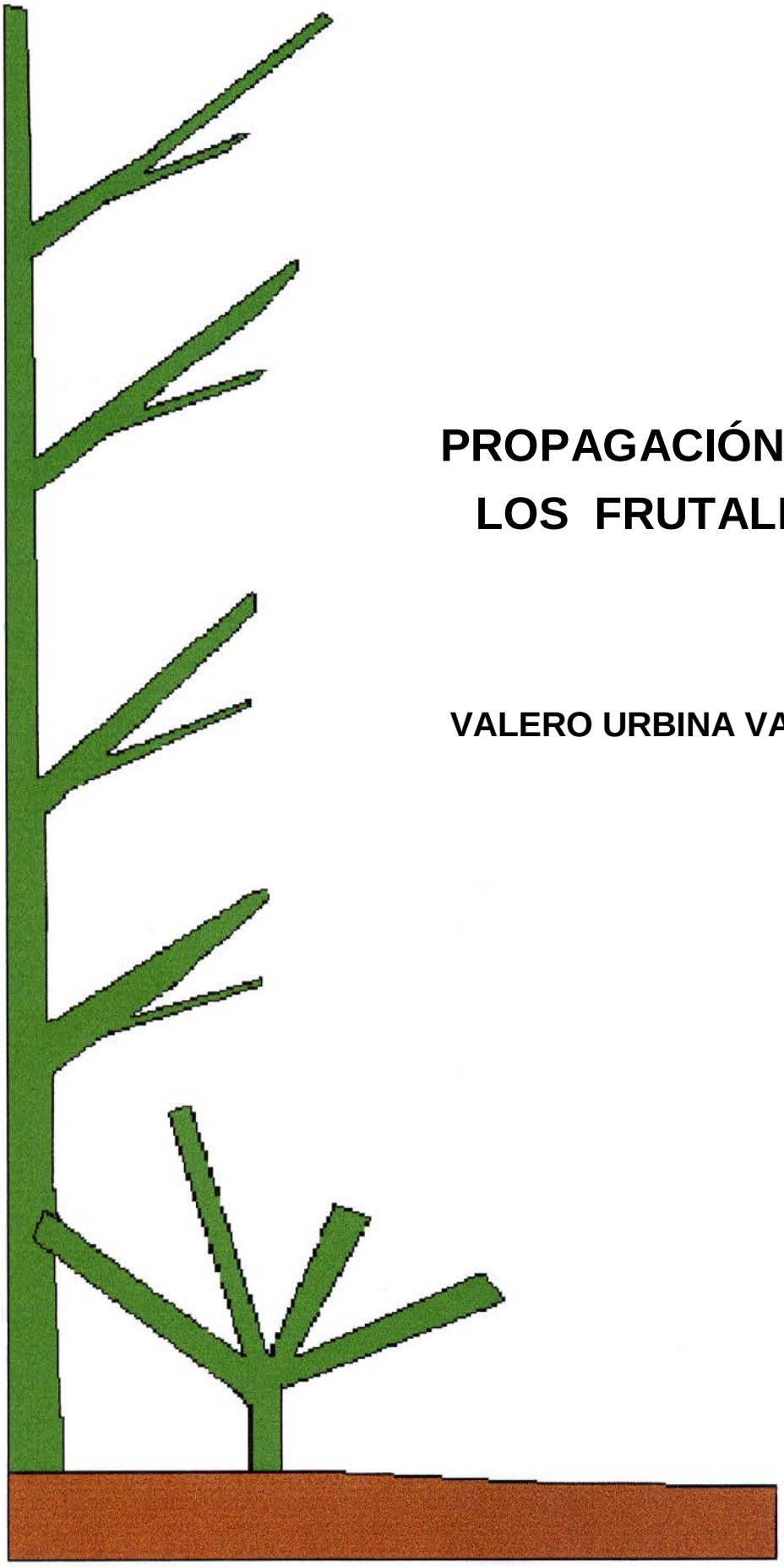
MONOGRAFÍAS DE FRUTICULTURA

N.º 7

PROPAGACIÓN DE LOS FRUTALES

VALERO URBINA VALLEJO



PROPAGACIÓN DE LOS FRUTALES

MONOGRAFÍAS DE FRUTICULTURA: N.º 7

PROPAGACIÓN 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 - 2005

© 2005 de la obra: Valero Urbina Vallejo

© 2005 de la presente edición: Paperkite® Editorial

Fecha de edición: enero de 2005

Número de edición: 1ª

Imprime: Copitec

ISBN: 84 - 689 - 0544 - 5

Depósito legal: L - 049 - 2005

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-Bajos; 25006 - Lleida
E-mail: copitec@copisteriatecnica.com - Tel.: 973-273232 y 973-702542. - Fax: 973-273863
www.copisteriatecnica.com

Prólogo

Dentro del estudio de la Fruticultura, la propagación de los frutales es una parte básica integrada en la denominada "Fruticultura General".

Los principios de la propagación y los fundamentos de los diferentes métodos existentes deben ser conocidos por el estudiante en su formación básica sobre Fruticultura, para luego poder profundizar en los aspectos particulares de cada especie y tener una base adecuada para abordar la planificación, diseño y gestión de los viveros de frutales.

Este libro, junto con las anteriores Monografías 5 y 6 de esta misma serie, forma parte del programa de la asignatura "Fruticultura" (10 créditos y duración anual) que actualmente se imparte en segundo curso (1er ciclo) en el nuevo plan de estudios (2002) de la titulación de Ingeniería Técnica Agrícola, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de la Universidad de Lleida.

El contenido de la asignatura "Fruticultura" coincide con los contenidos de las asignaturas "Fruticultura General" (6 créditos) y "Tecnología de la Producción Frutal" (4,5 créditos) impartidas, independientemente y con duración cuatrimestral, en el anterior plan de estudios que aún sigue vigente, aunque sin docencia hasta su extinción.

La presente Monografía también puede ser utilizada como texto básico en una parte de la asignatura "Propagación y Viveros de Frutales" (6 créditos) que se imparte dentro del bloque de especialización sobre "Producción y Gestión Frutícola" en los estudios de Ingeniero Agrónomo (segundo ciclo). Dado el ya tradicional carácter cíclico de las enseñanzas en nuestro Centro, al haber cursado en primer ciclo la "Fruticultura General y Especial", se aprovecha la especialización en el segundo ciclo para ampliar y profundizar en determinados aspectos de la producción y gestión frutícola; en este caso sobre las técnicas de propagación y sobre el proceso productivo, la planificación, el diseño y la gestión de los viveros.

Impartir este tipo de asignaturas aplicadas en un cuatrimestre hace imposible su adaptación al ciclo de los cultivos, lo mismo que llevar a cabo un estudio coordinado y la realización de las prácticas necesarias; sobre todo si se pretenden adquirir conocimientos prácticos, como en el caso que nos atañe, sobre la propagación de las

plantas. Además, la carga docente asignada es escasa para impartir el programa completo.

A partir del curso 2002-03, con el reciente cambio del plan de estudios de primer ciclo, la Fruticultura es impartida en nuestro Centro de forma más acorde con sus necesidades de prácticas; como ya lo fue en otros planes de estudio más antiguos que aunque no perfectos al menos eran estructurados y coherentes con la carrera cursada, sin tanta disparidad, atomización y proliferación de asignaturas y, afortunadamente, más duraderos.

El nuevo plan debe ser modificado otra vez, en breve, esta vez para adaptarlo a las directrices sobre estudios universitarios promulgadas por la CE. Deseamos que con esta modificación prevista siga mejorando el plan de estudios, y que los redactores del plan tengan en cuenta la extensión de la materia y la conveniencia de adaptar el calendario académico de las asignaturas relacionadas con la producción vegetal al ciclo de los cultivos, si lo que se persigue es una enseñanza, también, práctica.

No obstante, la eficiencia y eficacia de la formación universitaria no depende solo del plan de estudios, sino que además son importantes los recursos disponibles, la dedicación y formación del profesorado, y la disposición y cualidades de los estudiantes que acceden a la universidad.

Con el estudio básico de la propagación de los frutales se persigue que estudiante conozca los principios fisiológicos implicados y los fundamentos y requerimientos generales de las diferentes técnicas. Además, mediante las actividades prácticas se debe capacitar al estudiante en la realización de las operaciones precisas con el material vegetal, en el manejo de los cultivos e instalaciones y, en definitiva, en la producción de planta.

Quiero resaltar el carácter eminentemente práctico y aplicado de la materia tratada, por lo que resulta amena y fácil para los estudiantes. Sin embargo, requiere por su parte una dedicación constante y responsabilizarse del manejo y control de una serie de cultivos.

En este sentido, muchas veces se ha debatido al tratar el contenido de la docencia sobre Fruticultura si ciertas prácticas, como por ejemplo la realización de injertos o de estaquillados en propagación, son más propias de un estudiante de formación profesional que de un estudiante de ingeniería. Pues bien, en contra de algunas opiniones, casi siempre provenientes de personas que no ejercen la ingeniería, yo

considero necesario que un estudiante de la titulación o especialidad de Hortofruticultura y Jardinería de las Escuelas de Ingeniería Agraria, debe conocer con precisión y saber aplicar las técnicas de propagación; pues en caso contrario difícilmente podrá valorar y dirigir o rectificar, en su caso, el trabajo realizado por las personas que se encuentran a su cargo, si llega a ejercer su actividad profesional como director técnico de un vivero o en actividades relacionadas con la producción de planta.

El saber ejecutar correctamente una técnica no significa que se tenga una gran destreza para ello, sino conocimientos, capacitación y aptitud para el análisis y la crítica de la operación realizada. En este sentido el profesor Priego Jaramillo en su obra Arboricultura General, editada en 1923, cita: "multitud de operaciones se ejecutan tradicionalmente mal por los que pomposamente se atribuyen el calificativo de prácticos", lo que ochenta años después sigue vigente.

