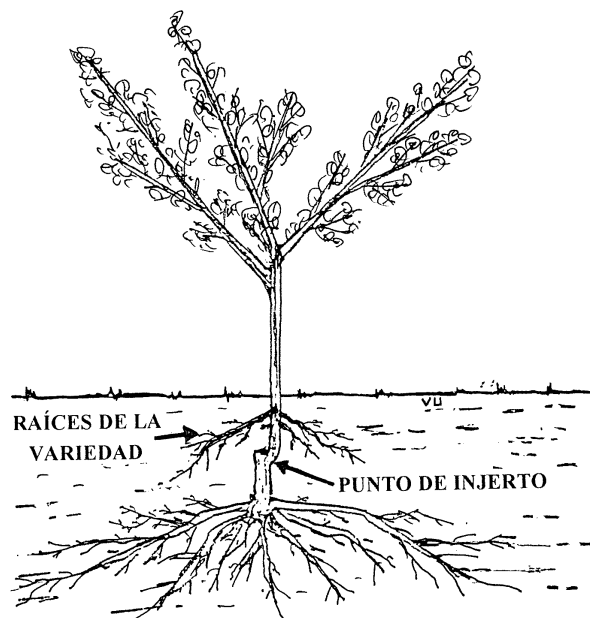


Fig. 2.12. Árbol franqueado.

8.2. Serpeo

Se denomina serpeo a la emisión de brotes desde las raíces, que salen a la superficie por toda la zona ocupada por el sistema radical, según puede verse en la Figura 2.13. Estos brotes reciben los nombres de sierpes o pollizos. Ocasionalmente ocasionan una competencia nutritiva y dificultan las labores culturales, siendo, por lo tanto, perjudiciales para la plantación.

Algunas especies frutales tienen una gran tendencia al serpeo, como es el caso del ciruelo (Damas, San Julián, Brompton, etc.), avellano, manzano, etc.

Los brotes que salen junto al tronco suelen proceder de yemas de la zona del cuello de la planta y no son, por lo tanto, sierpes; aunque también son perjudiciales para la planta. Si al cortarlos se deja la porción basal se producen de forma más abundante nuevos rebrotes. Estos rebrotes suelen enraizar y reciben entonces la denominación de hijuelos. También salen nuevas sierpes de las raíces superficiales emitidas por los rebrotes en esta zona del cuello.

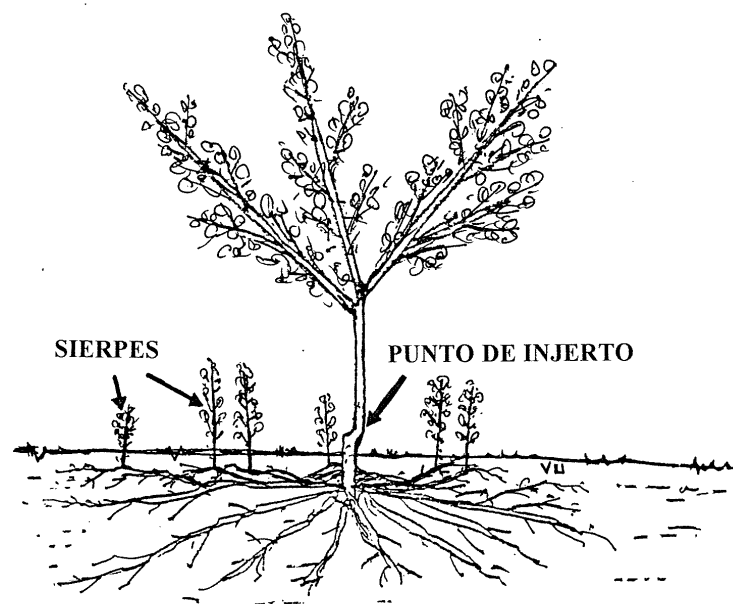


Figura 2.13. Árbol con emisión de sierpes.

9. Bibliografía (Capítulo 2. El sistema radical)

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:

Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R. 1988. *Fisiología vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 823 pp., [91 - 105, 140 - 159].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general*. Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [92 - 117].

Bourraín, L.; Navatel, J.C.; Blal, B.; Parat, J. 1999. *Les mycorhizes: des champignons symbiotiques en aide aux pépiniéristes*. Infos-Ctifl nº 154: 36 - 39.

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [37 -73].

Coutanceau, M. 1971. *Fruticultura*. Mundi-Prensa. Madrid. 326 pp., [24 - 30].

Esau, K. 1985 (3ª ed. rev.). *Anatomía vegetal*. Ediciones Omega. Barcelona. 779 pp., [513 - 564].

Fahn, A. 1985. *Anatomía vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 599 pp., [288 - 321].

Franco, J.A., Abrisqueta, A.M. y Ruíz, A. 1998. *La raíz: ¿Una notable desconocida cuando se habla de fertirrigación en frutales?* Agrícola Vergel. Nov. 98: 623 - 629.

Gautier, M. 1987. *La culture fruitière. Volume 1, L'arbre fruitier*. J.B. Bailliére. Paris. 492 pp., [8 - 15].

Gil, G.F. 1977. *Fruticultura. El potencial productivo*. Universidad Católica de Chile. Santiago. 342 pp., [185 - 200].

Kobel, F. 1966. *Trattato di Frutticoltura*. Edizioni Agricole. Bologna. 438 pp., [79 - 88].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. Mº. Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [9 - 43].

Pereira, G.; Roldán, I.; Herrera, M.A. 1998. *Micorrizas en especies leñosas*. Colección Informaciones Técnicas, 57/98. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 40 pp., [Varias].

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 2, 42 pp.].

Rom, R.C.; Carlson, R.F. 1987. *Rootstks for Fruit Crops*. John Wiley & Sons. New York. 494 pp., [5 - 25].

Strasburger, E.; Noll, F.; Schenck, H.; Schimper, A.F. 1974 (6ª ed.). *Tratado de Botánica*. Editorial Marín. Barcelona. 799 pp., [159 - 166 y 200 - 223].

Trocme, S. y Gras, R. 1979 (2ª ed.). *Suelo y fertilización en Fruticultura*. Mundi-Prensa. Madrid. 286 pp., [35 - 63]

Valli, R. y Schiavi, S. 1989. *Coltivazioni Arboree*. Edizioni Agricole. Bologna. 432 pp., [17 - 20].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. M.º Agricultura. S.G.T., Serie Técnica. Madrid. 521 pp., [13 - 29].

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [96 - 118].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 2. El sistema radical

- 1 [Laboratorio - taller].** Reconocer las diferentes clases de raíces de un árbol frutal. Se debe disponer de un árbol arrancado en el que se observe bien el sistema radical.
- 2 [Laboratorio - taller].** Reconocer sistemas radicales pivotantes sobre plantas procedentes de semilla y sistemas fasciculados sobre plantas procedentes de estaquillado. Se debe disponer de árboles secos, procedentes de semillero y de estaquillado, arrancados conservando todo el sistema radical.
- 3 [Laboratorio - taller].** Reconocer los diferentes tejidos en secciones transversales de raíces gruesas de esqueleto.
- 4 [Laboratorio].** Observar con la lupa raíces absorbentes en estaquillas enraizadas.
- 5. [Laboratorio].** Observar con la lupa la formación de raíces adventicias en un tallo. Utilizar estaquillas recién enraizadas de membrillero y vid.
- 6 [Campo].** Observar la formación de raíces adventicias sobre las siguientes plantas: a) en la parte más basal de las ramas de plantas madres de estaquilla de cerezo Colt; b) en brotes de las plantas madres de acodo de membrillero y manzano; c) en los nódulos radicales formados en la zona del cuello de manzanos injertados sobre patrón MAC-9; d) en un peral franqueado injertado sobre membrillero.
- 7 [Invernadero - campo].** Comprobar la diferencia en el inicio de crecimiento de las raíces en patrones francos de melocotonero, cultivados en contenedor, situados en invernadero y al aire libre.
- 8 [Campo].** Observar y analizar en plantaciones los efectos sobre las plantas del encharcamiento del suelo y de otros factores que puedan presentarse.
- 9 [Campo].** Observar en plantaciones el desarrollo de raíces finas en el horizonte superficial, en la zona mantenida sin laboreo con empleo de herbicidas.
- 10 [Invernadero].** Comprobar el efecto de la poda de raíces en manzanos jóvenes cultivados en contenedor.

11 [Campo]. Observar y analizar la influencia del sistema radical sobre el crecimiento del árbol en manzanos de la misma variedad injertados sobre patrones de diferente vigor.

12. [Campo]. Observar y analizar la diferente adaptación a suelos calizos de melocotoneros injertados sobre patrón de melocotonero, ciruelo e híbrido almendro x melocotonero. Analizar otras influencias del patrón.

13. [Campo]. Observar la emisión de sierpes y extraer los brotes, en las siguientes especies: ciruelo, endrino, manzano y avellano. Observar también la emisión de rebrotes desde la zona del cuello de la planta en perales injertados sobre membrillero, en manzanos y en avellanos.

14. [Campo]. Analizar el efecto del franqueamiento en perales injertados sobre membrillero, cultivados en un suelo muy calizo.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 2. El sistema radical

1. ¿En qué se diferencia la forma de las raíces de los árboles una plantación de melocotoneros injertados sobre patrón franco de ciruelo con los injertados sobre patrón de ciruelo obtenido por estaquillado?
2. ¿Cuáles son las raíces netamente absorbentes y qué características tienen?
3. ¿Qué efectos tienen las micorrizas sobre el sistema radical?
4. Representar esquemáticamente la transformación de la estructura primaria de la raíz en estructura secundaria, indicando los diferentes tejidos que la constituyen?
5. ¿Qué son las raíces adventicias y qué origen tienen?
6. ¿Qué factores influyen sobre el enraizamiento de las plantas cuando se establece una plantación frutal?
7. ¿Cuándo entra en actividad el sistema radical y cuándo en reposo?
8. ¿Qué extensión superficial y que profundidad ocupan las raíces de un árbol frutal adulto?
9. ¿Dónde se localizan en superficie y en profundidad la mayor parte de las raíces absorbentes en un árbol frutal adulto?
10. ¿Cuál es la importancia de la aireación del suelo para el crecimiento de la raíces?
11. ¿Que diferencias de crecimiento puede presentar el sistema radical en un suelo arenoso respecto a un suelo arcilloso? Indicar los factores que determinan dichas diferencias.
12. ¿Cómo influye la densidad de plantación y el tipo de sistema de riego sobre el desarrollo del sistema radical?
13. ¿Cómo influye el tipo de mantenimiento del suelo sobre el desarrollo del sistema radical?

- 14.** ¿Cómo se produce la absorción de agua y de nutrientes?
- 15.** ¿Qué factores influyen sobre la absorción?
- 16.** ¿Qué importancia tiene el almacenamiento de sustancias de reserva en las raíces?
- 17.** ¿Por qué aspectos generales viene determinada la influencia del sistema radical sobre la parte aérea, en las combinaciones patrón-variedad?
- 18.** ¿Cuáles son los principales aspectos de la adaptación al medio que se persiguen con la utilización de los diferentes patrones en Fruticultura?
- 19.** ¿Qué es el franqueamiento y qué repercusiones tiene para el árbol?
- 20.** ¿En qué consiste el serpeo y que repercusiones tiene para la plantación?

3

EL TRONCO Y LA RAMIFICACIÓN

1. Constitución del sistema aéreo.
2. Estructura y desarrollo del tallo.
3. Desarrollo del sistema aéreo.
4. Factores que influyen en el crecimiento de la ramificación.
5. Funciones del tronco y de las ramas.
6. Influencia de la parte aérea sobre el sistema radical.
7. Las yemas.
8. Tipos de ramos y otras formaciones.
9. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Constitución del sistema aéreo

El sistema aéreo de los frutales presenta formas muy diferentes según la especie considerada, que a su vez variarán según las condiciones ecológicas y la tecnología de producción aplicada, especialmente según la formación dada a la estructura de la planta.

De una manera genérica, las formas se clasifican en arbóreas y arbustivas, diferenciando estas últimas en otros dos tipos como son los arbustos propiamente dichos y las matas, según puede verse en la Figura 3.1.

El árbol se caracteriza por presentar un tronco claramente diferenciado y con una altura que normalmente es de 0,5-1 metros o superior. Su tamaño es grande, en general de más de 3 metros en su fase adulta. Por ejemplo: peral, melocotonero, nogal, naranjo, aguacate, etc.

El arbusto será de tamaño más pequeño, en general de menos de 3 metros en su fase adulta. Presenta varios troncos (tallos) o bien un solo tronco no diferenciado claramente en la estructura de la planta. Por ejemplo: avellano, endrino, vid, kiwi, etc.

La mata es un arbusto de tamaño reducido, en general no superior a 1-1,5 metros, con tallos delgados y poco lignificados que nacen en la misma base de la planta o por debajo del nivel del suelo. También recibe las denominaciones de matorral y frútice. Por ejemplo: frambueso y zarzamora.

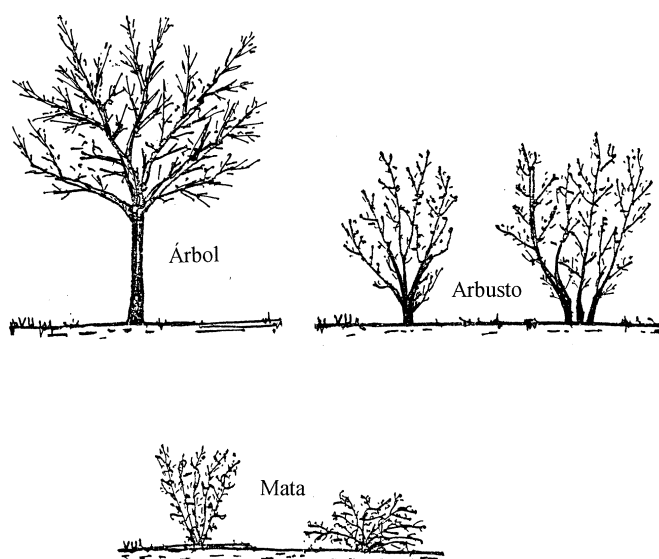


Figura 3.1. Forma de las plantas leñosas frutales.

Ciertas especies adoptarán formas arbóreas o arbustivas según la formación dada a la planta, por ejemplo: el olivo, el granado o el avellano.

El sistema aéreo del árbol frutal, que es la forma más significativa del cultivo de especies frutales, está constituido por el tronco y un conjunto de ramas gruesas estructuradas en sucesivos órdenes, que forman el esqueleto de la planta. El esqueleto constituye la estructura perenne de la planta y no será renovado con la poda, salvo que condiciones particulares lo requieran.

Sobre las ramas del esqueleto se asientan ramas más jóvenes y los ramos formados el último año. Estas ramas jóvenes y los ramos sobre los que se asienta la fructificación son renovados con la poda, según las necesidades de la planta. En los ramos se asientan las yemas que en su evolución darán lugar a los nuevos brotes y a las flores.

Las hojas desarrolladas por los brotes (y las presentes en el árbol, en especies perennifolias) revisten las ramas formando la copa del árbol. Por lo tanto, en la copa se pueden encontrar, según la época del año: ramos, brotes, yemas, hojas, flores y frutos.

En la Figura 3.2 se representa, esquemáticamente, la constitución del sistema aéreo de un árbol frutal.

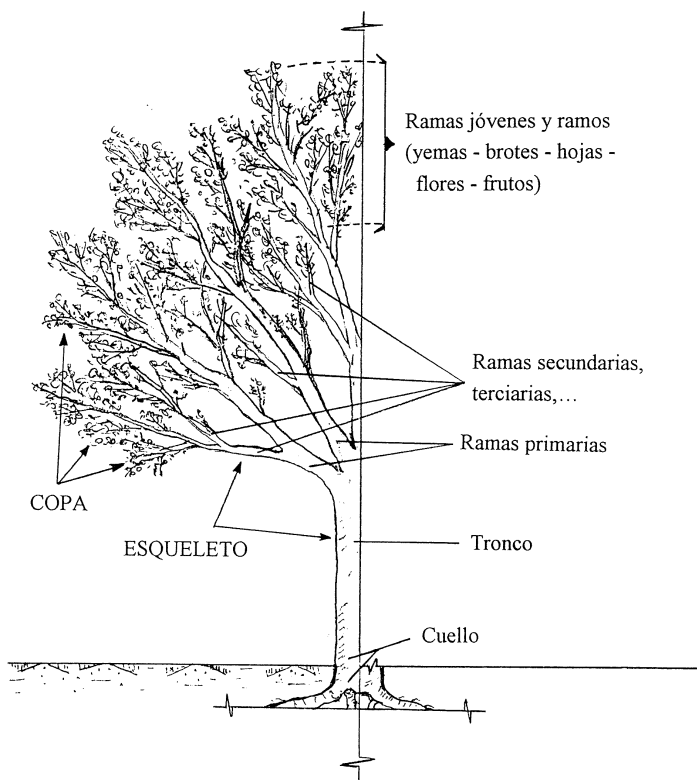


Figura 3.2. Constitución del sistema aéreo de un árbol frutal.

Por ramificación se entiende el conjunto de brotes, ramos y ramas del árbol. Se denomina porte del árbol al tamaño global alcanzado por el sistema aéreo (tronco y copa); no obstante, en caracterización varietal se emplea el término porte referido a la forma de la copa y, también, a la inclinación de las ramas y a la inclinación de las hojas.

1.1. Tipificación de la ramificación

Los diferentes órganos vegetativos que constituyen la ramificación de la copa del árbol se pueden clasificar atendiendo a criterios como: edad, dimensión, posición, función, etc. Seguidamente se expone, desde un punto de vista práctico, la clasificación de estos órganos.

A) Clasificación según la edad.

Según la edad, la ramificación se clasifica en tres tipos: brote, ramo y rama. Su evolución se representa, esquemáticamente, en la Figura 3.3.

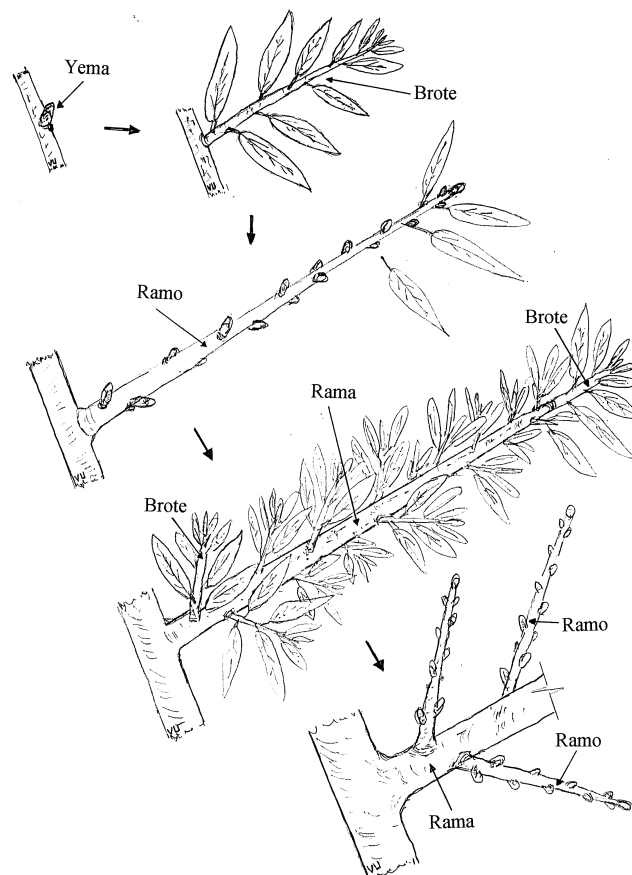


Figura 3.3. Evolución de la ramificación.

1. Brote. Es la formación procedente del desarrollo de una yema. Es un tallo (vástago) herbáceo o parcialmente lignificado que mantiene el crecimiento apical.

2. Ramo. Es la formación originada por un brote al lignificarse (tallo lignificado) que ha cesado su crecimiento y ha formado la yema apical. Las yemas axilares son bien patentes y en especies caducifolias puede tener o no hojas, según la planta se encuentre en periodo de actividad o haya entrado en reposo invernal.

3. Rama. Es la formación originada al brotar las yemas de un ramo al segundo año así como por los desarrollos de años sucesivos. Tiene constitución leñosa, fuertemente lignificada, y su tamaño dependerá de la edad y posición en la planta.

B) Clasificación según el orden y posición.

Las ramas se clasifican según el orden de ramificación y la posición que ocupan en la estructura del árbol en:

1. Principales. Se insertan directamente en el tronco. En algunos sistemas de formación de la planta estas ramas principales se denominan brazos. Es frecuente llamarlas también ramas madre, pero esta denominación se considera confusa.

2. Secundarias. Se insertan sobre las ramas principales. Será la ramificación de segundo orden.

3. Terciarias y de órdenes ulteriores. Originadas por los sucesivos órdenes de ramificación. Se denominan ramas fructíferas si no forman parte del esqueleto.

Comúnmente se utilizan por los fruticultores diferentes términos para denominar los tipos de ramas, alguno de los cuales muy confuso. De estos solamente deben tenerse en cuenta para caracterizar el árbol los siguientes:

- Guía (o eje): Es la prolongación central del tronco (eje central) por encima de la inserción de las primeras ramas, o bien la prolongación central de una rama principal (eje lateral).

- Piso: Es un bloque de ramas insertas en la guía del tronco o en las ramas principales a alturas más o menos iguales y con la misma edad, inicialmente.

En la Figura 3.4 se representan, esquemáticamente, los diferentes tipos de ramas.

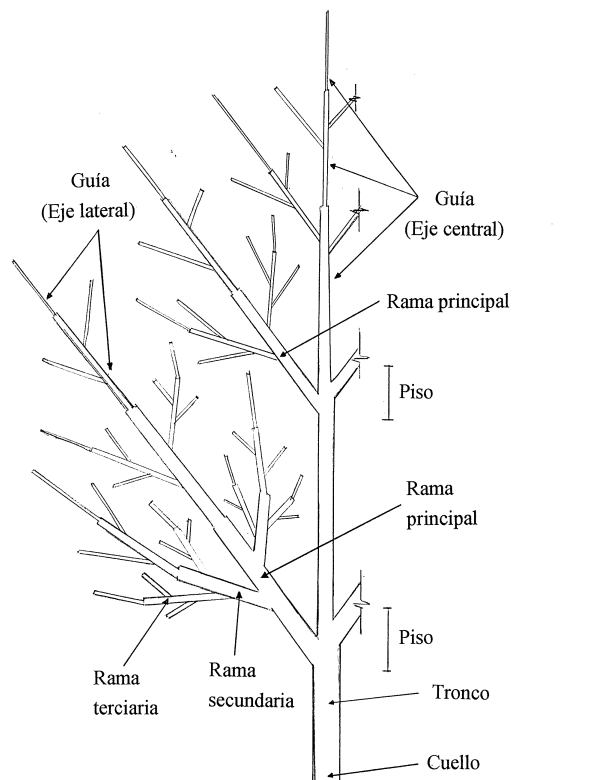


Figura 3.4. Tipos de ramas en un árbol frutal.

C) Otras clasificaciones.

La ramificación, según el desarrollo alcanzado respecto al eje central del árbol, se clasifica en:

- Excurrente. Las ramas laterales son más o menos cortas situándose escalonadamente en altura por debajo del eje central, que se encuentra bien definido.
- Decurrente. Las ramas laterales alcanzan un crecimiento análogo al del eje central, el cual termina no siendo patente.

Dependiendo de la posición que adoptan las ramas la ramificación se clasifica en:

- Erecta. Las ramas presentan un desarrollo más o menos vertical.
- Péndula. Las ramas presentan un desarrollo más o menos horizontal o dirigido hacia suelo.
- Acodillada. Las ramas presentan formas tortuosas en su desarrollo.

En la Figura 3.5. Se representan, esquemáticamente, estos tipos de ramificación.

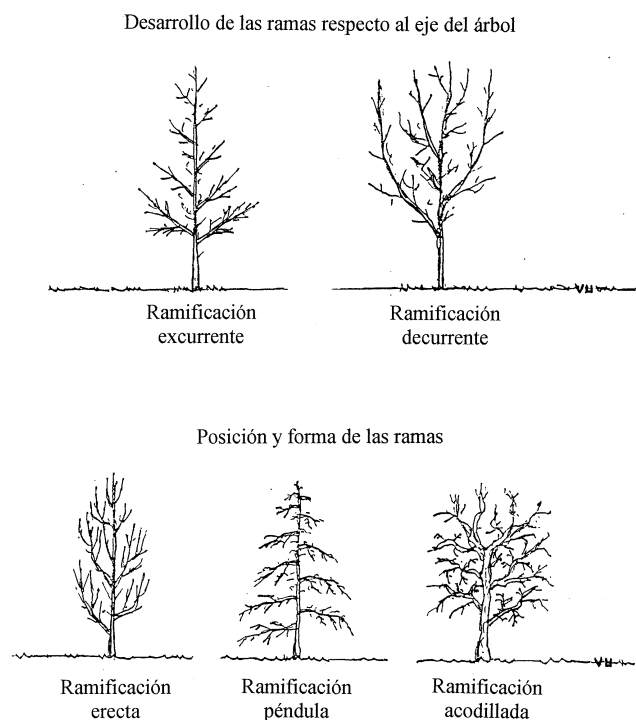


Figura 3.5. Tipos de ramificación según la posición y forma de las ramas.

1.2. Tipos de copa

La copa de los árboles frutales adopta diferentes tipos según las características vegetativas de la especie y la formación dada a la estructura de la planta. En la Figura 3.6 se refleja una tipificación adaptada de clasificaciones generales para árboles.

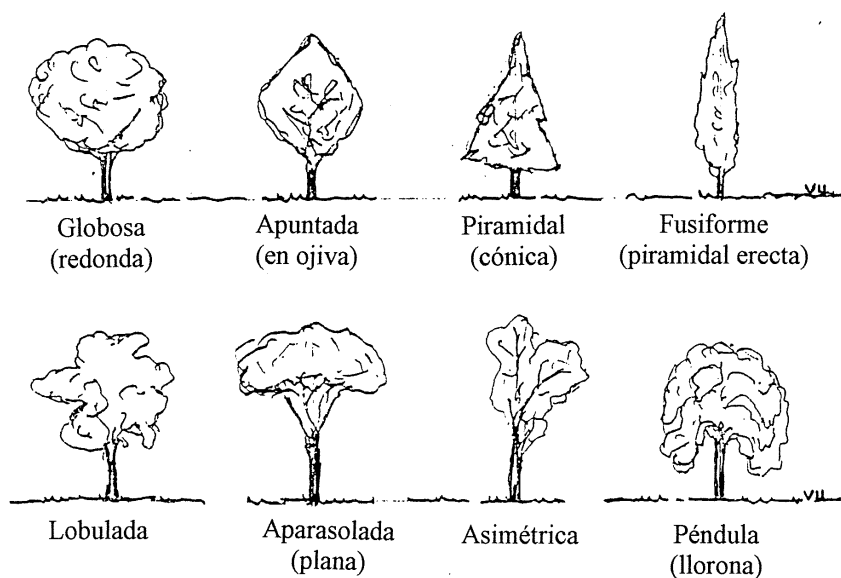


Figura 3.6. Tipos de copa.

Debe tenerse en cuenta que en muchas de las plantaciones frutales actuales los árboles no se encuentran aislados, sino dispuestos en una hilera y formando un seto continuo moldeado con podas, por lo que las copas se entrecruzan y será difícil apreciar su perfil (proyección en plano vertical) y su contorno (proyección en plano horizontal).

1.3. Cuello del árbol

El cuello del árbol es la parte más basal del tronco y comprende los 20 ó 30 primeros centímetros del tronco a partir del inicio del sistema radical. Es, por lo tanto, la zona del tronco que queda por debajo de la superficie suelo y la inmediatamente superior, según puede verse en la Figura 3.2.

Por su situación es una zona muy sensible. Está expuesta al contacto de la humedad del suelo y a la acción de las heladas por las bajas temperaturas que se producen en esa zona próxima al suelo. Tiene un gran riesgo al ataque de plagas y enfermedades, y a ser dañada por el paso de los aperos de laboreo y la maquinaria que se utiliza la plantación.

Además, en árboles injertados, en esta zona se encuentra el punto de unión entre el patrón y la variedad, que es un punto sensible debido a la cicatrización del corte del patrón por encima del injerto y a las rugosidades que se producen en la corteza en el caso de que la unión de los materiales no sea perfecta.

2. Estructura y desarrollo del tallo

El tallo (o vástago) se origina a partir del cono vegetativo de las yemas, o en el caso de la semilla a partir de la plúmula o yema caulinar del embrión.

Con la germinación de la semilla, a la vez que crece la radícula, el eje del embrión se alarga dando lugar al inicio del tallo. La porción de tallo que está por encima de los cotiledones se denomina epicotilo y la que está por debajo hipocotilo. Luego aparecen en el ápice del epicotilo los primordios de las primeras hojas del brote de la nueva planta.

En las yemas, el cono vegetativo se halla envuelto por los primordios foliares. Con el desborre y la apertura de la yema, los primordios foliares se alargan y se producirá el

crecimiento del ápice caulinar, formándose nuevos primordios en sucesión acrópeta (hacia el ápice), dando lugar al nuevo brote. El crecimiento apical se debe a la división de las células del meristema apical primario (promeristema) que constituye el extremo del tallo, denominado también zona embrional o inicial del tallo. A continuación se sitúa en el eje caulinar una zona de determinación (o de organogénesis) que es un anillo meristemático en el que se fija el plan estructural del futuro tallo; es decir, la posición de hojas y yemas. Se produce también la primera diferenciación de lo que van a ser los tejidos la corteza, los haces conductores y la médula.

Mediante un tránsito gradual en el crecimiento en longitud, se pasa luego a una zona de diferenciación en la que ya se hacen perceptibles las diferencias esbozadas en la zona anterior. Se constituye así la estructura primaria del tallo, que posteriormente se transformará en estructura secundaria, la cual dará lugar al crecimiento en grosor del tallo.

El tallo se engrosa, generalmente, en la zona de inserción de las hojas formando los nudos. La zona comprendida entre las hojas se denomina entrenudo. El tallo puede tener pelos (tricomas) dándole un aspecto pubescente.

Según va creciendo el brote se forman en la axila de las hojas las yemas laterales o axilares, las cuales originarán tallos laterales y así sucesivamente nuevos tallos, dando lugar a los diferentes órdenes de ramificación.

2.1. Estructura primaria

En la zona de diferenciación del ápice en crecimiento se inicia la formación, en el anillo meristemático, de cordones de procámbium, los cuales al juntarse terminarán originando un cilindro continuo de procámbium.

El procámbium origina el protofloema y el protoxilema inicialmente, dando lugar a los primeros tubos cribosos y a los primeros vasos conductores, respectivamente. Posteriormente, se origina el metafloema y el metaxilema que, junto con el sistema conductor formado anteriormente y que ya va quedando inactivo, constituirán el floema y xilema primarios.

Al mismo tiempo en los tejidos de la corteza se diferencia la epidermis (desprovista de clorofila e interrumpida por los estomas) y la corteza primaria que consta de un

parénquima asimilador verde y de parénquima de reserva. En el interior se forma la médula. En la Figura 3.7 puede verse un esquema de esta estructura primaria del tallo.

A partir del anillo meristemático se originan también los primordios foliares y, en posición un poco más distante, hacia la base, los primordios de las yemas laterales. Estos quedarán unidos por las vías conductoras con el sistema conductor ya formado.

Los tejidos, generalmente parenquimáticos, que separan lateralmente los haces y ponen en comunicación entre sí los parénquimas de la médula y de la corteza se llaman radios medulares primarios. En el exterior de los haces conductores pueden diferenciarse, como elementos de sostén, fibras de esclerénquima (fibras liberianas primarias) que limitan más claramente el cilindro central conductor de la corteza primaria.

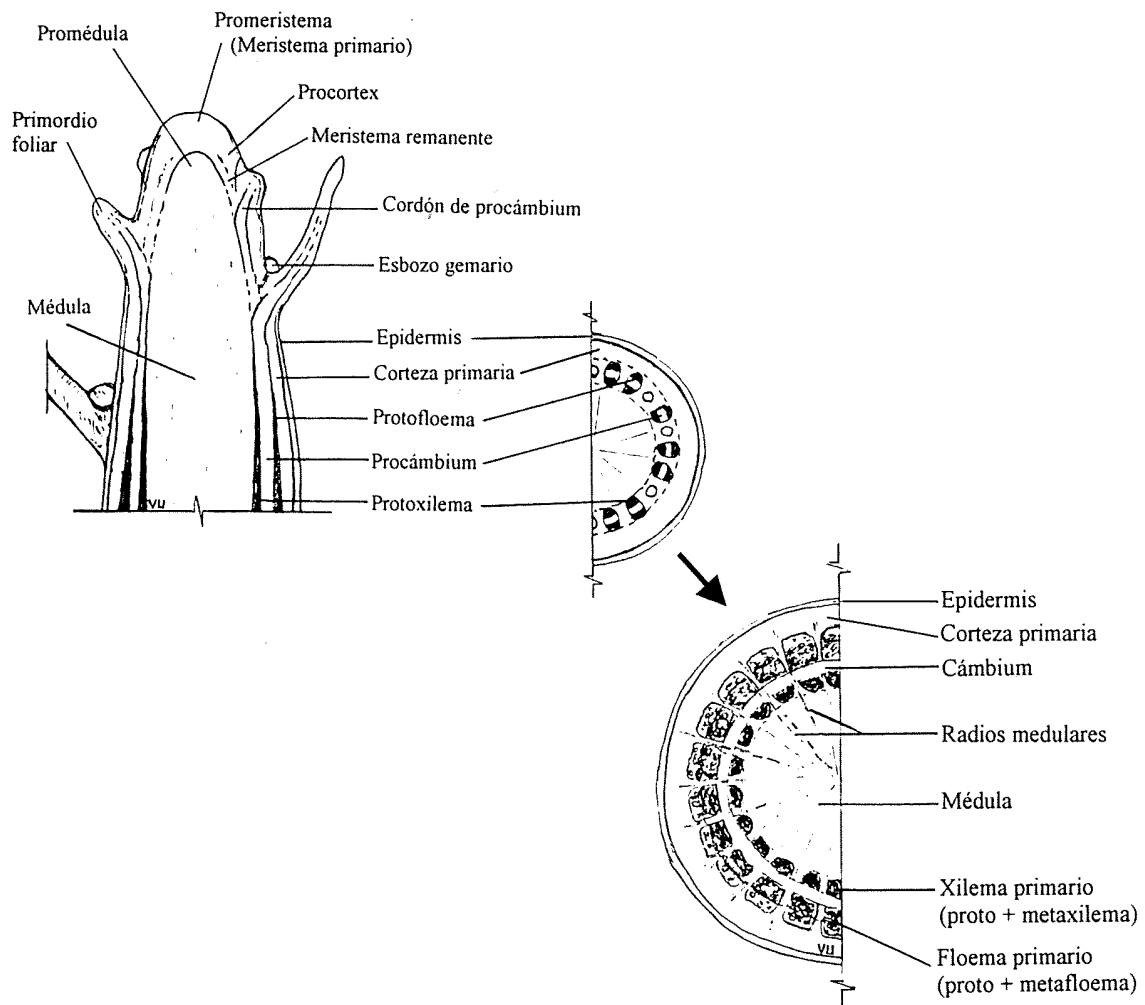


Figura 3.7. Estructura primaria del tallo.

2.2. Estructura secundaria

Una vez formada la estructura primaria, que ha dado lugar al engrosamiento primario, es preciso incrementar los elementos conductores y mecánicos del tallo. Esto se consigue con la acción de dos meristemas secundarios que son el cámbium vascular y el cámbium suberógeno (felógeno). A partir de ellos se produce el engrosamiento secundario del tallo y, en definitiva, el crecimiento en grosor de los ramos y ramas.

El cámbium vascular, procedente de restos del meristema primario apical, forma un estrato cilíndrico que separa el leño de la corteza. Este cámbium es un meristema secundario, puesto que procede del cámbium fascicular inicial y de la transformación de las células de los radios medulares en un cámbium interfascicular (meristema secundario), originando así un cilindro continuo de cámbium. Por la actividad del cámbium se genera hacia el interior el xilema secundario (o leño secundario) y hacia el exterior el floema secundario (o liber). Todos los tejidos formados hacia el exterior reciben también el nombre de corteza secundaria.

El cámbium suberógeno, procedente, generalmente, de tejidos subepidérmicos, produce un tejido secundario protector que dará lugar a la capa exterior de la corteza. En la Figura 3.8 puede verse un esquema de la estructura secundaria del tallo.

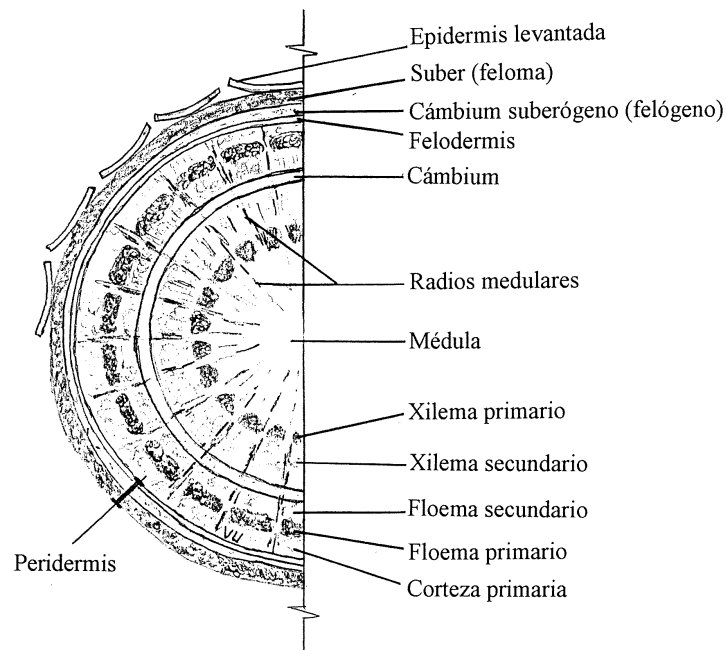


Figura 3.8. Estructura secundaria del tallo.

Seguidamente se detalla la formación del leño y de la corteza en la estructura secundaria y que dará origen al crecimiento en grosor del tronco y de las ramas.

1. El leño.

El xilema generado hacia el interior se diferencia en una serie compleja de tejidos con diferentes funciones, como son:

- Los cordones longitudinales de traqueidas o tráqueas muertas (vasos), encargados del transporte de agua y de los elementos minerales que ascienden desde las raíces.

- Los cordones longitudinales de fibras esclerenquimáticas muertas, llenas de aire, (fibras leñosas) con función de sostén. Acompañando a los vasos pueden ir también fibras leñosas vivas y muertas con función de almacenamiento y de sostén. Las fibras colenquimáticas vivas se encuentran en la parte que todavía manifiesta un crecimiento activo. El esclerenquima muerto consiste en células pétreas lignificadas de pared gruesa, resistentes a la presión, y en fibras de esclerenquima de células alargadas y de membranas poco lignificadas, resistentes a la tracción.

- Los cordones radiales de células parenquimáticas vivas (parénquima leñoso y radiomedular) y las fibras de compensación vivientes de posición longitudinal, ambos con función de reserva y de conducción de sustancias orgánicas. A este sistema parenquimático llegan las sustancias orgánicas procedentes del liber y se almacenan en forma de almidón o de grasa hasta la salida del reposo.

En la sección transversal del leño se pueden observar los anillos anuales, que se originan por la periodicidad en que se manifiesta la actividad del cámbium. En la primavera, coincidiendo con el desarrollo de nuevos brotes, se forman vasos especialmente amplios que conducen el agua a los puntos de consumo, dando lugar al leño temprano. Más tarde se forman células estrechas que sirven para aumentar la solidez del tallo, dando lugar al leño tardío, que termina marcando el límite del anillo anual. En la Figura 3.9 pueden verse estos anillos en una rama de cuatro años

En el leño se diferencian también dos partes:

- 1) Albura. Formada por los anillos anuales más jóvenes que contienen células vivas. Es la encargada del transporte y de la acumulación de reservas. Los vasos de esta zona son los que están relacionados con las hojas y con las raíces más jóvenes.

2) Duramen. Formada por las partes más viejas, cuyos vasos quedan fuera del hidrosistema por haber sido inutilizados. Sirve solamente para dar resistencia a la rama o tronco. Suele tener una coloración más oscura y suele ser más compacto y denso, y se halla protegido de la descomposición por depósitos de distintos productos (derivados tánicos, resinas, etc.). Su color más oscuro es debido a los productos de oxidación de los taninos (flobafenos). Cuanto más oscura es la madera mayor duración suele tener, como por ejemplo de nogal y ciruelo.

2. La corteza

El floema generado hacía afuera se diferenciará en una serie compleja de tejidos, al igual que el xilema, con diferentes funciones, como son:

- Las células y tubos cribosos, que constituyen el sistema conductor más importante a gran distancia de productos asimilados y de sustancias orgánicas de reserva.
- El parénquima radiomedular, que asegura la conexión con los tejidos de reserva del leño, el cual junto con el parénquima liberiano, también presente, actúan como tejidos de reserva. Estos parénquimas son semejantes a los del leño.

También constituyen la corteza secundaria los tejidos derivados de la corteza primaria, y las placas de esclerénquima y las capas de suber que forman un sistema protector combinado. Por su resistencia y elasticidad evita lesiones mecánicas, por sus propiedades aislantes protege contra el calor y por su contenido en sustancias tánicas o de otros compuestos (resinas, mucílagos, etc.) protege contra las infecciones.

Los tubos cribosos y las células anexas de la corteza secundaria sólo son activos durante corto tiempo. Terminan muriendo y se destruyen aplastándose, siendo reabsorbido su contenido. Como consecuencia del crecimiento se produce una dilatación tangencial que suele originar roturas. En los cítricos la dilatación de la epidermis dura varios años, reforzándose por dentro con nuevas capas de epidermis mientras la superficie se resquebraja.

Antes de que se produzca la rotura de la epidermis, se produce un nuevo tejido secundario protector, como consecuencia de la actividad del cámbium suberógeno, o felógeno.

La formación del cámbium suberógeno suele empezar ya durante el periodo vegetativo activo del brote o inmediatamente después, con el periodo de agostamiento.

El felógeno puede proceder de la misma epidermis mediante divisiones tangenciales de sus células (por ejemplo en manzano y peral), pero normalmente se origina de la capa cortical subepidérmica, inmediatamente subyacente, o de ambas a la vez.

El cámbium suberógeno genera hacia el interior lo que se denomina felodermis, que es una capa escasa de células no suberificadas y ricas en clorofila que pasan a ser células corticales.

Hacia el exterior genera el feloma o suber (corcho) formado por capas de células sin espacios intercelulares y normalmente suberificadas. En él se forman también las lenticelas que reemplazan a los estomas de la epidermis en el intercambio de gases. Las lenticelas se forman debajo de los estomas llegando incluso a levantar la epidermis y a desgarrarla. Son una diferenciación particular de tejido aislante.

El conjunto de cámbium suberógeno, felodermis y suber se denomina peridermis.

Con la formación de la peridermis, la superficie del tallo, hasta entonces verde, se va volviendo parda, marrón o grisácea.

Cuando cesa la actividad del primer cámbium suberógeno todos los tejidos se convierten en una capa de suber. Se forma entonces en la corteza primaria un nuevo cámbium suberógeno, cuya actividad, pasado algún tiempo, también se detiene, y así sucesivamente. Normalmente los nuevos cámbiums no se originarán de los tejidos primarios, sino del parénquima vivo de la corteza secundaria. Por eso en los troncos viejos todos los tejidos vivos o muertos situados fuera del cuerpo leñoso son de origen secundario, aunque con excepciones en algunas especies.

Los tejidos situados por fuera del cámbium suberógeno (como es la epidermis), al ser privados de toda aportación de agua y alimentos, tienden a morir. El conjunto de los tejidos aislados de este modo, junto con las capas peridérmicas anteriormente intercaladas, se designan con el nombre de ritidoma.

Como el ritidoma no recibe en absoluto agua ni sustancias nutritivas, no puede seguir, naturalmente, el aumento progresivo del diámetro del tallo y, con el tiempo, se exfolia por su parte exterior o se agrieta longitudinalmente, como se ve en la mayoría de los árboles viejos.

Debido al modo de formación del ritidoma se van desprendiendo, con el tiempo, las porciones más externas y, por lo tanto, más viejas de la corteza. A consecuencia de ello la corteza se mantiene siempre delgada, aún en los viejos troncos.

Cuando los estratos suberosos forman capas cilíndricas completas, las masas de tejidos que rodean el tallo constituyen ritidomas anulares, como en el cerezo y el guindo, en los cuales también se origina un suber foliáceo en forma de numerosas láminas delgadas.

Si los revestimientos anulares de suber quedan interrumpidos por bandas parenquimáticas, se forman los ritidomas de bandas, como en la vid.

Cuando, por el contrario, las capas de suber y los respectivos cámbiumes de que derivan cubren, solamente, porciones limitadas de la superficie del tallo, también en sentido longitudinal, recortan masas más o menos importantes de tejidos en forma de escamas, en este caso se superponen por sus bordes estratos suberosos más jóvenes y otros más viejos, con lo que se forma un ritidoma escamoso, como por ejemplo en manzano y peral.

En la Figura 3.9 puede verse la estructura de una rama de cuatro años en la que se representan los anillos anuales del leño y los componentes de la corteza.

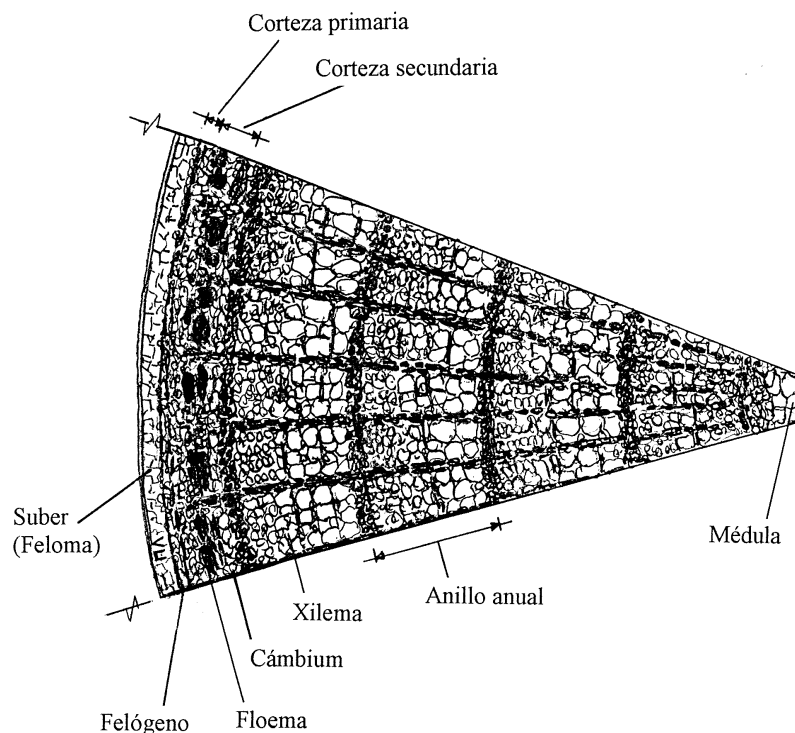


Figura 3.9. Estructura de una rama de cuatro años.

2.3. Cicatrización de heridas y soldadura del injerto

Las heridas producidas en el tallo pueden afectar sólo a la corteza o también al leño. Cuando una herida desprende o magulla los tejidos se produce la necrosis de sus células y se detiene la circulación de savia en la zona afectada. La cicatrización tendrá lugar a partir de las células vivas que limitan con la herida, por lo que es conveniente eliminar los tejidos magullados dejando cortes vivos para facilitar la cicatrización.

Las células vivas del cámbium que limitan con la herida se multiplican rápidamente produciendo células de parénquima que se entremezclan y entrelazan formando lo que se denomina callo o tejido calloso. Se constituye así un reborde calloso en la herida que comienza a cubrirla.

En este reborde se forma hacia fuera un cámbium suberoso que produce una capa protectora de suber. Por dentro se produce una capa de cámbium que empalma con el cámbium normal del tallo y se genera un nuevo floema y xilema. El crecimiento es muy activo y las nuevas estructuras formadas hacen avanzar el reborde calloso que termina recubriendo completamente la superficie de la herida. Los rebordes se fusionan entre sí y se unen los cámbiums de los lados formando una capa continua, quedando así cicatrizada la herida.

Este tejido de cicatrización no suelda con el leño que quedó al descubierto en la herida, el cual toma un color pardo al morir su parénquima, permaneciendo este síntoma siempre en el tronco o en las ramas. El leño producido encima de la herida tiene en principio diferente estructura y se llama leño cicatricial.

En cerezo y otros *Prunus* el cámbium origina en las heridas nódulos de células parenquimáticas de membrana delgada (en lugar de leño normal) que forman la goma, y ésta cierra la herida.

La unión del injerto se produce de forma similar a la cicatrización de una herida. Al poner en contacto las zonas cambiales de los materiales vegetales a injertar, siempre que ambas sean compatibles y existan condiciones favorables para la soldadura, se forma a partir de ambos cámbiums un callo que se fusiona y en el que se diferencian nuevas células cambiales que establecen la unión entre los materiales, formando una capa continua de cámbium. Luego se produce nuevo xilema hacia el interior y floema hacia el exterior, estableciendo así la conexión vascular y la soldadura definitiva del injerto.

El injerto debe realizarse con la planta en actividad o entrando en ella, de forma que las células del cámbium estén activas y puedan dividirse para formar el callo. Cuando la corteza se separa fácilmente de la madera se tiene plena seguridad de que el cámbium está activo.

Para que la unión tenga éxito es preciso, también, conservar la polaridad correcta de los materiales injertados y mantener un buen contacto entre los materiales mediante ataduras o bien otros medios; a la vez que se protege el injerto de la deshidratación, evitando que se lleguen a secar los materiales sin producir el callo necesario para la unión.

3. Desarrollo del sistema aéreo

El sistema aéreo se desarrolla, en la mayor parte de los frutales, a partir de la brotación del injerto. En los casos que no se utiliza planta injertada el sistema aéreo se forma, en general, a partir de la brotación de estaquillas enraizadas y de plantas procedentes de cultivo in-vitro.

Desde su inicio en el vivero la planta será intervenida para conseguir el desarrollo deseado del plantón que será utilizado en la plantación frutal. Con la plantación, en unos casos el tronco del plantón será rebajado para forzar el crecimiento de las ramas laterales y en otros casos se conserva el eje para que continúe su crecimiento. Durante los primeros años de desarrollo de la planta se le aplicarán podas de formación hasta lograr la estructura deseada de su esqueleto, en el que se asentará la fructificación.

Los cuidados que reciba la planta en los primeros años serán muy importantes para conseguir un buen y rápido desarrollo de la ramificación y una uniformidad entre todas las plantas de la plantación.

A la vez que se va desarrollando el sistema aéreo la planta entra en producción, la cual se va incrementando en los sucesivos años hasta que se consigue el desarrollo definitivo de la estructura de la planta para asentar una plena producción.

Finalizada la formación de la estructura de la planta, ésta ya se considera adulta y entra en la fase de plena producción, alcanzando el sistema aéreo todo su volumen productivo. Durante la vida productiva se tratará de mantener equilibrada la vegetación mediante la poda y otras técnicas culturales.

En ocasiones será preciso intervenir también sobre la estructura de la planta para seguir manteniendo su tamaño o renovar las ramas productivas. Vegetación y producción se mantienen equilibradas hasta que la planta entra en su fase de envejecimiento con un descenso en la producción, necesitando, entonces, mayores intervenciones sobre el sistema aéreo para rejuvenecer la vegetación y mantener el equilibrio productivo.

3.1. Crecimiento del brote

En el crecimiento inicial del brote, sobre todo en especies caducifolias, son decisivas las sustancias de reserva acumuladas en planta. Luego, el crecimiento dependerá del suministro de agua y nutrientes, y de la capacidad fotosintética de la vegetación en relación con el consumo de nutrientes de los diferentes órganos de la planta.

Dependiendo de las especies y de las condiciones del medio las pautas de crecimiento del brote son muy diferentes. Aunque puede decirse, generalizando, que cuando el balance fotosintético es favorable se produce un fuerte crecimiento en longitud del brote, durante la primavera y principios del verano.

Luego, el crecimiento se atenúa, hasta llegar en muchos casos a pararse y formar la yema terminal. Al final del verano y principios del otoño se produce un segundo periodo de crecimiento mucho menos importante que el primaveral.

Los brotes vigorosos tendrán mayor grosor y mayor longitud (con entrenudos más largos), por lo que al siguiente año tendrán mayor capacidad para desarrollar una nueva brotación también vigorosa. Los brotes débiles suelen parar su crecimiento antes que los vigorosos y contienen menos reservas.

Las hormonas (promotores e inhibidores) desempeñan un gran papel en el crecimiento de los brotes.

Con la superación del reposo invernal se producen cambios en el complejo hormonal de la planta, aumentando los promotores del crecimiento respecto a los inhibidores. Las giberelinas tienen un gran papel en el desarrollo del brote y en el alargamiento de los entrenudos. Parece ser que las nuevas hojas recién formadas sintetizan giberelinas, las cuales activan la producción de citoquininas que son las encargadas de estimular la actividad meristemática y la movilización de sustancias nutritivas. La aplicación de giberelinas favorece el crecimiento en longitud de los brotes.

Las yemas formadas en las axilas de las hojas del brote permanecen latentes y normalmente no se desarrollarán hasta el siguiente año. Este comportamiento es debido a la dominancia apical que ejerce el ápice en crecimiento sobre las yemas laterales. Está regulado por las auxinas producidas en las hojas jóvenes que se desplazan hacia la base del brote, provocando la inhibición del crecimiento de las yemas.

Si se elimina el ápice del brote se provoca la emisión de brotes anticipados en las primeras yemas laterales que se encuentran correlativamente por debajo del corte. Cabe citar que la emisión de brotes anticipados también se produce de forma natural, aunque exista el ápice en crecimiento, presentando dicha emisión diferentes pautas según la especie considerada. En la emisión de brotes anticipados también influye la velocidad de crecimiento del brote y la época del año en que se encuentra. Los despuntes tardíos tienen mucho menos efecto que los tempranos o incluso nulo.

Si se aplican citoquininas sobre las yemas laterales sometidas a la inhibición se provoca su crecimiento, emitiendo brotes anticipados. Por lo tanto, la citoquinina contrarresta el efecto inhibitorio de las auxinas, y cuando en el brote no hay inhibición auxínica se sintetiza citoquinina también en las yemas, estimulando su desarrollo. La citoquinina es elaborada principalmente por las raíces y estimula la división celular y la movilización de las sustancias nutritivas.

En los brotes despuntados puede restablecerse la dominancia apical aplicando auxinas en su parte superior, aunque la respuesta es muy variable.

El ángulo de inserción de los brotes laterales también está influido por una regulación hormonal, con intervención de las auxinas y citoquininas. En general, los brotes de las yemas más inferiores del ramo tienen un ángulo más abierto que los brotes procedentes de yemas más próximas al ápice.

En el crecimiento en grosor del brote y posterior crecimiento del ramo parece ser que son las auxinas y las giberelinas las responsables de iniciar la actividad del cámbium, así como de la diferenciación de sus células y de regular la producción de nuevo xilema y floema a largo del ciclo vegetativo. No se puede descartar la intervención, también, de otras sustancias como las citoquininas.

Previo a la entrada en reposo de la planta se produce en el brote una disminución de los promotores de crecimiento, principalmente de las giberelinas, y un aumento de los inhibidores, entre los que destaca por su importancia sobre la regulación de la inhibición el ácido abscísico (ABA). El ácido abscísico se sintetiza en las hojas adultas y neutraliza

el efecto de las giberelinas, siendo el determinante de la latencia de las yemas. El ABA favorece la abscisión de las hojas.

En la Figura 3.10 se representa, de forma esquemática, el efecto de las hormonas sobre el crecimiento del brote. Estos comportamientos, más o menos generalizables, no siempre presentan las mismas pautas ni se manifiestan por igual en todas las especies. Lo mismo cabe decir para el desarrollo de los nuevos brotes que originarán las yemas del ramo al siguiente año. El control hormonal del crecimiento es muy complejo ya que interviene el equilibrio de numerosas sustancias, además de las condiciones nutricionales de los órganos.

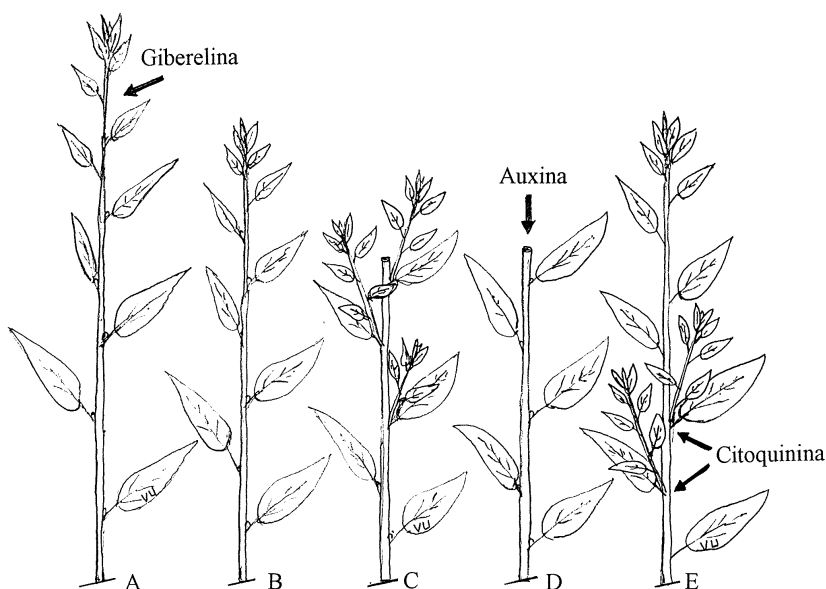


Figura 3.10. Efecto de las hormonas sobre el crecimiento del brote.

Las hojas juegan un importante papel en el crecimiento del brote, el cual puede comprobarse mediante su supresión. Las hojas jóvenes intervienen en la elongación del entrenudo y en la inhibición de las yemas axilares, como ya se ha comentado. Las hojas adultas alimentan al brote favoreciendo su crecimiento.

Los frutos ejercen una competencia por los nutrientes que origina un menor crecimiento de los brotes. Este efecto depresivo será más acusado en árboles poco vigorosos.

También existe una interacción entre los brotes contiguos en crecimiento. Eliminando o defoliando los brotes superiores se favorece el crecimiento de los brotes situados por debajo.

Junto a estos factores comentados, en el crecimiento de los brotes intervienen otros muchos factores, entre los que cabe destacar la acción que ejerce el sistema radical (según el tipo de patrón utilizado) y las condiciones nutricionales de la planta, junto con la temperatura en que se desarrolla (según sus necesidades climáticas).

3.2. Vigor y dominancia de la ramificación

El término vigor se emplea para describir el estado en que se encuentran las diferentes ramificaciones (brotes, ramos y ramas) así como el árbol en su conjunto. Normalmente, el vigor se asocia al crecimiento que presentan los órganos.

El vigor de la ramificación está regulado genéticamente. Las variedades presentarán diferencia de vigor según sus características propias. A su vez, el vigor está muy influido por el patrón utilizado, por las características del medio y por las actividades culturales. El crecimiento dependerá, por lo tanto, de factores internos y externos.

Las yemas de un brote o de un ramo presentan un gradiente en la capacidad de desarrollo que varía a lo largo del año y según las especies. Así por ejemplo, en peral y manzano durante el verano las yemas superiores tienen mayor capacidad para desarrollarse, con la entrada en reposo es superior en las yemas basales, y una vez superada la latencia con el transcurso del invierno la mayor capacidad se concentra, con diferencia, en las yemas apicales.

Según las diferencias de crecimiento que alcanzan los brotes originados por las yemas de un ramo la vegetación se clasifica en tres tipos o modelos de crecimiento, según se representa en la Figura 3.11:

1. Acrotónica: Domina el crecimiento de los brotes originados por las yemas terminales.
2. Mesotónica: No existe una dominancia clara ni en los brotes superiores ni en los inferiores, o bien los brotes procedentes de la parte media de los ramos tienen un crecimiento más marcado.

3. Basitónica: Domina el crecimiento de los brotes originados por las yemas situadas en la base de los ramos.

Estos modelos de crecimiento también se emplean para clasificar el hábito vegetativo de un árbol. Así, cuando las ramas superiores del tronco presentan mayor crecimiento que las basales se dice que es acrótono. Por el contrario, si las ramas basales alcanzan un crecimiento mayor que las superiores se dice que es basítono.

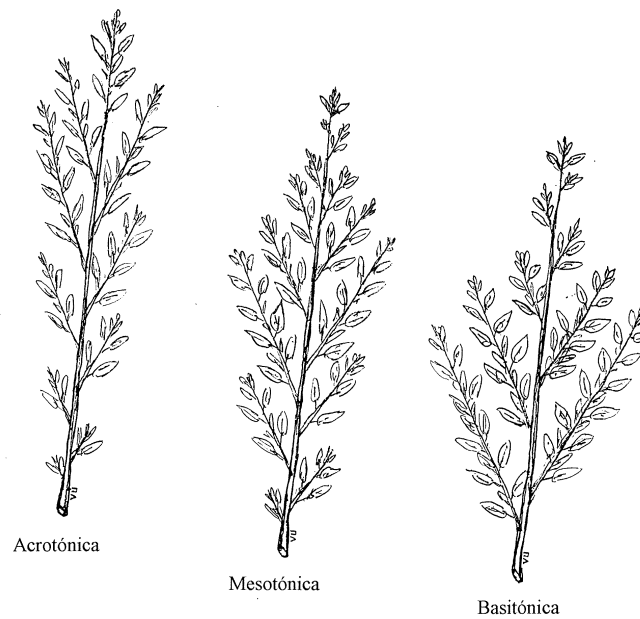


Figura 3.11. Clasificación de la vegetación según el crecimiento de los brotes originados en un ramo.

En ramos situados en dirección oblicua u horizontal, según sea el crecimiento alcanzado por los brotes procedentes de las yemas situadas en posición superior e inferior, se clasifica la vegetación en tres tipos, según se representa en la Figura 3.12:

1. Epitónica: Domina el crecimiento en los brotes originados por las yemas situadas en la posición superior.
2. Anfitónica: Crecen por igual los brotes de yemas en posición superior que inferior y hay una inhibición de la yema terminal. También se denomina vegetación en forma de espina de pescado.
3. Hipotónica: Domina el crecimiento en los brotes originados por las yemas situadas en la posición inferior.

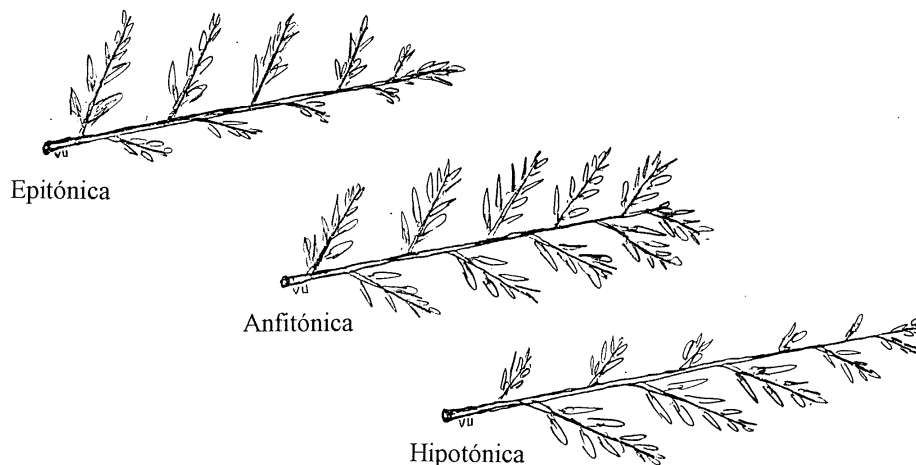


Figura 3.12. Clasificación de la vegetación según el crecimiento de los brotes originados por yemas en diferente posición en ramos oblicuos u horizontales.

La mayor parte de las especies frutales tienen un hábito vegetativo acrotónico, muy acusado en las Pomáceas y Drupáceas. Algunas variedades de manzano tipo "spur" (con ramos muy cortos y juntos) presentan mesotonía. El carácter basítono se presenta en olivo y en los arbustos frutales.

La dirección de crecimiento de un brote influye en el tamaño que alcanza el futuro ramo. En general, el brote crecerá más si se mantiene en posición vertical que si se inclina, y cuanto mayor es la inclinación más se debilita, según se representa en la Figura 3.13. Lo mismo puede decirse en el caso de inclinar un ramo o de inclinar una rama, en los que la nueva brotación emitida será, en general, más débil. Este efecto será utilizado en las técnicas de formación y poda de la planta.

En el caso de brotes anticipados (procedentes de yemas formadas ese mismo año) la distribución del vigor puede variar a lo largo del ramo. Así por ejemplo, en melocotonero es frecuente encontrar ramos vigorosos con brotes anticipados agrupados en dos o más zonas o pisos y zonas con yemas sin brotar, según puede verse en la Figura 3.14.

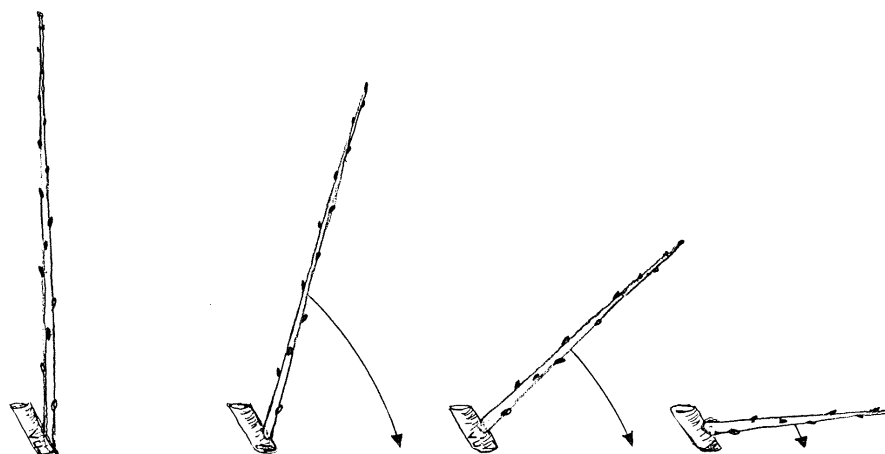


Figura 3.13. Tamaño alcanzado por un ramo según su inclinación.

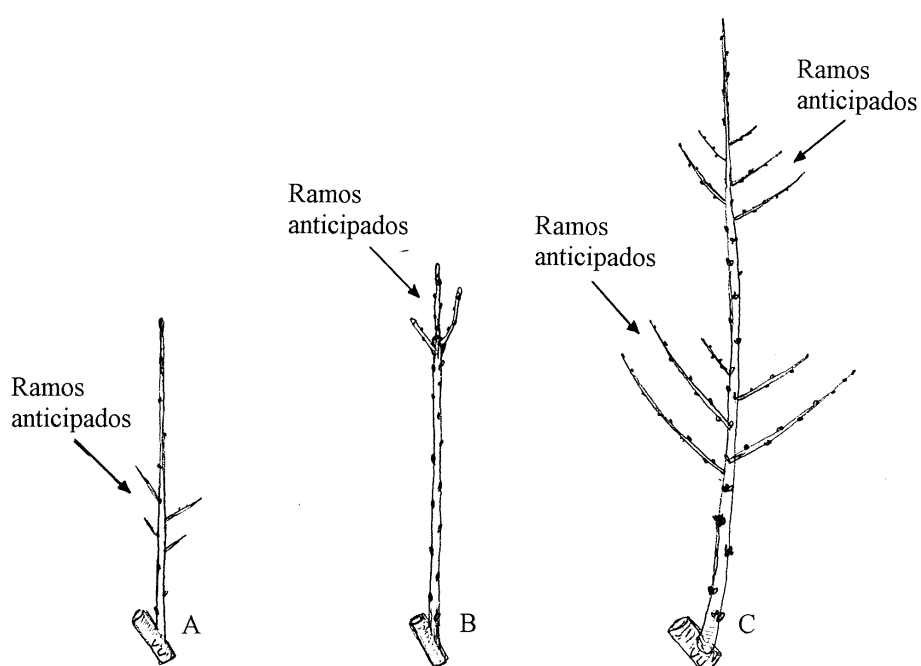


Figura 3.14. Ramos anticipados en diferentes posiciones. A: ramo de manzano. B: Ramo de peral con anticipados del crecimiento otoñal. C: Ramo de melocotonero con ramos anticipados en dos pisos.

3.3. Vigor de los brotes según la posición de la rama.

El vigor de los brotes está muy influido por las posibilidades de alimentación que tienen en la rama en que se asientan. Si han sido originados por ramos vigorosos y se encuentran próximos a ramas gruesas presentan una disposición para estar bien alimentados y ser vigorosos. Lo contrario ocurrirá si han sido originados por ramos débiles o si se encuentran muy alejados de las ramas que forman el esqueleto, en cuyo caso los brotes serán débiles.

Las características de la yema que origina el brote, el tipo de ramo en que se encuentra y su posición en la planta, y la futura competencia, tanto de otros brotes como de los frutos, serán determinantes del vigor del brote. Cuando se habla de "vigor de una yema" se hace referencia al posible vigor del futuro brote.

A continuación se describe, de una forma generalizada y para especies con vegetación acrotónica, como será el vigor de los brotes originados por un ramo, dependiendo de la posición del ramo y de las intervenciones que se hagan en el mismo.

1. Distribución del vigor en un ramo vertical.

En un ramo vertical tendrán mayor vigor los brotes originados por las yemas que se encuentran en el ápice. El vigor desciende a partir del ápice, pudiendo en las yemas basales no haber brotación, ello dependerá de la longitud del ramo y de su estado.

Si se suprime la yema terminal la yema inmediata toma sus funciones, manteniéndose el vigor en las mismas condiciones que las expuestas anteriormente. Al suprimir una porción mayor del ramo los brotes originados serán más vigorosos, siguiendo también una gradación decreciente hacia la base. Si se deja solamente una o dos yemas los brotes emitidos serán muy vigorosos. No obstante el crecimiento global de la futura rama será menor cuanto más intervención de poda sufra. En la Figura 3.15 se representa la respuesta de un ramo a las diferentes intervenciones comentadas.

2. Distribución del vigor en un ramo inclinado.

El vigor de los brotes originados en un ramo inclinado varía según la inclinación del mismo. Al ir aumentando la inclinación va desapareciendo la dominancia apical, para dar una brotación equilibrada entre 30° y 45° y pasa a tener dominancia basal en posición horizontal.

A su vez, en el ramo inclinado las yemas originarán brotes con diferente vigor según su posición respecto al eje del ramo y la dirección de crecimiento que tome el brote. Normalmente, los brotes presentarán una epitonía acusada. En la Figura 3.16 se representan, esquemáticamente, estas tendencias de crecimiento.

3. Distribución del vigor en un ramo arqueado.

En un ramo arqueado hacia abajo tendrán mayor vigor los brotes que salen de las yemas situadas en el centro del arco de curvatura. En un ramo arqueado hacia arriba los brotes más vigorosos surgen del extremo y de la base del ramo, y los de menor vigor en la parte central del arco. En la Figura 3.17 se representa el vigor alcanzado por los brotes en ambos casos de arqueamiento del ramo.



Figura 3.15. Vigor de los brotes emitidos por un ramo según la porción suprimida en su poda. A: ramo. B: sin intervención. C: supresión del ápice. D: cortado por la mitad. E: cortado por la base.

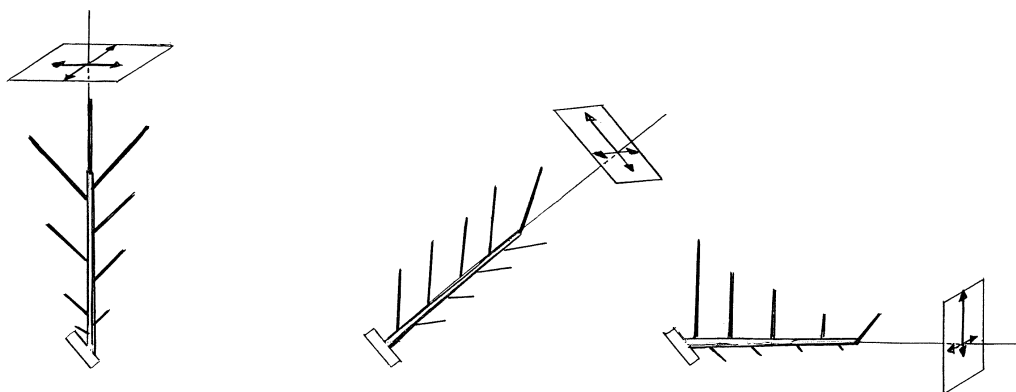


Figura 3.16. Variación del vigor de los brotes según la inclinación del ramo que los origina. En los planos se representa la tendencia de crecimiento del brote según la posición de la yema respecto al eje del ramo.