He visto a injertadores sin formación académica realizar cortes en el material, ejecutados con gran destreza y rapidez tras años de práctica, que empeoran las posibilidades de soldadura de los injertos. No obstante, salvo que el material esté en mal estado o que las operaciones realizadas serán desastrosas, el injerto suele ir adelante en la mayoría de los casos, aunque no en las condiciones técnicas y económicas más óptimas, cosa que no se concibe dentro de la ingeniería.

Coincidiendo con la finalidad docente comentada, el presente texto presenta al estudiante la materia sistematizada para que le sirva de guía a la hora de abordar el estudio de la propagación y, a su vez, que con la lectura previa de cada tema pueda dedicar las clases a aclarar sus dudas y profundizar en el conocimiento, en lugar de emplearlas para tomar extensos apuntes, como es costumbre. Esto debe permitir el dedicar las horas establecidas para clases prácticas, realmente, a la realización de prácticas, sin que éstas sean ocupadas por las clases teóricas, como muchas veces ocurre bajo la excusa de falta de tiempo.

En el libro se ha tratado de plasmar el conocimiento generalizado de los diferentes temas de una forma sencilla y fácil de comprender. Se ha evitado, en lo posible, dar referencias a autores y a trabajos de investigación, e incluir datos excesivos; procurando no perder por ello el nivel científico-técnico deseable.

Asimismo, como en las anteriores Monografías, para facilitar la elaboración y edición del libro sólo se incluyen figuras sencillas y tablas sinópticas, y no se incluyen fotografías para abaratar su coste. Estas deficiencias deben suplirse en las clases al ilustrar cada uno de los temas tratados y, sobre todo, con la observación del material

vegetal seco disponible en el laboratorio y con la observación del material existente en el vivero del Campo de Prácticas del Centro. Además, el estudiante debe completar su conocimiento consultando otros textos y otras fuentes de información, especialmente las revistas científicas y técnicas y los nuevos medios informáticos.

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

Lleida, septiembre de 2004.

Valero Urbina

Í N D I C E

Introducción, 13

Capítulo 1. La propagación de las plantas y la conservación y difusión de las variedades frutales, 15

1. La propagación de las plantas, **17**
    1.1. Reseña histórica de la propagación, **18**
2. Tipos de propagación y técnicas, **20**
    2.1. Técnicas de propagación, **21**
3. La propagación sexual o por semilla, **23**
4. La propagación asexual o vegetativa, **25**
5. Variabilidad en la propagación vegetativa, **27**
    5.1. Topófisis, **28**
    5.2. Mutaciones, **28**
    5.3. Quimeras, **31**
6. La propagación de patrones y variedades, **33**
7. Material vegetal utilizado en propagación y calidad del material, **34**
8. Germoplasma de frutales, **36**
    8.1. Métodos de conservación, **39**
    8.2. Colecciones de variedades para evaluación, **41**
9. Difusión de variedades, **42**
10. Viverismo frutícola, **43**
11. Bibliografía, **45**

Actividades prácticas recomendadas, **47**

Cuestionario de evaluación, **49**

Capítulo 2. Propagación por semilla, 51

1. Aspectos básicos de la propagación por semilla, **53**
2. Desarrollo y constitución de la semilla, **55**
    2.1. Fases del desarrollo de la semilla, **57**
    2.2. Constitución de la semilla madura, **59**
3. Semillas apomícticas, **60**
4. Calidad de las semillas, **62**
5. Producción, manejo y conservación de las semillas, **65**
    5.1. Producción de semillas, **65**
    5.2. Recolección y manipulación, **67**
    5.3. Conservación, **69**
6. Latencia de las semillas, **70**
    6.1. Tipos de latencia, **71**

7. Germinación, **73**
7.1. Fases de la germinación, **74**
7.2. Factores del medio que influyen en la germinación, **76**
8. Tratamientos para favorecer la germinación, **77**
8.1. Métodos de estratificación, **79**
9. Semilleros. Tipos y manejo, **82**
9.1. Tipos de semilleros, **82**
9.2. Preparación de sustratos o del terreno, **83**
9.3. Siembra, **84**
9.4. Mantenimiento del semillero, **85**
10. Producción de patrones francos o de semilla, **86**
11. Bibliografía, **88**
Actividades prácticas recomendadas, **90**
Cuestionario de evaluación, **93**

Capítulo. 3. Estaquillado, 95
1. Bases del estaquillado, **97**
1.1. Formación de raíces adventicias, **97**
1.2. Características generales del estaquillado, **100**
2. Tipos de estaquillas y de estaquillado, **101**
3. Plantas madres de estaquillas, **103**
4. Factores que influyen en el enraizamiento de las estaquillas, **106**
4.1. Material vegetal, **106**
4.2. Época de realización, **108**
4.3. Preparación y tratamiento hormonal de la estaquilla, **109**
4.4. Condiciones ambientales, **113**
5. Estaquillado con estaquillas leñosas, **116**
6. Estaquillado con estaquillas semileñosas y herbáceas, **121**
7. Estaquillado con estaquillas de raíz, **125**
8. Producción de planta por estaquillado, **127**
9. Bibliografía, **129**
Actividades prácticas recomendadas, **131**
Cuestionario de evaluación, **133**

Capítulo. 4. Acodo, 135
1. Bases del acodo, **137**
1.1. Características generales del acodo, **138**
2. Tipos de acodo, **139**
3. Plantas madres de acodos, **140**
4. Factores que influyen en el enraizamiento de los acodos, **141**
5. Acodo de brotes, **143**

5.1. Acodo de cepa o de corte y recalce, **143**
5.2. Acodo de trinchera, **147**
6. Acodo de ramos y ramas, **149**
6.1. Acodo de arco, **149**
6.2. Acodo aéreo, **150**
6.3. Otros tipos de acodo de ramos, **151**
7. Producción de planta por acodo, **152**
8. Bibliografía, **154**
Actividades prácticas recomendadas, **155**
Cuestionario de evaluación, **157**

Capítulo. 5. Injerto, 159
1. Aspectos básicos del injerto, **161**
1.1. Aplicaciones del injerto, **161**
1.2. Formación de la unión del injerto, **163**
1.3. Características generales del injerto, **166**
2. Tipos de injerto, **167**
3. Plantas madres de injertos, **169**
3.1. Recolección y conservación de varetas, **171**
4. Factores que influyen en la unión del injerto, **172**
5. Afinidad botánica del injerto en frutales, **176**
6. Incompatibilidad del injerto, **178**
6.1. Incompatibilidad localizada, **180**
6.2. Incompatibilidad translocada, **181**
7. Interacciones entre patrón e injerto, **182**
7.1. Influencia del patrón sobre la variedad injertada, **183**
7.2. Influencia de la variedad injertada sobre el patrón, **185**
8. Herramientas y materiales necesarios para injertar, **186**
8.1. Material de atado y protección, **187**
9. Cuidados posteriores al injerto, **188**
10. Injertos de yema, **189**
10.1. Época de realización, **190**
10.2. Tipos de injerto de yema, **192**
11. Injertos de púa, **200**
11.1. Época de realización, **201**
11.2. Tipos de injerto de púa, **202**
12. Injertos de aproximación, **212**
13. Injerto doble o intermediario, **215**
13.1. Tipos de injerto doble, **215**
14. Microinjerto, **219**
15. Bibliografía, **222**

Actividades prácticas recomendadas, **224**
Cuestionario de evaluación, **227**

Capítulo. 6. Micropropagación y otros tipos de propagación vegetativa, 229
1. Aspectos básicos de la micropropagación, **231**
    1.1. Características generales de la micropropagación, **232**
    1.2. Instalaciones y materiales necesarios, **233**
2. Factores que influyen en la micropropagación, **234**
3. Fases del proceso de micropropagación, **238**
    3.1. Fases del cultivo *in vitro*. **238**
    3.2. Fases de la aclimatación, **240**
4. Producción de plantas por micropropagación, **241**
5. Otros métodos de propagación vegetativa, **243**
    5.1. Aprovechamiento de sierpes, **243**
    5.2. Aprovechamiento de hijuelos, **244**
    5.3. Propagación mediante zuecas, **246**
6. Bibliografía, **247**
Actividades prácticas recomendadas, **249**
Cuestionario de evaluación, **251**

Introducción

Las plantaciones frutales tienen su punto de partida en la planta de vivero disponible para establecer el cultivo. Podemos decir que el primer paso en la actividad de la producción frutícola es la propagación de patrones y variedades.

Los tratados de Fruticultura siempre incluyen un apartado dedicado a los tipos de propagación y a las diferentes técnicas aplicadas a la propagación de los frutales, lo que tiene por objeto el presente libro.

El estudio de la propagación requiere conocimientos previos sobre los procesos biológicos de las plantas y, en nuestro caso, sobre la morfología y fisiología de los frutales. Estos conocimientos ayudarán a comprender más fácilmente los fundamentos de los dos tipos de propagación, sexual y asexual, y facilitarán la comprensión de las diferentes técnicas aplicadas.

En el presente texto se tratan los diferentes aspectos de la propagación desde un punto de vista general, aunque se particulariza a la propagación de especies concretas en aquellos casos que el tema lo requiere por su importancia, especificidad, excepcionalidad, etc., siempre en aras de una mejor comprensión.

El contenido del texto se ha estructurado en capítulos, coincidentes con las diferentes técnicas de propagación descritas.

Se comienza con un capítulo introductorio sobre la propagación de las plantas, exponiendo los tipos de propagación y sus características generales; luego se tratan aspectos sobre el germoplasma de frutales y su conservación y, finalmente, se hace una breve referencia a la difusión de variedades y a los viveros de frutales.