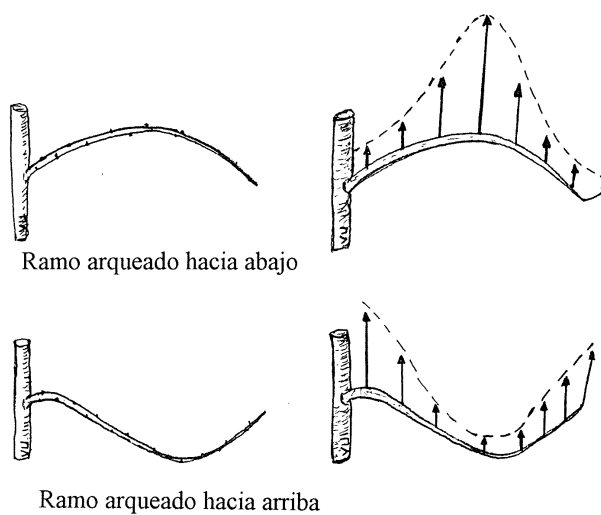


Figura 3.17. Vigor de los brotes en un ramo arqueado.

4. Factores que influyen en el crecimiento de la ramificación

En el crecimiento de la ramificación influyen las características propias de la planta, determinadas tanto por el patrón como por la variedad, las características del medio en que se desarrolla y las actividades culturales realizadas en la plantación, especialmente las intervenciones sobre la planta como es la poda. A continuación se comenta la incidencia de los factores más importantes, aunque en el apartado anterior ya se ha hecho referencia a alguno de ellos.

1. Factores inherentes a la planta.

Las características genéticas de la variedad, expresadas mediante el vigor y los hábitos de ramificación, influyen considerablemente en el crecimiento y originan la forma natural del sistema aéreo.

El patrón ejerce una notable influencia sobre el vigor y comportamiento vegetativo de la variedad injertada. Esta influencia está determinada, principalmente, por el suministro de nutrientes y de agua, y por su adaptación a las condiciones del suelo, aspectos ya comentados en el capítulo anterior al tratar el sistema radical.

El crecimiento de los brotes está regulado hormonalmente, como ya se ha comentado en el apartado anterior, y se conoce la acción de diferentes sustancias. El ciclo vegetativo, los hábitos de crecimiento, la posición en las ramas, las reservas de la planta y su capacidad fotosintética, la competencia nutricional (en especial de los frutos), el estado sanitario y la edad, y estado general de la planta, son los principales factores internos que influyen en el crecimiento de los brotes.

2. Factores del medio.

Los factores del medio ecológico ejercen también una importante influencia sobre el crecimiento del sistema aéreo, en especial los siguientes:

a) Temperatura.

El crecimiento está muy regulado por la temperatura, al incidir en la entrada y salida del reposo y en los procesos metabólicos de la planta. Cada especie tendrá una temperatura óptima y unos límites mínimo y máximo para el crecimiento, presentándose

también diferencias varietales. En general, por debajo de 5 °C no hay crecimiento de los brotes, estableciéndose el máximo entre 30 y 35 °C.

b) Iluminación.

La luz influye, principalmente, en la fotosíntesis y, por lo tanto, en la disponibilidad de sustancias elaboradas, pero también tiene otras influencias sobre la brotación. Una intensidad luminosa escasa origina brotes más finos, con entrenudos más largos y hojas más pequeñas, presentando luego el ramo una escasa lignificación. Este fenómeno origina que las zonas poco iluminadas del interior de los árboles tengan ramos muy débiles, que llegan incluso a secarse, como ocurre, por ejemplo, en melocotonero. Esto ocasiona el despoblamiento de la zona interna en los árboles mal iluminados.

La luz, junto con la temperatura, también regula procesos fisiológicos como la entrada y salida del reposo (en este caso es el fotoperíodo o duración del día), la inducción floral, etc. Aunque siempre interaccionan otros factores y es compleja la respuesta.

c) Disponibilidad de nutrientes y de agua.

El patrón, dependiendo de sus características de desarrollo y de su adaptación al suelo, será más o menos eficaz para alimentar a la parte aérea; pero será la disponibilidad de elementos fertilizantes, sobre todo de nitrógeno, y la disponibilidad de agua lo que más condiciona el crecimiento de la planta.

La sequía puede originar varios flujos de crecimiento a lo largo del ciclo vegetativo, además de interferir sobre los procesos fisiológicos de la planta.

d) Plagas y enfermedades.

Las plagas y enfermedades interfieren en el crecimiento de los brotes y, además, pueden dañar considerablemente a la ramificación, llegando incluso a causar la muerte de la planta.

3. Intervenciones y técnicas culturales.

Las intervenciones de poda que se realizan sobre el sistema aéreo, como supresiones y rebajes de ramos y ramas, inclinaciones, incisiones, etc., son determinantes para el crecimiento de la ramificación y la regulación de la estructura y forma de la planta.

Igualmente, la aplicación de reguladores de crecimiento, tanto retardantes como estimulantes, hará variar el crecimiento de la vegetación. Entre los retardantes más utilizados se encuentra el paclobutrazol y el cloruro de clormecuat o CCC el cual ha sido prohibido recientemente para su aplicación a frutales. Entre los estimulantes se encuentran las giberelinas y la cianamida de hidrógeno.

Cualquier técnica cultural o cualquier intervención sobre el medio o sobre la planta que modifique su funcionamiento fisiológico influirá sobre el crecimiento de la vegetación.

5. Funciones del tronco y de las ramas

La función principal del tronco y las ramas es la de sustentar y alimentar a los brotes y ramos, junto con los frutos. Además realizan otras funciones menos importantes para la planta. Todas estas funciones se comentan brevemente a continuación, dejando para el próximo tema la función de las hojas desarrolladas por los brotes o de las hojas presentes en los ramos.

1. Soporte.

El tronco y las ramas constituyen la estructura y soportan la vegetación y los frutos. En la función de soporte y de resistencia a la acción de factores climáticos, como viento y nieve, intervienen principalmente los tejidos mecánicos o de sostén, como es el colénquima (vivo) y el esclerénquima (muerto), y también los tejidos protectores aislantes formados por células suberificadas.

2. Circulación.

El tronco y las ramas transportan por el xilema hasta los brotes y hojas la savia bruta procedente de la raíces. Asimismo, distribuyen por el floema a los diferentes órganos la savia elaborada y las sustancias de reserva, y otras sustancias elaboradas por la planta. En especies de hoja caduca, en el periodo sin hojas, la savia bruta también asciende por el floema; no obstante, hay opiniones contradictorias sobre la circulación de la savia por ambos tejidos. La circulación de sustancias se lleva a cabo por complejos mecanismos activos y pasivos que se diferencian para las diferentes moléculas.

3. Acumulación de reservas.

El tronco y las ramas tienen un volumen grande de tejidos con capacidad para almacenar sustancias de reserva procedentes de la savia elaborada, las cuales serán necesarias para iniciar el crecimiento de la planta después del reposo invernal, hasta que el balance fotosintético sea positivo, en cuyo momento comienza de nuevo el almacenamiento que alcanzará su máximo con la entrada en reposo.

Las reservas actúan también como reguladores de la alimentación de los diferentes órganos; por eso, algunas deficiencias nutritivas tardan más en manifestarse al ir consumiendo la planta sus reservas.

La forma más frecuente de acumulación es el almidón, aunque las sustancias almacenadas son muy variadas y cambian a lo largo del año según las necesidades de la planta.

4. Otras funciones.

En el tronco y las ramas se realizan funciones de menor importancia como es la respiración, la transpiración y otros intercambios dependiendo de la capa suberificada que los aísla. Si se consideran los tallos jóvenes, como brotes y ramos, sin tener en cuenta las hojas, en éstos también se lleva a cabo la función clorofílica, dependiendo de la formación de suber que se haya producido que les hace perder su capacidad fotosintética.

6. Influencia de la parte aérea sobre el sistema radical

La influencia de la parte aérea sobre el sistema radical se deriva principalmente del suministro de nutrientes y del suministro hormonal.

Una mayor capacidad de síntesis en hojas influirá en el suministro de savia elaborada a la raíz y, por lo tanto, sobre su desarrollo. Cuando las necesidades de nutrientes de la parte aérea son mayores hay menor crecimiento de las raíces. Lo mismo ocurre cuando se defolia el árbol y se origina a continuación un crecimiento intenso de brotes para restaurar el equilibrio, entonces es menor el crecimiento de las raíces. Las hormonas sintetizadas en la parte aérea también inciden en el crecimiento de las raíces.

La parte aérea tiene también otras influencias, como son:

- Inducción de resistencia al frío. Influye sobre el grado de maduración de la madera por prolongar o acortar el periodo vegetativo.
- Incidencia sobre la resistencia a la clorosis. La mayor resistencia de la variedad se manifiesta también en el patrón, sobre todo en relación con los aspectos nutricionales, al tener mayor capacidad fotosintética permite un mayor crecimiento del sistema radical.
- Otras acciones como son: la incidencia sobre la absorción de agua al regular la transpiración, la incidencia sobre los requerimientos de absorción de nutrientes según las necesidades específicas del sistema aéreo, la mayor incidencia sobre la resistencia a la asfixia radical al acusar más o menos los brotes este efecto, etc.

7. Las yemas

Las yemas son pequeños órganos de forma ovalada o cónica, con una envoltura protectora en cuyo interior se pueden encontrar uno a varios conos vegetativos, o primordios de una o varias flores, o ambos rudimentos vegetativos y florales a la vez. Dan lugar a brotes y flores, según su constitución.

Las yemas se encuentran en el ápice del ramo o en las axilas de las hojas. Al corresponderse con las hojas están dispuestas a lo largo del ramo según el índice filotáxico propio de cada especie. Por ejemplo, en frutales de pepita y hueso la filotaxia es en espiral esparcida (dispersión helicoidal), con un índice 2/5. Es decir, a partir de una yema habrá que dar dos vueltas en el ramo y recorrer cinco hojas o yemas hasta encontrar otra yema en la misma posición que la de partida. Los diferentes tipos de disposición serán tratados con detalle en el tema correspondiente a las hojas.

En la axila de la hoja pueden encontrarse una o varias yemas, en este caso formadas en sucesión acrópeta y con distintas posibilidades de inserción respecto a la mediana de la hoja. En los frutales de pepita es frecuente encontrar una yema de tamaño normal y dos yemas muy pequeñas situadas a ambos lados en la axila de las estipulas (Figura 3.18). En los frutales de hueso, en ramos gruesos, es frecuente encontrar tres yemas, una central vegetativa y dos laterales de flor, según puede verse en la Figura 3.18. En vid y cítricos se encuentran, frecuentemente, dos yemas.

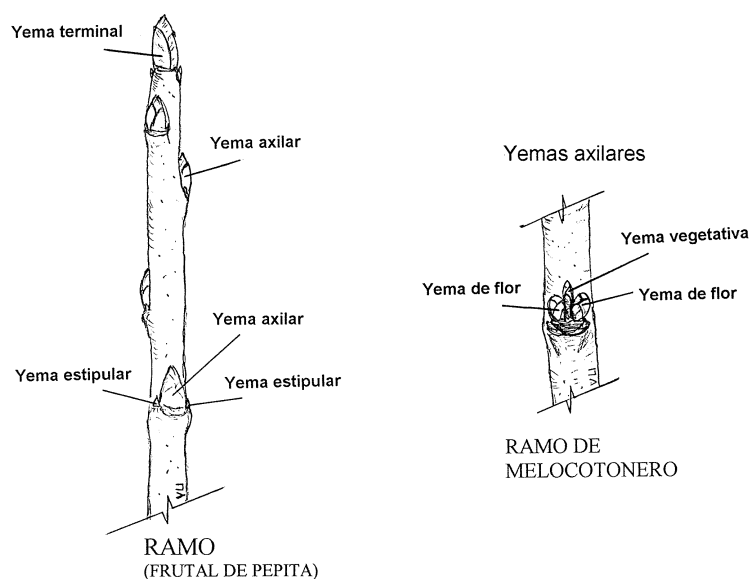


Figura 3.18. Disposición de las yemas.

7.1. Constitución de las yemas y características

Las yemas cuando inician su formación en la axila de las hojas o en el ápice del brote son al principio muy simples. El ápice meristemático recién formado origina el eje caulinar de la yema, en el que se van diferenciando los primordios de la envoltura protectora y luego los primordios de las hojas y, en su caso, de las flores. La complejidad de la yema varía de unas especies a otras según sea su naturaleza. Así podemos encontrar desde yemas muy simples con un sólo cono o meristemo vegetativo, o con un solo primordio de flor, hasta yemas complejas con más de un cono vegetativo y primordios de hojas y de flores o inflorescencias.

En el caso de una yema vegetativa simple, su constitución consta de un eje caulinar en cuyo extremo se encuentra el cono vegetativo, que suele denominarse "ojo" y una envoltura de protección que son los catafilos. El cono está formado, en numerosas especies frutales, por nueve a once hojas rudimentarias, dando lugar a la parte preformada del futuro brote. En definitiva, el cono vegetativo es el ápice comprimido de un tallo con una serie de primordios foliares imbricados que protegen el meristemo apical. En yemas vegetativas más complejas se encuentran, en la base del cono, hojas de transición y brácteas transformadas que constituyen la protección interna, y a continuación las escamas que forman la protección externa, denominada pérula. El cono vegetativo, las brácteas y la cara interior de la pérula se encuentran recubiertos de una pubescencia (borra) que aísla y contribuye a la protección de los primordios foliares.

En especies de hoja perenne la yema se encuentra protegida sólo por brácteas transformadas, denominándose entonces yema desnuda, como ejemplo característico se tiene a las yemas del olivo.

Las yemas fructíferas, que en su interior albergan flores, tienen una estructura protectora similar a las yemas vegetativas, en este caso con brácteas (hipsofilos) y escamas, pero luego la estructura interna varía mucho de unas especies a otras según sea su tipo de floración. Normalmente, las yemas fructíferas suelen ser más redondeadas que las yemas vegetativas y tienen un tamaño ligeramente superior.

En la Figura 3.19 se representan los esquemas tipo de la constitución de una yema apical vegetativa y de una yema fructífera simple que puede corresponder, por ejemplo, a la yema de flor de un melocotonero.

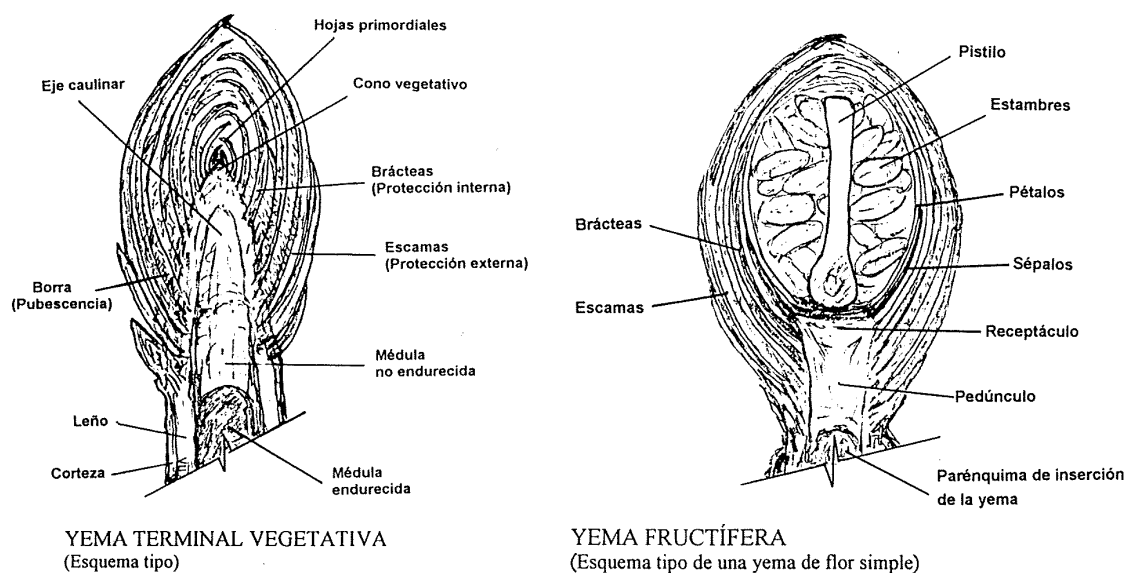


Figura 3.19. Constitución de las yemas

Dentro de una especie, las diferentes variedades presentan yemas con características morfológicas muy distintas, lo que es utilizado para la identificación y caracterización varietal. En la Figura 3.20 se representan algunas de estas características.

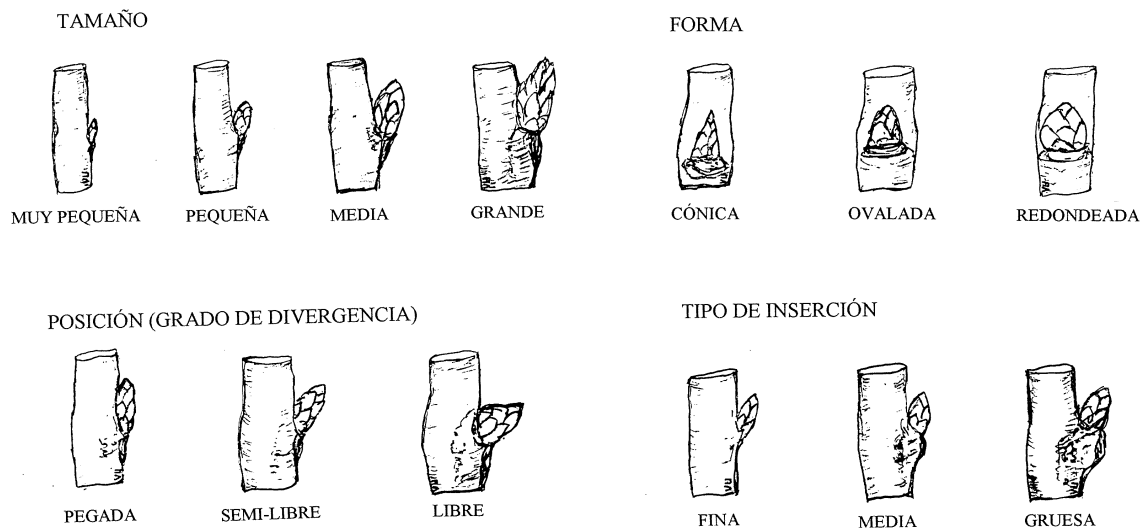


Figura 3.20. Características de las yemas.

7.2. Tipos de yemas

Las yemas se clasifican en diversos tipos atendiendo a su función, momento en que se desarrollan, características, etc. Normalmente, la clasificación se agrupa en tres aspectos que son: según la naturaleza de los órganos que originan, según la posición que ocupan en el ramo y según su evolución o momento en que se desarrollan. En la Tabla 3.1 se recogen los diferentes tipos de yemas.

Tabla 3.1. Tipos de yemas.

1. Según su naturaleza: Vegetativas (o de madera) Fructíferas (o de flor) - Sólo de flor - Mixtas	2. Según su posición: Apicales o terminales Axilares o laterales Estipulares Adventicias
3. Según su evolución: Normales Prontas o anticipadas Latentes	

1. Tipos de yemas según su naturaleza.

a) Yemas vegetativas (comúnmente denominadas yemas de madera). Son las que dan origen a un brote.

b) Yemas fructíferas (comúnmente denominadas yemas de flor). Son las que dan origen a una o varias flores. A su vez se diferencian en:

- **Yemas sólo de flor.** Dan origen a una flor o una inflorescencia. También pueden dar origen a varias hojas, pero no contienen meristemo vegetativo alguno, como por ejemplo en Drupáceas.

- **Yemas mixtas.** Dan origen a una flor o una inflorescencia y también originan uno más brotes. Dependiendo de la especie presentan una estructura más o menos compleja.

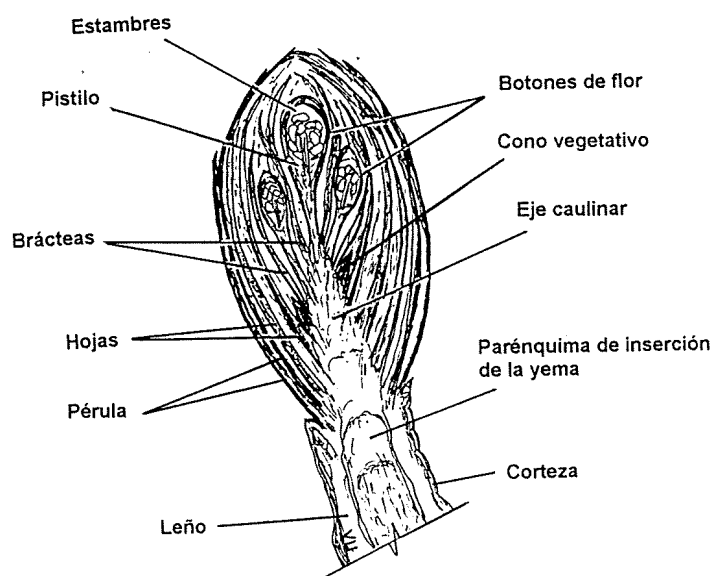
En Pomáceas (peral y manzano) se asientan en el eje caular dos meristemas vegetativos (normalmente), además de la inflorescencia y una serie de hojas, según puede verse en la Figura 3.21. El membrillero tiene una yema mixta, ya que antes de la brotación se diferencia el meristemo vegetativo a flor, por lo que da lugar a un brote corto coronado por una flor.

En vid, dentro de la yema existe un cono principal y dos conos secundarios más pequeños denominados conos de reemplazo, según puede verse en la Figura 3.21. Cada cono contiene un meristemo vegetativo en cuya base se asientan las inflorescencias ya preformadas. Los conos secundarios no brotarán a no ser que por algún motivo le suceda algo al cono principal y sea destruido.

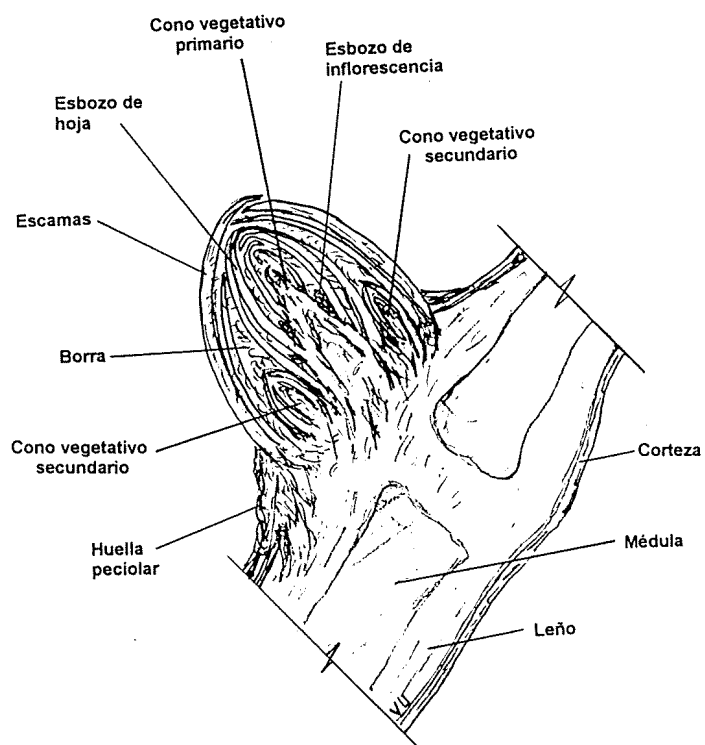
Un comportamiento similar a la vid presentan las yemas del caqui, cuyas flores se encuentran preformadas en las axilas de las hojas del primordio de brote o meristemo vegetativo. También la yema presenta dos conos secundarios.

En cítricos las yemas fructíferas son generalmente mixtas, las flores se asientan sobre los brotes del crecimiento de primavera, en las posiciones axilares y terminal del brote (en algunos casos la yema fructífera es sólo de flor).

El olivo tiene yemas axilares vegetativas y de flor, y mixtas en ramos muy vigorosos.



YEMA TERMINAL FRUCTÍFERA - MIXTA
(Frutal de pepita)



YEMA FRUCTÍFERA - MIXTA
(Vid)

Figura 3.21. Yemas fructíferas mixtas. Frutales de pepita y vid.

2. Tipos de yemas según su posición:

- a) **Yemas apicales o terminales.** Están situadas en el extremo del ramo y originan su prolongación, en caso de ser vegetativas o mixtas.
- b) **Yemas axilares o laterales.** Están situadas a lo largo del ramo en las axilas de las hojas. Las situadas en la parte más basal del ramo se denominan yemas basales.
- c) **Yemas estipulares.** Están situadas lateralmente respecto a otra yema considerada principal. Son normalmente dos y tienen un tamaño muy pequeño respecto a la principal que puede ser una yema axilar o apical. Están presentes en algunas especies como membrillero y peral. Se suelen denominar yemas de remplazo. No deben confundirse con los dos conos secundarios que hay a los lados del cono principal dentro de la yema de algunas especies.
- d) **Yemas adventicias.** Son yemas que se forman y se desarrollan en puntos indeterminados, a partir de meristemas secundarios, por un proceso inductivo de naturaleza desconocida. Se pueden formar sobre las ramas y el tronco como consecuencia de podas severas, cortes, heridas, etc., y también sobre las raíces, originando con su brotación, en este caso, las sierpes.

Las yemas adventicias, en unos casos brotan nada más formarse y en otros permanecen latentes. Inicialmente estas yemas no están conexas al sistema conductor de los órganos en los que están insertas, estableciéndose posteriormente la conexión. Dando un corte transversal por este punto se verá cómo ha sido la evolución de la conexión en los años siguientes a su formación, observándose como ésta comienza a partir del anillo del xilema correspondiente al crecimiento del año en que se formó, y no en el primer anillo como en una yema axilar.

Son yemas adventicias los esferoblastos presentes en la corteza de muchas especies (agrios, higuera, olivo, manzano, etc.) en forma de pequeñas masas leñosas esferoidales, que se diferencian a partir de células parenquimáticas que vuelven a adquirir propiedad meristemática.

En los cítricos se forman yemas adventicias sobre el tronco y las ramas que quedan latentes varios años. Estas yemas son el origen de chupones vigorosos que forman la copa en diferentes alturas si no se intervienen.

En olivo los óvulos (o hiperplásias) que se forman en la peana contienen iniciadores radicales y caulinares.

Cabe destacar que en vid no se forman yemas adventicias y los brotes que salen en el tronco o brazos de la cepa son originados por yemas latentes, normalmente procedentes de yemas basales de brotes suprimidos en años anteriores.

3. Tipos de yemas según su evolución:

a) Yemas normales. Son yemas que se forman y se desarrollan según el modelo normal. Es decir, se desarrollarán al año siguiente de formarse, una vez pasado el reposo invernal. En algún caso se necrosan debido a anomalías en su desarrollo.

b) Yemas prontas o anticipadas. Son yemas que se desarrollan el mismo año en el que se forman. Dan lugar, en este caso, a brotes llamados anticipados. En vid es una de las dos yemas presentes en la axila de la hoja y que da lugar al brote anticipado denominado nieto.

c) Yemas latentes. Son yemas que no se desarrollan al año siguiente de formarse, una vez pasado el reposo invernal. Pueden desarrollarse en años posteriores a consecuencia de intervenciones o podas que se realizan en las ramas que las contienen o bien en el tronco.

Los primeros años son visibles, hasta que quedan ocultas en la madera. Dando un corte transversal por este punto se verá cómo la conexión vascular comienza en el anillo del xilema del primer año, lo que las diferencia de las yemas adventicias. Cabe hacer la observación de que en la vid se suele denominar por los viticultores yema latente a la yema normal presente en la axila de las hojas, la cual brotará al año siguiente originando un brote que en este caso se denomina pámpano.

8. Tipos de ramos y otras formaciones

Los ramos de los frutales se clasifican en dos tipos, según la naturaleza de las yemas que portan:

- Vegetativos: tienen sólo yemas vegetativas.
- Fructíferos: tienen una o varias yemas fructíferas.

Además existen en algunas especies otras formaciones vegetativas características desarrolladas a la vez que los ramos, como son las bolsas en frutales de pepita, los zarcillos en vid y las espinas en varias especies.

Los ramos fructíferos más característicos o más frecuentes que presenta cada variedad determinan su hábito de fructificación. Los ramos anticipados se tipifican como si fueran ramos normales, según las características que presenten.

Dentro de cada uno de los dos tipos, vegetativos y fructíferos, existen ramos con características muy diferentes, alguno de los cuales sólo se encuentra en determinadas especies o grupos de especies, siendo notables las diferencias que se presentan entre los frutales de pepita (Pomáceas) y los frutales de hueso (Drupáceas), que será a los que mayoritariamente se hará referencia. En otros casos como los cítricos o el olivo los ramos no presentan tantas diferencias, a excepción de su vigor y de ser vegetativos o fructíferos (en cítricos los brotes fructíferos, originados por las yemas fructíferas, adoptan diferentes formas según el número de hojas y flores que desarrollan). En el caso de la vid todos los ramos (o sarmientos) tendrán las mismas características (a excepción de su vigor) siendo todos, potencialmente, fructíferos.

En muchas ocasiones, ramos con forma o características muy similares pueden ser tanto vegetativos como fructíferos, por lo que se encuadran en uno u otro tipo según las yemas que portan. A la hora de diferenciarlos según su tamaño debe tenerse en cuenta el vigor general que presenta la ramificación de las plantas, ya que pueden darse diferencias grandes entre plantaciones de la misma variedad.

Es difícil dar una definición genérica de la tipología de ramos vegetativos y fructíferos y encuadrar exactamente todos los ramos en uno u otro tipo genérico; y, además, que sirva para todas las especies. No obstante, a continuación, se describen de forma genérica los diferentes ramos característicos de cada tipo y se hace una referencia a las especies que pueden presentarlos. En la Tabla 3.2 se recogen los diferentes tipos de ramos.

Tabla 3.2. Tipos de ramos y otras formaciones.

Ramos vegetativos:	Ramos fructíferos:	Formaciones especiales:
Chupón (con excepciones) Ramo de madera Brindilla Ramo espinoso vegetativo Dardo	Ramo mixto y ramo coronado Chifona y ramo espinoso fructífero Ramillete de mayo Brindilla coronada Lamburda	Bolsa Espina Zarcillo

8.1. Ramos vegetativos

Ordenados según su tamaño, se encuentran los siguientes ramos:

1. Chupón.

Ramo muy vigoroso con gran desarrollo en longitud y grosor respecto a los otros ramos de la planta; normalmente de longitud superior a 1 m y diámetro superior a 2 cm en la base. Generalmente crece desde ramas gruesas o desde el tronco, originado por yemas latentes o adventicias; o bien es originado por yemas basales que han quedado al cortar ramos situados en una buena posición de alimentación, junto a ramas gruesas o junto al eje del árbol, pudiendo dar lugar a una brotación muy vigorosa.

La emisión de chupones se ve favorecida por las podas drásticas sobre la ramificación o por desequilibrios vegetativos producidos en el árbol.

Cabe citar que los chupones pueden aparecer en todas especies y casi siempre serán ramos vegetativos, excepto en algunos casos como en melocotonero que siempre llevan yemas de flor, considerándose entonces como ramos mixtos.

2. Ramo de madera o ramo vegetativo típico.

Es el ramo vegetativo que se toma como referencia a la hora de analizar el crecimiento de la planta y los tipos de ramos. Es un ramo más o menos rígido y lignificado. Su longitud y grosor serán variables en función de la especie y del vigor de la variedad. La longitud suele estar comprendida entre 20-30 cm y 1 m; y tienen un diámetro en la base, en general, entre 0,5 y 2 cm. Todas sus yemas (terminal y axilares) son vegetativas.

Se presenta en casi todas las especies, aunque en los frutales de hueso se encuentra más frecuentemente en árboles jóvenes. En melocotonero no se encontrarán ramos de estas características con sólo yemas vegetativas.

3. Brindilla.

Es un ramo más o menos corto y fino, no muy lignificado y relativamente flexible. En general, su longitud no supera los 25-30 cm y su diámetro en la base es menor de 0,8-1 cm. Las yemas laterales suelen ser pequeñas.

Se presenta abundantemente en los frutales de pepita y más raramente en los frutales de hueso (en éstos es más delgado). Por ejemplo, en melocotonero sólo se encontrarán en zonas interiores muy mal iluminadas, debido a que no han podido formar yemas de flor o bien éstas han terminado cayendo, y, además, terminan secándose los ramos.

4. Ramo espinoso vegetativo

Es un ramo de madera corto, rígido y fino, cuyo extremo ha evolucionado a una espina aguda, más o menos endurecida. Su longitud suele estar comprendida entre 2 y 10 cm. Las yemas laterales que presenta suelen ser muy pequeñas y no existen en la zona más próxima al ápice.

Se presenta con gran frecuencia en ciruelo, peral, manzano y membrillero. Suele encontrarse en plantas jóvenes como ramo anticipado en ramos vigorosos, y, sobre todo, se presenta en las plantas procedentes de semilla durante sus primeros años.

En ciruelos y endrinos los ramos espinosos llevan también, frecuentemente, yemas de flor, siendo entonces ramos fructíferos.

5. Dardo.

Es un ramo muy corto, normalmente de menos de 0,5-1 cm según las especies, que ha tenido sus escasas hojas casi en roseta y no ha formado yemas en sus axilas, lo que da al ramo un aspecto rugoso.

Sólo tiene una yema terminal vegetativa algo más desarrollada que lo normal y puntiaguda. Se inserta casi perpendicularmente a la rama que lo porta.

Es un ramo muy abundante en los frutales de pepita y cuando se encuentra en los frutales de hueso es derivado de un ramo fructífero muy corto (ramillete de mayo) que ha perdido o no ha formado las yemas de flor, siendo en este caso su longitud un poco mayor.

A un dardo puede sucederle otro dardo o cualquier otro tipo de ramo, dependiendo del desarrollo que tenga el brote emitido por su yema terminal. Excepcionalmente, el dardo puede formarse como un ramo anticipado.

En las Figuras 3.22 a 3.29 se muestran en fotografías los tipos de ramos vegetativos, junto con ramos fructíferos, más característicos de diferentes especies.

8.2. Ramos fructíferos

Ordenados según su tamaño y diferenciados según sus características, se encuentran los siguientes ramos:

1. Ramo mixto.

Morfológicamente es similar al ramo de madera, sólo que alguna de sus yemas son yemas fructíferas.

El ramo mixto más característico es el que presentan los frutales de hueso, en el que la yema terminal es siempre vegetativa y las yemas de flor se distribuyen a lo largo del ramo (excepto en cerezo que se concentran en la base). Es frecuente encontrar en la axila de las hojas tres yemas, una yema central vegetativa y los laterales de flor (melocotonero, albaricoquero almendro y ciruelo).

En los frutales de pepita también se encuentran ramos mixtos, aunque con pocas yemas fructíferas (en general de 2 a 5-6), siendo la yema terminal siempre fructífera (yema mixta); en peral son más cortos, concentrándose las yemas fructíferas en la zona más apical; en manzano son más largos, encontrándose las yemas fructíferas más distribuidas a lo largo del ramo. También es un ramo mixto el ramo rígido que se encuentra en frutales de pepita y que sólo tiene la yema terminal fructífera, el cual en este caso podría denominarse "ramo coronado".

2. Chifona.

Es un ramo más corto que el ramo mixto, en general entre 5 y 20 cm, y tiene un predominio de yemas fructíferas sobre las vegetativas, en la mayoría de los casos.

Es un ramo característico de los frutales de hueso (melocotonero, albaricoquero, almendro y ciruelo), en los que la yema terminal siempre será vegetativa. Algunos ramos mixtos cortos de peral y de manzano que presentan varias yemas fructíferas (aproximadamente tantas como vegetativas) también pueden considerarse conceptualmente como chifonas, aunque en este caso estarán coronadas por una yema fructífera. No obstante para evitar confusiones, la denominación de chifona debe emplearse sólo para los frutales de hueso.

Los ramos espinosos fructíferos de los ciruelos se pueden asemejar a pequeñas chifonas terminadas en espina.

3. Ramillete de mayo.

Es un ramo muy corto, de 1 a 2 cm, con una yema terminal vegetativa a la que le siguen casi en roseta o muy poco separadas unas pocas yemas de flor (en general de 3 a 5), presentando el ramo un aspecto rugoso. En el caso de que la yema vegetativa muera o se caiga termina secándose.

Es un ramo característico de los frutales de hueso y no se presenta en los frutales de pepita. La brotación de la yema suele originar al siguiente año otro ramillete de mayo, constituyendo así una sucesión de ramilletes de mayo, aunque de pocos años, excepto en cerezo que puede sobrepasar los 20-25 años dando lugar a una formación fructífera muy característica de esta especie. Sobre todo en cerezo, el ramillete puede formar también alguna otra yema vegetativa en lugar de las de flor, originándose una ramificación en la sucesión. Asimismo, la yema terminal puede dar lugar a otro tipo de ramos (chifona o ramo mixto) interrumpiendo, de esta manera, la sucesión.

En cerezo y, frecuentemente, en ciruelo, el ramillete tiene siempre las yemas de flor en roseta; pero en las otras especies (sobre todo melocotonero), en ocasiones, las yemas se encuentran más separadas, presentando el ramo una longitud de 2-3 centímetros o más, con entrenudos muy patentes; en este caso el ramo toma la forma de una pequeña chifona, considerándose de éste tipo más que un ramillete de mayo

4. Brindilla coronada.

Es un ramo similar a la brindilla descrita en los ramos vegetativos, sólo que en este caso la yema terminal es fructífera (yema mixta).

Se presenta exclusivamente en frutales de pepita. En algunas ocasiones las brindillas coronadas pueden portar alguna yema lateral también fructífera, asemejándose más a un ramo mixto, pero por su carácter de ramo flexible y fino debería clasificarse como una "brindilla coronada con alguna yema fructífera más"; no obstante, si presenta cierta rigidez y es relativamente grueso debe considerarse un ramo mixto.

5. Lamburda.

Es un ramo muy corto, de 0,5 a 3-4 cm, con una yema terminal fructífera (yema mixta) y sin yemas patentes en las axilas de las hojas que portaba, las cuales en el caso de que el ramo sea muy corto, prácticamente, se sitúan en roseta, dando al ramo un aspecto rugoso.

Las lamburdas sólo se presentan en los frutales de pepita. En ocasiones, sobre todo en peral, se encuentran ramos parecidos a una lamburda pero algo más largos (más de 4 cm) y con alguna yema vegetativa muy pequeña; en este caso podemos clasificarlos como "pequeños ramos coronados", o bien como brindillas coronadas si presentan cierta flexibilidad.

Debe tenerse en cuenta que conceptualmente la lamburda es un ramo muy corto y con una sola yema, de aspecto similar al dardo pero con la yema terminal fructífera. No deben confundirse las lamburdas (que son ramos) con las yemas fructíferas axilares de los ramos mixtos. Excepcionalmente, las lamburdas también pueden formarse como ramos anticipados.

En las Figuras 3.22 a 3.29 se muestran en fotografías los tipos de ramos fructíferos, junto con ramos vegetativos, más característicos de diferentes especies.

8.3. Formaciones especiales

En los frutales se presentan en la ramificación formaciones vegetativas que no pueden clasificarse como ramos propiamente dichos. Éstas son:

1. Bolsa.

Formación desarrollada exclusivamente en frutales de pepita por el engrosamiento de la base del eje caulinar de la yema mixta, una vez pasada la floración. Si se desarrollan los frutos el tamaño alcanzado por la bolsa será mayor que en el caso de que caigan todas las flores o todos los frutos al inicio del crecimiento.

Sobre la bolsa se asientan los dos ramos desarrollados durante el periodo vegetativo y que fueron originados a partir de los meristemos vegetativos presentes en la yema mixta (ver Figuras 3.22 a 3.24). En ocasiones sólo se encuentra un ramo y muy excepcionalmente ninguno o tres. En la parte superior de la bolsa quedan patentes las cicatrices dejadas por los pedúnculos de los frutos al desprenderse o, en su caso, de las flores.

Frecuentemente, los ramos formados sobre las bolsas son dardos, lamburdas, brindillas y brindillas coronadas. En el caso de ser lamburdas se origina al siguiente año y sucesivos una sucesión de bolsas, muy característica de algunas variedades de peral y manzano.

2. Espina.

La espina es una formación corta, rígida, con una punta aguda y en la mayor parte los casos muy lignificada. Se produce por transformación de las hojas (espinas foliares) o de los brotes (espinas caulinares) y, en algún caso, está formada sólo por tejidos corticales, arrancándose entonces con facilidad.

Las espinas caulinares cortas no suelen portar yemas, pero si son largas tienen yemas laterales, formando lo que se ha definido como un ramo espinoso.

En cítricos se presentan espinas duras asociadas a las hojas, sobre todo en ramos vigorosos. Son más pronunciadas en naranjo amargo, naranjo dulce y pomelo, y están poco desarrolladas o ausentes en limonero y mandarino. El azufaifo presenta las estipulas de las hojas transformadas en dos espinas desiguales, una larga de hasta 3 cm y otra corta y curva, a veces ausente.

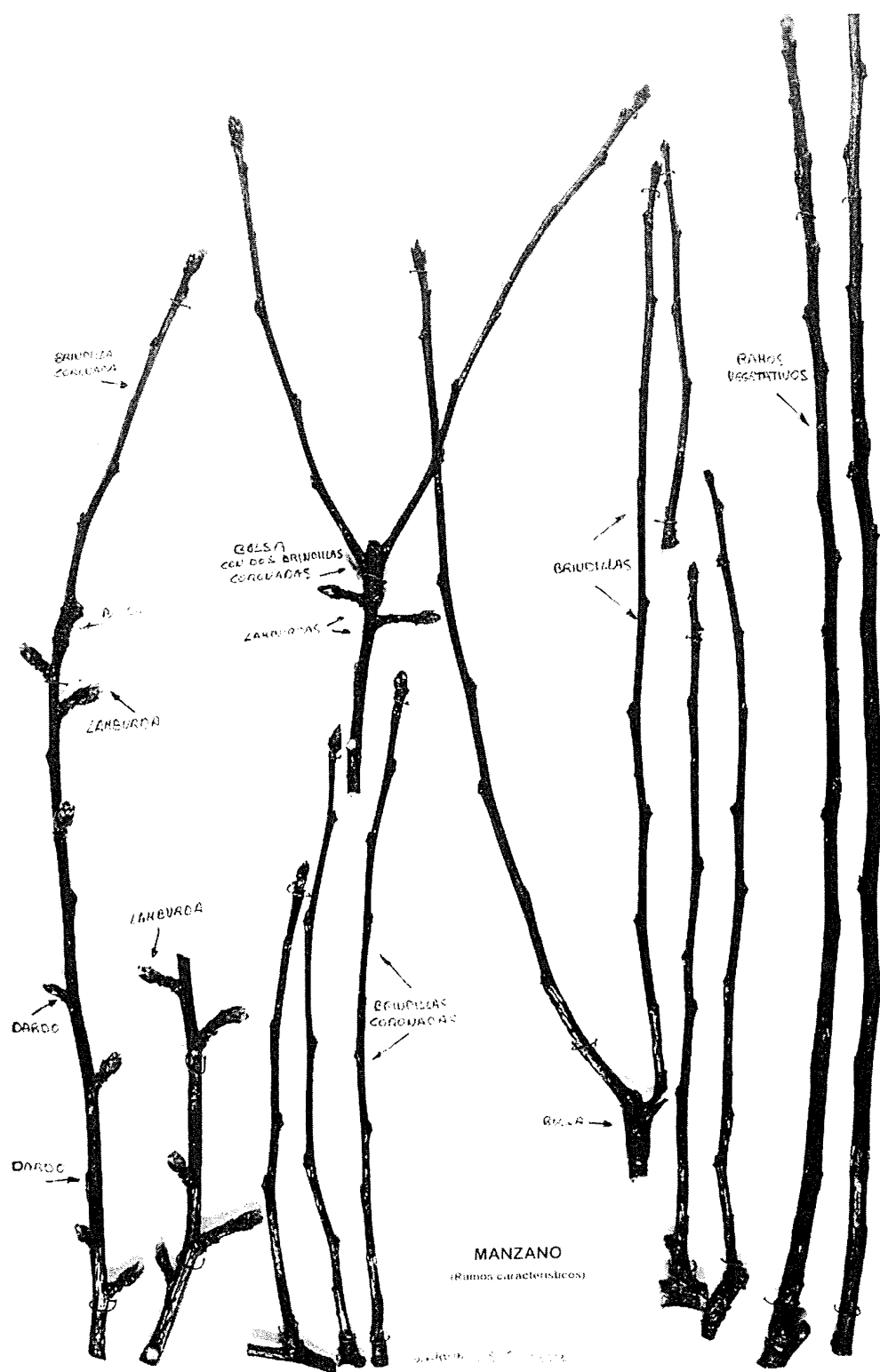
Varios pequeños arbustos frutales o matas son espinosos, como la uva-espina (o grosellero espinoso), y en el caso de la frambuesa y la zarzamora desarrollan aguijones formados sólo por tejidos corticales.

3. Zarcillo.

Es un órgano de naturaleza muy especial que actúa como fijador del tallo y es característico de las plantas trepadoras. Tiene una gran sensibilidad al contacto con cualquier objeto, tendiendo a curvarse alrededor del punto de contacto y forma una concavidad que abraza el objeto. Si éste no es demasiado grueso le da varias vueltas, con su extremo superior libre. También se produce en la base del zarcillo un enrollamiento helicoidal que atrae el brote hacia el apoyo.

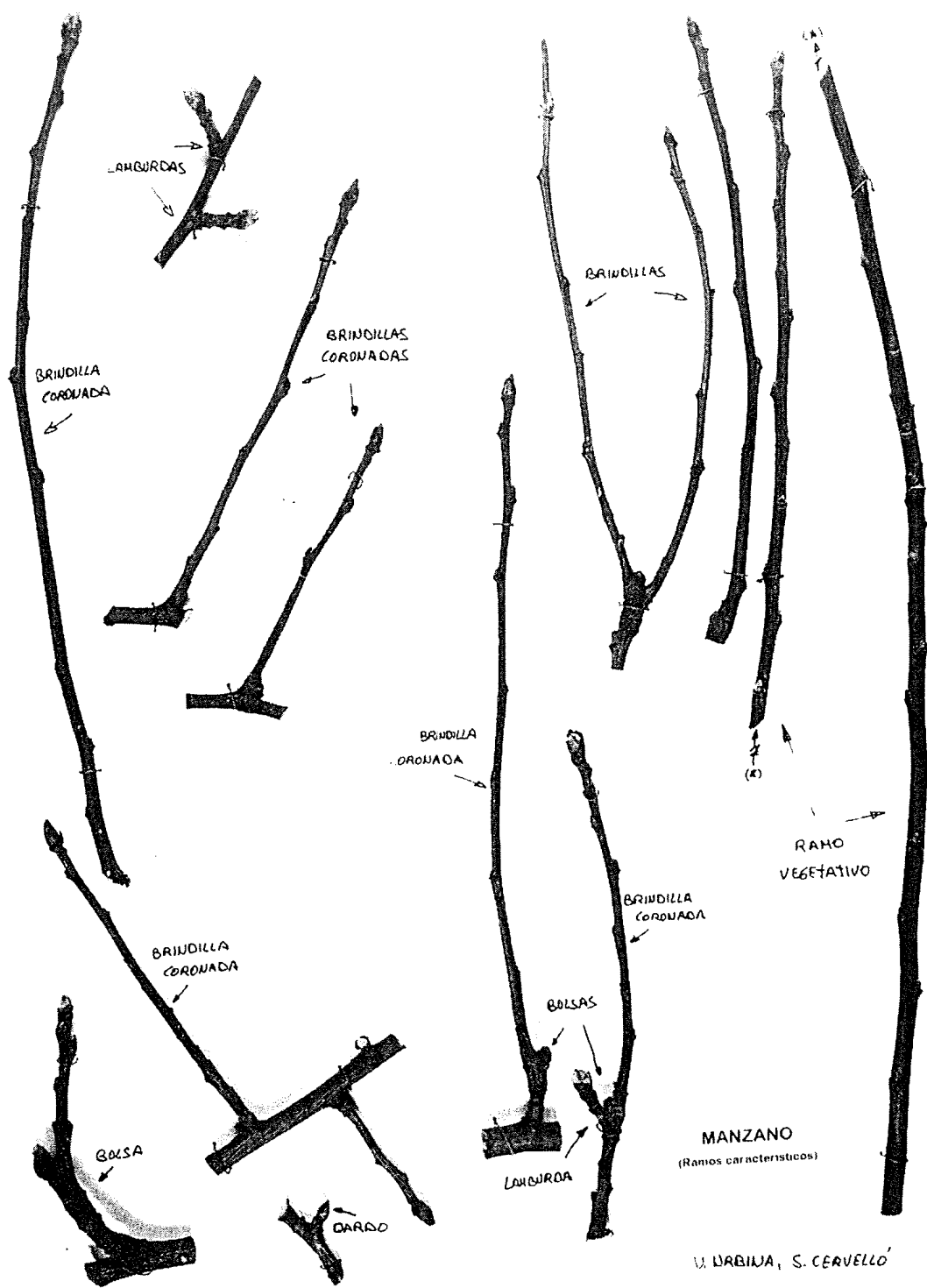
El crecimiento longitudinal del zarcillo cesa pronto pero tiene un crecimiento en grosor con la formación de tejidos de sostén que lo fijan fuertemente al apoyo, de manera que luego no se puede separar fácilmente. Si en su crecimiento no encuentra un apoyo tiende también a enrollarse pero no desarrolla tantos tejidos de sostén y su vida es más corta.

En vid los zarcillos son caulinares y se disponen en los nudos en el lado opuesto a la inserción de las hojas; tienen el mismo origen que el de la inflorescencia (racimo), considerando al zarcillo como una inflorescencia estéril.



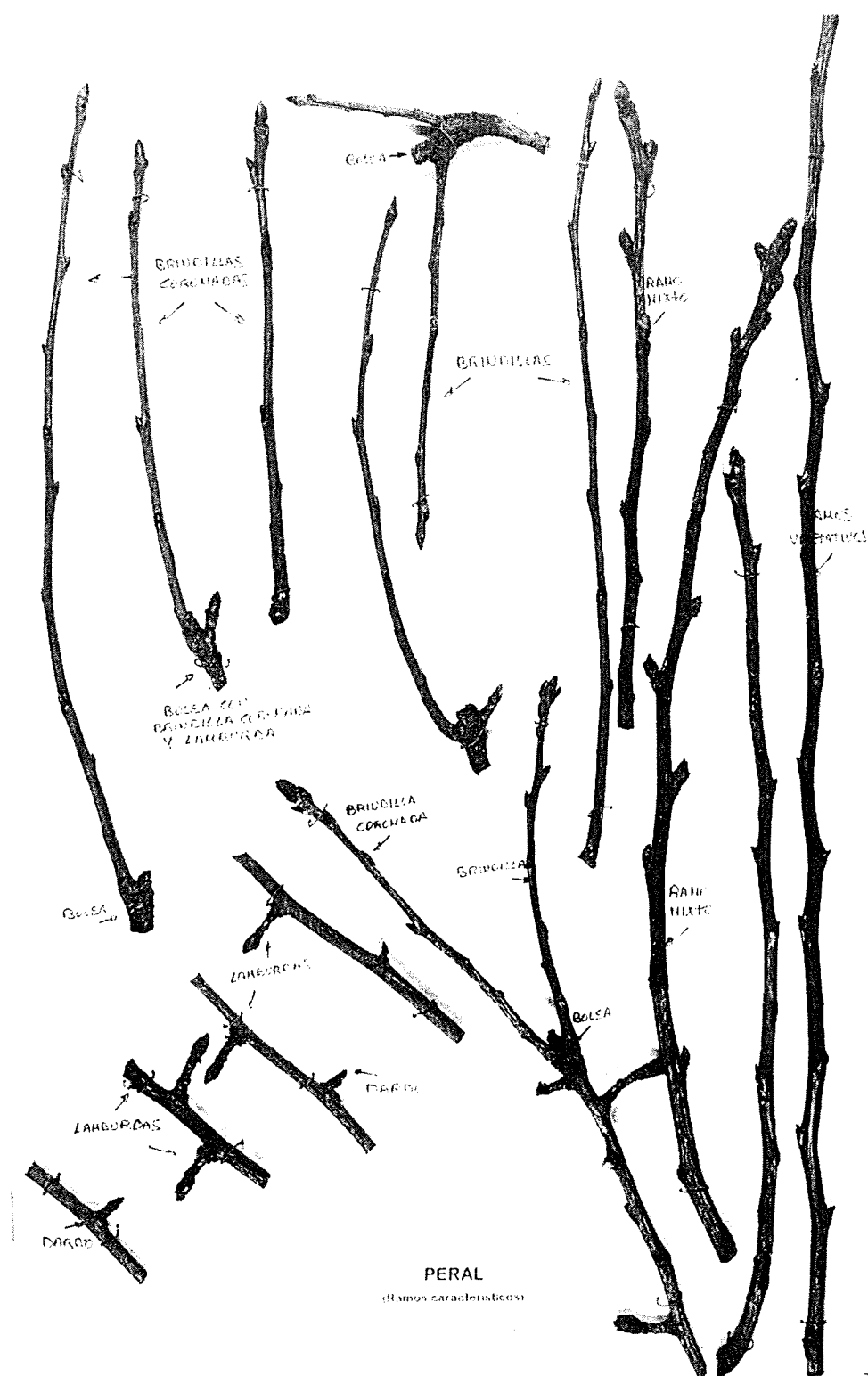
(Realización: V.Urbina y S. Cervelló. Fotografía: X. Goñi)

Figura 3.22. Ramos característicos del manzano.



(Realización: V. Urbina y S. Cervelló. Fotografía: X. Goñi)

Figura 3.23. Ramos característicos del manzano.



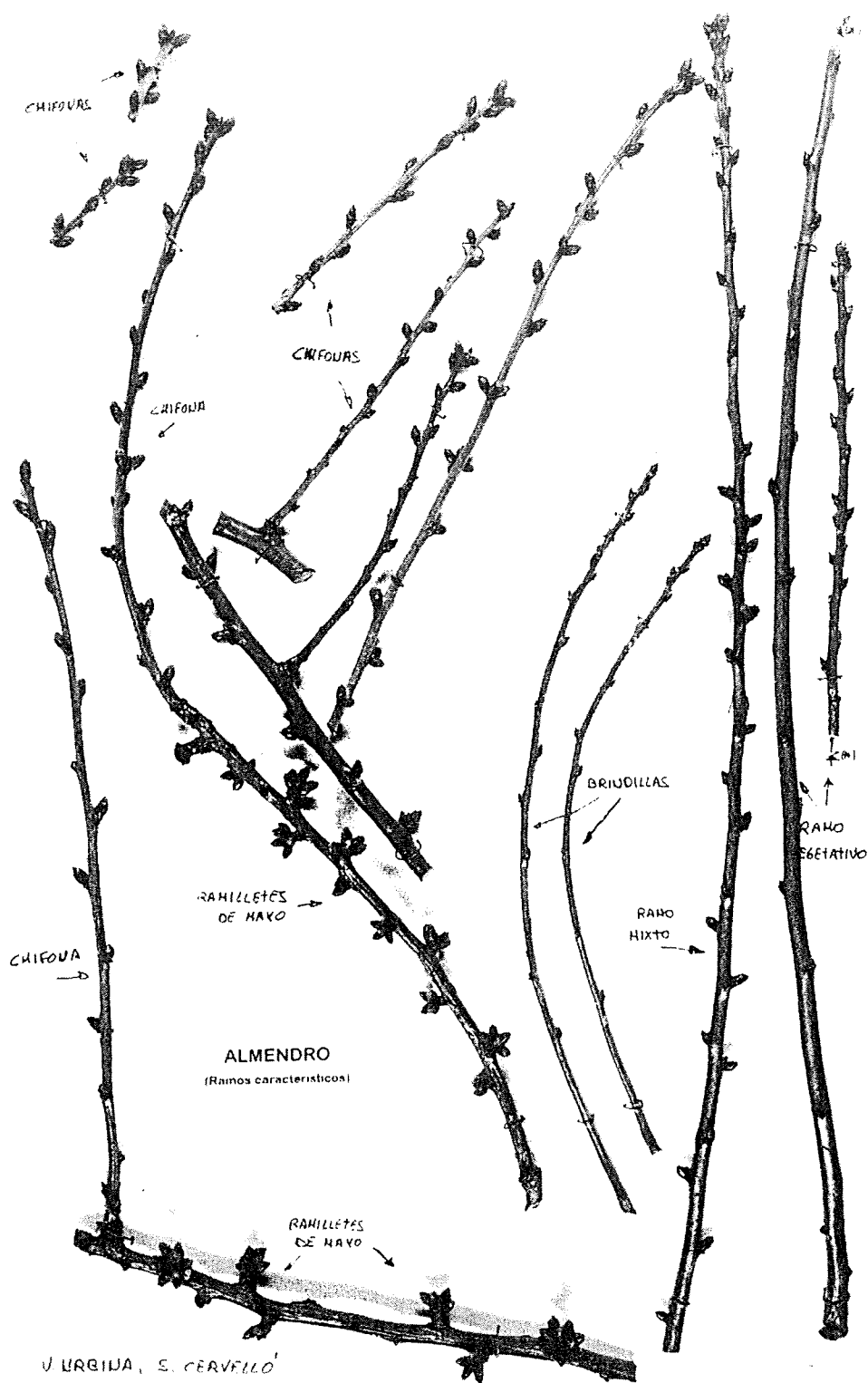
(Realización: V.Urbina y S. Cervelló. Fotografía: X. Goñi)

Figura 3.24. Ramos característicos del peral.



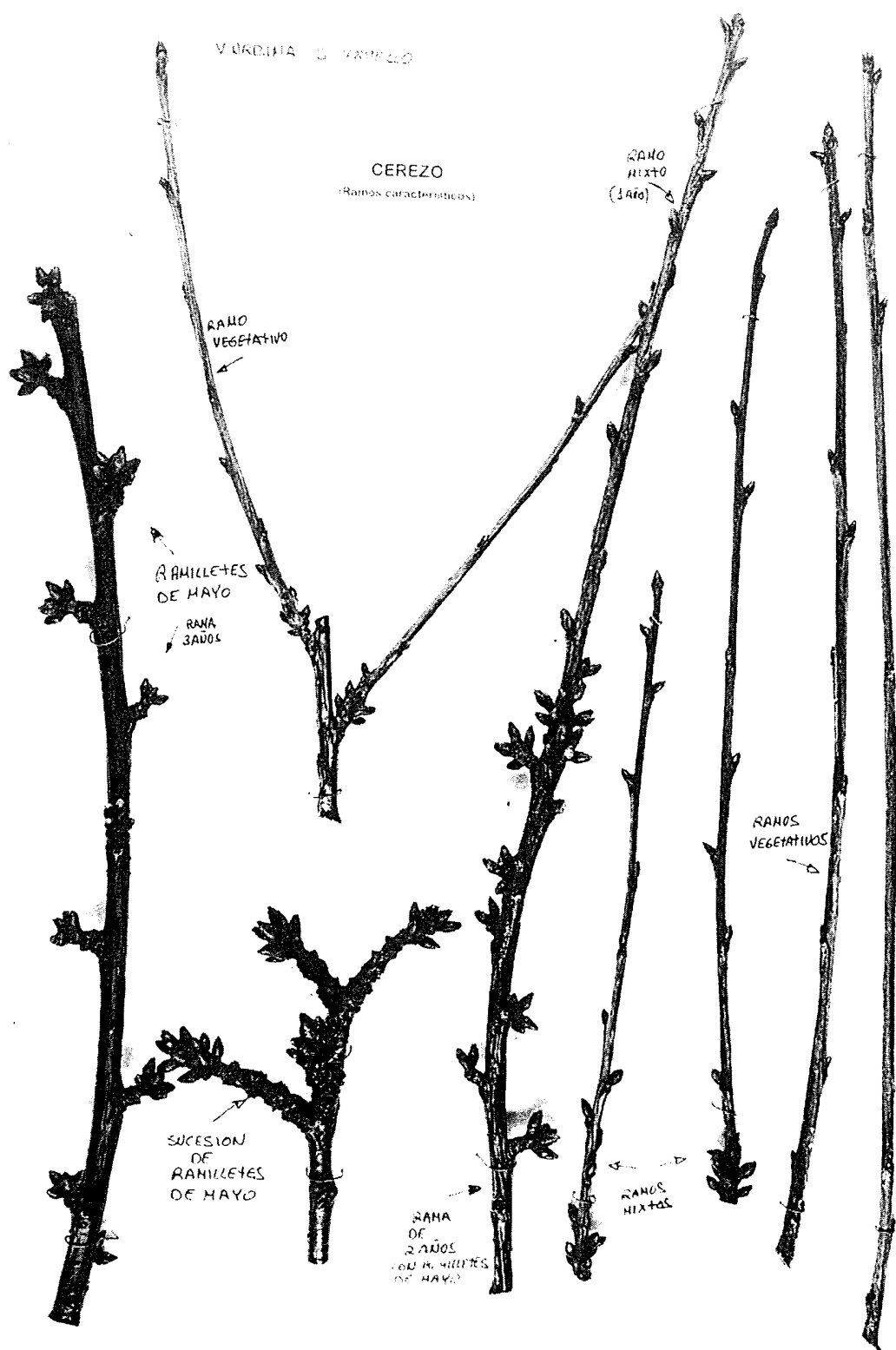
(Realización: V.Urbina y S. Cervelló. Fotografía: X. Goñi)

Figura 3.26. Ramos característicos del albaricoquero.



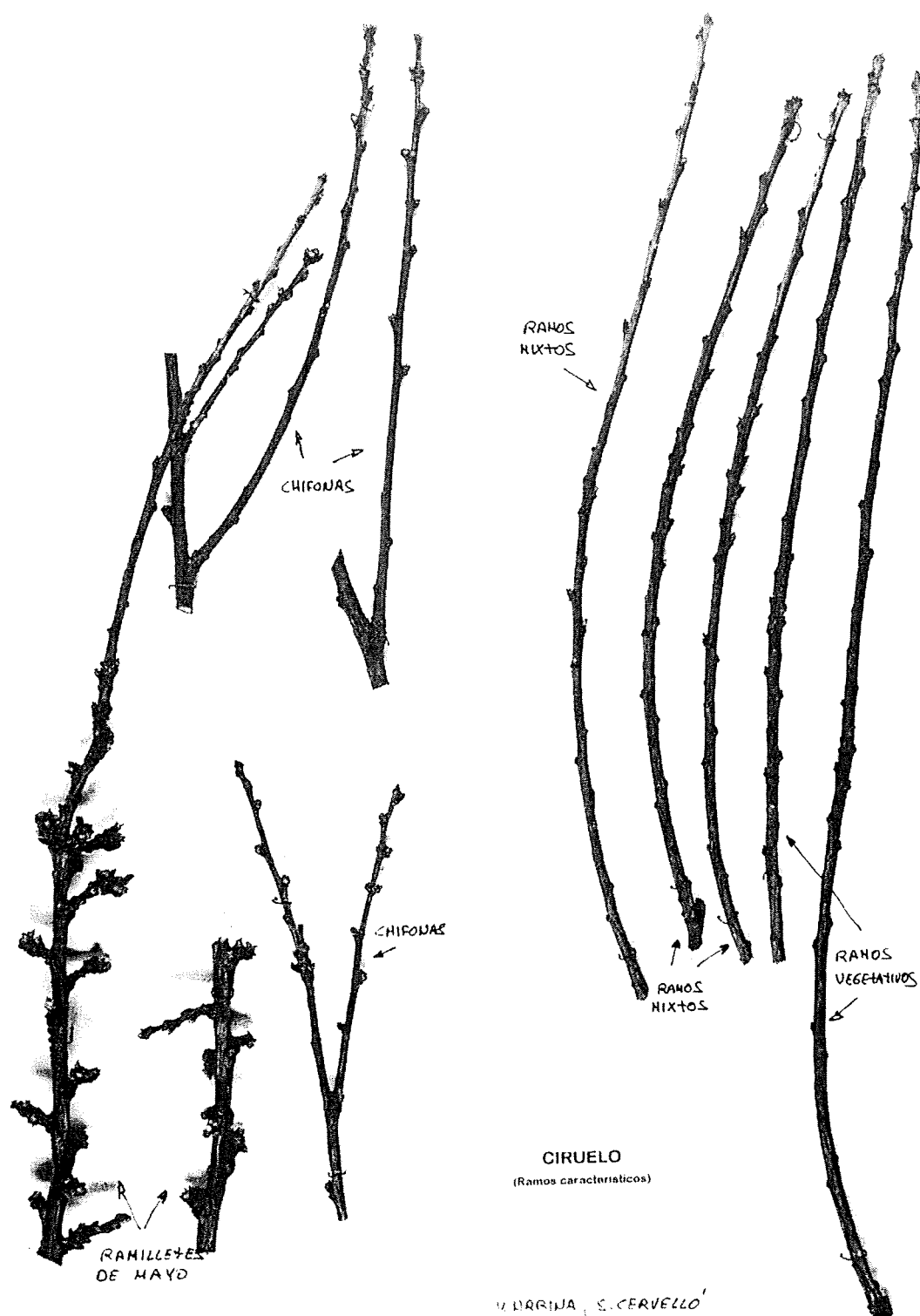
(Realización: V.Urbina y S. Cervelló. Fotografía: X. Goñi)

Figura 3.27. Ramos característicos del almendro.



(Realización: V.Urbina y S. Cervelló. Fotografía: X. Goñi)

Figura 3.28. Ramos característicos del cerezo.



(Realización: V. Urbina y S. Cervelló. Fotografía: X. Goñi)

Figura 3.29. Ramos característicos del ciruelo.

9. Bibliografía (Capítulo 3. El tronco y la ramificación)

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:

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general*. Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [209 - 215].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [75 - 83].

Coutanceau, M. 1971. *Fruticultura*. Mundi-Prensa. Madrid. 326 pp., [30 - 44].

Diputación Foral de Navarra. 1971. *Estados fenológicos y órganos vegetativos y de fructificación de los frutales*. Servicio de Arboricultura. Diputación Foral de Navarra. Pamplona. 52 pp., [32 - 52].

Esau, K. 1985 (3ªed. rev.). *Anatomía vegetal*. Ediciones Omega. Barcelona. 779 pp., [382 - 435].

Fahn, A. 1985. *Anatomía vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 599 pp., [207 - 236, 327 - 425].

Gautier, M. 1987. *La culture fruitière. Volume 1, L'arbre fruitier*. J.B. Baillière. París. 492 pp., [15 - 36].

Gil, G.F. 1977. *Fruticultura. El potencial productivo*. Universidad Católica de Chile. Santiago. 342 pp., [131 - 160, 168 - 170, 213 - 215].

Kramer, S.; Achuricht, R.; Friedrich, G. 1986. *Fruticultura*. Compañía Editorial Continental. Mexico. 277 pp., [3 - 9, 23 - 30].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. Mº. Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [43 - 66].

Pratt, Ch. 1990. *Appel Trees: Morphology and Anatomy*. Horticultural Reviews. Vol. 12: 265-305, [272 - 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 3, 37 pp.].

Strasburger, E.; Noll, F.; Schenck, H.; Schimper, A.F. 1974 (6ª ed.). *Tratado de Botánica*. Editorial Marín. Barcelona. 799 pp., [111 - 150].

Valli, R. y Schiavi, S. 1989. *Coltivazioni Arboree*. Edizioni Agricole. Bologna. 432 pp., [21 - 33].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. M.º Agricultura. S.G.T., Serie Técnica. Madrid. 521 pp., [29 - 40].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 3. El tronco y la ramificación

- 1 [Campo].** Reconocer las formas arbóreas y arbustivas en la colección de especies frutales del Campo de Prácticas.
- 2 [Campo].** Observar la estructura y reconocer los diferentes órdenes de ramas en árboles de diferentes especies y sistemas de formación.
- 3 [Campo].** Reconocer, a la entrada del otoño, en frutales de pepita y de hueso brotes y ramos, y analizar sus diferencias y su grado de lignificación.
- 4 [Campo].** Reconocer, en árboles frutales, diferentes tipos de ramificación según la posición de las ramas y diferentes tipos de copa.
- 5 [Laboratorio - taller].** Reconocer los diferentes tejidos en secciones transversales de ramos y ramas. Utilizar diferentes especies, como peral, manzano ciruelo, cerezo, vid, etc.
- 6. [Campo].** Observar en manzano, melocotonero y cerezo, la cicatrización de las heridas producidas por la poda y por accidentes sufridos (pedrisco, golpes de la maquinaria, etc.).
- 7 [Laboratorio - taller].** Observar en material fresco, cortando la planta, la soldadura de los materiales vegetales en injertos realizados hace varias semanas (bien en primavera o verano). Reconocer, en material seco, el punto de injerto y la formación de nuevos tejidos en plantones seccionados longitudinalmente por el injerto.
- 8 [Campo - invernadero].** Observar y analizar los efectos producidos sobre el crecimiento de los brotes por la aplicación de diferentes sustancias a plantas en campo o contenedor. Por ejemplo: giberelinas y paclobutrazol.
- 9 [Campo - laboratorio - taller].** Observar sobre plantas en campo o sobre material seco diferentes modelos de crecimiento de la ramificación, como acrotonía, epitonía, etc.
- 10 [Laboratorio - taller].** Observar en el árbol o sobre material seco la distribución del vigor de la brotación emitida por diferentes ramos en posición vertical, horizontal y arqueados. Utilizar, por ejemplo, manzano y melocotonero.

- 11 [Campo - laboratorio - taller].** Observar en el árbol o sobre material seco la diferente distribución del vigor de los brotes emitidos por ramos de peral (de igual longitud), según sea la porción de los mismos suprimida (o de yemas dejadas) con la poda.
- 12 [Campo].** Observar y analizar en melocotoneros y almendros la incidencia de una iluminación escasa sobre el crecimiento de los brotes localizados en la zona central.
- 13 [Invernadero].** Comprobar las diferencias de crecimiento de los brotes debidas a la temperatura y a la humedad del suelo, en plantas cultivadas en contenedor en invernadero y en campo, manteniendo el resto de factores en condiciones similares.
- 14 [Campo].** Analizar en un árbol las principales funciones de las ramas según su tamaño.
- 15 [Campo - laboratorio - taller].** Reconocer en campo o sobre material seco, en diferentes especies, los diferentes tipos de yemas, según su naturaleza y posición, que se encuentran en sus ramos. Observar en la sección transversal de una porción de una rama la evolución de una yema latente.
- 16 [Laboratorio].** Observar con la lupa y reconocer los diferentes órganos de yemas vegetativas y fructíferas de diferentes especies. Realizar la observación sobre yemas suficientemente formadas.
- 17 [Laboratorio - taller].** Reconocer sobre paneles con material seco los ramos vegetativos y fructíferos de las principales especies frutales de pepita y hueso.
- 18 [Campo].** Reconocer en el campo, en periodo de reposo, los ramos vegetativos y fructíferos de las principales especies frutales de pepita y hueso. Reconocer la evolución de los ramos, en sucesivos años, y la edad de las ramas originadas.
- 19 [Campo - invernadero].** Reconocer en el campo, en periodo de reposo, los ramos característicos de distintos frutales, como: olivo, vid, higuera, nogal, caqui, etc.; y en invernadero (según su necesidad climática) los ramos de cítricos.
- 20 [Campo].** Reconocer en campo, en período de reposo, diferentes hábitos de fructificación de algunas especies y variedades, por ejemplo de peral, manzano, almendro y cerezo.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 3. El tronco y la ramificación

1. ¿Qué diferencias existen entre un árbol, un arbusto y una mata, y qué especies frutales adoptan estas formas?
2. ¿Qué son, por qué se caracterizan y cuál es la evolución de un brote, un ramo y una rama?
3. Definir qué es una rama principal, una rama terciaria, una guía y un piso.
4. ¿Qué es el cuello del árbol y por qué es una zona singular?
5. ¿Qué tejidos forman la estructura primaria de un tallo?
6. ¿Cómo se forma la estructura secundaria de un ramo y cómo se produce el engrosamiento de una rama?
7. ¿Cómo se produce la unión de los materiales vegetales en el injerto?
8. ¿Qué acciones ejercen las hormonas sobre el crecimiento de los brotes y qué sustancias intervienen principalmente?
9. ¿Qué se entiende por vigor de un brote y por qué se caracteriza la brotación acrotónica?
10. ¿Cómo se distribuye, normalmente, el vigor de los brotes emitidos por un ramo en posición vertical, y cómo varía si se coloca en posición horizontal?
11. ¿Cómo será el vigor de los brotes emitidos por un ramo según la porción que se suprima del mismo con la poda?
12. ¿Cómo influye la iluminación en el crecimiento de la brotación?
13. ¿Con qué intervenciones sobre el árbol se puede regular el crecimiento de la ramificación?
14. ¿Qué importancia tiene la acumulación de reservas en el tronco y las ramas?

15. ¿Cuáles son las principales influencias que ejerce el sistema aéreo sobre el sistema radical?
16. ¿Cuál es la constitución de una yema vegetativa y en qué se diferencia de una yema fructífera mixta?
17. ¿Qué caracteriza a las yemas adventicias y a las yemas latentes?
18. ¿Qué características principales tienen los siguientes ramos de frutales de pepita: chupón, ramo mixto, brindilla coronada, dardo y lamburda?
19. ¿Qué características principales tienen los siguientes ramos de frutales de hueso: ramo de madera, chifona, ramo espinoso y ramillete de mayo?
20. ¿Cómo se origina la formación de las bolsas en frutales de pepita y qué ramos pueden portar?