El capítulo segundo se dedica a la propagación sexual o por semilla. Se estudian los aspectos básicos de la propagación sexual y de las semillas, luego se hace referencia a la producción y manejo de las semillas y, finalmente, a la técnica de producción de plantas en semillero.

El capítulo tercero se dedica al estaquillado. Se hace referencia al manejo de las plantas madres de estacas, se estudian los factores que influyen en el enraizamiento de las estaquillas, y se describen los diferentes tipos de estaquillado y las técnicas aplicadas.

El capítulo cuarto se dedica al acodado. Se hace referencia al manejo de las plantas madres, a los tipos de acodo y a las diferentes técnicas para la producción de acodos.

El capítulo quinto se dedica al injerto. Se estudian los aspectos básicos de la unión del injerto y la incompatibilidad, se describe su clasificación y se tratan las aplicaciones y los materiales necesarios. Luego se describen los diferentes tipos de injertos de yema y de púa, indicando sus características y la forma de realización. Además, se hace referencia a otras técnicas de injerto, como los injertos de aproximación, el injerto doble y el microinjerto.

Finalmente, en el capítulo sexto se hace referencia, en primer lugar, a la micropropagación, reflejando sus características, los medios necesarios, los factores que influyen en su realización y las fases del proceso del cultivo *in vitro* y de la aclimatación de la planta. Luego se describen otros métodos de propagación vegetativa basados, fundamentalmente, en la producción de hijuelos y sierpes.

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 la propagación. Asimismo, con estas actividades prácticas se trata de capacitar al estudiante en la ejecución de las diferentes técnicas tratadas.

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

LA PROPAGACIÓN DE LAS PLANTAS Y LA CONSERVACIÓN Y DIFUSIÓN DE LAS VARIEDADES FRUTALES

1. La propagación de las plantas.
2. Tipos de propagación y técnicas.
3. La propagación sexual o por semilla.
4. La propagación asexual o vegetativa.
5. Variabilidad en la propagación vegetativa.
6. Propagación de patrones y variedades.
7. Material vegetal utilizado en propagación y calidad del material.
8. Germoplasma de frutales.
9. Difusión de las variedades.
10. Viverismo frutícola.
11. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. La propagación de las plantas

La propagación de las plantas tiene como objeto obtener nuevas plantas, tanto por medios sexuales como asexuales, con la finalidad de que las especies se extiendan por el territorio y se perpetúen en el tiempo.

Desde tiempos remotos el hombre aprendió a cultivar y propagar las plantas. El inicio de la agricultura supuso un gran cambio en la humanidad al transformar su vida nómada, con el hábito de trasladarse siempre en busca de alimento según las estaciones climáticas, por una vida más sedentaria, en asentamientos próximos a los terrenos en los que produce sus alimentos.

El progreso del cultivo de las plantas tiene uno de sus pilares fundamentales en la propagación. Mediante la propagación se domestican las especies silvestres originarias de los frutales cultivados en nuestros días.

La propagación sexual mediante las semillas de los frutos da origen a individuos diferentes de sus progenitores, lo que incrementa la diversidad varietal en cada especie y permite seleccionar luego los individuos con mejores características que darán origen a las nuevas variedades cultivadas o cultivares. Estos cultivares se multiplicarán y perpetuarán mediante la propagación vegetativa, evitando su extinción y extendiendo su cultivo, contribuyendo así al progreso de la Fruticultura.

Con la propagación de los frutales se conseguirá disponer de plantas para el establecimiento de nuevas plantaciones, ampliando así su superficie de cultivo o bien para la renovación de las plantaciones envejecidas. Las plantas producidas pueden ser transportadas con cierta facilidad, permitiendo introducir su cultivo en otras zonas lejanas.

El conocimiento y desarrollo de una de las técnicas de propagación, como es el injerto, ha hecho posible que el árbol frutal esté formado, en la mayor parte de las plantaciones, por dos materiales vegetales (o incluso tres) con diferente constitución genética, que son capaces de vivir y de desarrollarse como un único individuo botánico. Un material aporta el sistema radical (portainjerto) y el otro aporta la parte aérea (injerto), constituyendo así el plantón (o planta injertada) destinado al establecimiento de plantaciones frutales. Esto nos permite, con las posibles combinaciones de portainjerto e injerto, aprovechar las características más favorables de cada material vegetal según las características del medio y los objetivos de producción perseguidos.

En la propagación de frutales, comúnmente, se denomina variedad al genotipo dedicado a la producción de frutos, mientras que en plantas injertadas al genotipo que constituye el sistema radical se le denomina patrón y, en este caso, a la planta injertada se le denomina plantón. Por ello, en el presente libro se emplearán dichas denominaciones al hacer referencia a las plantas o al material vegetal que las constituye. Debe tenerse en cuenta que la denominación "variedad" hace referencia al término botánico "cultivar" (o variedad cultivada), identificado mediante la abreviatura "cv." seguida de su correspondiente nombre. También debe tenerse en cuenta que los diferentes patrones de una especie son, en definitiva, "variedades" (o cultivares) de dicha especie.

La producción, por un lado, de patrones mediante diferentes técnicas de propagación y, por otro lado, la producción de los ramos para extraer los injertos con los que serán injertados los patrones y luego la producción de los plantones resultantes es, en general, el objeto del viverismo frutícola.

1.1. Reseña histórica de la propagación

El descubrimiento de la propagación de las plantas es uno de los hechos históricos que más contribuyó al progreso de la humanidad; marca el comienzo de la práctica de la Agricultura y sienta las bases de las diferentes civilizaciones.

El cultivo de las plantas obliga al hombre a permanecer cerca de ellas para protegerlas de sus enemigos naturales y para su aprovechamiento, lo que da origen a los primeros asentamientos o pueblos. El hombre dispone así de una fuente de alimento próxima, segura y más fácil de conseguir. Al no disponer de todo lo necesario en el mismo sitio es preciso acudir a otras zonas para su aprovisionamiento, lo que da origen al comercio. La propagación de las plantas es, por lo tanto, un elemento modificador de la historia del hombre.

Es de suponer que lo primero que hizo el hombre primitivo fue cuidar las especies silvestres de las que se alimentaba. Librándolas de la competencia de otras plantas no útiles y proteger de alguna forma sus frutos. Hace unos catorce mil años antes de nuestros días ya se molían en Egipto las semillas silvestres de cereales para la alimentación.

Luego se descubre, al sembrar semillas, que éstas dan origen a nuevas plantas de características más o menos similares a las que proceden. El conocimiento en el manejo de las semillas para su cultivo se estima que fue hace unos diez mil años antes de

nuestros días, coincidiendo con el final de la última glaciación. Sobre estas mismas fechas comienza también la domesticación de los primeros animales.

El progreso de la extensión de la agricultura fue lento, conociéndose que en Europa se introdujo hace unos ocho mil quinientos años, probablemente a partir del Próximo Oriente.

Con las plantas que van aprendiendo a propagar y cultivar, los pueblos primitivos consiguen alimentos tanto para las personas como para los animales que van domesticando.

El hecho, que hoy nos parece tan elemental, como es el reproducir una planta a partir de sus semillas y conseguir de esta forma numerosas plantas, originó, sin duda, un gran cambio en la mentalidad de los seres humanos. Las semillas eran consideradas un material de gran importancia para la tranquilidad y la prosperidad los pueblos. Es de suponer, también, que pronto se originó una especialización entre los agricultores motivada por el comercio con los vecinos, dando lugar a una división de los trabajos. Es decir, unos producían las semillas para plantar y otros se dedicaban a la producción de cosechas para el consumo o aprovechamiento de los productos obtenidos.

Con el avance en el cultivo se fueron seleccionando los tipos más interesantes de plantas que luego evolucionaron hacia tipos muy diferentes de sus formas silvestres. Este proceso de mejora de las plantas no habría tenido gran significación si no se hubieran inventado y desarrollado técnicas de propagación para conservar sus características. De lo contrario, la mayoría de las plantas cultivadas se hubieran perdido o habrían revertido a formas menos deseables.

El siguiente gran descubrimiento fue el de generar una nueva planta a partir de un órgano diferente a la semilla, y conservar de esta forma las mismas características de la planta inicial, lo que da lugar a otro hecho fundamental en el desarrollo de la propagación. Haciendo referencia a la propagación de especies frutales, se supone que con el aprovechamiento de rebrotes enraizados y, posteriormente, con el enraizamiento de ramos, se inician las técnicas de la propagación vegetativa.

Posteriormente, otro gran descubrimiento es el injerto. Se sabe que era conocido por los chinos hace unos tres mil años. Aristóteles (aproximadamente trescientos cincuenta años antes de la era actual) hace referencia en sus escritos a los injertos con bastante detalle. En la época del Imperio Romano el injerto era popular entre los agricultores, y los tratados de la época describen los métodos de injerto con gran precisión.

No es hasta el siglo XIV y posteriores cuando las técnicas de propagación vuelven a tener un resurgir. En estas épocas el injerto era muy utilizado en jardinería en toda Europa, así como para la importación de planta de países lejanos, conociéndose ya el papel del cámbium en la soldadura. En el siglo XVII se plantaron ya en Inglaterra muchos huertos con árboles propagados por injerto.

Durante el siglo XVIII se realizaron numerosos estudios sobre la unión del injerto y su fisiología. En el siglo XIX los tratados sobre propagación describen los métodos de injerto de yema y de púa con gran precisión, los cuales son prácticamente coincidentes con los utilizados actualmente. En estos últimos siglos se profundizó en el estudio fisiológico de los materiales vegetales y en la incidencia del medio ambiental y ecológico sobre el crecimiento de las plantas, y en la mejora de los procedimientos y los materiales utilizados para la propagación.