4

LAS HOJAS

1. Las hojas.
2. Desarrollo de las hojas.
3. Factores que influyen sobre el desarrollo foliar.
4. Funciones de las hojas.
5. Caídas de hojas.
6. Análisis foliar.
7. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Las hojas

Las hojas son órganos laminares, de color verde, en los que, fundamentalmente, se realiza la función más vital de las plantas, que es la fotosíntesis, y de la cual depende también la vida de los animales y del hombre.

La importancia de las hojas, como fábrica de sustancias orgánicas, hace que se les deba prestar gran atención en el cultivo frutícola. De la presencia de hojas suficientes, junto con su correcto desarrollo y estado sanitario, va a depender el crecimiento de la planta y el desarrollo de la fructificación.

Muchas de las especies leñosas frutales son de hoja caduca, cuya abscisión generalizada estacional tiene lugar a la entrada en reposo de la planta, pasando el periodo invernal sin hojas. Otras especies, como por ejemplo: cítricos, olivo, níspero japonés, aguacate, etc., son de hoja perenne, presentando la abscisión en diferentes épocas del año con más o menos estacionalidad según las especies, pero manteniendo siempre la planta una cobertura foliar.

Las hojas originadas a partir del meristemo apical dan lugar, junto con el tallo, al brote; el cual al evolucionar formará un ramo. Las hojas se insertan en los nudos del tallo, en general individualmente, pero también pueden presentarse verticilos polímeros, con varias hojas; por ejemplo, en olivo con dos hojas opuestas, o en brotes vigorosos de melocotonero con dos o tres hojas en el mismo lado.

Las diversas especies frutales presentan hojas con una gran diferencia en forma y tamaño, manifestando también pequeñas diferencias entre variedades, lo que es utilizado para la identificación varietal junto con otros caracteres.

1.1. Constitución y características de las hojas

Las hojas de los frutales son completas y están formadas por el peciolo y el limbo, presentando en su base, frecuentemente, estípulas.

El limbo es laminar, con muy poco grosor y de color verde. La parte superior se denomina haz y la inferior envés. Puede ser simple o indiviso (como en la mayoría de especies); o bien compuesto de folíolos independientes (como en nogal) insertos en el

raquis que es la prolongación del peciolo. El limbo presenta, como continuación del peciolo, una o varias nervaduras principales que se ramifican en nervaduras secundarias, las cuales a la vez se subdividen. Por los nervios o venas discurren los haces liberoleñosos de floema y xilema, que sobresalen de la lámina foliar por el envés. Además de tener como función la circulación de sustancias constituyen el esqueleto de la hoja, dándole resistencia mecánica.

En el envés aparecen, en la mayoría de hojas, pelos foliares que le dan aspecto vellosos. Por el contrario el haz presenta un aspecto liso y brillante originado por la cutícula que recubre la epidermis.

El peciolo tiene aspecto de tallo, a modo de pedicelo; normalmente, cilíndrico y delgado. Por encima de la inserción del peciolo con el tallo (axila de la hoja) es donde se asientan las yemas axilares. En la base de los peciolo de los foliolos no hay yemas axilares.

En la parte basal del peciolo, en su inserción con el tallo, se diferencia la base foliar que protege a la yema axilar. Puede ensancharse y constituir lo que se denomina vaina, y puede presentar a cada lado una especie de hojita (o foliolo) denominada estípula, que es un apéndice de la base foliar. En muchas hojas la base foliar no se diferencia claramente del peciolo al tener la misma forma y tamaño. Cuando la hoja carece de peciolo se denomina hoja sentada. En cítricos, algunas especies presentan en la base del limbo un ensanchamiento (alas), como el naranjo amargo, naranjo dulce y pomelo.

En la parte del peciolo más próxima al limbo y en el margen basal del limbo pueden existir, en algunas especies, glándulas de formas diferentes. Son muy patentes, por ejemplo, en cerezo y melocotonero. En los *Prunus* las glándulas del peciolo son consideradas nectarios extraflorales al secretar néctar; las de limbo secretan sustancias resinosas amargas. En el caso del melocotonero se ha comprobado que, en general, la presencia o ausencia de estas glándulas está ligada a la sensibilidad a determinadas plagas y enfermedades. Así se tiene que las variedades que presentan glándulas son más sensibles o son más atacadas por la abolladura y los pulgones, y menos por el oidio; por el contrario, las variedades con ausencia de glándulas son más sensibles al oidio y menos a la abolladura y a los pulgones. No obstante, se desconoce la incidencia y la función clara de estas glándulas.

En la Figura 4.1 se representa la constitución de una hoja tipo, indicando todos sus componentes.

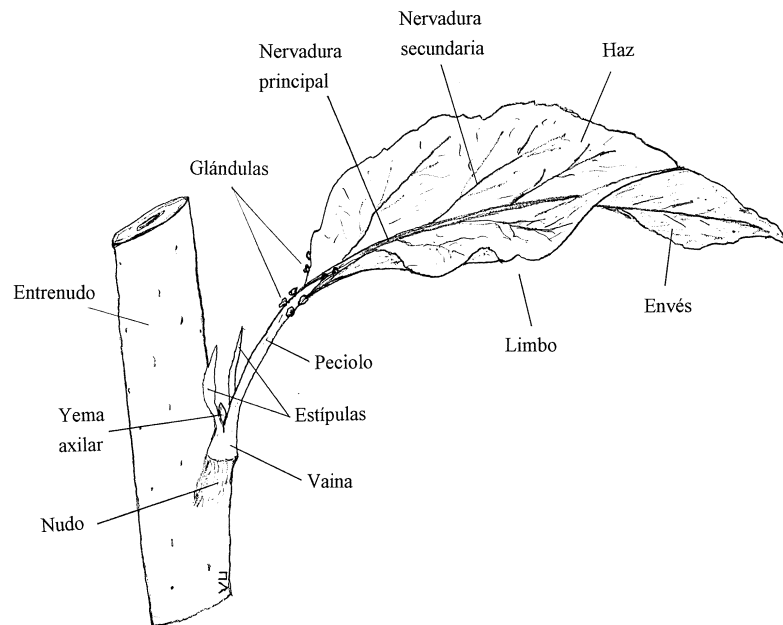


Figura 4.1. Constitución de una hoja tipo.

Los caracteres más importantes utilizados para la identificación varietal son los siguientes:

a) Limbo:

- Posición o inclinación respecto al ramo (porte).
- Dimensiones. Relación entre longitud y anchura.
- Aspecto de la superficie del limbo y plegamiento.
- Forma del margen o borde.
- Forma de la base y del ápice.
- Disposición y aspecto de las nervaduras.
- Presencia o ausencia de glándulas y de pubescencia.

b) Pecíolo:

- Posición respecto al ramo.
- Dimensión y forma.
- Presencia o ausencia de glándulas.

c) Estípulas:

- Dimensión y forma.

En la Figura 4.2 se representan, esquemáticamente, algunos caracteres y sus tipos (o niveles de expresión) más frecuentes en hojas de frutales.

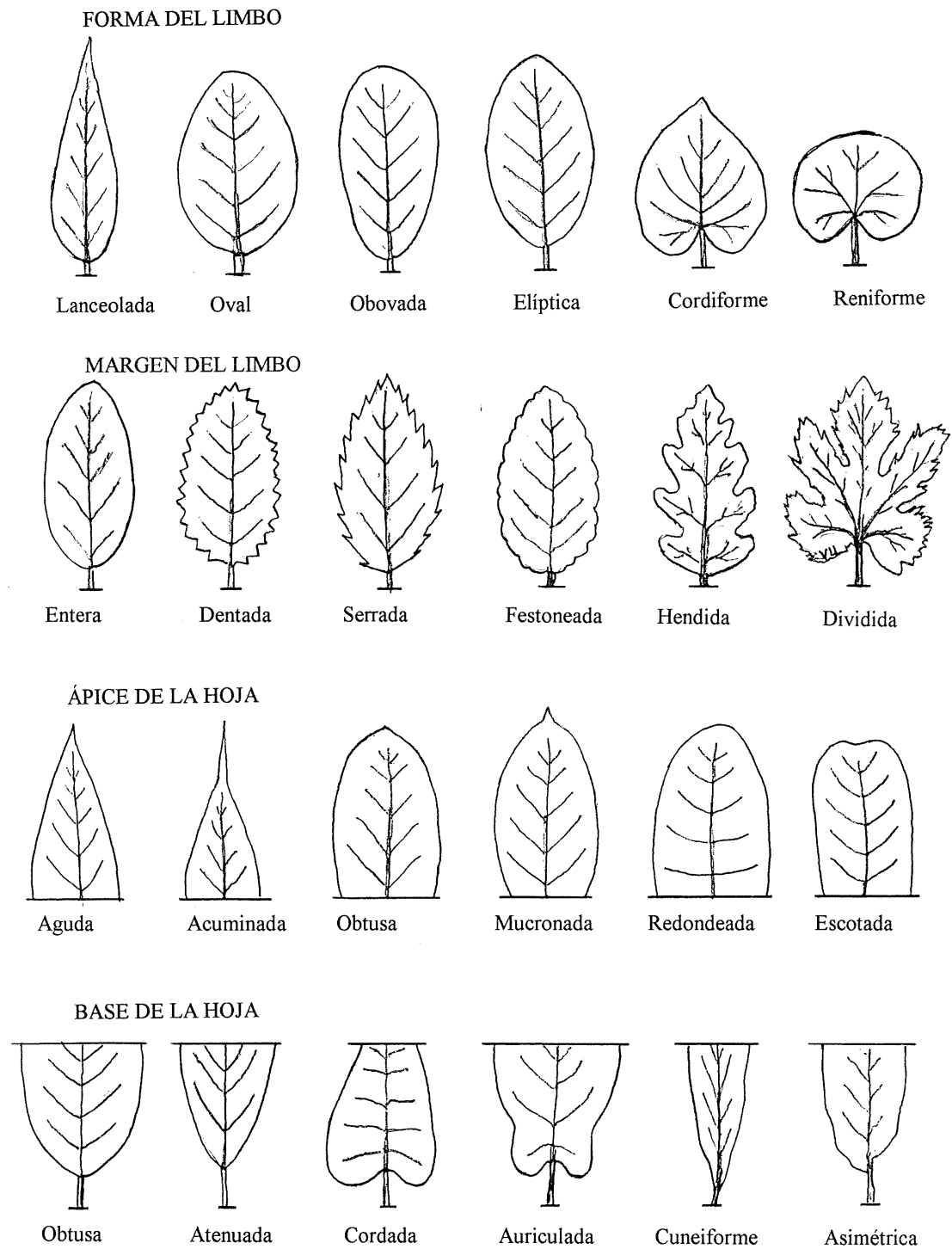


Figura 4.2. Caracterización de las hojas. Expresión más frecuente de los caracteres en hojas de frutales.

1.2. Estructura interna de la hoja

La estructura de la hoja puede variar según las especies, pero todas ellas presentan una organización de tejidos similar, estando constituido su limbo por un parénquima interno (mesofilo) recubierto por la epidermis, según se representa, esquemáticamente, en la Figura 4.3.

La parte superior o haz presenta debajo de la epidermis un parénquima en empalizada, con gran capacidad fotosintética. La parte inferior o envés presenta un parénquima esponjoso y los estomas que asoman por la epidermis inferior. Esta capa protegida de la radiación directa se encarga, principalmente, de la comunicación con la atmósfera a través de los estomas. Los estomas se encuentran principalmente en el envés, en una relación de cinco a uno o menor, y en manzano y olivo solo hay en el envés. Puede tener también pelos formando una capa pubescente que protege los estomas.

En la estructura interna se encuentran también los haces conductores que forman las nervaduras, los cuales están constituidos por una vena central con el xilema en la parte superior y el floema en la inferior. La vena está protegida por una vaina formada por unas capas de células parenquimáticas que la recubren, y puede llevar asociados cordones de colénquima subepidérmicos, originando un relieve por el envés. Los nervios principales pueden llevar cordones de esclerénquima.

Recubriendo la epidermis se encuentra la cutícula, formada por una capa de cutina. Tiene función de aislamiento y protección. Presenta mayor grosor en el haz, siendo muy delgada en el envés, llegando, en algún caso, a estar desprovisto de cutícula.

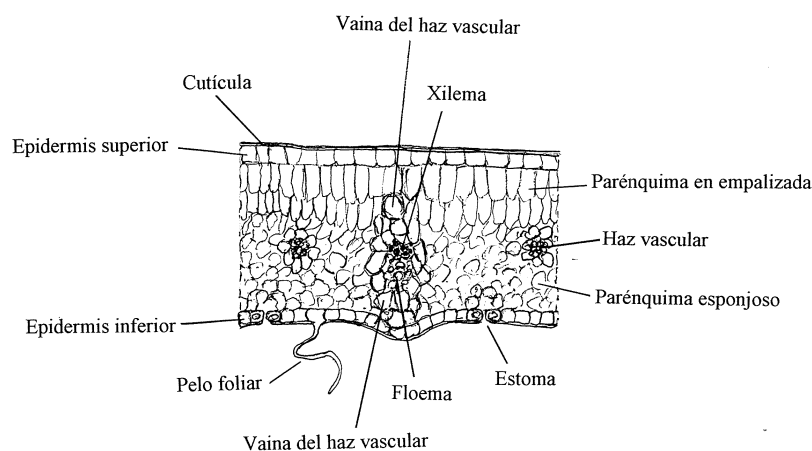


Figura 4.3. Estructura interna de la hoja.

2. Desarrollo de las hojas

Las hojas se desarrollan a partir de los primordios foliares que envuelven el cono vegetativo de las yemas y mediante la posterior formación de primordios foliares producidos en sucesión acrópeta en el crecimiento del ápice del brote.

En la formación de la hoja toman parte las capas de células del anillo meristemático de la zona de diferenciación del ápice. La epidermis se deriva de una capa más externa (túnica) y el mesofilo y los tejidos vasculares se forman de las capas interiores (capa interna de la túnica y capa más externa del corpus). Con la continua división celular el primordio foliar va sobresaliendo del ápice caulinar como una protuberancia en forma de media luna y va dando lugar al eje foliar y, posteriormente, al limbo.

La aparición de primordios foliares tiene una regulación ordenada por el ápice en crecimiento que va cambiando de forma según un determinado lapso de tiempo (plastocrono), dando lugar a la aparición del siguiente primordio. En las zonas de inserción de las hojas con el tallo se forman, muchas veces, engrosamientos o nudos. En cada nudo pueden formarse simultáneamente una o varias hojas, dando lugar en este último caso a verticilos polímeros.

Una vez la hoja ha iniciado su crecimiento en el ápice, la intensidad de crecimiento y el tamaño final alcanzado por la hoja adulta dependerá de las características vegetativas de la planta y, especialmente, de los factores que regulan el crecimiento del brote, principalmente la estacionalidad y los aspectos nutricionales. Las hojas adultas permanecerán en el brote hasta que se produzca su caída natural o, en algún caso, accidental.

La reposición de las hojas se producirá a partir de una nueva brotación de las yemas, normalmente, después del reposo invernal. En algunas especies pueden encontrarse tras la apertura de la yema diferentes catafilos, como escamas gemarias, brácteas transformadas con un desarrollo parcial de aspecto blanquecino y hojas de transición, que terminarán cayendo, sucesivamente y al poco tiempo, con el desarrollo del brote. En algún caso, como en la vid, las hojas de transición portan grandes estípulas transformadas a modo de escamas. En la Figura 4.4 se representan diferentes catafilos presentes en la brotación de una yema vegetativa de peral.

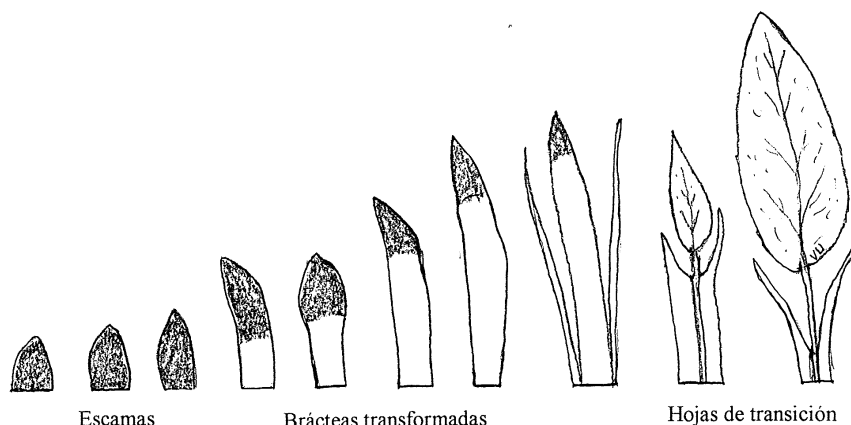


Figura 4.4. Catafilos presentes en la brotación de una yema vegetativa de peral (cv. Abate Fetel).

2.1. Disposición de las hojas

La disposición que adoptan las hojas en su desarrollo sobre el tallo puede representarse mediante diagramas esquemáticos. Esta disposición sigue unas reglas de equidistancia en cuanto a la separación angular de los primordios foliares y de alternancia en cuanto al crecimiento del cono vegetativo. La teoría de la ordenación de las hojas ha dado lugar a lo que se denomina filotaxis. La diferente ordenación de las hojas se puede agrupar en tres tipos principales, según se representa en la Figura 4.5:

a) Decusación. Es una ordenación opuesta, en verticilos dímeros, como por ejemplo en olivo, con verticilos de dos hojas girados alternamente 90° y las hojas dispuestas a 180° .

b) Distiquia. Es una ordenación dística que origina cada primordio exactamente en el lado opuesto del cono vegetativo. Se da en algún caso excepcional en ramos laterales de avellano.

c) Dispersión. Es una ordenación que gira sobre el tallo. En el caso de un giro pequeño se denomina espirodistiquia. La forma más generalizada es la disposición helicoidal o esparcida. Tanto la decusación como la distiquia pueden tener transformaciones hacia la dispersión. En la disposición helicoidal la hélice puede girar a la izquierda o a la derecha con la misma probabilidad y al azar.

El plano determinado por el eje caulinar y la línea media de una hoja se denomina mediana de la hoja. El ángulo formado entre las medianas de dos hojas consecutivas se

llama ángulo de divergencia y suele mantenerse constante para todas las hojas (Figura 4.5).

En el caso de dispersión de las hojas, normalmente, la divergencia no se indica por el valor numérico de dicho ángulo, sino que se expresa como fracción del contorno del tallo. En este caso el numerador indica el número de vueltas que hay que dar siguiendo la espiral fundamental para encontrar otra hoja en la misma posición. El denominador expresa el número de plastocronos transcurridos entre la formación de las dos indicadas hojas; es decir, el número de hojas encontradas al recorrer la espiral, incluida también la que ocupa la misma posición que la hoja de partida. Téngase en cuenta que este valor será el mismo que el correspondiente a la disposición de las yemas axilares del ramo.

Las divergencias observadas con mayor frecuencia, entre especies, se pueden ordenar según la serie de Schimper Braum: $1/2$, $1/3$, $2/5$, $3/8$, $5/13$, $8/21$, ... Los numeradores y denominadores de esta serie forman la serie de Fibonacci: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ... Los valores angulares tienden al ángulo denominado de Fibonacci, con un valor de 137° , $30'$... Este ángulo divide irracionalmente la circunferencia según la "sección áurea", lo que hace que en este caso nunca coincida una hoja encima de otra, optimizando el aprovechamiento de la luz.

En frutales de pepita y hueso, el índice filotáxico es de $2/5$ (144°), desviándose ligeramente este valor en algunos casos. En cítricos el índice es de $3/8$. En vid, en plantas procedentes de semilla, inicialmente es de $2/5$ y luego se transforma con la edad a una disposición alterna y opuesta $1/2$, con ligeras desviaciones.

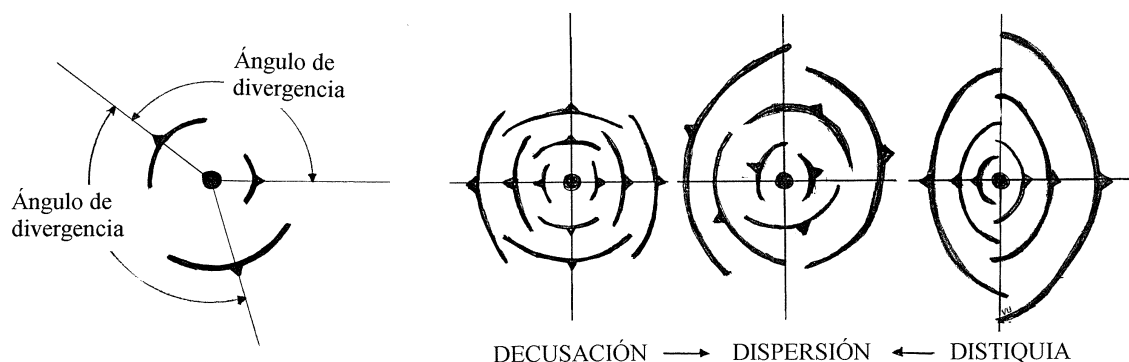


Figura 4.5. Disposición de las hojas.

2.2. Índice de área foliar

El índice de área foliar (IAF) es un indicador que permite comparar las densidades de la copa de los árboles. Relaciona la superficie existente de hojas respecto a la superficie ocupada de terreno. Con frecuencia, se denomina a este índice LAI (Leaf Area Index). Puede adoptar diferentes significados dependiendo de los valores considerados en la relación. Los cocientes más generalizados son:

a) IAF del árbol: es la relación entre la superficie foliar del árbol y la superficie de terreno ocupada por la proyección de la copa.

b) IAF de la plantación: es la relación entre la superficie foliar del árbol y la superficie ocupada por el árbol según su marco de plantación.

La superficie foliar puede estimarse de varias maneras, como: planimetrando los contornos de las hojas; a través de su peso seco o peso fresco, según el peso conocido de una determinada superficie; o bien directamente con un aparato óptico de medir de superficies. Un método no destructivo es la estimación a partir de la longitud y anchura de las hojas, cuyo producto, afectado de un coeficiente de corrección varietal, mantiene una relación lineal con la superficie foliar. También se han propuesto ecuaciones que relacionan el área foliar con el diámetro del tronco y las ramas, y, en el caso de copas continuas, a partir de la transmisión de luz determinada directamente bajo la copa.

Los valores del IAF del árbol, en un manzano, obtenidos según el sistema de formación, pueden ser por ejemplo de 8 para la palmeta y de 4 para el vaso, siendo el IAF de la plantación, aproximadamente, la mitad de estos valores. En vid, formada en espaldera y con copas muy densas, se encuentran valores entre 6 y 7.

El desarrollo foliar de una planta también puede expresarse como densidad de área foliar (DAF), que es la relación entre los m^2 de superficie foliar por cada m^3 de copa.

3. Factores que influyen sobre el desarrollo foliar

En el crecimiento de la hoja y en el desarrollo foliar de la planta influyen, evidentemente, los mismos factores que en el crecimiento de la ramificación, y que han sido expuestos en el tema anterior. Las características genéticas de la variedad determinan el tamaño de la hoja y el vigor de la brotación, sobre el cual también ejerce

una notable influencia el patrón empleado. También contribuyen otros factores internos, como: la competencia nutricional de los frutos, la edad y el estado general de la planta.

El estado sanitario de la planta es uno de los factores internos que más influyen sobre el desarrollo foliar. Los ataques de plagas y enfermedades, que muchas veces se centran sobre las hojas, pueden originar una merma importante en la superficie foliar, interferir en el crecimiento de las hojas originando malformaciones y, en definitiva, competir por los nutrientes y reducir la capacidad fotosintética. Además, en casos graves, pueden provocar la defoliación de la planta.

Otros factores del medio, como la temperatura, la iluminación y, especialmente, la disponibilidad de nutrientes y agua, serán determinantes para el crecimiento del brote y el desarrollo de sus hojas en condiciones óptimas. Las hojas presentan unos síntomas de carencias muy característicos si la planta está mal alimentada en algún nutriente.

Finalmente, las actividades culturales que inciden sobre el sistema aéreo condicionarán directamente el desarrollo foliar. Los deshojes, desbrotados y cualquier poda en verde pueden suponer una merma importante de la superficie foliar y tendrán una acción depresiva sobre el crecimiento general de la planta, aunque con ello se persigan otros objetivos para la producción y manejo de la plantación.

Estas operaciones pueden provocar respuestas diversas de la planta, con tendencia a originar nuevas brotaciones y reponer la superficie foliar eliminada.

4. Funciones de las hojas

Las hojas tienen tanta importancia para la planta como las raíces, ya que en ellas se realiza la transformación de la savia bruta procedente de las raíces a savia elaborada. Además, las hojas contribuyen a la circulación de la savia, almacenan temporalmente ciertas sustancias de reserva y pueden servir de pantalla a los rayos solares, evitando quemaduras en ramas y frutos por exceso de radiación.

Las hojas realizan tres funciones básicas para la planta: fotosíntesis, respiración y transpiración, las cuales se comentan, brevemente, a continuación para recordar sus aspectos más esenciales.

A) Fotosíntesis.

Con la fotosíntesis se sintetizan los hidratos de carbono a partir del anhídrido carbónico del aire y del agua suministrada por las raíces. Se realiza en los cloroplastos utilizando la energía solar.

Por ser una función fundamental para la planta se deberá prestar especial atención en la plantación a los factores que la regulan. Muchas de las intervenciones que se realizan en la planta sobre el sistema aéreo van encaminadas a conseguir una iluminación óptima y un buen desarrollo foliar.

Cada planta precisa tener un número de hojas determinado por cada fruto para que éste alcance el tamaño y la calidad deseada. Así por ejemplo se precisan, aproximadamente, 30 hojas para un melocotón, 35 para una manzana, 40 para una pera y 25 para una naranja. Aunque en los árboles con muchos frutos las hojas se comportan de forma más eficiente y además el comportamiento depende de otros factores, por lo que no se puede establecer con precisión el número de hojas necesario.

Cada variedad presenta unas características propias, sobre todo ligadas a los aspectos morfológicos y a la estructura interna de la hoja, que inciden sobre su capacidad fotosintética. La intensidad luminosa que precisa la planta es un carácter genético. La actividad de la hoja mantiene una íntima relación con la iluminación que recibe y sobre la que también influye la temperatura.

Normalmente, la asimilación es menor en días nublados que en días soleados. La mayor actividad foliar y fotosíntesis neta se logra en hojas al sol en días relativamente frescos, ya que en días cálidos las hojas al sol reducirán su actividad foliar en las horas de temperaturas más elevadas, llegando incluso a ser menor que en las hojas que se encuentran a la sombra. Las hojas que se encuentran mal iluminadas, tienen un rendimiento fotosintético muy bajo. La asimilación aumenta con la iluminación hasta alcanzar un nivel máximo, sin que para ello sea necesario que la hoja tenga una plena exposición al sol. Todos estos aspectos deben tenerse en cuenta la hora de regular la masa foliar de la planta.

El anhídrido carbónico se encuentra en el aire en una cantidad prácticamente constante, por lo que la asimilación sólo se verá obstruida por la deficiencia de la disponibilidad de agua, la cual, a su vez, junto con temperatura, interviene en la apertura y cierre de los estomas. El agua absorbida por la planta es solo utilizada en una ínfima porción en la fotosíntesis (aproximadamente un 0,1%).

El otro factor clave en la asimilación de carbono son las clorofilas, por lo que deberá cuidarse el estado nutritivo y vegetativo de la planta, ya que si las hojas amarillean (clorosis) no realizarán bien la fotosíntesis.

B) Respiración.

La respiración suministra a la planta la energía que le es necesaria para realizar sus procesos fisiológicos, especialmente para el metabolismo y para el transporte de los elementos nutritivos. Es una función contrapuesta a la asimilación de carbono realizada con la fotosíntesis.

La respiración se realiza en todos los tejidos de la planta, pero es particularmente intensa en las hojas. Para la respiración las hojas toman el oxígeno del aire. La respiración se realiza durante todo el día, independientemente de la luz; y, a igualdad de temperatura, la respiración nocturna es aproximadamente igual a la diurna. Se ha estimado que la cantidad de anhídrido carbónico expulsado por la respiración del sistema aéreo de un árbol está comprendida entre un tercio y un cuarto del anhídrido carbónico absorbido para la fotosíntesis.

Cuando la planta no tiene hojas o no se realiza la síntesis, las reservas acumuladas garantizan que se realice la respiración.

C) Transpiración.

La transpiración consiste en la eliminación por los estomas del exceso de agua absorbido por las raíces, en forma de vapor de agua, por lo que realmente debería llamarse evaporación. Aproximadamente, la planta sólo utiliza para sus tejidos el 1% del agua absorbida, eliminándose el 99%. En un árbol adulto de tamaño medio se pueden eliminar entre quince y veinte metros cúbicos de agua al año.

La eliminación se lleva a cabo, prácticamente en su totalidad, por los estomas. El mecanismo de apertura y cierre de los estomas es complejo y está influido por numerosos factores, como ya se ha comentado al hablar de la fotosíntesis. La planta debe conjugar su necesidad de realizar los intercambios gaseosos que requiere el metabolismo (absorber anhídrido carbónico y eliminar oxígeno) con la pérdida de vapor de agua que se produce a la vez por los estomas.

La transpiración, además de colaborar en la absorción radical y en el transporte de la savia bruta hasta las hojas, es un mecanismo de refrigeración de la hoja, debido al calor de vaporización que se elimina al pasar el agua de líquido a gas. No obstante, la

refrigeración de la hoja también se produce por su contacto con el aire, que se encuentra a menor temperatura, y por radiación.

El contenido de agua en la hoja tiene una relación directa con la apertura de los estomas. Éstos permanecen abiertos al máximo durante las primeras horas de la mañana, luego se van cerrando, razón por la cual el contenido de agua en el mediodía es menor, aumentando luego por la tarde, hasta cubrir de nuevo el déficit.

Los días de verano con vientos secos y cálidos, las hojas tienen una gran demanda de agua, que si los sistemas conductores no pueden abastecer hace que las hojas se marchiten. Si este desequilibrio es muy drástico y la temperatura de las hojas es muy alta puede producirse una desecación rápida o asurado de la hoja.

En el caso de escasez continuada en el suministro de agua, las hojas del frutal pueden extraer agua de sus tejidos e incluso de los frutos, originando que se forme en estos la capa de abscisión, y terminan cayendo antes de que las hojas muestren síntomas drásticos de desecación. En última instancia la planta terminará desprendiéndose de las hojas para frenar su desecación.

5. Caídas de hojas

Con la entrada en reposo invernal en las especies caducifolias se produce la caída natural de las hojas. Esta caída está influida por el descenso de las temperaturas y por el acortamiento de la longitud del día. En latitudes más cálidas se retrasa la caída, al ser menor el acortamiento de la duración del día y ser más suave la temperatura otoñal.

En especies de hoja perenne la caída se produce en varias épocas, coincidiendo también con la entrada en reposo una caída importante. Otra caída importante suele producirse durante el crecimiento primaveral de nuevos brotes. En cítricos, las hojas de ramos vigorosos duran hasta dos años y las de ramos fructíferos unos quince meses. En olivo pueden durar las hojas hasta tres años.

El envejecimiento de las hojas evoluciona desde la base del ramo hasta el ápice. La caída está precedida de una pérdida de clorofila, con un cambio en la coloración de las hojas y una emigración de las reservas que contienen. Las coloraciones otoñales que adoptan las hojas difieren entre especies e incluso entre variedades.

La coloración amarilla y naranja se debe a que se descomponen las clorofilas, cuyos productos residuales son eliminados por las vías conductoras, mientras los carotenoides permanecen solos, dando lugar las carotinas a colores rojo-anaranjados y las xantofilas a colores amarillos. La coloración roja es debida a que el jugo celular se tiñe por los antocianos. El empardecimiento final de las hojas se debe a la formación post-mortal de colorantes pardos hidrosolubles.

La caída se produce por la formación de una capa de abscisión en la base del peciolo. Esta zona de abscisión difiere de las partes adyacentes del peciolo en que presenta menos tejidos de sostén. Sus células son, principalmente, parenquimáticas y los haces vasculares son más estrechos y con el esclerénquima y el colénquima menos desarrollados, o bien faltan.

En la zona de abscisión se distinguen dos partes. Una es la capa de separación en la que se producen los cambios químicos en las membranas celulares, con la movilización del calcio y la pectina, y la hidrólisis de las paredes celulósicas, que originan la separación de la hoja. La otra parte es una capa protectora suberificada que comienza su formación antes de la caída de la hoja, con la finalidad de proteger a la herida originada en el tallo de la desecación y de la entrada de parásitos. El proceso de abscisión no es simplemente un fenómeno de senescencia ya que en la capa de abscisión se producen también divisiones celulares. En la senectud celular están implicadas varias sustancias, principalmente el ácido abscísico (ABA) y el etileno, y es retrasada por las giberelinas.

También puede haber caídas de hojas accidentales a lo largo del año, como por temperaturas anormalmente bajas en primavera después de un periodo vegetativo muy favorable, por ataques parasitarios graves, por carencias en la alimentación, por sequía persistente, etc.; así como por desórdenes fisiológicos ocurridos en la planta, principalmente en verano y, muchas veces, difíciles de explicar.

6. Análisis foliar

El análisis de elementos esenciales en hoja se emplea para conocer el estado nutricional, por defecto o por exceso, de la planta. Junto con el análisis del suelo es una herramienta importante para el control de la plantación y planificar las necesidades de abonado.

Es difícil establecer cuáles son los niveles adecuados a los que no se producen síntomas de deficiencia o de toxicidad, ya que varían según la especie y variedad, según la edad de la planta o, incluso, según el clima. Además, para una misma planta, el contenido de nutrientes varía apreciablemente a lo largo del año. La época más estable suele ser a mediados de verano, por lo que, en general, la toma de muestras para análisis periódicos debe realizarse desde mediados de julio a finales de agosto.

Las hojas se toman de la parte media de los brotes periféricos de la planta; que deben ser de vigor medio, excluyendo siempre chupones y pequeños brotes (salvo que se persigan objetivos concretos sobre su estado). Son suficientes de 50 a 100 hojas, dependiendo de su tamaño, extraídas de varios árboles de cada parcela representativa. También se utiliza otro tipo de órganos para determinar el estado nutricional, como flores o solamente peciolo. Para análisis periódicos deben marcarse las plantas muestreadas.

Las hojas han de estar sanas (salvo diagnósticos concretos) y deben lavarse inmediatamente, antes de que se sequen, con detergentes no iónicos. Luego se desecan a 80 °C, o bien al aire en un sitio sin humedad, para su envío al laboratorio.

Para la interpretación de los resultados existen tablas comparativas de datos para las diferentes especies y, en algún caso, para variedades concretas, en las que se indican los niveles considerados normales, en carencia y en exceso. Los datos disponibles no suelen ser coincidentes entre autores, dándose ligeras variaciones, por lo que es conveniente que sea el propio laboratorio quien realice la interpretación, según el método analítico utilizado y sus valores de referencia.

Se insiste en que el análisis foliar sólo es una herramienta más para el diagnóstico, y que en la interpretación debe tenerse en cuenta el equilibrio de todos los elementos y sus efectos sinérgicos y antagónicos, además de la información disponible sobre el estado de la plantación. En este sentido, es muy útil disponer de valores de referencia de otros años de la propia plantación objeto de diagnóstico.

Los resultados vienen expresados, normalmente, en % de peso seco para N, P, K, Ca y Mg; y en ppm de peso seco para Fe, Mn, Cu, Zn y B.

7. Bibliografía (Capítulo 4. Las hojas)

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:

Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R. 1988. *Fisiología vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 823 pp., [106 - 139].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [83 - 91].

Esau, K. 1985 (3ªed. rev.). *Anatomía vegetal*. Ediciones Omega. Barcelona. 779 pp., [453 - 505].

Fahn, A. 1985. *Anatomía vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 599 pp., [240 - 284].

Gautier, M. 1987. *La culture fruitière. Volume 1, L'arbre fruitier*. J.B. Baillière. París. 492 pp., [38 - 43].

Gil, G.F. 1977. *Fruticultura. El potencial productivo*. Universidad Católica de Chile. Santiago. 342 pp., [170 - 172, 286 - 307].

Lalatta, F. 1987. Metodi ed interpretazione delle analisi fogliari in frutticoltura. Rivista di Frutticoltura. N.º 617: 71-76.

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. M.º Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [66 - 81].

Pratt, Ch. 1990. *Appel Trees: Morphology and Anatomy*. Horticultural Reviews. Vol. 12: 265-305, [283 - 288].

Sanz, M. 1999. El diagnóstico nutricional en fruticultura y viabilidad de programas de fertilización. Phytoma España. N.º 114: 44-50.

Strasburger, E.; Noll, F.; Schenck, H.; Schimper, A.F. 1974 (6ª ed.). *Tratado de Botánica*. Editorial Marín. Barcelona. 799 pp., [150 - 159].

Westwood, N. H. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Mundi-Prensa. Madrid. 461 pp., [157 - 178].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 4. Las hojas

1 [Campo]. Reconocer las hojas de las diferentes especies frutales implantadas en el Campo de Prácticas y analizar su constitución.

2 [Campo]. Observar estipulas de diferentes formas en hojas de peral, manzano y membrillero, y glándulas de diferentes formas en hojas de melocotonero y cerezo.

3 [Campo]. Observar, según las diferentes especies, nudos con hojas individuales y verticilos polímeros. Determinar el tipo de disposición y el índice filotáxico.

4 [Laboratorio]. Caracterizar, siguiendo la normativa UPOV, las hojas de una variedad de peral (Guía: TWF/26/4-1995)⁽¹⁾ y de una variedad de manzano (Guía: TG/14/8-1995)⁽²⁾.

5 [Laboratorio]. Observar con el microscopio estereoscópico, en hojas de diferentes especies, los estomas y los pelos foliares.

6 [Campo]. Reconocer las diferencias entre hojas jóvenes y adultas en brotes de diferentes especies. Observar la sintomatología producida por diferentes factores del medio sobre las hojas y diagnosticar su incidencia sobre el desarrollo, por ejemplo clorosis y afecciones parasitarias.

7 [Campo]. Observar, en diferentes árboles, el grado de densidad foliar y analizar su influencia, tanto por exceso como por defecto, sobre la fructificación.

8 [Campo-invernadero]. Comprobar la respuesta de diferentes brotes sometidos a operaciones de deshojado. Comprobar el efecto de la supresión de las hojas desarrolladas por yemas fructíferas de peral sobre el cuajado y sobre el desarrollo de los frutos a que pueden dar lugar.

9 [Campo]. Observar las transformaciones que ocurren en las hojas, previas a su caída. Observar la abscisión de las hojas y la cicatrización de la herida producida en el ramo.

10 [Campo]. Interpretar un análisis foliar de un frutal según valores de referencia.

(1)UPOV. 1995. Working paper on revised test guidelines for fruit varieties of pear (*Pyrus L.*) TWF/26/4. April - 1995. UPOV. Ginebra. 26pp. (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. Las hojas

1. ¿Cómo se originan las hojas y cuál es su duración en las especies frutales? Citar el número de hojas que normalmente se insertan en cada nudo en diferentes especies.
2. ¿Qué son las estípulas? ¿Qué función tienen las glándulas que aparecen en algunas hojas y dónde se asientan?
3. ¿Cuáles son los caracteres de las hojas más frecuentemente utilizados para la identificación varietal?
4. ¿Qué diferencias se presentan entre el haz y el envés en las hojas de los frutales?
5. ¿De qué factores depende el tamaño alcanzado por las hojas?
6. ¿Qué es el índice filotáxico y qué valores adopta en los frutales más importantes?
7. ¿Cómo se define el índice de área foliar de un árbol y el de la plantación? ¿Cómo se expresa la densidad de área foliar?
8. ¿Cuáles son los principales factores del medio que influyen sobre el desarrollo foliar? Justificar su incidencia.
9. ¿Qué efectos tiene el deshojado parcial de un árbol y cuál será su repercusión en las diferentes épocas del año?
10. ¿Qué condiciones deben cumplirse para que las hojas tengan la máxima actividad fotosintética?
11. ¿En qué consiste la transpiración realizada por las hojas y qué repercusiones tiene para la planta?
12. ¿En qué consiste la abscisión de las hojas y por qué está regulada?
13. ¿Qué cambios se producen en las hojas antes de su caída?
14. ¿Qué tipos de caída de hojas puede haber en un frutal y a qué es debida la caída?
15. ¿Qué objetivos se persiguen con el análisis foliar y cuándo se toman las muestras?

5

FENOLOGÍA Y VIDA DE LAS PLANTAS

1. Fenología.
2. Estados fenológicos tipo en la evolución de las yemas fructíferas.
3. Ciclo anual de las especies frutales.
4. Periodo de reposo.
5. Desborre, brotación y floración.
6. Desarrollo de la vegetación y de los frutos.
7. Vida de la planta.
8. Fases de la plantación.
9. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Fenología

Las plantas presentan a lo largo del año una serie de fenómenos biológicos periódicos (como brotación, floración, maduración, etc.) que hacen modificar el aspecto de sus órganos. Estos fenómenos están íntimamente relacionados con el clima y, especialmente, con los cambios estacionales a los que se encuentran sometidas las plantas.

La fenología estudia los aspectos que se suceden en la vegetación y fructificación de las diferentes especies de una manera periódica. El aspecto característico en un momento determinado es lo que se denomina estado fenológico.

A la hora de establecer un estado concreto, en una fecha determinada, todos los órganos de un frutal no presentarán el mismo aspecto, sino que entre ellos habrá pequeñas diferencias. Esta falta de uniformidad en la planta hace que, a la hora de definir el estado característico en que se encuentra, se tenga que hacer referencia al estado fenológico más frecuente. También se presentarán pequeñas diferencias respecto a su estado fenológico entre las plantas de una plantación frutal.

En general, se define como estado fenológico de la planta aquel estado en el que se encuentran al menos el 60%, y normalmente el 70-80%, de sus órganos.

Igualmente, para definir el estado fenológico de una plantación se considerará el estado más frecuente que presentan sus plantas en un momento determinado.

Es conveniente que a la hora de apreciar el estado fenológico más frecuente de una planta se aprecie, también, el estado más retrasado y el estado más avanzado en que se hallan sus órganos, y cuyas frecuencias alcancen al menos el 3-5% en cada caso; con la finalidad de no considerar algún órgano que por alguna irregularidad se encuentre en un estado que pueda ser considerado excepcional respecto a los demás de la planta. Dichos estados, más avanzado y más retrasado, dan una idea del desfase fenológico existente en la planta.

De la misma forma, al determinar este desfase fenológico en varias plantas, se establecerá el desfase fenológico que presenta la plantación.

El conocimiento del estado fenológico de una plantación tiene gran importancia ya que, por un lado, nos permite conocer la incidencia de las condiciones climáticas de esa

campaña sobre el desarrollo fenológico de la planta y compararlo con el desarrollo de otros años, y, por otro lado, es utilizado para la planificación y realización de las actividades que se llevan a cabo a lo largo del año en la plantación, especialmente para fijar los momentos más adecuados para aplicar ciertos tratamientos fitosanitarios y hormonales, realizar abonados, riegos y podas, y, en su caso, colocar y retirar colmenas.

1.1. Descripción de estados fenológicos.

Los estados fenológicos pueden referirse a todo el ciclo anual o bien a fases concretas del desarrollo de las plantas. En el primer caso hacen mención a los aspectos característicos que presenta la planta a lo largo de las estaciones, debidos a fenómenos biológicos periódicos como son: reposo invernal, inicio de brotación, floración, parada estival, caída otoñal de hojas, etc.; o bien a aspectos de los frutos como: cuajado, envero (cambio de color) y madurez.

Una descripción fenológica concreta, muy utilizada en fruticultura y particularizada para cada especie, es la que hace referencia a la evolución de las yemas fructíferas desde el estado de reposo invernal hasta el inicio del crecimiento de los frutos a que dan origen. Este proceso de desarrollo se describe mediante una serie de estadios fenológicos, a los que se les asigna una escala numérica (de 1 a 7 ó 9, según especies), o bien se indican mediante las primeras letras del abecedario (de la A a la I o J, según especies). La escala numérica se suele utilizar en Estados Unidos e Inglaterra y la alfabética en la mayor parte de los países europeos.

Recientemente se ha propuesto una codificación decimal para identificar el desarrollo de las plantas, tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas. Esta codificación se denomina BBCH, debido a que fue propuesta por técnicos de las empresas Basch, Bayer, Ciba y Hoerchst, que la desarrollaron a partir de codificaciones numéricas existentes, con la finalidad de armonizar y uniformar la definición de los distintos estados de desarrollo de las plantas, y facilitar la informatización de los datos. Posteriormente sido ampliada con subestadios más detallados para algunas especies.

La codificación BBCH consta de diez estados principales indicados mediante dos cifras (en algún caso ampliadas a tres). La primera cifra expresa el estadio principal. (0 a 9) y la segunda el estadio secundario en el transcurso de un estadio principal determinado (00, 01, ... 09 - 10, 11, ... 19 - 20, ...). En cada especie se asigna un código

de dos cifras solamente a los estados principales y secundarios específicos por los que atraviesa, adaptándolos según sus características de desarrollo a la escala general.

A pesar de que la escala BBCH ya se ha adaptado a numerosas especies frutales, no es usual su empleo y, normalmente, se siguen utilizando para definir los estados fenológicos del desarrollo de las yemas fructíferas las escalas tradicionales, basadas en las primeras letras del alfabeto acompañadas de subíndices numéricos para definir algún subestado concreto dentro de un estado principal, por ejemplo: D₃, E₂, etc.

Comúnmente, para los frutales de pepita se emplea la escala propuesta por Fleckinger, para los frutales de hueso y la vid la propuesta por Baggiolini, para los cítricos la propuesta por Manteiga y González-Sicilia, y para el olivo la propuesta por Cobrant y Fabre. Existen varias escalas más para otras especies, propuestas por diferentes autores.

Para la toma de datos en campo puede emplearse un diagrama como el representado en la Figura 5.1, consistente en una figura geométrica con forma de rombo. En el interior del rombo se anota la fecha de observación. En el vértice superior el estado más frecuente y en el inferior la frecuencia aproximada, en tanto por ciento, con que se presenta dicho estado. En el vértice de la izquierda se anota el estado más retrasado y en el vértice de la derecha el más avanzado, siempre que indiquen con una cierta representatividad el desfase fenológico y no sean estados muy irregulares para su época o se presenten excepcionalmente en algún órgano, tal como ya se ha comentado.

En la determinación del estado fenológico de una plantación deben considerarse como mínimo 5 ó 6 plantas. La dimensión de la muestra dependerá, lógicamente, de la superficie de la parcela y de su uniformidad. Los datos siempre se referirán a una variedad concreta y, en su caso, injertada sobre un mismo patrón.

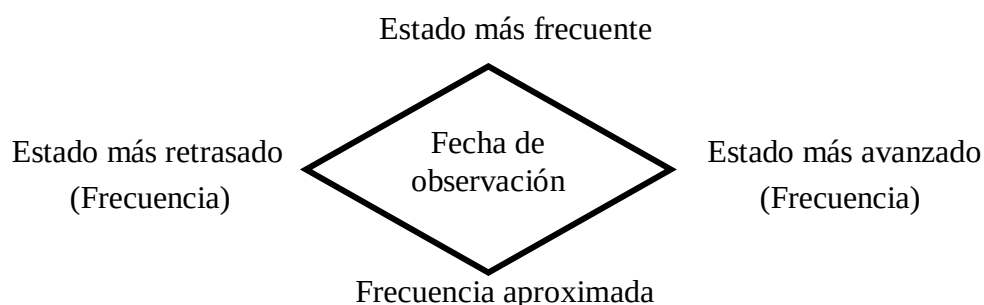


Figura 5.1. Diagrama para el seguimiento de estados fenológicos.

2. Estados fenológicos tipo en la evolución de las yemas fructíferas

El seguimiento concreto de la evolución de las yemas fructíferas tiene un gran interés en el cultivo frutícola para planificar y ejecutar muchas actividades en esta época clave de la plantación.

Para la descripción de estos estados fenológicos se utilizan las escalas propuestas por diferentes autores según las especies o grupos de especies. Aunque existen diferencias importantes entre las yemas sólo de flor y las mixtas, así como entre las características morfológicas de los órganos desarrollados, los estados más generales, característicos de su evolución, coinciden en la mayoría de especies.

Los estados que se consideran genéricos, para yemas fructíferas con una o varias flores, son los siguientes:

- | | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| 1) Yema de invierno. | 4) Se ven los sépalos. | 7) Caída de pétalos. |
| 2) Yema hinchada. | 5) Se ven los pétalos. | 8) Fruto cuajado. |
| 3) Apertura de la yema. | 6) Flor abierta. | 9) Crecimiento del fruto. |

A partir de estos estados genéricos, las diferentes escalas particularizan para cada especie y describen estados intermedios o estados concretos de su desarrollo, indicando, incluso, las dimensiones características de los órganos. Cada estado se representa mediante una figura, la cual resulta de gran utilidad para la identificación en campo del aspecto de los órganos.

1. Peral y manzano.

Para el peral y el manzano se utilizan las escalas propuestas por Fleckinger que se reflejan en las Figuras 5.2 y 5.3, respectivamente. La descripción de los estados es la siguiente:

A- Yema de invierno o en reposo.

B- Yema comenzando a hincharse. Es la primera manifestación del crecimiento de la yema. La longitud de la yema es unas 3 ó 4 veces mayor que el diámetro de su base.

- C- Yema hinchada. El diámetro de la yema es unas 2,5 veces mayor que el diámetro de su base. Se define también un estado más avanzado C_3 con las escamas más separadas y la yema comenzando a abrirse.
- D- Aparición de los botones florales. Al separarse las escamas se ven los sépalos de los botones entre las hojas jóvenes, que se encuentran más o menos desarrolladas según las variedades. Para el peral se define un estado más avanzado D_3 . Para el manzano se indican dos representaciones del estado D, correspondientes a variedades que desarrollan más o menos rápidamente las hojas.
- E- Los sépalos al separarse ligeramente dejan ver los pétalos. Se define también un estado más avanzado E_2 .
- F- Apertura de la primera flor de la inflorescencia. Se define también un estado más avanzado F_2 , o plena floración, en el caso de que la mayor parte de las flores estén abiertas.
- G- Caída de los primeros pétalos.
- H- Caída de los últimos pétalos.
- I- Cuajado del fruto. El diámetro de los pequeños frutos es aproximadamente 2,5 veces el que tenía el receptáculo de las flores en F_2 . Corresponde al cuajado inicial de los frutos.
- J- Engrosamiento o crecimiento del fruto. El diámetro de los frutos es unas 5 veces el diámetro del receptáculo de las flores. Existen diferencias de grosor muy marcadas entre los frutos que continúan el desarrollo y los que terminarán cayendo.

2. Frutales de hueso.

Para los frutales: melocotonero, albaricoquero ciruelo y cerezo se emplea la escala propuesta por Baggiolini. Para el almendro la escala propuesta por Felipe. Estos estados fenológicos se representan en las Figuras 5.4 a 5.8. La descripción de los estados es la siguiente:

- A- Yema de invierno o en reposo.
- B- Yema hinchada. La yema se redondea y las escamas se separan apareciendo, según la especie, una coloración blanquecina o verde clara en su base.

- C- Aparece el cáliz de la flor o flores al abrirse y alargarse la yema. En el caso de varias flores los botones permanecen reunidos. La coloración de los sépalos será verde en cerezo y ciruelo, blanquecina en melocotonero y almendro, y algo rojiza en albaricoquero.
- D- Aparece la corola de la flor o flores al entreabrirse los sépalos y aumentar de tamaño la flor. En el caso de varias flores los botones florales se separan. Los pétalos muestran una coloración blanca en cerezo, ciruelo y albaricoquero, y blanca o rosada en melocotonero y almendro.
- E- Se ven los estambres. Los pétalos se entreabren por el ápice y dejan ver los estambres que sobresalen más o menos.
- F- Flor abierta. Los pétalos de la flor o flores están completamente abiertos. Es la plena floración.
- G- Caída de pétalos. Los pétalos caen y los estambres se desecan.
- H- Fruto cuajado. El ovario comienza a engrosar y se desplaza hacia la parte superior el collarín seco que forma el cáliz desecado.
- I- En melocotonero, albaricoquero y almendro: fruto tierno. El fruto se libera del collarín del cáliz y crece rápidamente.
- I- En ciruelo y cerezo: cae el cáliz. El collarín del cáliz permanece más tiempo en el extremo del fruto pero termina cayendo dejando desnudo al pequeño fruto.
- J- En ciruelo y cerezo: fruto tierno. El fruto crece rápidamente y adquiere los caracteres de la variedad.

3. Naranja y limonero.

Para el naranja y limonero se sigue la escala propuesta por Manteiga y González-Sicilia que se representa en las Figuras 5.9 y 5.10. La descripción de los estados es la siguiente:

- A- Yema en reposo.
- B- Inicio de la brotación de la yema.
- C- Brotación originada por una yema mixta en la que aparecen las flores. Se define también un estado C₁. Pueden presentarse diferentes tipos de brotes fructíferos.

- D- Aparece la corola. La corola se desarrolla y permanece cerrada. Los pétalos son blancos o ligeramente coloreados en limonero.
- E- Se ven los estambres. Los pétalos adquieren la forma de una bola hueca y alargada, entreabriéndose por el ápice y dejando ver los estambres.
- F- Primera flor. Se abre la primera flor en el brote fructífero.
- G- Plena floración. La mayor parte de las flores están abiertas.
- H- Caída de pétalos.
- I- Fruto cuajado.
- J- Crecimiento del fruto.

4. Vid.

Para la vid se emplea la escala propuesta por Baggiolini que se refleja en la Figura 5.11. La descripción de los estados es la siguiente:

- A- Yema de invierno o en reposo.
- B- Yema de algodón. La yema comienza a hincharse y las escamas se separan apareciendo la protección algodonosa (pubescencia blanquecina). Coincide con el comienzo de los "lloros".
- C- Punta verde. La yema continúa hinchándose aumentando la longitud hasta presentar su extremo verde, al verse las hojas.
- D- Salida de las hojas. Aparecen las hojas rudimentarias formando una roseta cuya base aun se encuentra protegida por la borra.
- E- Hojas extendidas. Las primeras hojas comienzan a extenderse y aparece el brote (pámpano) claramente visible.
- F- Racimos visibles. Los racimos aparecen en el extremo del brote que ya presenta cuatro o seis hojas.
- G- Racimos separados. Los racimos se separan y se alargan, permaneciendo las flores aglomeradas.

H- Botones florales separados. Aparece la forma típica de la inflorescencia en racimo con los botones florales ya separados.

I- Floración (cierna). La corola en forma de capuchón se separa de su base y es rechazada hacia arriba por los estambres. En las flores que ha caído la corola se presenta el ovario desnudo, permaneciendo los estambres alrededor de él.

J- Cuajado. Los ovarios comienzan a engrosar y los estambres se marchitan, aunque suelen permanecer fijados al receptáculo. El pequeño fruto adquiere rápidamente la forma del grano típico de la variedad.

5. Olivo.

Para el olivo se emplea, entre otras, la escala propuesta por Colbrant y Fabre que se refleja en la Figura 5.12. La descripción de los estados es la siguiente:

A- Yema de invierno o en reposo.

B- Inicio vegetativo. Las yemas tienen un principio de alargamiento.

C- Formación de los racimos florales. Los racimos se alargan y aparecen en la axila de las brácteas los botones florales, viéndose el cáliz.

D- Hinchazón de los botones florales. Los botones se hinchan redondeándose y separándose con un corto pedúnculo. Las brácteas se separan del eje.

E- Diferenciación de las corolas. Se separa el cáliz y la corola se hace visible, y se alargan los pedúnculos separándose del eje del racimo.

F- Comienzo de la floración. Las corolas pasan del color verde al blanco y se abre la primera flor en la inflorescencia. Se define un estado más avanzado F₁ de plena floración, en el que la mayoría de sus flores están abiertas

G- Caída de pétalos. Los pétalos se oscurecen y se separan del cáliz, pudiendo permanecer algún tiempo sin caer.

H- Cuajado. El ovario comienza a engrosar y sobresale de la cúpula del cáliz.

I- Engrosamiento del fruto. Los frutos alcanzan el tamaño de un grano de trigo. Se define un estado I₁ para frutos de 8 a 10 mm e inicio de la lignificación del hueso.

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL PERAL (Según Fleckinger)

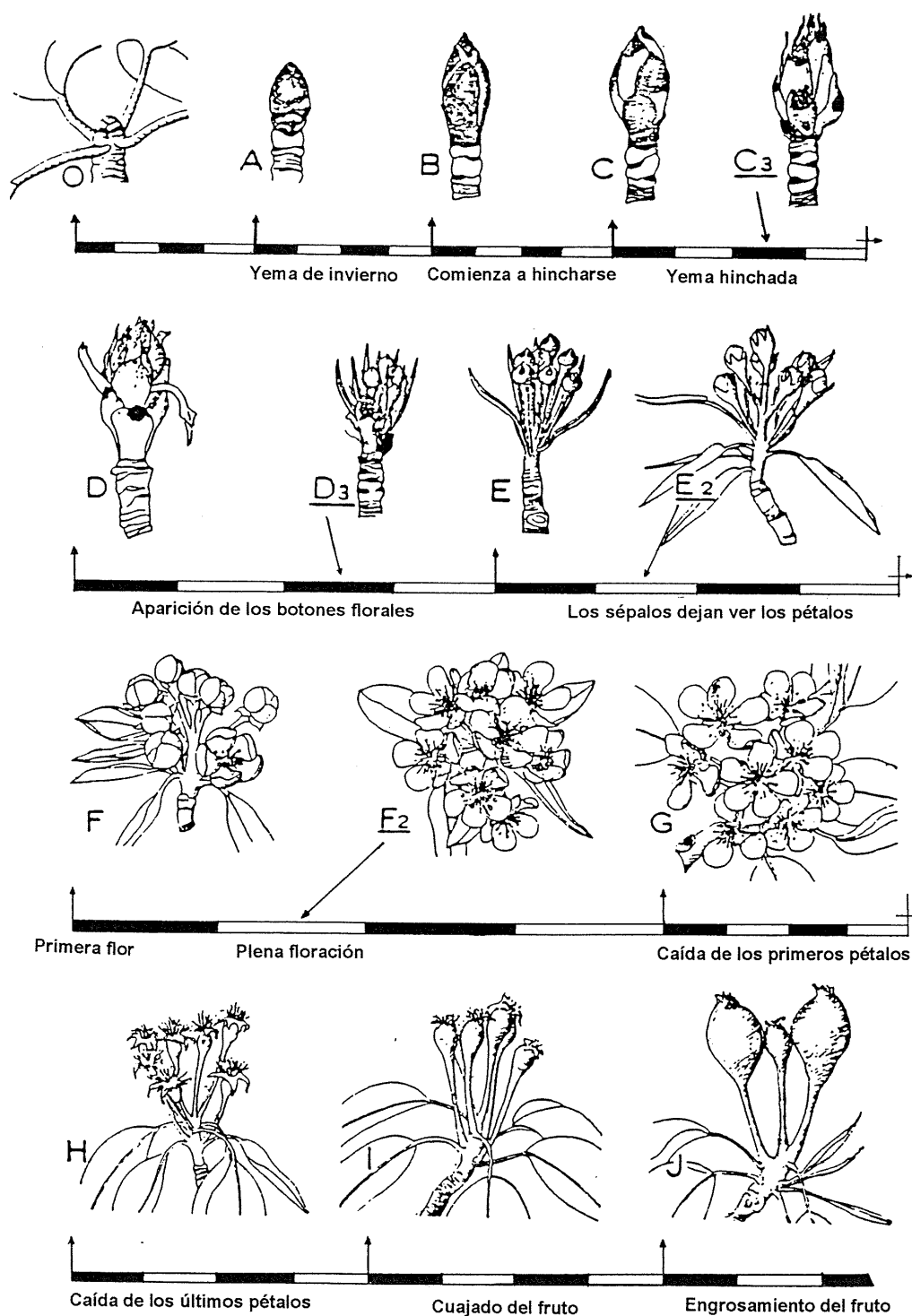


Figura 5.2. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en peral.

ESTADOS FENOLOGICOS DEL MANZANO (Según Fleckinger)

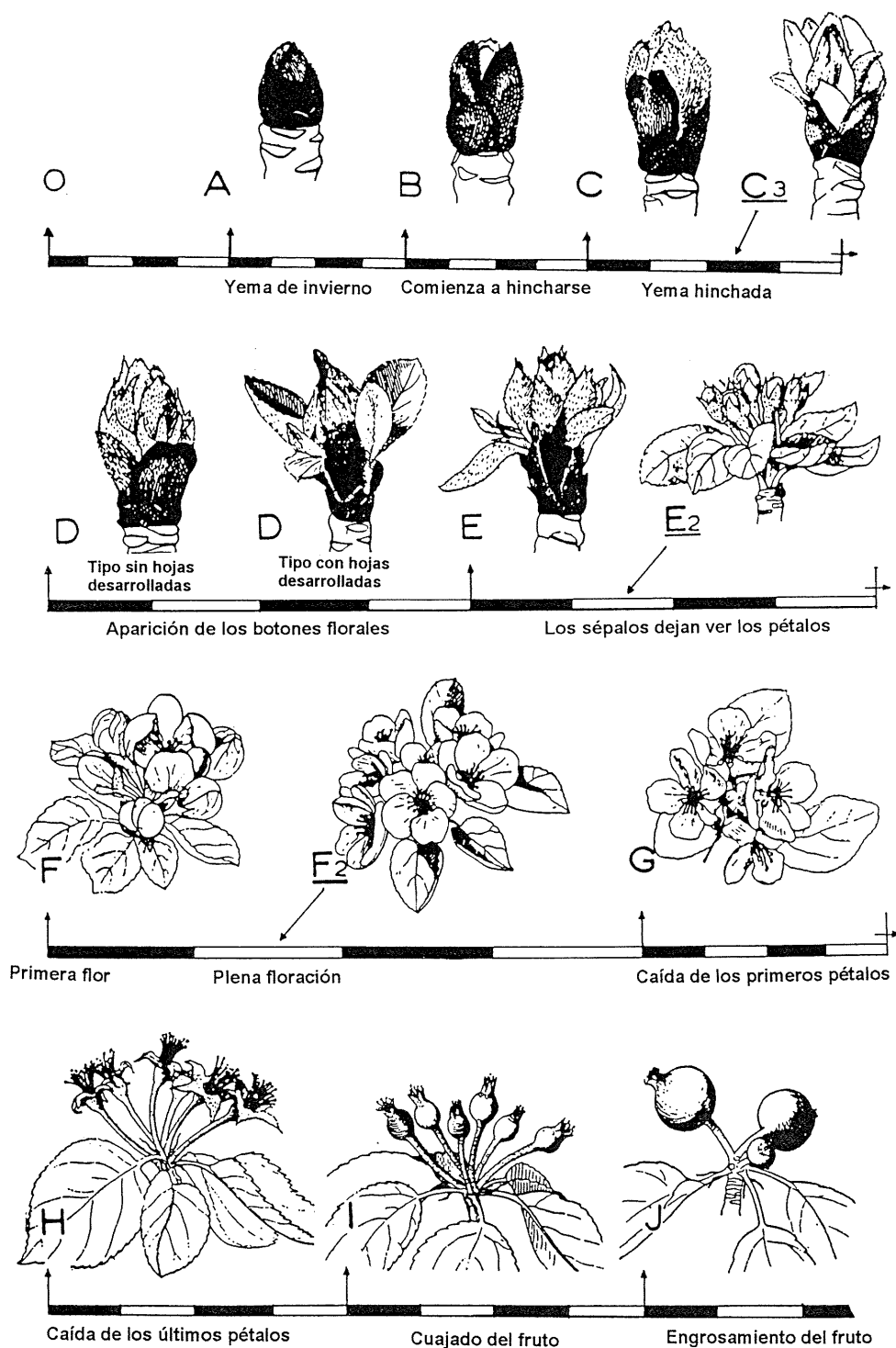


Figura 5.3. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en manzano.

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL MELOCOTONERO (Según Baggiolini)

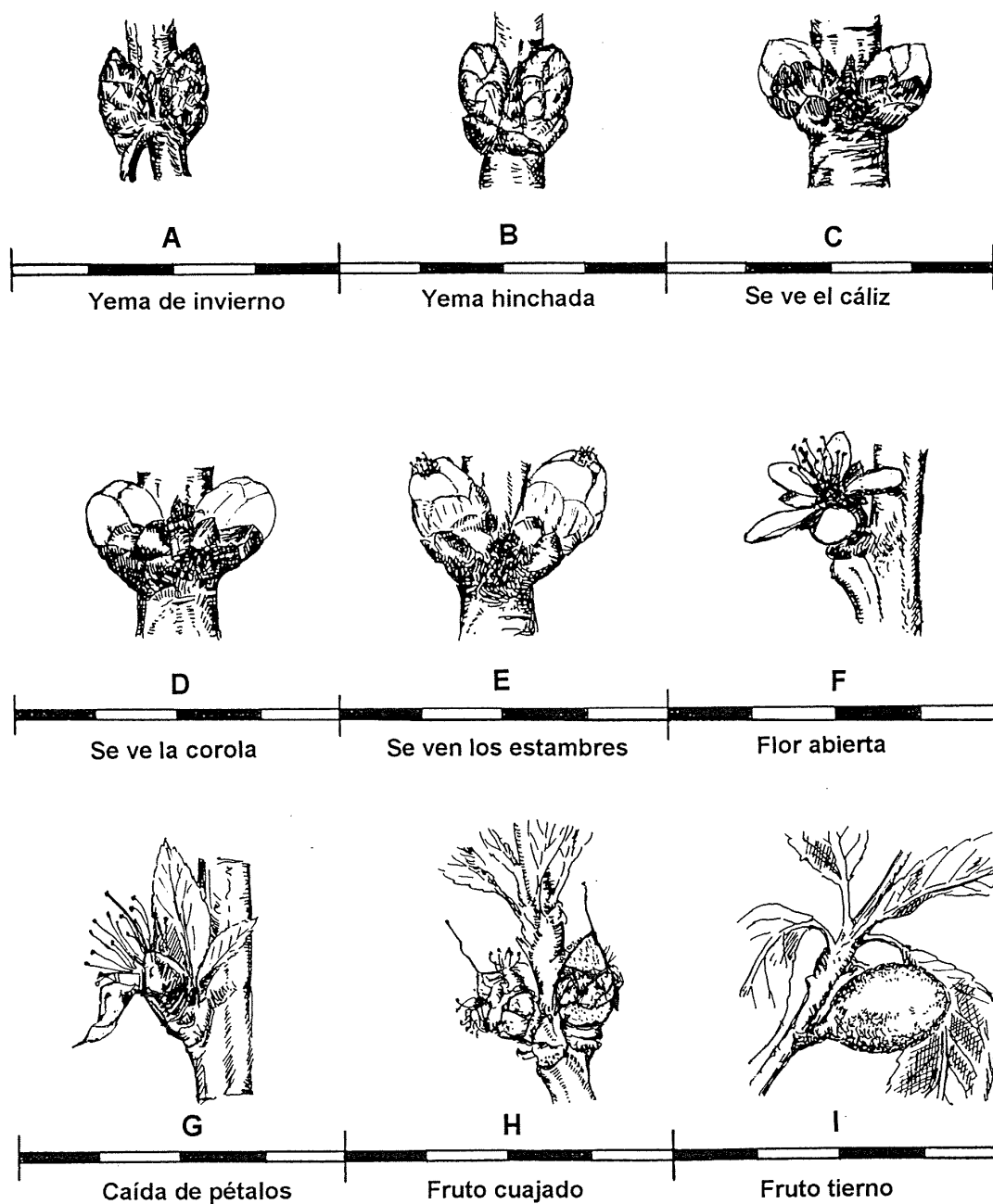


Figura 5.4. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en melocotonero.

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL ALBARICOQUERO (Según Baggiolini)

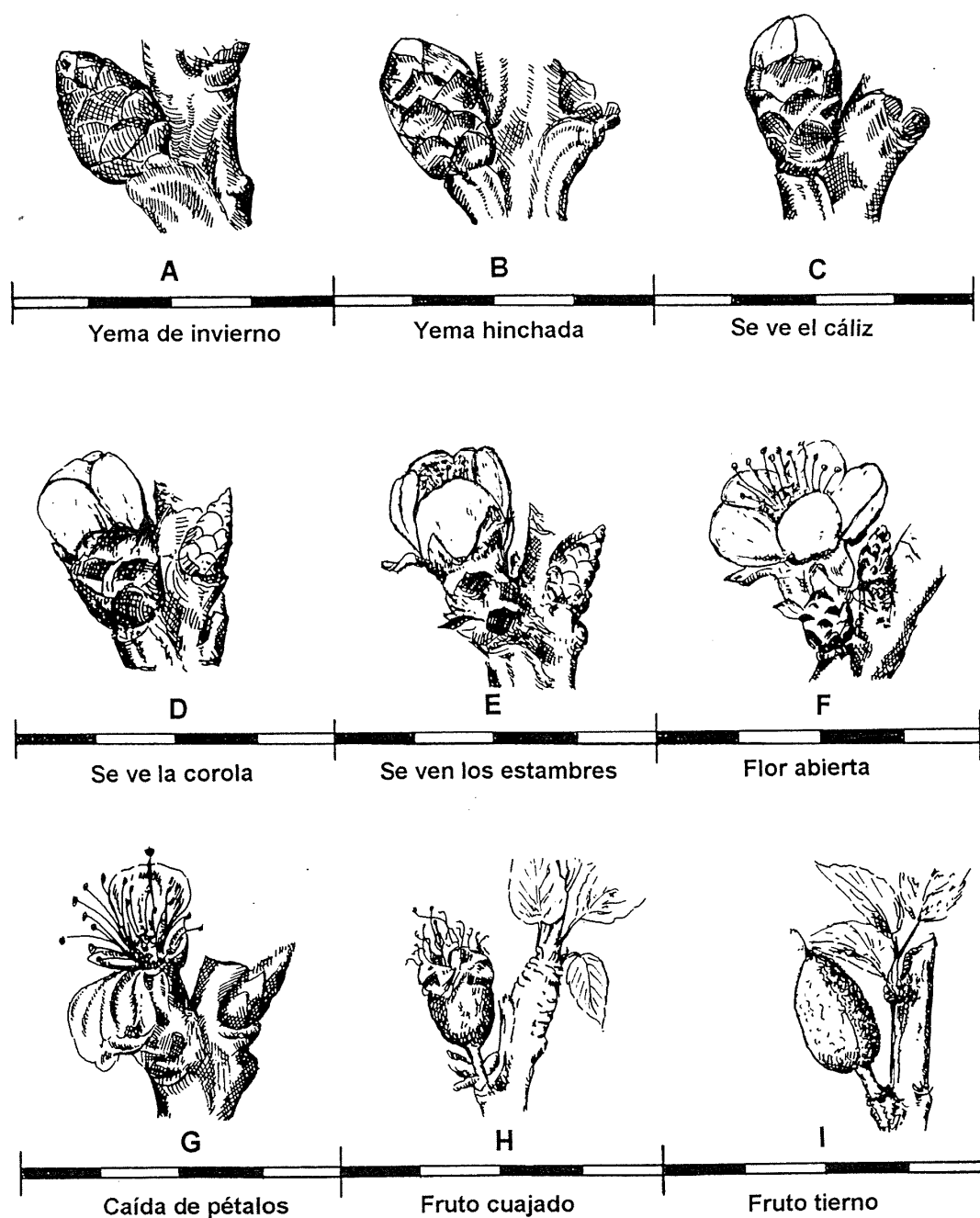


Figura 5.5. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en albaricoquero.