A lo largo del siglo XX, paralelamente al gran desarrollo de la mejora genética de frutales, se utilizan técnicas mejoradas de propagación para obtener y seleccionar más rápidamente las nuevas variedades. Es a mediados del siglo XX cuando se produce el último gran descubrimiento que es la micropropagación y el cultivo *in vitro* del material vegetal. Aunque inicialmente el cultivo *in vitro* fue aplicado en mejora vegetal y en el saneamiento de virosis de las plantas, rápidamente fue utilizado como técnica de propagación y es empleado desde hace unas tres décadas en la producción comercial de planta.

2. Tipos de propagación y técnicas

La propagación tiene como principio básico el hecho de que cada célula contiene en sus cromosomas toda la información hereditaria necesaria para generar la planta entera. La conservación de las características propias de una planta depende de la transmisión, de una generación a la siguiente, de una combinación específica de genes presentes en los cromosomas de las células. El conjunto de estos genes constituye el genotipo de la planta. El genotipo, en combinación con el medio, produce una planta de una apariencia externa determinada, es lo que se conoce como fenotipo de la planta.

Las células desarrollan dos procesos fundamentales en relación con su perpetuación y por tanto con la de la planta, que son la meiosis y la mitosis. Ambos procesos son determinantes, respectivamente, de la propagación sexual (o por semilla) y de la propagación asexual (o vegetativa).

La propagación sexual implica la unión de células sexuales masculinas y femeninas mediante la fecundación y la posterior formación del embrión de las semillas, las cuales darán origen a una población de plantas con genotipos nuevos y diferentes.

La propagación asexual consiste en generar una nueva planta a partir de una porción de una planta inicial. Es posible gracias a la proliferación de nuevas células, en puntos específicos de la planta, que son capaces de regenerar nuevos tejidos y órganos o de unir partes de la planta, dando lugar a nuevos individuos con el mismo genotipo que la planta que los origina.

En la Tabla 1.1 se recogen los tipos de propagación y las diferentes técnicas que cada tipo presenta en frutales.

Tabla 1.1. Tipos de propagación y técnicas.

TIPOS DE PROPAGACIÓN	TÉCNICAS
POR VÍA SEXUAL O SEMILLA **(REPRODUCCIÓN)**	SEMILLERO
	CULTIVO *IN VITRO* DE EMBRIONES
POR VÍA ASEXUAL O VEGETATIVA **(MULTIPLICACIÓN)**	ESTAQUILLADO
	ACODO Y EXTRACCIÓN DE REBROTES
	INJERTO
	CULTIVO *IN VITRO* DE MERISTEMOS (MICROPROPAGACIÓN)
	PROPAGACIÓN POR SEMILLAS APOMÍCTICAS (SEMILLERO)

2.1. Técnicas de propagación

Las técnicas de propagación tienen como objetivo el conservar y multiplicar un genotipo concreto o bien obtener una población de genotipos específicos que reproduzcan la clase de planta que se desea en particular.

Para obtener nuevas plantas, cada uno de los dos tipos de propagación, sexual y asexual, comprende diferentes técnicas características, determinadas por el material vegetal empleado y por el método operativo seguido. Estás técnicas pueden resumirse en las expresadas seguidamente, no obstante en cada una se presentan luego variaciones significativas:

A) En propagación sexual o reproducción:

1. Semillero.

Consiste en la producción de plantas mediante la siembra de semillas y el cultivo posterior de las plántulas nacidas. El semillero puede ser al aire libre en campo, en eras o surcos; o bien en un ambiente protegido como cajoneras o invernadero, empleando normalmente, en este caso, bandejas o contenedores como medio de cultivo.

2. Cultivo *in vitro* de embriones.

Consiste en hacer germinar la semilla, sin tegumentos, en un medio *in vitro* y desarrollar la plántula en dicho medio, aclimatándola posteriormente en diferentes condiciones ambientales hasta su salida al aire libre. Esta técnica se emplea, principalmente, en mejora genética y no como técnica viverística.

B) En propagación vegetativa o multiplicación:

1. Estaquillado.

Consiste en obtener nuevas plantas mediante el enraizamiento de una porción (estaquilla o estaca) extraída, generalmente, de brotes o ramos de una planta. El enraizamiento puede realizarse al aire libre o bien en ambientes forzados, y utilizando diferentes sustratos y medios de cultivo, según las características de las estacas empleadas.

2. Acodo y extracción de rebrotes.

El acodo consiste en obtener nuevas plantas mediante el enraizamiento de los brotes o de los ramos de una planta durante su desarrollo, y una vez enraizados separarlos de la planta durante el reposo. También se pueden enraizar ramas. Presenta diferentes variantes según el manejo de la planta madre.

La extracción de rebrotes consiste en el aprovechamiento de los brotes enraizados producidos a partir de las raíces (sierpes) o en la zona del cuello de la planta (hijuelos). Además se incluye algún caso particular de propagación por brotes enraizados, como las zuecas en olivo.

3. Injerto.

Consiste, en general, en unir a una planta una porción viva separada de otra planta afín de diferente genotipo y lograr la soldadura y su desarrollo posterior como un solo

individuo. Presenta diferentes métodos según las características de los materiales vegetales empleados. Esta técnica se utiliza, principalmente, para la producción de plantones, que son plantas de una variedad, injertada sobre un determinado patrón, destinadas al establecimiento de nuevas plantaciones frutales. También tiene aplicación para cambiar de variedad una plantación adulta, además de otros usos en investigación.

4. Cultivo *in vitro* de meristemos (micropropagación).

Consiste en obtener, a partir de un meristemo, en un medio *in vitro*, una proliferación de nuevos brotes que con su posterior separación y enraizamiento darán lugar a nuevas plantas. Estas plantas deberán ser aclimatadas en diferentes condiciones ambientales hasta su salida al aire libre.

5. Propagación por semillas apomícticas (semillero).

Consiste en aplicar la técnica del semillero empleando semillas apomícticas. Estas semillas tienen el embrión normal (originado a partir del cigoto) y uno o varios embriones originados sin fecundación a partir exclusivamente de células del óvulo, generalmente de la nucela. Las plantas originadas a partir de estos embriones nucelares tendrán las mismas características que la planta madre, siendo, por ello, un tipo de propagación asexual aunque se empleen semillas.

En los siguientes capítulos del presente libro se tratarán cada una de las técnicas citadas, haciendo referencia a su fundamento, al procedimiento seguido y a su aplicación; siempre desde un punto de vista general, particularizando a la propagación de especies concretas solamente en aquellos casos que la aplicación de una técnica lo requiera, bien por su singularidad o importancia, o por una mejor comprensión.

3. La propagación sexual o por semilla

La propagación sexual es la forma natural de propagarse y se denomina también reproducción. Mediante la fecundación se produce la fusión de los gametos masculino y femenino en el saco embrionario del óvulo, dando lugar al cigoto o célula embrionaria diploide (2n) que con su división originará el embrión. Con el desarrollo del embrión se produce también el desarrollo de los tegumentos del óvulo, para formar las cubiertas de la futura semilla.

Las plantas originadas por las semillas se asemejarán más o menos a sus progenitores dependiendo del tipo de polinización y de sus características genéticas. Entre la descendencia de una combinación específica de progenitores puede presentarse una gran variación.

De generación en generación se heredan características que están controladas mediante la acción de los genes presentes en los cromosomas. Algunos caracteres son controlados por un solo gen como, por ejemplo, el color de la pulpa y el vello de la piel en el melocotonero; pero en la mayoría de los casos la herencia de caracteres es controlada por muchos genes (polifactorial), presentando entonces la descendencia una gran variabilidad respecto a los progenitores, requiriéndose, incluso, un análisis estadístico para mostrar en qué grado la descendencia se asemeja a sus progenitores.

La variabilidad de la descendencia dependerá del carácter homocigótico o heterocigótico de las plantas y del tipo de polinización y fecundación, bien si se autofecunda o es fecundada por otro progenitor diferente.

Una planta será homocigótica si una proporción elevada de genes presentes en un cromosoma son los mismos que los que se encuentran en el miembro opuesto del par de cromosomas (cromosomas homólogos). Por otra parte, si en un cromosoma hay un número suficiente de genes diferentes a los del otro miembro del par de cromosomas se dice que la planta es heterocigótica.

Si una planta homocigótica se autofecunda, o bien si se cruza con otro progenitor genéticamente similar, sus caracteres específicos serán transmitidos a la descendencia sin variación, y los descendientes se asemejarán a sus progenitores.

Por el contrario, si la planta es heterocigótica, tanto si se autofecunda como si la fecundación es con otro progenitor genéticamente igual o diferente, lo general es que no se transmitan los caracteres fenotípicos que interesen de los progenitores a la descendencia; y los descendientes, además, presentarán una gran variación entre sí y podrán aparecer caracteres más extremos.

Los frutales tienen un alto grado de heterocigosis y, además, los caracteres transmitidos suelen presentar polimería, es decir, están regulados por varios genes. Todo ello hace que con la propagación sexual no se conserven los caracteres y que las plantas obtenidas difieran entre sí y, a su vez, de los progenitores.

En la producción de planta de frutales es cada vez menos utilizada la forma de propagación sexual debido a los inconvenientes expuestos. Asimismo, se debe tener en cuenta que las plantas producidas por semilla deben superar la fase juvenil para entrar

en producción, lo cual es otro gran inconveniente para muchas especies que tardan varios años en superar esta fase.

Aunque la propagación por semilla es un método fácil y económico, ha quedado relegado solamente para obtención de determinados patrones de algunas especies, sobretodo si tienen dificultad para propagarse vegetativamente, y cada vez se emplea menos. Por el contrario, la propagación sexual es utilizada para la producción de planta ornamental o con otras finalidades no productivas, así como en mejora genética para la obtención de nuevas variedades y patrones.

4. La propagación asexual o vegetativa

La propagación asexual es una forma artificial de propagación y consiste, en esencia, en obtener una nueva planta a partir de una porción de material vegetal de otra planta. Se obtiene de esta forma una descendencia de plantas genéticamente iguales a la planta madre. Se denomina también, por ello, propagación vegetativa o multiplicación.