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL ALMENDRO (Según Felipe)

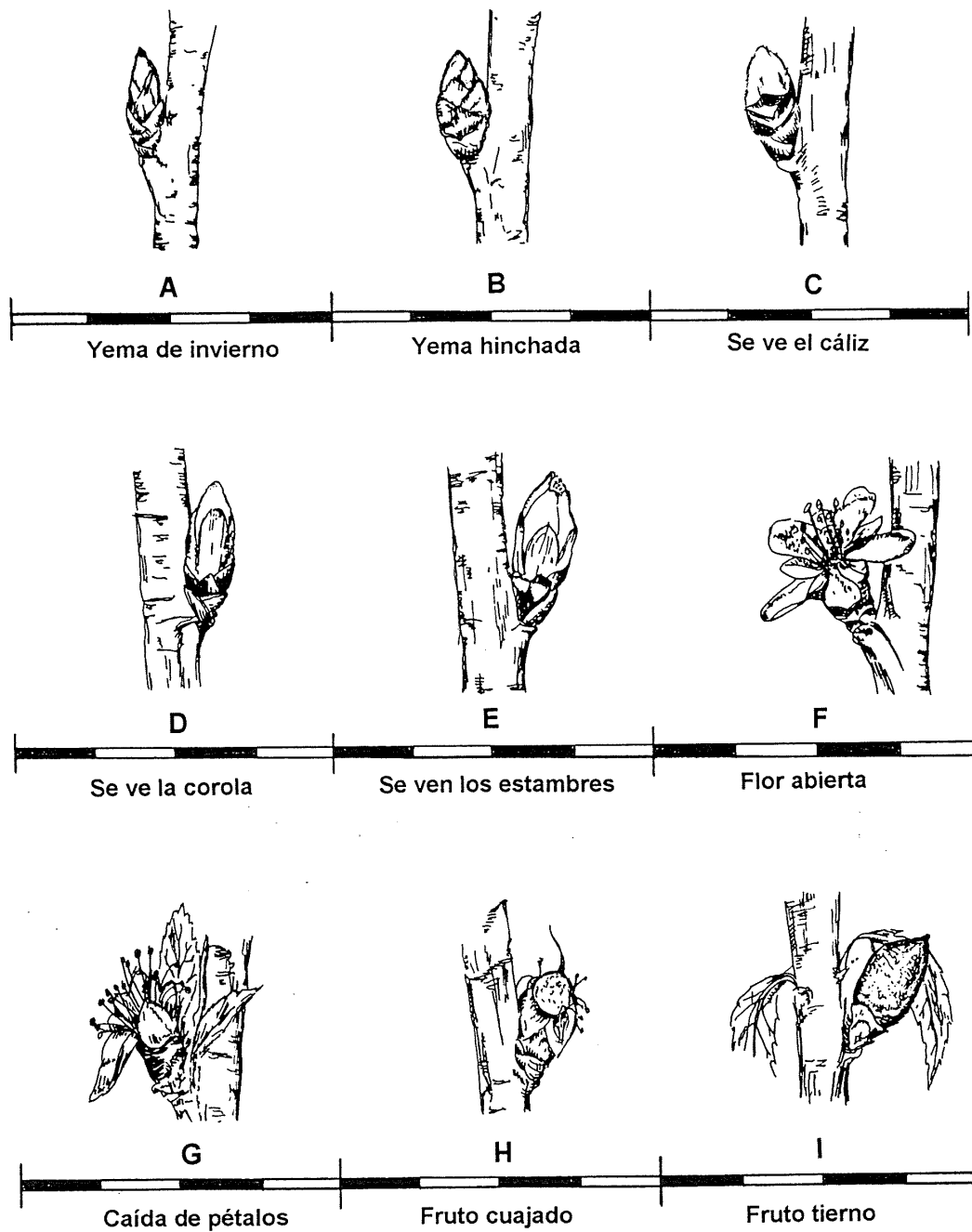


Figura 5.6. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en almendro.

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL CIRUELO (Según Baggiolini)

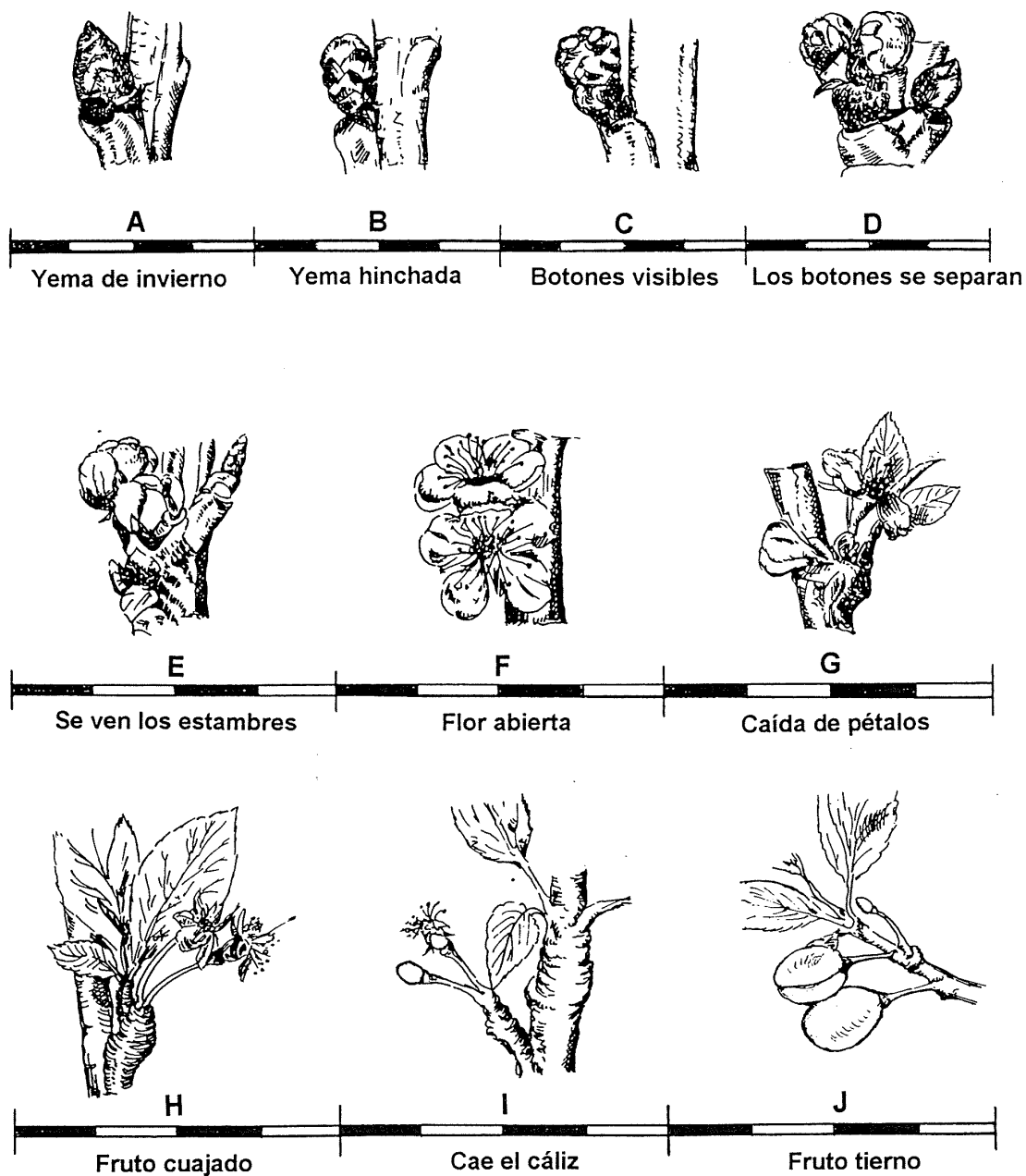


Figura 5.7. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en ciruelo.

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL CEREZO (Según Baggiolini)

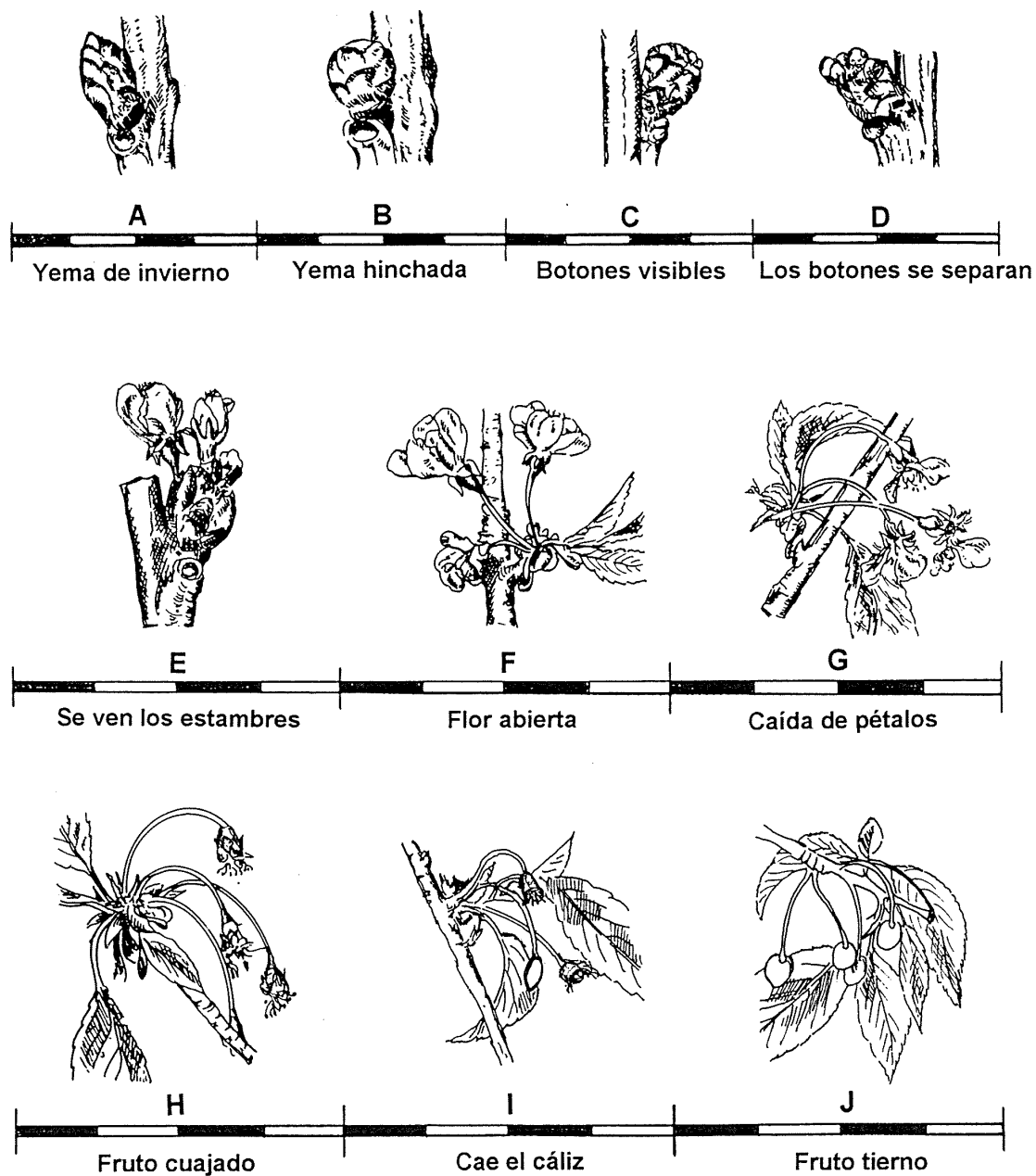


Figura 5.8. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en cerezo.

ESTADOS FENOLOGICOS DEL NARANJO (Según Manteiga y Gonzalez-Sicilia)

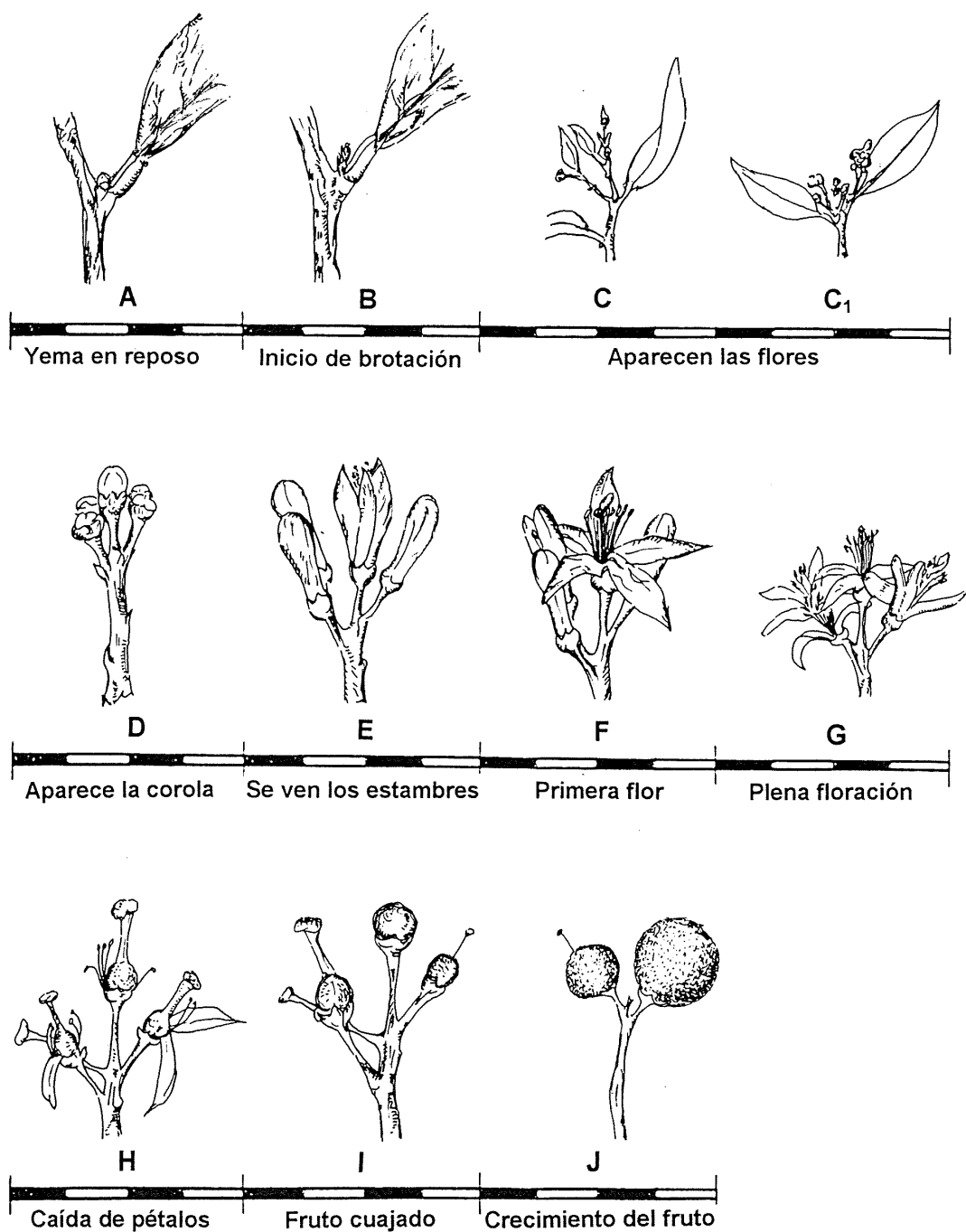


Figura 5.9. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en naranjo.

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL LIMONERO (Según Manteiga y Gonzalez-Sicilia)

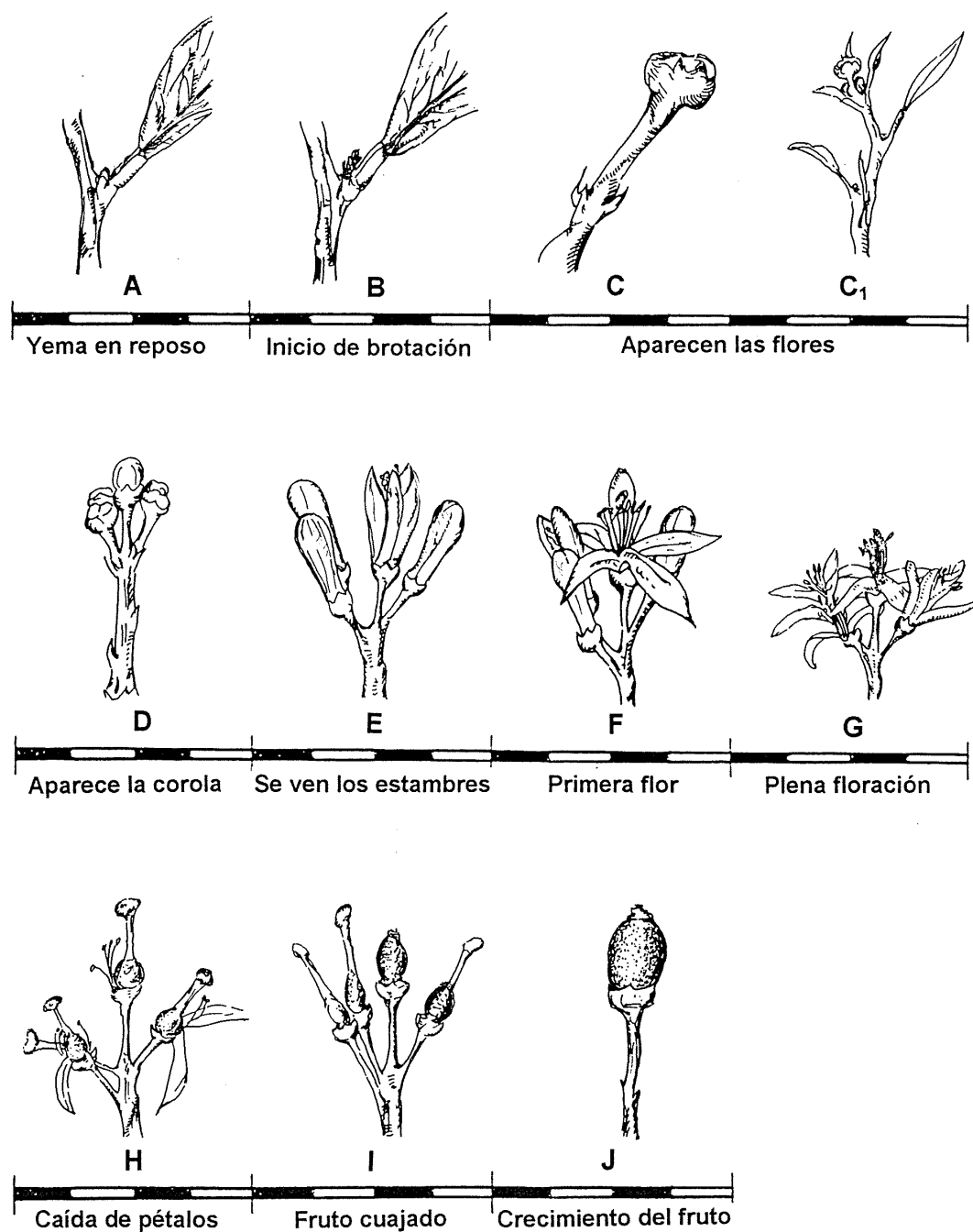


Figura 5.10. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en limonero.

ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA VID (Según Baggiolini)

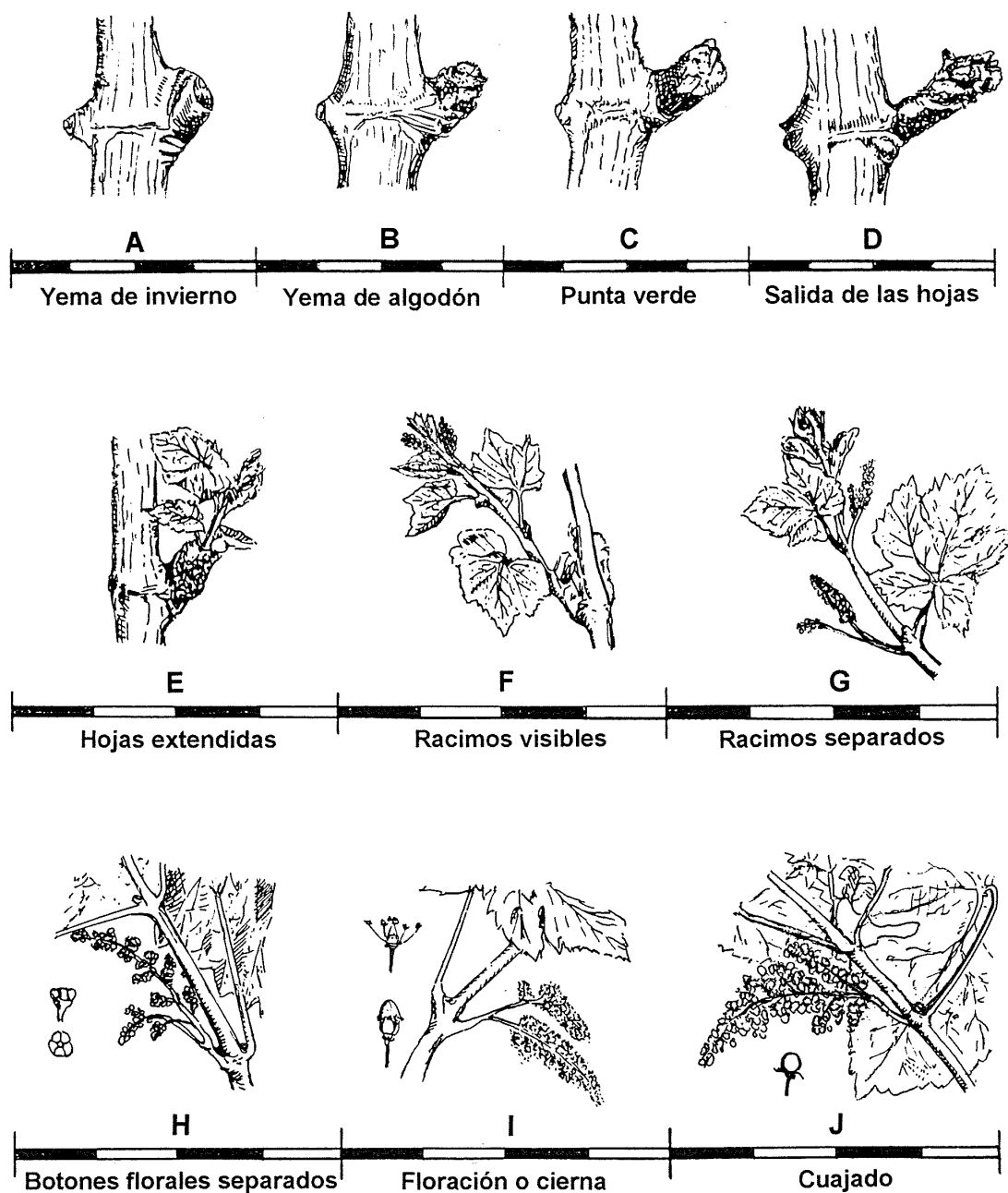


Figura 5.11. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en vid.

ESTADOS FENOLÓGICOS DEL OLIVO (Según Colbrant y Fabre)

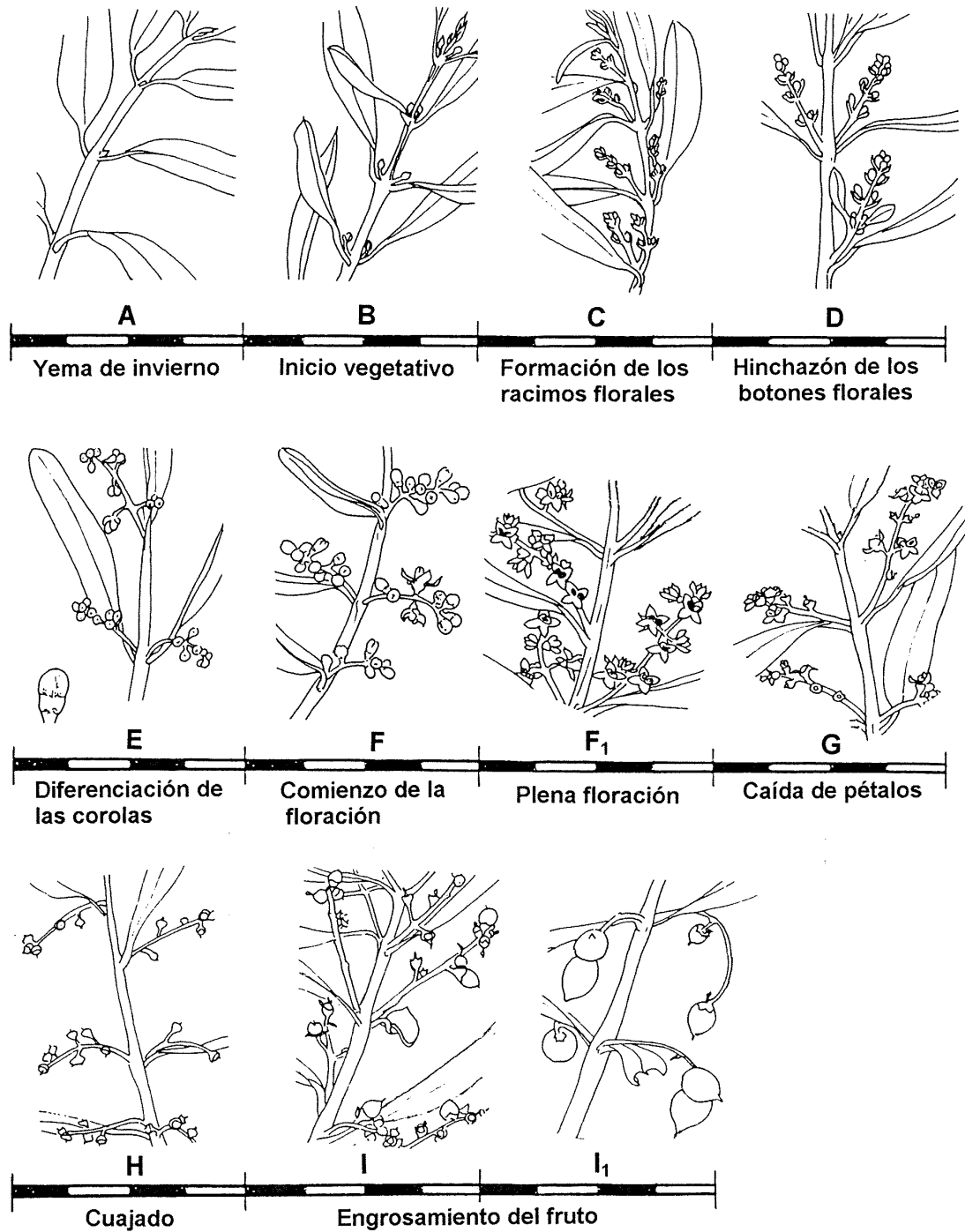


Figura 5.12. Estados fenológicos tipo de la evolución de las yemas fructíferas en olivo.

3. Ciclo anual de las especies frutales

A lo largo del año se producen en la planta una serie de procesos fisiológicos que originan y configuran las características de los órganos de la planta en cada momento. Los diferentes estados fenológicos que se van sucediendo delimitan las fases o periodos característicos del ciclo anual.

Este ciclo puede particularizarse, por una parte, para los órganos vegetativos (yemas vegetativas, brotes, hojas, etc.), dando lugar al ciclo vegetativo; y, por otra parte, para los órganos fructíferos (yemas fructíferas, flores y frutos), dando lugar al ciclo fructífero.

Ambos ciclos presentan en común dos períodos generales que son:

1. Período de reposo.
2. Periodo de actividad.

Cada uno de estos periodos se divide, a la vez, en una serie de fases; cada una de las cuales puede incluir una serie de procesos y estados fenológicos característicos.

El período de reposo comprende la fase de reposo (o estado de reposo propiamente dicho) y las fases de entrada y salida del reposo. Estas dos últimas fases representan las transiciones entre el período de reposo y el de actividad, superponiéndose, por tanto, con ambos periodos.

El periodo de actividad comprende las siguientes fases características en cada ciclo:

a) En el ciclo vegetativo:

- Desborre.
- Brotación.
- Desarrollo de la vegetación.
- Caída de hojas (en especies caducifolias).

b) En el ciclo fructífero:

- Desborre.
- Floración.
- Desarrollo del fruto.
- Maduración.

Las fases del periodo de reposo y las otras fases del ciclo vegetativo serán comentadas en los apartados siguientes del presente capítulo; dejando para tratar en una siguiente Monografía de esta misma Colección las fases y los procesos del ciclo fructífero, y otros aspectos relacionados con los frutos.

3.1. Factores condicionantes del ciclo anual

La duración de los periodos de reposo y de actividad, así como el momento en que ocurren los diferentes procesos en el ciclo anual, están determinados, principalmente, por los siguientes factores:

1) Factores genéticos.

Cada especie y variedad puede presentar diferentes ritmos de actividad, tanto si es de hoja caduca como perenne, dependiendo de sus características genéticas. Igualmente debe considerarse la acción ejercida por el patrón, en caso de injerto.

2) Factores climáticos.

Dentro de los factores climáticos, la temperatura es el factor más determinante debido a las exigencias térmicas que tienen las plantas para vegetar. Por ejemplo, en experiencias realizadas en viña manteniendo los sarmientos en un invernadero y la planta al exterior, se demuestra que tiene más influencia la temperatura del aire que la suelo, ya que brotan las yemas de los sarmientos mantenidas en el interior del invernadero a mayor temperatura.

Además de las necesidades de calor que tiene la planta para vegetar, muchas de las especies frutales también necesitan acumular una determinada cantidad de frío durante el período de reposo, para que la posterior brotación y floración se lleven a cabo correctamente.

3) Otros factores del medio ecológico.

Sobre el desarrollo del ciclo vegetativo y fructífero de la planta inciden también otros factores del medio, como nutricionales (agua y elementos fertilizantes) y factores bióticos (plagas y enfermedades, principalmente, y virosis), que pueden modificar la duración de las fases en cada ciclo o bien originar estados fenológicos anormales, como puede ser la caída de hojas, la floración fuera de época, la maduración anticipada, etc.

4) Intervenciones sobre la planta.

Principalmente, los tratamientos con determinados productos pueden modificar alguna de las fases del ciclo anual, al provocar adelantos o retrasos apreciables en su desarrollo.

4. Período de reposo

El periodo de reposo se caracteriza por la falta de actividad aparente en la planta. En especies caducifolias está determinado por la caída de hojas, suspendiéndose las actividades de síntesis, especialmente la fotosíntesis, y no existe, por lo tanto, crecimiento vegetativo. En especies de hoja perenne no es tan evidente el reposo al nivel de planta y está determinado, únicamente, por ausencia de crecimiento vegetativo. En los cítricos, por ejemplo, no se produce propiamente una entrada reposo, sino que ralentizan su actividad vegetativa originando que no haya un crecimiento visible, pero el sistema radical sigue su actividad, aunque también muy ralentizada.

En el período de reposo invernal aunque no haya actividad aparente en la planta, algunos procesos siguen realizándose, pero de forma atenuada, sea cual sea el tipo de planta. Fisiológicamente, las yemas fructíferas no tienen un reposo absoluto ya que, además de los procesos vitales, pueden seguir diferenciando los órganos de sus flores y realizando ciertas actividades de síntesis para el desarrollo de esos órganos.

El reposo es un mecanismo de adaptación al frío sin el cual los frutales no resistirían las bajas temperaturas invernales que se dan en muchas zonas. Los frutales caducifolios, además de desprenderse de las hojas, adquieren resistencia al frío mediante un proceso de endurecimiento de la ramificación, con acumulación de almidón. Sus yemas se encuentran protegidas por varias escamas imbricadas y con pelos en su interior que aíslan los meristemas vegetativos y los primordios florales de las condiciones externas.

Existe una cierta confusión entre la terminología empleada en las diferentes publicaciones a la hora de hacer referencia al fenómeno del reposo y, especialmente, el reposo referido a las yemas y a las semillas. En la terminología inglesa se emplea el término "dormancy", y en francés "dormance", para hacer referencia a la suspensión del crecimiento sin especificación de causa. En algunos casos dicho término se traduce como dormición y letargo, en sentido general. También se emplea el término "rest" para

hacer referencia al reposo invernal, y, en otros casos, el de "quiescencia" para hacer referencia a una quietud o reposo impuesto por condiciones ambientales (acepción también de letargo en alguna publicación).

Para evitar confusión debe emplearse como término general para denotar la inactividad el término latencia; equiparado a "dormancy", por lo que también se le denomina -dormición-, aunque se recomienda no emplear esta última acepción como término general. Luego, atendiendo a la causa de la inactividad visible, pueden distinguirse varios casos de latencia, los cuales reciben ya una denominación específica.

Con la finalidad de uniformar la terminología existente se ha propuesto el uso de tres nuevos términos para diferenciar la latencia, según los fenómenos que pueden dar origen a la detención visible temporal del crecimiento, y, en el caso tratado, de la latencia en yemas. Estos términos, cada vez más aceptados, son los siguientes:

1. Endodormición.

Las yemas están latentes a causa de condiciones fisiológicas internas que impiden el crecimiento, incluso si las condiciones del medio son favorables y no hay impedimento debido a otros órganos. Su regulación está bajo control endógeno y para salir de este estado de latencia la planta debe permanecer un determinado tiempo a temperaturas bajas (superiores a 0°C) para suplir sus necesidades de acumulación de frío.

2. Ecodormición.

Las yemas permanecen latentes a causa de condiciones externas desfavorables al crecimiento. A este estado se le ha denominado también quiescencia e, incluso, letargo si va asociado a la vez a causas internas. Las condiciones del medio ecológico o ambientales que originan este tipo de latencia son, esencialmente, la baja temperatura, la falta de agua y el fotoperíodo.

3. Paradormición.

Inicialmente denominada ectodormición. La falta de crecimiento de las yemas es debida a la acción inhibidora de otros órganos. Por eso se le ha llamado también inhibición o latencia correlativa. Es, por ejemplo, la latencia que se produce en las yemas laterales de un brote debido a la dominancia que ejerce el ápice en crecimiento y las hojas (dominancia apical). Cuando este fenómeno se elimina por despunte o deshojado se inicia la brotación lateral. En definitiva es un estado de pre-latencia o

pre-reposo de las yemas, que acontece durante la primavera y verano y que da paso luego, progresivamente de la base al ápice del ramo, al reposo invernal.

Siguiendo la terminología expuesta tenemos, por ejemplo, para especies caducifolias, que una yema de un brote entra primero en un estado de paradormición en verano y permanece sin brotar. Luego entra en la fase de endodormición y tiene lugar la caída de hojas en el ramo. Posteriormente, una vez cubiertas sus necesidades de frío por el transcurso del invierno ya no habrá condicionantes internos para la brotación, pero la yema debe superar el estado de ecodormición. Cuando haya acumulado suficiente calor y las condiciones ambientales al final del invierno o principios de primavera sean favorables, iniciará su brotación.

La acción del frío y del calor se ejerce sobre cada yema, estimulando la formación de inhibidores y promotores del crecimiento. Esto se ha demostrado exponiendo partes de la planta a diferentes temperaturas, habiéndose visto que las yemas expuestas a condiciones más favorables brotan más regularmente.

4.1. Duración del reposo

Las especies frutales han desarrollado en su hábitat natural mecanismos fisiológicos, entre los que destaca la latencia, para defenderse del frío, existiendo una sincronización entre esta latencia y el medio ambiente. Será la endodormición y la ecodormición los fenómenos de latencia que determinan lo que comúnmente se entiende por reposo de la planta.

La duración del reposo viene dada, por lo tanto, por las necesidades ambientales de la planta, principalmente por la temperatura, según ya se ha comentado. Para una especie y variedad concreta, la duración del período de reposo será variable según las zonas climáticas o incluso según los microclimas en que se desarrolle. Las especies de zona templada reducen su período de reposo al pasarlas a una zona tropical. Algunas especies tropicales presentan crecimiento durante todo el año, sin llegar a tener un periodo efectivo de reposo.

En España se presentan variaciones considerables en la duración del reposo, para una misma especie, de unas zonas a otras. Esta duración puede ir, según especies, desde un mes a cuatro o más meses. Algunas especies, incluso, no tienen reposo en las zonas más cálidas, lo que puede originar situaciones productivas no adecuadas.

4.2. Entrada en reposo

El paso de la actividad vegetativa al reposo invernal se produce de forma gradual.

La entrada en reposo se caracteriza por una reducción de la actividad de los procesos fisiológicos de la planta. Los ramos pierden su capacidad de síntesis y en las yemas la capacidad de crecimiento es mínima. Asimismo, se produce en esta fase un incremento de la translocación de reservas y de la lignificación.

Coincidiendo con esta fase se produce la caída de las hojas en las especies caducifolias. Para las especies de hoja perenne se considera que la entrada en reposo acontece en las mismas fechas que en las especies caducifolias.

Los factores principales que determinan la entrada en reposo son los siguientes:

1. Disminución de la iluminación y de la intensidad de luz.

El fitocromo es el pigmento regulador de los fenómenos del fotoperiodismo. Las hojas son los receptores de la respuesta a los días cortos a través del fitocromo que se convierte en una u otra forma según la longitud del día. Como respuesta al acortamiento de la longitud del día se desencadena el cese del crecimiento a final del verano. El cese del crecimiento parece ser debido a los cambios originados en los reguladores endógenos de crecimiento y en el metabolismo.

En algunas especies o variedades el acortamiento de los días no origina el cese del crecimiento, como sucede con la mayoría de especies de la zona templada.

2. Descenso de la temperatura.

El descenso de la temperatura en otoño influye sobre el desarrollo normal de la vegetación, contribuyendo a desencadenar los mecanismos inhibitorios que detienen el crecimiento. Además tiende a disminuir la respiración y ralentiza las reacciones químicas y la actividad enzimática.