La propagación asexual es posible gracias a la división celular o mitosis que se efectúa en puntos o áreas específicas para producir crecimiento, como es en los meristemos y en el cambium. De esta forma, con la proliferación de nuevas células en los tejidos se producen crecimientos nuevos en porciones adultas del tallo o de la raíz originando raíces y tallos adventicios, y también se produce la unión de materiales vegetales diferentes dando lugar a un crecimiento conjunto como un solo individuo.

Durante el proceso de división celular los genes son replicados en las células hijas dando lugar a cromosomas exactamente iguales (con ciertas excepciones) a los de la célula que provienen. En consecuencia, las características de la nueva planta que se desarrolla a partir de una porción de otra planta (planta madre) serán las mismas que las de la planta que proviene.

Los procesos básicos que dan origen al crecimiento vegetativo y a la regeneración de una nueva planta son los siguientes:

- Formación de raíces adventicias. Base del estaquillado y del acodo.
- Formación de yemas adventicias en las raíces. Permite la propagación por sierpes, estacas de raíz y zuecas.

- Unión de dos porciones de material vegetal de manera que se suelden y posteriormente crezcan y se desarrollen como una sola planta. Es la base del injerto.

- Regeneración de plantas a partir del cultivo de tejidos o meristemos en medios asépticos. Es la base del cultivo *in vitro*.

- Formación de embriones apomícticos en semillas. Permite obtener en el semillero plantas iguales a la planta madre que produjo las semillas.

Estos procesos básicos dan origen a las diferentes técnicas de propagación vegetativa ya comentadas. En la mayor parte de los casos, las técnicas se complementan en el vivero para dar lugar a la producción de planta injertada o plantones.

Al conjunto de plantas obtenidas por propagación vegetativa a partir de un sólo individuo se le denomina clon. A la descendencia así obtenida a partir de una única planta madre inicial se le denomina descendencia clonal. Es decir, constituye un cultivar genéticamente uniforme denominado, comúnmente, "variedad clonal".

Al tener todas las plantas del clon el mismo genotipo, la población tiende a ser fenotípicamente muy uniforme. Por lo general, las plantas tendrán el mismo vigor y comportamiento vegetativo y productivo, los frutos serán similares, coincidirá exactamente la época de floración y la época de maduración, etc., lo cual supone grandes ventajas para la explotación. No obstante, como el fenotipo resulta de la interacción del genotipo con el medio en el cual se desarrolla la planta, puede haber variaciones dentro de las plantas de un mismo clon debidas a factores del medio.

Los individuos de una variedad no clonal tienen características propias comunes que permiten identificarla como tal variedad, aunque pueden mostrar diferencias entre sí respecto a otros caracteres. En este caso se le denomina "variedad población" para diferenciarla de una "variedad clonal". Dichos individuos no clonales pueden tener homocigosis respecto a los caracteres fundamentales, por ello no presentan grandes diferencias entre sí. Este es el caso de algunas variedades tradicionales o autóctonas, con autofecundación, que se han propagado por semilla en alguna ocasión.

Las únicas desventajas que presenta una variedad clonal son las derivadas de una posible situación adversa, como un ataque de una enfermedad o plaga que puede afectar por igual a todos los individuos de la plantación al no haber diferencias en su resistencia. Igualmente, en el caso de autoincompatibilidad no existirá la posibilidad de cruzamiento con genotipos diferentes dentro de la misma variedad, o bien si el medio

cambia no se dispone de formas mejor adaptadas a las nuevas condiciones. No obstante, en la producción frutal ya se tienen previstas estas repercusiones negativas.

Una gran parte de las variedades frutales cultivadas actualmente son clonales, y la misma tendencia existe para los patrones, excepto en los casos que aún se emplean patrones de semilla por su mayor facilidad de obtención o por no disponer de material clonal seleccionado.

5. Variabilidad en la propagación vegetativa

Teóricamente, la vida de los clones es ilimitada si se les propaga correctamente y se les cultiva en ambientes que no originen una deterioración progresiva. El deterioro más significativo puede ser debido al ataque de organismos patógenos, especialmente virus, ya que pueden originar efectos muy negativos sobre la producción o la planta.

Los cambios genéticos (mutaciones) en el clon pueden originar individuos fuera de tipo que reducen el valor del clon. Aunque en ocasiones estos nuevos individuos presentan aspectos más favorables que el clon inicial, como es el color del fruto, la anticipación de la maduración, etc.

Otro factor de variabilidad de un clon puede ser debido al origen del material inicial, en el caso que haya sido tomado de diferentes partes de una planta procedente de semilla, correspondiendo a las diferentes fases del desarrollo (juvenil, de transición y adulta). Los cambios de fase se pueden manifestar en diferentes caracteres, como forma de las hojas, presencia de espinas, falta de floración, etc. Luego, si se toman porciones de material que se encuentra en fase juvenil, la planta resultante de este material manifestará esas características juveniles. Por ejemplo, el injerto con una yema tomada de un ramo espinoso en fase juvenil dará, generalmente, una brotación más espinosa que si la yema se toma de una zona adulta.

Si el material utilizado para la propagación del clon se encuentra en fase adulta, todo el nuevo material originado tendrá las características adultas, lo que es normal cuando se realizan operaciones en un vivero.

En la propagación vegetativa también pueden ocurrir reversiones de fase adulta a fase juvenil, como ocurre siempre en la propagación sexual con el embrión y la nueva planta que origina. Estas reversiones ocurren, principalmente, en los siguientes casos:

- En los brotes adventicios, ya sea a partir de callo, en raíces o en cultivo de tejidos.
- En la propagación *in vitro* y también con tratamientos hormonales del material a propagar.

La propagación con material en fase juvenil presenta diferencias de regeneración respecto al material adulto. Suele producir raíces y yemas adventicias con más facilidad, y lo mismo ocurre con la regeneración de tejidos; lo que puede ser utilizado en estaquillado y en injerto en aquellos casos especiales que se requiera, como en investigación sobre material vegetal.

5.1. Topófisis

Se denomina topófisis a la influencia ejercida por la zona de la planta de la que se toma el material de propagación sobre la descendencia producida por ese material. Una forma de topófisis se presenta al propagar una planta a partir de material vegetal en fase juvenil, según se ha comentado anteriormente.

Otros casos de topófisis se presentan cuando al propagar ciertas especies (cafeto y araucaria) se manifiesta diferente forma de crecimiento de las plantas propagadas dependiendo de la posición de las ramas en las que se toma el material vegetal; por ejemplo, si éstas eran erectas o inclinadas, las nuevas plantas adoptarán, respectivamente, un crecimiento vertical o más bien horizontal.

También se citan casos de topófisis, en plantas desarrolladas a partir de injertos, dependiendo de las características de los ramos donde se toman las yemas. Así se cita, por ejemplo, que en peral, manzano y olivo si se toman yemas de ramos muy vigorosos (chupones) se obtienen plantas inicialmente vigorosas; aunque esto sólo puede ser explicado (en parte) en el caso de que el chupón se desarrolle a partir de una zona juvenil o de una yema adventicia. En otros casos se cita que los injertos con yemas de la parte basal de ramos de manzano resultan más productivos de los tomados en la porción apical del ramo, pero esta afirmación no está justificada.

5.2. Mutaciones

En las células meristemáticas pueden ocurrir cambios genéticos que originan modificaciones en partes de un clon. Si estos cambios tienen lugar en los meristemos responsables de la propagación vegetativa, como puede ser en una yema, darán lugar a

un nuevo genotipo o clon, que presentará algunos caracteres diferentes, favorables o desfavorables, respecto al clon inicial.

En general, las mutaciones tienden a ser regresivas, dando lugar a características de escaso valor, o incluso negativas, aunque en algún caso generan una gran aportación. El efecto de la mutación en la variabilidad de un clon depende de la tasa en que ocurra la mutación y de la extensión que las células hijas de la célula mutante original ocupen dentro del meristemo mutado.

Las mutaciones pueden ocurrir espontáneamente o pueden ser inducidas mediante agentes mutágenos físicos o químicos. Las mutaciones pueden afectar al genoma (mutaciones genómicas) con la variación del número de cromosomas, o bien a algún cromosoma (mutaciones cromosómicas), o bien solo a alguno de los genes (mutaciones génicas); e, igualmente, pueden afectar al DNA contenido en el citoplasma (plastoma en los plastos y condrioma en las mitocondrias). Este último caso da lugar, frecuentemente, a plantas albinas o variegadas, originadas por plasmagenes mutados, por ejemplo el limón "Eureka" variegado.

El tipo de célula mutada y su localización en un meristemo determina el que se produzcan o no cambios permanentes en la planta. Si el cambio ocurre en las células de la base del meristemo apical, es probable que no sea apreciado debido al crecimiento de otras células no mutadas. Por el contrario, si afecta a la punta del meristemo suele conducir a un cambio significativo, el cual dependerá de la característica modificada y sí se detecta o no con facilidad.

Cuando la mutación afecta íntegramente al desarrollo del meristemo se denomina mutación total. Si queda afectado parcialmente, de manera que tiene tejidos mutados y tejidos normales, se le denomina quimera. En la Figura 1.1 se representa, esquemáticamente, la mutación total o parcial de una yema y su evolución.

Las células del meristemo apical son relativamente estables y menos sujetas a tener mutaciones que aquellas de meristemos celulares menos organizados, como ocurre en parénquimas internos o en el callo de cicatrización.

La mutación en una yema puede ocurrir de forma natural o espontánea, debido a la acción de estímulos ambientales, al someter a la planta a un estrés, por intervenciones drásticas en la vegetación, etc. La frecuencia mutagénica varía de una especie a otra, siendo muy elevada en los cítricos y en el manzano, y más reducida en peral, melocotonero, vid y olivo.

La mutación a poliploidía tiene repercusiones diferentes según el grado y las especies implicadas.

La triploidía puede originar una esterilidad total en melocotonero y parcial en peral y manzano, dificultando la polinización y fecundación. En cítricos la triploidía da lugar a frutos más grandes y apírenos, y a plantas de mayor vigor.

La tetraploidía puede originar frutos más grandes en peral, manzano y vid; sin embargo, las formas tetraploides también presentan problemas de fertilidad, originando deficiencias en la fecundación y, por tanto, en la productividad.

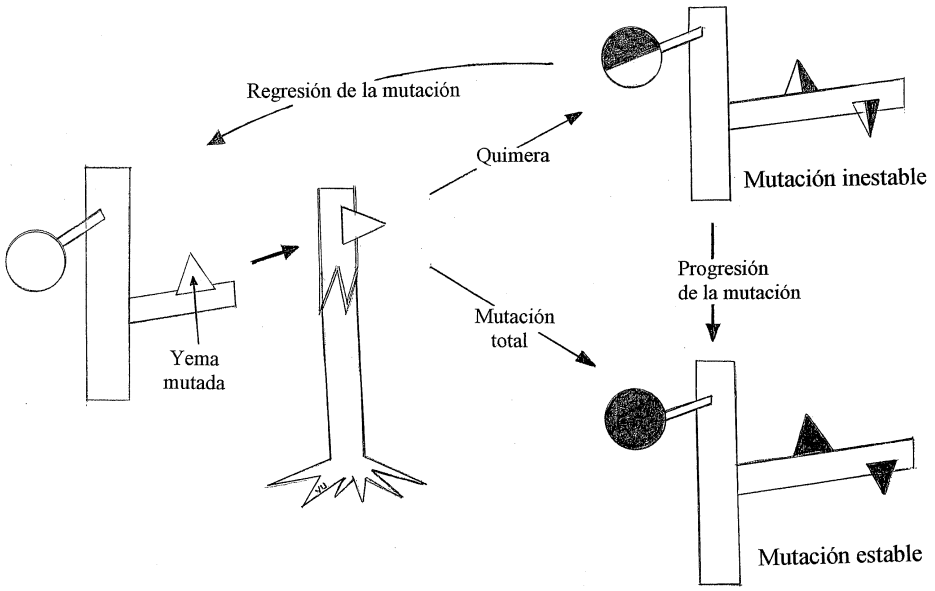


Figura 1.1. Mutación estable e inestable en una yema.

Los tratamientos para provocar artificialmente mutaciones en yemas son de dos tipos:

1) Tratamientos químicos.

Consisten en alterar los procesos cariocinéticos de los meristemos de las yemas (mutaciones genómicas) o en inducir mutaciones génicas. El mutágeno más clásico sigue siendo la colchicina, que impide la formación del huso durante el proceso de división y da lugar, frecuentemente, a la poliploidía.

Al convertirse solamente algunas células del ápice en crecimiento en poliploides, se origina una citoquimera inestable. Para una mayor efectividad se debe favorecer con un mojante la penetración de la colchicina en los tejidos y luego favorecer con giberelina el crecimiento de las células mutadas.

2) Tratamientos físicos.

Principalmente, consisten en radiaciones ionizantes (rayos X y γ) capaces de provocar cambios en la estructura del DNA, dando lugar a mutaciones cromosómicas o génicas.

Entre las obtenciones más importantes logradas destacan los árboles de porte "semi-spur", con ramificación relativamente corta, en manzano y olivo. Con posteriores tratamientos se han conseguido hacer más o menos estables los nuevos clones, por lo que se supone que las mutaciones no sean quiméricas, sino totales.

Las mutaciones, junto con las nuevas técnicas de ingeniería genética, constituyen una alternativa a los cruzamientos, para explorar las posibilidades combinatorias de los caracteres de una especie, para lograr clones más atractivos y productivos.

5.3. Quimeras

Las quimeras son plantas (o partes de ellas) formadas por dos o más tejidos genéticamente diferentes que crecen en forma separada pero adyacente en la misma planta. Se pueden producir cuando los tejidos de un ápice no resultan totalmente mutados, dando lugar a tres tipos de quimeras:

a) Quimera periclinal. Presenta un tejido de una capa relativamente delgada, de una o varias células, cubriendo por completo a otro tejido con diferente genotipo.

b) Quimera mericlinal. Es semejante al tipo periclinal, pero en este caso la capa de tejido mutado sólo ocupa una parte del tallo. Este tipo es de los que más ocurren de forma natural.

d) Quimera sectorial. El tejido mutado ocupa un sector definido del tallo entero.

En la Figura 1.2 se representan esquemáticamente estos tres tipos de quimeras, formados a partir de la mutación de un ápice.

Para conocer el efecto que originan las quimeras se debe acudir al origen de los tejidos del ápice meristemático. Éste está formado por dos capas de células (L_1 y L_2) capaces únicamente de divisiones anticlinales, y debajo de éstas se encuentra una masa (corpus) formada por células capaces de dividirse en varias direcciones.

De la capa L_1 se deriva el tejido epidérmico que contiene sólo una capa de células, pero a veces forma varias capas. La mutación mediclinal que afecte a esta capa dará, por ejemplo, brotes con características epidérmicas propias de los tejidos normales y de los mutados, o bien a la formación de frutos con epicarpio variegado. La mutación periclinal en la misma capa dará, por el contrario, brotes y frutos, respectivamente, con tejidos epidérmicos y con epicarpio totalmente mutados. En ambos casos, al no haber afectado la mutación a la capa L_2 no serán trasmisibles por vía sexual los caracteres mutados.

De la capa L_2 se deriva la corteza externa, los tejidos del mesofilo, los esporofilos, que dan lugar a los órganos reproductores, y el mesocarpio de los frutos.

Del corpus se derivan los restantes tejidos de la planta (la corteza interna, el cilindro vascular y la médula).

En general, una mutación que ocurre en una célula de una de estas capas sólo afecta a la parte del tallo que se origina de dicha capa. El desarrollo subsiguiente de una quimera depende de la ubicación de las yemas laterales con relación a las áreas mutadas, mostrando o no el carácter mutante según el punto en que se desarrolle la nueva yema y el tipo de quimera que presente el tallo.

Las mutaciones mericlinales, al igual que las sectoriales, son inestables y tienden a convertirse en periclinales, o bien sufrir una regresión hacia la forma originaria, con la consiguiente desaparición, en este caso, de los caracteres mutados.

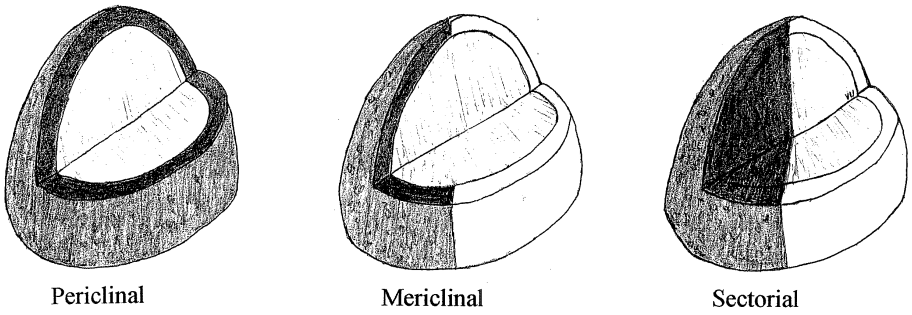


Figura 1.2. Tipos de quimeras formados a partir de la mutación de un ápice.

Son numerosos los ejemplos de mutaciones de yema de tipo quimérico, con interés frutícola, como por ejemplo:

- La mutación periclinal de pera Williams para dar lugar a la Red Bartlett.

- Las zarzamoras sin espinas derivadas de mutaciones periclinales.

- La descendencia de las manzanas "Delicious" más coloreadas, al ser sometidas a mutaciones sucesivas. El color rojo en las manzanas es debido a una quimera mutante, sólo está presente el rojo en la epidermis o capa exterior y el tejido interior queda no mutado.

- Los hábitos vegetativos compactos y el desarrollo reducido en tipos "spurs" y "semi-spurs".

Otra forma de producirse quimeras se presenta en las denominadas "quimeras de injerto" (también mal denominadas en alguna ocasión "híbridos de injerto"). Se originan al formarse una yema adventicia en el punto de unión del injerto con motivo de lesiones o cortes realizados a propósito en la zona de soldadura. El nuevo meristemo se originará a partir de células del callo de cicatrización de los dos materiales vegetales que forman el injerto. Se produce, de esta forma, el crecimiento adyacente de los dos materiales vegetales dando lugar a un brote constituido por una quimera, probablemente de tipo sectorial.

6. Propagación de patrones y variedades

La propagación de patrones y variedades tiende a realizarse cada vez más por vía asexual, dados los inconvenientes que presenta la propagación sexual. No obstante, en el caso de los patrones estos inconvenientes no son tan acusados como lo serían para las variedades, dado que los patrones son injertados y solo aportan el sistema radical, por lo que la variedad, en este caso, se propagaría vegetativamente y constituiría el sistema aéreo.

Las variedades, como ya se ha citado, se propagan vegetativamente empleando el injerto, aunque también pueden propagarse mediante el enraizamiento de estaquillas (variedad autoenraizada) o por cultivo *in vitro*, pero esta última técnica presenta inconvenientes por las posibles mutaciones que pueden ocurrir. En algunas especies no es habitual el empleo del injerto, propagándose por estaquillado, como es el caso del olivo.