3. Cambios en los reguladores endógenos del crecimiento y en el metabolismo de la planta.

El acortamiento de la longitud del día, principalmente, y la bajada de temperatura, parece ser que son los estímulos externos que provocan cambios en el complejo hormonal de la planta y en su metabolismo.

Se ha probado que el ABA tiene un papel importante en el proceso y tiende a aumentar durante la entrada en reposo, actuando como inhibidor, mientras que los promotores del crecimiento y la actividad respiratoria disminuyen. El ABA se transloca al ápice donde origina la aparición de escamas en lugar de primordios foliares. Tras un período de formación de escamas el ápice forma nuevos primordios foliares que permanecen en la yema durante el periodo invernal. Esto se ha logrado inducir en las plantas aplicando ABA en condiciones ambientales de día largo.

De igual forma la actividad enzimática global disminuye y tiende a aumentar el contenido de almidón y de otros compuestos insolubles.

En la época inmediata a la caída de hojas se produce también un incremento en el nitrógeno almacenado (en forma de nitrógeno proteínico) en los ramos y ramas, debido a la migración procedente de las hojas. Este fenómeno también se ha observado en las especies de hoja perenne.

Este aumento de la cantidad de nitrógeno almacenada también se manifiesta en las raíces que siguen funcionando y tomando y acumulando nitrógeno si la temperatura del suelo lo permite (en general, superior a 0 °C). En las raíces se almacena en forma de nitrógeno soluble.

Las aplicaciones de fertilizante nitrogenado en otoño, previas a la entrada en reposo, tienen gran importancia sobre el almacenamiento citado, lo mismo que en la prolongación del período activo de la planta.

Todos estos factores comentados van a jugar, también, un papel importante en el desarrollo de la resistencia al frío invernal. Cualquier desequilibrio hormonal o circunstancia que prolongue el crecimiento y retrase la entrada normal en reposo aumentará la susceptibilidad al frío de la planta.

El final de la fase de entrada en reposo y el comienzo del reposo viene marcado por una hidrólisis de hidratos de carbono insolubles y la acumulación de hidratos de carbono solubles en la zona basal de los ramos. El proceso se lleva a cabo posteriormente en todo el ramo. Esta acumulación de hidratos de carbono solubles es un factor secundario de resistencia al frío invernal, ya que origina un incremento de la presión osmótica vacuolar, asociado a una mayor resistencia a la congelación. El contenido total de hidratos de carbono en esta fase será el máximo.

El orden de entrada en reposo de los órganos es, en general, el siguiente: base de los ramos, ramas y tronco, ápice de los ramos y, por último, la zona del cuello y las raíces.

Cabe recordar que la actividad radical continúa en esta fase durante unas dos semanas después de la caída de hojas, hasta que se atenúa considerablemente y comienza el reposo invernal, propiamente dicho, de la planta.

En la Figura 5.13 se representan, esquemáticamente, los principales cambios en el metabolismo y en los reguladores de crecimiento en esta fase de entrada en reposo.

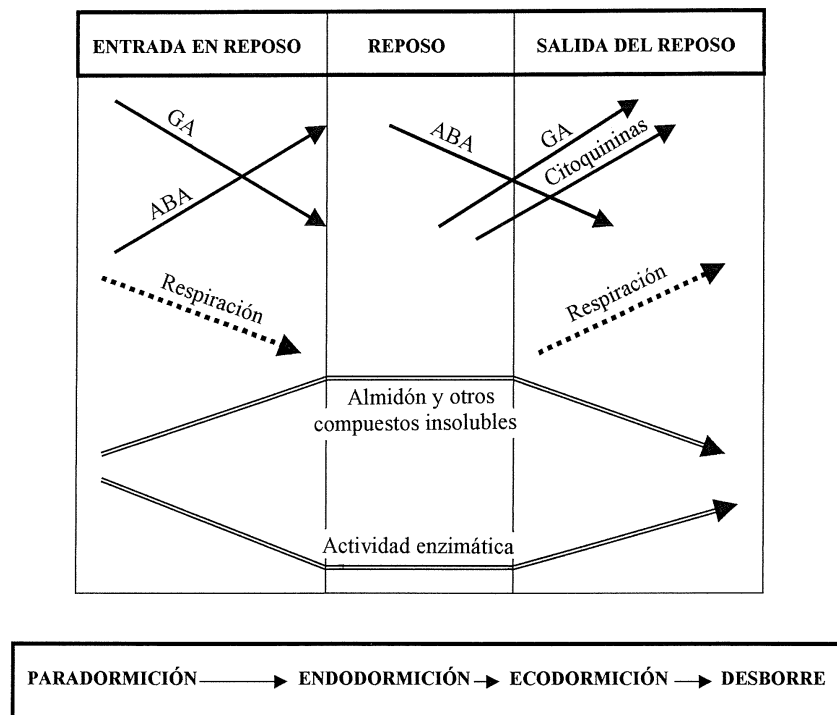


Figura 5.13. Principales cambios en el metabolismo y en los reguladores de crecimiento durante la entrada y salida del reposo.

4.3. Salida del reposo

La salida del reposo se realiza de forma gradual, tal como ocurre con la entrada en reposo. Esta fase se caracteriza por el aumento de la actividad fisiológica en la planta, especialmente al nivel de las yemas que van alcanzando su capacidad de brotación y salen del reposo varias semanas antes de mostrar síntomas exteriores de ello. Al final de la fase las yemas alcanzan su potencialidad máxima de crecimiento.

En frutales de hueso y pepita se ha observado un incremento moderado del peso seco de las yemas al iniciarse la fase de salida del reposo, aunque las yemas conservan

un cierto carácter de reposo y el proceso es todavía reversible. Al final de la fase, las yemas incrementan de forma muy rápida su peso seco y proceso en este estado es ya irreversible, conduciendo al crecimiento.

Paralelamente a la actividad de las yemas, las raíces incrementan su actividad varias semanas antes de apreciarse síntomas externos en la planta.

Los factores principales que determinan la salida del reposo son los siguientes:

1. Acumulación de frío.

Parece ser que el frío es el factor responsable, por excelencia, de la salida del reposo. Las yemas precisan una acumulación mínima de frío durante la fase de reposo para estimular a las hormonas promotoras del crecimiento. Si las temperaturas son bajas durante el reposo y al comienzo de la salida del reposo, se corta la duración del mismo. Una vez avanzada la fase de salida del reposo y alcanzado el estado de irreversibilidad en la yema, el incremento de la temperatura origina que la brotación se produzca antes.

Para cuantificar el frío necesario para dicho proceso se considera el número de horas que la planta está por debajo de una temperatura umbral, normalmente de 7 °C para las especies de hoja caduca. La cuantificación es aproximada, ya que las diferentes temperaturas alcanzadas a lo largo del día, así como las variaciones entre días fríos y templados, tienen influencia en la acumulación. Se han propuesto diferentes métodos de cuantificación que tienen en cuenta esta influencia. La medida obtenida permite comparar las exigencias de frío de las diferentes especies y variedades para salir con normalidad del reposo.

2. Aumento de la duración del día y de la temperatura.

El alargamiento del día y el incremento de la temperatura también intervienen sobre el proceso de salida del reposo, en especial sobre la actividad metabólica de la planta. Aunque el invierno sea templado y no haya suficiente acumulación de frío, el aumento primaveral de las temperaturas y de la duración del día aseguran la brotación.

3. Cambios en los reguladores hormonales y en el metabolismo de la planta.

En la fase de salida del reposo se producen numerosos cambios en el complejo hormonal de las plantas, parece ser que inducidos, principalmente, por la acción del frío, según se ha comentado antes.

También la actividad enzimática global aumenta. El contenido de almidón y de otros compuestos insolubles disminuye, en general, hacia el final de la fase. Igualmente, se dan cambios en el contenido total de nitrógeno y en sus formas, en los diferentes órganos de la planta. Se produce una disminución del nitrógeno proteínico y un aumento del nitrógeno soluble. El nitrógeno total de las yemas aumenta, mientras que en las ramas y ramos tiende a disminuir.

En esta fase se pierde la resistencia al frío que tenía la planta durante el reposo.

4. Tratamientos con productos químicos.

La aplicación de determinados productos puede suplir, parcialmente, el efecto de la acumulación de frío y adelantar la salida del reposo o, en su caso, permitir una brotación y floración regular en zonas con insuficiencia de frío.

Los productos más utilizados para adelantar la salida del reposo son los aceites de invierno, el DNOC (actualmente prohibido) y la cianamida de hidrógeno (Dormex). Otros productos ensayados, con el mismo objetivo, son: nitrato potásico, tiourea, tidiazuron, etc. Su aplicación debe hacerse con precauciones y conociendo bien las dosis y las condiciones de uso, ya que los productos pueden resultar fitotóxicos para las plantas y la respuesta no siempre es la deseada.

También se puede influir sobre el control hormonal del reposo con la aplicación de reguladores de crecimiento a las plantas, pero no siempre se ha obtenido en las experiencias realizadas una respuesta regular y generalizable. Se ha logrado promover la salida reposo con la aplicación de giberelinas y citoquininas en la época invernal, pero en algunos casos también se necesita acumular cierta cantidad de frío. Por ejemplo: con GA₃ en melocotonero y con citoquinina (benziladenina) en vid, manzano y peral. El paclobutrazol ha avanzado ligeramente, en algún caso, la floración. También se cita que los generadores de etileno como el ethephon acortan el reposo.

Igualmente, se ha logrado alargar el reposo con reguladores aplicados en el período activo anterior o durante el reposo; como ABA, CCC y Daminozida (SADH) en frutales de pepita (estos dos últimos productos, muy utilizados en fruticultura, están prohibidos actualmente).

5. Otros factores.

Existen otros factores que tienen acción sobre la salida del reposo y repercuten, en esencia, sobre el equilibrio hormonal de la latencia o en la estimulación del crecimiento.

Entre estos factores cabe destacar el estado sanitario de la planta, como determinadas virosis que pueden provocar brotaciones fuera de época, o acciones que influyan sobre la actividad celular, como heridas, etc. El patrón también influye en esta fase al adelantar o retrasar la actividad de las raíces.

En la Figura 5.13 se representan, esquemáticamente, los principales cambios en el metabolismo y en los reguladores de crecimiento en esta fase de salida del reposo.

5. Desborre, brotación y floración

Una vez que la planta completa la fase de salida del reposo y llega el momento en que la capacidad de crecimiento de las yemas supera el nivel de irreversibilidad, comienzan a apreciarse los síntomas externos de la actividad vegetativa al producirse la hinchazón de las yemas.

Las escamas y las brácteas se van separando a modo de deslizamiento, dejando ver zonas verdoso-amarillentas entre ellas y la borra o pubescencia blanquecina. Este proceso marca el comienzo visible de la actividad y recibe el nombre de desborre.

En la mayoría de las especies frutales las yemas fructíferas comienzan a hincharse y desborrar antes que las yemas vegetativas.

En esta fase se aprecia una disminución notable de los hidratos de carbono totales, debido a que la planta necesita utilizar sus reservas para crecer. Se produce la hidrólisis de los hidratos de carbono insolubles disminuyendo su contenido y aumentando, por lo tanto, el nivel de los hidratos de carbono solubles. Igualmente se produce un incremento del nitrógeno total y, especialmente, del soluble en las yemas. Paralelamente disminuye el contenido de nitrógeno en ramos y ramas por hidrólisis del nitrógeno proteínico y translocación a las yemas.

A partir del desborre las yemas vegetativas evolucionan dando lugar a la aparición de los jóvenes brotes. Este proceso se denomina brotación.

En el inicio de la brotación se aprecia que la madera de los ramos (los cuales a partir de este momento se convierten en ramas) presenta una corteza más tersa, húmeda y brillante.

De igual forma, a partir del desborre las yemas fructíferas, bien sólo de flor o mixtas, evolucionan dando lugar a flores y a flores y brotes, respectivamente. Este proceso se denomina floración.

El proceso de floración es complejo y comprende la serie de estados fenológicos característicos que van desde la aparición de los botones florales hasta la caída de los pétalos.

En especies caducifolias, el orden de aparición en la planta de hojas y flores varía según las especies. Así se tiene, por ejemplo, la siguiente sucesión:

- Aparecen primero las flores en melocotonero, albaricoquero y cerezo.
- Aparecen a la vez, con yemas no mixtas, en ciruelo y algunos cerezos.
- Aparecen aproximadamente a la vez, en yemas mixtas, en peral y manzano.
- En algunos otros casos aparecen primero las hojas, como en membrillero y vid.

6. Desarrollo de la vegetación y de los frutos

A lo largo del período de actividad, la planta sigue pasando por una serie de estados fenológicos característicos, los cuales son síntoma de un determinado proceso fisiológico.

En esta fase se diferencia, por un lado, el desarrollo de la vegetación y, por otro, el desarrollo de los frutos originados por las flores, dadas sus características particulares.

6.1. Desarrollo de la vegetación

El desarrollo de la vegetación comprende las siguientes etapas:

1. Crecimiento de primavera.

El brote en su fase de crecimiento inicial utiliza las reservas de la planta, originando una disminución considerable de los hidratos de carbono totales y de los insolubles, produciéndose, como consecuencia, un aumento de los hidratos de carbono solubles reductores, utilizados como fuente de energía para el crecimiento del brote.

De la misma forma se reduce el nitrógeno total en ramos y se transloca nitrógeno soluble a los meristemos por hidrólisis del nitrógeno proteínico almacenado.

Posteriormente llega un momento en que el balance fotosintético neto del brote es positivo, es decir, las hojas ya desarrolladas sintetizan más fotosintatos que los consumidos en el crecimiento del brote y en el desarrollo del resto de órganos.

El brote entra entonces en una fase de crecimiento rápido y continuo, en la que se alcanza una parte importante de su longitud definitiva (60 - 70 %).

Dado el balance fotosintético positivo de esta fase, los hidratos de carbono se almacenan en los tejidos de reserva, incrementándose, por lo tanto, el contenido total y los hidratos de carbono insolubles.

Los hidratos de carbono solubles, tanto reductores como no reductores, alcanzan en esta fase una cierta estabilidad, dada por el consumo y, la acumulación y transporte, respectivamente.

En conjunto, a toda esta etapa se le denomina fase de crecimiento de primavera. Al final de la fase el crecimiento vegetativo se atenúa o incluso cesa, al ir aumentando las temperaturas en verano, además de intervenir otros factores como el crecimiento de los frutos o la falta de agua, en algún caso. Se inicia así una nueva fase en la planta.

El paso de una a otra etapa es siempre gradual y no toda la vegetación del árbol o de la planta presenta el mismo tipo de crecimiento. En cítricos se observan, en general, tres brotaciones: de primavera, de verano y de otoño; siendo la de verano menos vigorosa. En vid hay un crecimiento continuo si las condiciones lo permiten.

2. Parada de verano o estival.

Cuando se detiene el crecimiento en longitud del brote el meristemo terminal se recubre de brácteas y escamas formando la yema terminal. Se dice entonces que el brote se ha parado, o que está en fase de parada de verano o estival.

Esta parada es más acusada en unas especies que en otras, y en muchos casos no llega a apreciarse. También influye en que no haya parada las temperaturas de verano más atenuadas, además de otros factores, principalmente la disponibilidad de agua y de nutrientes. En esta fase se inicia en la planta el proceso denominado de agostamiento, el cual marca el final de la fase de crecimiento rápido.

El proceso de agostamiento se define como el conjunto de transformaciones que se dan en un brote en estado herbáceo para pasar a ser un ramo lignificado. Recibe este nombre al darse, más acusadamente, durante el mes de agosto en muchas especies (claro está, en el hemisferio Norte). No obstante, el proceso debe establecerse por las transformaciones que se dan en el brote y no por la fecha, ya que tiene lugar desde finales de primavera hasta avanzado el otoño.

El proceso ocurre, progresivamente, de la base al ápice de los brotes; por lo tanto, sus diferentes partes no se encuentran en el mismo estado fisiológico.

Las transformaciones que se observan en el proceso son las siguientes:

- Lignificación de las paredes celulares en el xilema.
- Cambio de color en el brote, debido a la actividad del felógeno y a la consiguiente producción de suber. El brote al pasar a ramo adquiere un color pardo, perdiendo el verde anterior de la base al ápice.
- Deshidratación y acumulación de almidón y de otros hidratos de carbono insolubles o de reserva. Por lo tanto, se incrementa la concentración de hidratos de carbono totales. Igualmente se aprecia una disminución de los hidratos de carbono reductores y una constancia en los no reductores.

Cuando la concentración de hidratos de carbono insolubles es máxima, y dentro de los solubles la cantidad de reductores y no reductores es la misma, se dice que la madera presenta el estado de madera agostada.

Téngase en cuenta que al ocurrir el proceso de la base al ápice de los ramos sus partes no se encuentran en el mismo estado. El estado de madera agostada acontece en el ápice del ramo con la caída de hojas.

3. Crecimiento de otoño.

En muchas especies frutales, después de la parada de verano, cuando las condiciones termométricas (y en algún caso de humedad) vuelven a ser favorables, se inicia un segundo crecimiento, llamado crecimiento de otoño. Se observa de forma patente en peral, ciruelo y albaricoquero, y no se produce en melocotonero y vid al no tener parada sus brotes.

Este crecimiento es de menor intensidad que el de primavera. En los casos en que no ha habido formación de la yema terminal es muy difícil establecer cuándo se produce

esta fase, ya que únicamente se observa un alargamiento más rápido del brote cuando parte de él ya está agostado.

El brote originado por el crecimiento de otoño tiene también su proceso de agostamiento y la fase termina con la parada otoñal, previa la caída de hojas en especies caducifolias.

4. Caída otoñal de hojas.

Después de la parada otoñal se entra en el final del periodo de actividad vegetativa. Los procesos fotosintéticos descienden progresivamente y se incrementa la translocación de reservas y la lignificación de la madera. Se entra entonces en la fase de caída de hojas, la cual se solapa con la fase ya comentada de entrada en reposo.

Con la caída de hojas finaliza el proceso de agostamiento del ramo, para dar paso posteriormente a la fase que se denomina de sobreagostamiento, que coincide con el estado de reposo del ramo (endodormición).

La caída otoñal de hojas está regulada hormonalmente, en especial por los niveles de ABA de las hojas adultas. Tiene una marcada influencia en la caída otoñal de hojas el cortamiento de la longitud del día y el descenso de la temperatura, además de otros factores, según se ha comentado en el tema correspondiente a las hojas.

6.2. Desarrollo de los frutos

Paralelamente al desarrollo de la vegetación, los frutos originados en el proceso de floración van cubriendo las diferentes etapas de su desarrollo hasta que alcanzan la madurez. Se completa de esta forma el ciclo fructífero.

En la mayoría de las especies frutales, el proceso de inducción floral en yemas y la posterior diferenciación floral con la formación de los verticilos florales ocurre durante el desarrollo de la vegetación. Este fenómeno marca el principio del denominado ciclo reproductivo de la planta, que finalizará, en la mayoría las especies, al año siguiente con la madurez de los frutos y por tanto de las semillas.

Todos estos aspectos del ciclo reproductivo serán tratados en una siguiente Monografía de esta misma Colección dedicada a los procesos de floración y fructificación en los frutales.

7. Vida de la planta

La vida de los frutales presenta gran variación dependiendo de las especies. Los frutales viven un número de años elevado, superando en muchos casos los cincuenta años.

Desde el punto de vista de la producción frutícola interesa más contemplar los aspectos de la vida productiva que la propia longevidad la especie. No obstante, se comenta a continuación el fenómeno de la juvenilidad y se describen brevemente las fases y las características de la vida de la planta, y en un siguiente apartado se tratan las fases por las que atraviesa la vida de una plantación frutal.

7.1. Juvenilidad

La juvenilidad es el período fisiológico de una planta procedente de semilla, durante el cual no puede ser inducida a florecer, es decir, no originará flores. Esta incapacidad para la reproducción sexual es la principal característica fisiológica de la juvenilidad. Otras características son: la emisión de ramos espinosos o espinas, los cambios morfológicos en hojas, el mayor crecimiento de tallo y la mayor capacidad para su enraizamiento, etc.

El periodo de juvenilidad tiene una duración muy variable según las especies. Puede ser de un año en vid, de dos a ocho años en *Prunus*, de cinco a diez años en manzano y peral, de cinco a ocho años en cítricos, y en nogal de diez o más años. La duración depende de factores genéticos, del medio en que se desarrolla la planta, del vigor o crecimiento que presenta la planta (a mayor desarrollo se acorta el periodo juvenil), y de las operaciones que se realizan sobre los órganos, como el injertado sucesivo de yemas juveniles en tejidos adultos que acorta la duración. En este último caso es el portainjerto quien genera algún factor que acorta la juvenilidad del brote producido por la yema de tejido juvenil.

Los tejidos juveniles de la planta no se alteran durante la vida de la planta. Sobre ellos existe un control genético que impide la generación hormonal necesaria para la formación de yemas fructíferas. De estos tejidos se pasa a unos tejidos de transición, con características intermedias, y, a continuación, a los tejidos adultos que ya permiten

desarrollar todas las funciones de la planta. No existe un conocimiento preciso sobre estos pasos citados.

Las yemas adventicias adquieren, en muchos casos, en su formación el carácter de juvenilidad, por eso los brotes producidos a partir de yemas adventicias tienden a ser más espinosos que los brotes originados por yemas normales. Este aspecto tiene importancia en la propagación por acodo, ya que en el caso de que se formen yemas adventicias en los cortes dados a la planta madre o bien en sus raíces, los brotes que originan pueden ser más espinosos. También en plantas procedentes de cultivo in-vitro puede darse este fenómeno de reversión hacia la juvenilidad en el desarrollo inicial de las plantas.

Debe tenerse en cuenta que en las plantas injertadas, aunque el patrón provenga de semilla, se rompe la juvenilidad al proceder las yemas injertadas de tejidos adultos. Se insiste en que la juvenilidad se presenta sólo en plantas procedentes de semilla por lo que este fenómeno, prácticamente, no tendrá repercusión sobre las plantaciones frutales.

7.2. Longevidad

Se denomina longevidad de una especie al número medio de años que viven las plantas en su hábitat normal y sin ningún tipo de intervención. La longevidad es una característica genética.

En la vida de la planta se diferencian cuatro periodos con diferentes duraciones, según las especies, siendo más remarcados en las especies arbóreas que alcanzan mayor edad. Desde un punto de vista botánico estos periodos son los siguientes:

1. Juventud.

Comprende los primeros años de la vida de la planta, en los que va creciendo rápidamente hasta alcanzar su tamaño característico, a la vez que da los primeros frutos y aumenta progresivamente su producción. En frutales cultivados incluirá también los años iniciales que la planta pasa en el vivero antes de ser implantada en la explotación.

2. Edad adulta.

En este periodo la planta mantiene un crecimiento anual más atenuado y alcanza su producción máxima, que mantendrá más o menos equilibrada y que dependerá de su

tamaño y de las condiciones productivas que se dan cada año. Las plantas presentan la plena expresión de sus características morfológicas y productivas.

3. Envejecimiento.

En este periodo la planta presenta un crecimiento mucho más atenuado hasta que llega, progresivamente, a cesar en algunas zonas de la copa y no renovar la ramificación. Paralelamente, aunque la floración se mantenga al principio, la producción es cada vez menor. En algunos árboles puede producirse un rejuvenecimiento natural de la copa por la emisión de chupones desde las ramas más gruesas, pero con el tiempo el árbol termina más envejecido.

4. Decrepitud.

Comprende los últimos años de la vida de la planta. Prácticamente no hay crecimiento y, además, disminuye el volumen de la copa por muerte de ramas, presentando roturas y desgarros. La floración y la fructificación disminuyen rápidamente hasta anularse. Finalmente, se llega así a la muerte natural de la planta.

La longevidad de las plantas cultivadas es, en general, menor que en las silvestres, además el injerto acorta la vida de la planta.

Como especies muy longevas se tiene el olivo (incluso milenario) y los algarrobos (centenarios). Especies longevas son la vid, el nogal, los cítricos, el manzano y el peral. Especies poco longevas son, en general, los frutales de hueso y las especies de pequeños frutos.

8. Fases de la plantación

Desde un punto de vista productivo, la plantación frutal atraviesa por cuatro fases que vienen marcadas por las propias etapas de la vida de la planta y por las características de la variedad y portainjerto; condicionadas, asimismo, por la tecnología de producción aplicada. Sobre todo por el tipo de plantón (según edad y conformación), por la disposición y densidad de plantación, y por el sistema de formación utilizado; aspectos que tienen una gran influencia sobre la producción conseguida durante los primeros años de la plantación.

Las fases por las que atraviesa la plantación son las siguientes:

1. Fase improductiva.

Comprende desde el momento que se realiza la implantación del cultivo hasta el año que se recolectan comercialmente los primeros frutos. Normalmente comprende uno o dos años, según las especies; aunque dependiendo del tipo de plantón utilizado y de la formación dada a la planta, se pueden conseguir frutos el mismo año de la plantación (como en manzanos con plantones de dos años ramificados), o bien tardar tres o más años.

2. Fase de entrada en producción.

Comprende los años desde que se obtiene la primera cosecha hasta que finaliza la formación de las plantas y la plantación alcanza el régimen normal de explotación según su potencial productivo. Normalmente comprende de dos a cuatro años, según las especies y la tecnología de producción aplicada.

3. Fase de plena producción.

Comprende los años en que la plantación se mantiene de forma más o menos estable en la plena producción potencial, siguiendo un régimen normal de manejo. La duración de este período es muy variable, según las especies y la tecnología de producción aplicada. Para frutales de hueso y pepita puede comprender, normalmente, de diez a veinte años.

4. Fase de envejecimiento o de descenso de la producción.

Esta fase comienza cuando la producción tiende a descender, al presentar la plantación menor potencial productivo, debido, normalmente, al envejecimiento de las plantas o bien a que tiene mayor dificultad de manejo; y acaba con el arranque de la plantación. Es difícil prever su duración ya que dependerá de numerosos factores. Como término medio puede durar cinco o diez años.

En la Figura 5.14 se representan las fases de la vida de la plantación. En cada uno de los períodos el proceso productivo de la plantación tendrá diferentes necesidades.

Se entiende por precocidad de la plantación el conseguir una rápida entrada en producción y en plena producción. Lo que dependerá, por un lado, de la propia precocidad de la planta según la especie, variedad y conformación del plantón, y, por

otro lado, de la tecnología de producción aplicada. El obtener una alta producción acumulada en los primeros años de la plantación no debe suponer un detrimento notable en el potencial productivo de la plantación para los siguientes años.

En toda plantación se debe tratar de acortar al máximo el periodo improductivo y el periodo de entrada en producción; claro está, siempre desde una perspectiva económica y con la finalidad de amortizar lo antes posible las inversiones realizadas. Igualmente se tratará de mantener el periodo de plena producción el mayor tiempo posible y con una cierta estabilidad en la producción, siempre que las condiciones económicas sean favorables.

El momento de arranque será una decisión que tomará el empresario dependiendo de la marcha de la plantación y del coste de oportunidad de la explotación en ese momento.

La decisión de arrancar no tiene nada que ver con la amortización de la plantación. Igualmente, el arranque no viene marcado sólo por el hecho de que el valor de la producción no supere los costes anuales de explotación, ya que la plantación debe rendir un beneficio empresarial y, por tanto, no debería llegarse a ese punto o al extremo de no compensar los costes de producción, como en alguna plantación ocurre. Se insiste en que el momento de arranque debe establecerse con criterios técnicos y económicos, dependiendo de la oportunidad que la sustitución represente para la explotación.

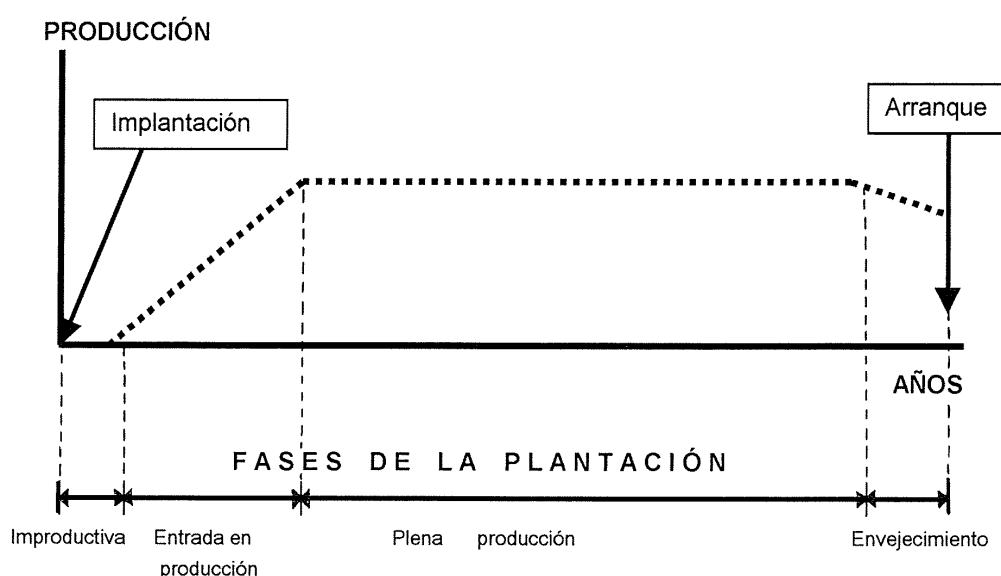


Figura 5.14. Fases de la vida de la plantación.

9. Bibliografía (Capítulo 5. Fenología y vida de las plantas)

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.; Zaragoza, S.; Bleiholder, H.; Burhr, L.; Hack, H.; Klose, R.; Stauß, R. 1995. *Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios (Gén. Citrus)*. Levante Agrícola, 3^{er} Trimestre: 189 - 199.

Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R. 1988. *Fisiología vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 823 pp., [655 - 673].

Bleiholder, H. (Ed.)1996. *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida*. Publicado en común por BBA, BSA, IGZ, IVA, AgrEvo, BASF y Bayer. Limburgerhof, Alemania. s/pp., [Varias].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [211 - 275].

Coutanceau, M. 1971. *Fruticultura*. Mundi-Prensa. Madrid. 326 pp., [63 - 67].

Crabbé, J.; Barnola, P. 1996. *A new conceptual approach to bud dormancy in woody plants* (en *Plant dormancy*. Ed. Lang, G.A.). CAB International. Oxon, UK. 386 pp., [83 - 113].

Diputación Foral de Navarra. 1971. *Estados fenológicos y órganos vegetativos y de fructificación de los frutales*. Servicio de Arboricultura. Diputación Foral de Navarra. Pamplona. 52 pp., [6 - 30].

Erez, A. 2000. *Bud dormancy: a suggestion for the control mechanism and evolution* (en *Dormancy in plants*. Eds. Viémont, J.D. y Crabbé, J.). CABI Publishing. Oxon, UK. 385 pp., [23 - 33].

Gil, G.F. 1977. *Fruticultura. El potencial productivo*. Universidad Católica de Chile. Santiago. 342 pp., [51 - 92].

Kobel, F. 1966. *Trattato di Frutticoltura*. Edizioni Agricole. Bologna. 438 pp., [61 - 66, 73 - 75].

Lang, G.A. 1989. *Dormancy. Models and manipulations of environmental /Physiological regulation*. (en *Manipulation of Fruiting*. Ed. Wright, C.J.). Butterworths. London. 414 pp., [79 - 98].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas*. Mº. Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [62 - 65].

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 4, 22 pp. y Tema 5: 22 - 32].

Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1994. *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 pp., [526 - 535, 539 - 581].

Urbina, V. 2000. *Guía para la elaboración de proyectos de explotaciones frutales*. Paperkite Editorial. Lleida. 220 pp., [193 - 209].

Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Mundi-Prensa. Madrid, 461 pp., [96 - 118].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 5. Fenología y vida de las plantas

- 1 [Campo].** Reconocer estados fenológicos característicos, en diferentes especies frutales, a lo largo del ciclo anual.
- 2 [Campo].** Realizar el seguimiento fenológico de la evolución de las yemas fructíferas en una plantación de peral o manzano.
- 3 [Campo].** Realizar el seguimiento fenológico de la evolución de las yemas fructíferas en una plantación de melocotonero (o almendro) y en una de cerezo (o ciruelo).
- 4 [Campo].** Realizar el seguimiento fenológico de la evolución de las yemas fructíferas en una plantación de vid y en una de olivo.
- 5 [Campo - invernadero].** Observar y analizar la incidencia sobre las fases del ciclo anual que tiene el cultivo en invernadero respecto al cultivo al aire libre. Utilizar melocotonero plantado en contenedor.
- 5 [Campo].** Observar y analizar los diferentes tipos de latencia que se dan en las yemas de los frutales y a lo largo del ciclo anual.
- 6 [Campo].** Observar y analizar la incidencia que tiene la aplicación de hidracida maleica (Dormex) sobre plantas de cerezo.
- 7 [Campo].** Observar el proceso de desborre en diferentes especies frutales y analizar los cambios que se producen en la planta.
- 8 [Campo].** Observar los desfases que se producen en el proceso de brotación y en el de floración en diferentes especies frutales. Como, por ejemplo, en melocotonero, albaricoquero, cerezo, manzano y vid.
- 9 [Campo].** Observar y controlar el crecimiento primaveral de brotes en melocotonero y vid, estableciendo la velocidad de crecimiento.
- 10 [Campo].** Observar el proceso de agostamiento que se lleva a cabo en un brote de melocotonero y en uno de peral. Reconocer las transformaciones que tienen lugar en el mismo.

11 [Campo]. Observar y reconocer crecimientos de otoño en la vegetación de diferentes especies. Como, por ejemplo, en peral, manzano y ciruelo.

12 [Campo]. Reconocer, en plantas jóvenes procedentes de semilla, los caracteres de juvenilidad. Utilizar peral, manzano y ciruelo.

13 [Campo]. Observar y reconocer en árboles viejos los aspectos que denotan encontrarse en la fase de envejecimiento. Analizar las posibilidades de rejuvenecimiento que presentan. Utilizar melocotonero.

14 [Campo]. Analizar en una plantación experimental la incidencia del empleo de diferentes tipos de plantones en la precocidad de la plantación. Utilizar plantaciones de peral o manzano implantadas con plantones de uno y dos años, con y sin ramificación preformada.

15 [Campo]. Analizar, en plantaciones de peral o manzano, la incidencia que tiene el sistema de formación y la densidad de plantación sobre la tardanza en alcanzar la plena producción y sobre la entrada en el periodo de descenso de producción.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 5. Fenología y vida de las plantas

1. ¿Qué es el estado fenológico de una planta y cómo se define el estado fenológico de una plantación?
2. ¿Para qué se realiza el seguimiento fenológico de una plantación frutal?
3. En la evolución de las yemas fructíferas, ¿Cuáles son los estados fenológicos que pueden considerarse genéricos, para yemas con una o varias flores?
4. ¿Qué escalas pueden utilizarse para definir los estados fenológicos tipo en las diferentes especies frutales?. Citar ejemplos.
5. ¿Qué fases características comprende el periodo de actividad en el ciclo vegetativo y en el ciclo fructífero?
6. ¿Qué factores determinan la duración de los períodos de reposo y actividad en el ciclo anual de las especies frutales?
7. ¿Cuáles son los tipos de latencia (dormición) que presentan las yemas de los frutales?
8. ¿Qué factores ambientales determinan la entrada en reposo y cuál es su incidencia?
9. ¿Por qué muchas especies frutales necesitan acumular frío invernal y cómo se cuantifica la acumulación?
10. ¿Qué acción tienen sobre la salida del reposo las diferentes temperaturas invernales y primaverales? Citar el efecto de las diferentes combinaciones de temperatura.
11. ¿Cómo se puede influir en una plantación sobre la salida del reposo?
12. ¿Qué es el desborre y qué cambios se producen en la planta cuando acontece?
13. ¿Por qué se caracteriza el crecimiento de primavera y qué transformaciones suceden en el metabolismo de la planta durante el mismo?

13. ¿Qué es el agostamiento, cuándo se produce y qué transformaciones ocurren en los brotes durante el mismo?
15. ¿Por qué se caracteriza el crecimiento de otoño y cuándo tiene lugar? ¿Qué procesos se llevan a cabo en la planta durante la caída otoñal de hojas?
16. Indicar los estados de latencia y actividad por los que pasa una yema axilar normal desde su formación hasta que origina un brote. Especificar las causas que originan dichos estados y la duración aproximada.
17. ¿Cuándo una planta presenta juvenilidad y por qué se caracteriza?
18. ¿Qué se entiende por envejecimiento y por decrepitud de un árbol?
19. ¿Cuáles son las fases por las que atraviesa una plantación frutal antes de llegar a la plena producción y qué duración tienen en el caso de peral, melocotonero y vid?
20. ¿Cuándo debe arrancarse una plantación frutal? Justificar la respuesta.

**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.

En preparación:

N.º 6. - *La fructificación de los frutales*.

N.º 7. - *Propagación de 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