En general, los patrones se propagan vegetativamente mediante estaquillado, acodado y por micropropagación mediante el cultivo *in vitro*; aunque también pueden utilizarse otras técnicas de propagación vegetativa como producción de sierpes o por

fragmentación de las plantas. En algunos casos, los patrones también se propagan por semilla, como melocotonero, albaricoquero, almendro, cerezo y ciruelo, principalmente; utilizando para ello cultivares que mantienen más o menos sus características con esta propagación, pero siempre tendrán los inconvenientes ya citados al producirse variabilidad en la descendencia. En los cítricos la propagación habitual es por semilla dada la capacidad que tienen, en general, de producir semillas apomícticas las variedades utilizadas como patrones.

7. Material vegetal utilizado en propagación y calidad del material

En propagación, se entiende por material vegetal todo el material perteneciente o relativo a las plantas con función de vegetar; es decir, de crecer, desarrollarse y propagar la planta. Incluye, por lo tanto, individuos botánicos, órganos o parte de ellos.

La normativa sobre propagación de frutales diferencia, globalmente, el material vegetal en dos grupos: materiales de multiplicación y plantones de frutal. A efectos de su aplicación los define como:

- Materiales de multiplicación: las semillas, partes de plantas y cualquier material de plantas, incluidos los portainjertos, destinados a la multiplicación y producción de frutales.
- Plantones de frutal: las plantas que, tras su comercialización, estén destinadas a ser plantadas o replantadas (debe entenderse en plantaciones frutales, finalmente).

Téngase en cuenta que la anterior definición de plantones de frutal no sólo considera la planta injertada, tal como comúnmente se entiende, sino que también incluye a las plantas desarrolladas sobre sus propias raíces (autoenraizadas).

El material utilizado y producido en la propagación de frutales se presenta, habitualmente, bajo las siguientes formas:

- Semillas y plantas originadas por las mismas, en diferentes estados de desarrollo.
- Brotes y ramos enraizados en diferentes estados de desarrollo, y porciones de los mismos para enraizar.

- Brotes y ramos para extraer púas y yemas para injertar, y en algún caso porciones sin yemas.
- Yemas y brotes para extraer meristemos para micropropagación y plantas originadas por cultivo *in vitro*, en diferentes estados de desarrollo.
- Plantas injertadas, en diferentes estados de desarrollo.

Con la propagación vegetativa se tiene la seguridad de transmitir exactamente las características del material parental, a no ser que se produzcan mutaciones que afecten de forma considerable a la descendencia, pero se corre el riesgo de transmitir también a la descendencia ciertos organismos patógenos que son diseminados junto con el material.

Si el material parental está infectado por virus, es muy posible que estos se transmitan a las nuevas plantas obtenidas de él, incluso vía injerto. Esto no ocurre con la propagación por semilla, ya que no es probable que los virus de frutales o gran parte de ellos se transmitan con la semilla.

En el caso de que el material original esté infectado por bacterias, hongos u otros patógenos, también es muy posible que estos organismos de transmitan a toda la descendencia. Los patógenos son los causantes, en muchos casos, de los fallos que se producen durante la propagación, como es el caso de la falta de soldadura del injerto por virus, la podredumbre de estaquillas por algunos hongos, etc.

Las plantaciones frutales realizadas con plantas infectadas presentarán problemas más o menos graves, dependiendo del patógeno, y, sin duda, verán afectada su productividad.

Es necesario, por ello, que las plantas de las que se toma el material vegetal para la propagación estén libres de patógenos, y tomar después durante la propagación las precauciones para eliminar las fuentes de contaminación.

Estas precauciones consisten en: desinfección de las herramientas empleadas (tijeras y navajas), desinfección de suelos y sustratos, tratamientos de las plantas con fungicidas e insecticidas, eliminar las plantas contaminadas o sospechosas de haber sufrido una contaminación con patógenos difíciles de erradicar, etc.

El estado sanitario del material vegetal es, por lo tanto, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en la propagación, sobre todo en la propagación vegetativa.

La sanidad del material vegetal junto con otras características relacionadas con la forma, desarrollo y estado físico de la planta es lo que determina la calidad global de las plantas producidas.

Estas otras características, principalmente, son: tamaño de la planta (longitud y calibre), conformación y desarrollo del sistema radical (número de raíces, tipo, posición y tamaño), conformación y desarrollo del sistema aéreo (tipo de ramificación, posición y tamaño), el estado físico de las raíces, del tronco y de la ramificación (lesiones, rotura de yemas y deshidratación) y, en plantas injertadas, la afinidad del material injertado y la soldadura producida.

8. Germoplasma de frutales

Entre las especies frutales se presentan características muy heterogéneas, tanto en la forma de la planta como en el aspecto de sus frutos, y difieren considerablemente en su origen y taxonomía. La mayor parte de los frutales presenta formas arbóreas, pero también hay especies frutales arbustivas con una gran importancia de cultivo, y también especies herbáceas productoras de fruta, aunque en el texto sólo se hará referencia a las plantas leñosas.

Dentro de una especie frutal, entre el conjunto de sus variedades, también se presentan diferencias acusadas, sobre todo si se consideran variedades antiguas y autóctonas, y aún más si se encuentran ejemplares silvestres.

Denominamos germoplasma de una especie al conjunto de la variabilidad genética que se puede encontrar en dicha especie.

El cultivo de frutales a lo largo de los siglos ha forzado la evolución en las especies hacia caracteres interesantes para el hombre, como pueden ser: el tamaño del fruto, las propiedades gustativas, la mayor producción, la mejor adaptación y facilidad de cultivo, etc. Con la mejora genética se han creado nuevas variedades que responden a las exigencias productivas y comerciales actuales y se ha abandonado el cultivo de variedades antiguas, así como de las variedades autóctonas cultivadas en los tradicionales huertos frutales. Actualmente nos encontramos que la producción frutal se asienta en un número muy reducido de variedades. Por ello, corremos un gran riesgo de perder el patrimonio genético frutal si no se intenta recuperarlo y conservarlo en bancos de germoplasma, para que pueda ser utilizado en la obtención de nuevas variedades y en

dar solución a las futuras necesidades y problemas que se planteen en la producción frutícola.

Es probable que características como la composición nutritiva de la fruta, la aptitud para la transformación industrial, la maduración extratemprana o extratardía, la precocidad de producción, la eficiencia fotosintética y productiva de la planta, etc., adquieran cada vez mayor importancia. Posiblemente la frecuencia de alguno de estos caracteres no sea alta en las colecciones actuales por lo que debe prestarse más importancia a la evaluación y conservación del germoplasma primitivo de frutales.

La conservación de la biodiversidad es hoy día una preocupación constante de muchos sectores de la sociedad. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Cumbre de Río-1992) consideró los recursos fitogenéticos como "Patrimonio de la Humanidad", con la necesidad de conservarlos.

El interés por reunir y conservar material vegetal de los diferentes cultivos se remonta al siglo XVIII, pero no es hasta el siglo XX cuando adquiere un gran auge. A mediados de dicho siglo la FAO inicia las discusiones sobre la conservación, creándose en 1983 la Comisión de Recursos Fitogenéticos. La ONU promueve en 1972 un programa internacional y luego se crea un Consejo (CIRF) cuyas funciones realiza, actualmente, el Instituto Internacional para los Recursos Fitogenéticos, con la finalidad de establecer una red duplicada de centros de conservación y de fomentar la conservación, evaluación e intercambio de material.

En España el interés por la prospección y conservación se remonta a finales del siglo XIX. Se cita como una de las colecciones más antiguas (1861) la establecida con manzano en la Estación Experimental de Aranjuez. En el siglo XX, entre los años 50 y 70, se establecen importantes colecciones, pero muchas de ellas desaparecen por diversas razones. En 1993 se crea el Programa de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos del MAPA y se configura la Red de Colecciones con la financiación del INIA, retomando así de nuevo el interés por la conservación. Actualmente existen en España varias colecciones de manzano, peral, melocotonero, almendro, vid, olivo y otros frutales en dicha Red, además de las colecciones pertenecientes a entidades muy diversas y a fruticultores aficionados.

Los recursos fitogenéticos, además de tener el conocido interés práctico como reservorio de genes de resistencia a plagas y enfermedades, y de adaptación a condiciones del medio adversas y a técnicas de cultivo, en la actualidad están siendo de gran interés para conseguir variedades con mejores características respecto a otros objetivos de producción y comerciales. También, recientemente, con la estrategia

regulada de "producción ecológica" y otras similares se está manifestando un gran interés por las variedades tradicionales y autóctonas, con vistas a redescubrir antiguos sabores y usos de la fruta y disponer de plantas mejor adaptadas a las condiciones del medio ecológico en que se desarrollan, a la vez que sus frutos son valorados con otros criterios particulares de productividad y calidad.

A la hora de decidir que material se conserva debe conjugarse el interés del conservador con los recursos disponibles. Evidentemente, sería muy costoso y puede que poco práctico, conservar todos los genotipos que se van obteniendo o recuperando. Prioritariamente se debe tratar de conservar la fuente de genes, más que los genotipos específicos derivados; no obstante siempre nos quedará la duda de haber desechado individuos con combinaciones de genes que podrían haber resultado muy útiles. No debe olvidarse la conservación de las especies silvestres de frutales ya que en ellas existe una rica variación genética que puede ser de gran utilidad.

La amplia base genética que tiene cada individuo y la gran heterogeneidad que se presenta entre ellos obliga a caracterizar y estudiar el material disponible; luego en base a sus características y a su similitud taxonómica se definen las prioridades de conservación dentro de un sistema coordinado de cooperación entre las entidades implicadas, tanto nacional como internacionalmente. Además, debe tenerse en cuenta la dificultad de conservación de los frutales, ya que normalmente se hace mediante propagación vegetativa y cultivo en campo, lo que requiere importantes recursos de infraestructura y conlleva costes importantes de mantenimiento de las colecciones a lo largo de los años.

Por seguridad, las colecciones deben implantarse en más de un lugar. En este sentido es importante tener definidos y establecidos los centros de referencia o "colecciones nucleares" de germoplasma de cada especie, en los que se reúnen los individuos representativos de la variabilidad de las diferentes colecciones existentes.

Como puede verse es necesaria la coordinación entre los centros de conservación o bancos de germoplasma para que su función resulte lo más eficaz posible, asegurando la conservación de la biodiversidad frutícola a la vez que se optimiza el consumo de recursos. Asimismo, los bancos de germoplasma integrados en las redes o programas oficiales de conservación de recursos fitogenéticos deben cumplir las normas establecidas en convenios internacionales de cooperación o bien por los organismos encargados de su coordinación, con el fin de ajustarse a los derechos y obligaciones sobre recolección, conservación y propiedad del material, y, además, darlo a conocer y facilitar su utilización.

8.1. Métodos de conservación

La conservación del germoplasma de frutales se realiza, usualmente, mediante plantación en campo, utilizando las técnicas convencionales de propagación y cultivo; aunque también pueden utilizarse sistemas forzados según las necesidades y características del material vegetal a conservar.

Tanto la conservación en campo como los otros sistemas menos convencionales presentan ventajas e inconvenientes, determinados, en general, por la sencillez o dificultad del método, por la necesidad de recursos, por la adaptación del material y la conservación de sus características, por las posibilidades de disponibilidad y utilización del material, y, finalmente, por su seguridad. Los métodos de conservación son los siguientes:

1. Cultivo de plantas.

La plantación en campo o el cultivo de plantas en contenedor, utilizando las técnicas convencionales de propagación vegetativa y de manejo del cultivo, es el sistema más viable a largo plazo y el más seguro, aunque no exento de ciertos riesgos, sobre todo el cultivo en contenedor por su mayor sensibilidad a variaciones en las condiciones del medio de cultivo.

La plantación en campo de al menos tres plantas por genotipo y a marcos amplios (al menos 5x4 m para frutales de pepita y hueso) permite la conservación con gran seguridad durante muchos años, dependiendo de la longevidad de la especie; a la vez se dispone de gran cantidad de material y se tiene una fácil difusión a los interesados mediante varetas para injertar, o incluso polen, en su caso.

La propagación vegetativa de las plantas y su cultivo mediante las diferentes técnicas existentes sigue siendo el método más sencillo de perpetuar germoplasma de frutales y de mantener sus características genéticas. Su principal inconveniente es la necesidad de espacio para plantación, o de otras infraestructuras como invernaderos, además de requerir la aplicación periódica de las técnicas culturales que las plantas y el medio exigen.

2. Cultivo *in vitro*.

La micropropagación, con el cultivo *in vitro* de las pequeñas plantas, puede llegar a ser una alternativa al cultivo convencional de plantas para conservar el germoplasma. No obstante, esta técnica presenta ciertos inconvenientes para la utilización del material, como es el tener que esperar cierto tiempo hasta conseguir plantas adultas y su

floración. Además, dadas las condiciones del medio de cultivo hay que considerar el riesgo de mutaciones, lo que originaría variabilidad en el material conservado.

La conservación de los cultivos requiere instalaciones muy tecnificadas y controladas, y el repicado y mantenimiento del material es costoso actualmente. Por otro lado, presenta un riesgo elevado de pérdida, a no ser que se disponga de numerosas réplicas y en diferente instalación. Todo ello sigue haciendo que sistema de cultivo más sencillo y factible actualmente sea la plantación en campo.

3. Conservación de semillas y de polen.

Las semillas pueden conservar su viabilidad en condiciones normales durante varios años, lo que varía mucho según las especies, oscilando desde 1-2 años a algo más de 6 años. Mediante la conservación en bajas temperaturas (alrededor de -20 ºC) se alarga la viabilidad a dos o más décadas, lo que es usual como método de conservación de especies herbáceas. Incluso podría pensarse en la conservación de semillas en nitrógeno líquido.

Independientemente de las posibilidades de almacenamiento, la conservación del germoplasma de frutales por este método conlleva el inconveniente de la variabilidad o segregación producida al propagar la planta por semillas, dado que los frutales presentan gran heterocigosis y, en general, requieren polinización cruzada.

Aún en el caso de conservar las características genéticas deseables, para la utilización del material en programas de mejora genética existe también el inconveniente de que la planta que proveniente de semilla debe pasar, generalmente, un período de varios años hasta que produce flores (juvenilidad).

El polen de los frutales, aunque puede ser conservado mediante congelación normal varios años (desde 2 a 9 según las especies), no es la solución para conservar el germoplasma, dado que como ocurre con las semillas no lograríamos mantener todos los recursos genéticos deseados; además de que también conllevaría grandes dificultades este método para conservar el germoplasma y se requeriría disponer de una planta con flores para su reposición. No obstante, su disponibilidad permitiría la utilización inmediata en programas de mejora sin tener que recurrir a su recolección.

4. Conservación en frío de varetas y de yemas.

La conservación de varetas (tomadas en reposo) en cámaras frigoríficas a temperaturas próximas a 0 ºC puede llegar hasta un año, no sin ciertas dificultades para mantener su viabilidad de injerto, lo que no soluciona el problema de la conservación

del germoplasma. Además, en el caso que se consiguiera alargar esta duración, para la renovación del material se requiere disponer de plantas desarrolladas.

No obstante, en los últimos años se ha puesto en marcha una nueva e interesante posibilidad mediante la técnica de conservación de yemas en nitrógeno líquido (a -170 ºC, aproximadamente), a partir de las cuales se consigue generar nuevas plantas. En un futuro, este método de crioconservación puede ser la solución para conservar material a largo plazo sin grandes dificultades.

Por ejemplo, la Universidad de Cornell en Geneva (Nueva York) dispone de un banco de germoplasma en el que utiliza ya la técnica de crioconservación para frutales. Las características de dicho banco pueden ser consultadas en la dirección de Internet: www.ars-grin.gov/gen/.

8.2. Colecciones de variedades para evaluación

Las colecciones de variedades de frutales, implantadas con la finalidad de estudiar su adaptación al medio o su comportamiento en diferentes condiciones de cultivo, constituyen también un banco de germoplasma; aunque su finalidad primordial no incluye la conservación de la variabilidad frutícola. Además, estas colecciones son, en general, reducidas en número de genotipos, aunque suelen disponer de bastantes ejemplares por variedad para dar significación a la experimentación planteada. Por otro lado, son colecciones especializadas en material vegetal de determinadas características, según los objetivos de la evaluación, ya que resultaría muy costoso disponer de un número muy elevado de variedades debido a las necesidades de superficie y de mantenimiento.

Además, en todo caso, al coleccionista le resultaría imposible seguir conservando todo el material empleado en sus evaluaciones. Lo mismo cabe decir del material obtenido por los mejoradores a lo largo del proceso de mejora, del cual se conserva en colecciones solamente el material que se considera valioso según los objetivos perseguidos con la mejora.

La propiedad y protección del material seleccionado y conservado en colecciones individuales, tanto públicas como privadas, genera en ocasiones litigios de cara a su explotación comercial. Por ello, los bancos de germoplasma deben tener como objetivo esencial el preservar la diversidad genética y no deberían emplearse como fuente directa de material para el sector comercial, a no ser que sea a través de una difusión regulada previamente.

Las colecciones de variedades de frutales, aunque constituyen por sí mismas una reserva de germoplasma, tienen en definitiva otros objetivos frutícolas más inmediatos relacionados con la producción y comercialización, y, en muchos casos, están ligados a intereses privados, por lo que difieren, conceptualmente, de un banco de germoplasma.

9. Difusión de variedades

El proceso de difusión de una nueva variedad es largo y complejo. Desde que la variedad se distribuye a los viveros autorizados para su propagación hasta que se obtienen los primeros frutos en explotaciones frutales transcurren en general unos 5 años, y este periodo puede alargarse hasta unos 8-10 años si la variedad se incluye dentro del proceso de producción de planta certificada. En el caso de patrones el tiempo de difusión puede reducirse algo, dependiendo del tipo de propagación utilizado.

Con el fin acortar estos plazos, además de considerar otros intereses comerciales respecto a la protección de la variedad, algunos obtentores realizan contratos directos con grandes productores y les facilitan el material vegetal (injertos o plantones), acelerando así la llegada al mercado de los frutos de la nueva variedad introducida.

El tiempo que transcurre desde que se obtiene o se selecciona una nueva variedad hasta que se pone a disposición de los viveros o de los productores es también largo, dependiendo de los ensayos ya realizados durante el proceso de mejora y de la evaluación posterior que se haga de su comportamiento agronómico hasta disponer de un conocimiento completo de la misma, según los intereses del obtentor y del sector productivo. Evidentemente, esta duración se verá influida por las características propias de la especie y por la precocidad de cada variedad.

El proceso general de difusión incluirá las siguientes etapas:

1. Evaluación en el centro de obtención de características no estudiadas durante el proceso de mejora o de selección de la variedad, como pueden ser la afinidad y vigor alcanzado sobre determinados patrones, la precocidad, la necesidad de polinizadores, la productividad, etc.

2. Evaluación en diferentes zonas de producción del comportamiento ecológico y productivo de la variedad, y de la calidad de sus frutos. Esta evaluación suele realizarse en la red de estaciones experimentales frutícolas.

3. Distribución a los viveros autorizados para su propagación, bien en un proceso tradicional o bien mediante el sistema de certificación. Estos viveros deben establecer sus campos de plantas madres para la producción de injertos de la variedad, según sus necesidades anuales.

4. Producción por los viveros de plantones de la variedad sobre los patrones más adecuados y demandados por fruticultores, en función de las características de sus explotaciones.

5. Implantación de dicha variedad en las explotaciones frutícolas.

6. Entrada en producción de las plantaciones y comercialización de los primeros frutos.

7. Divulgación y difusión entre los consumidores de los frutos de la variedad. La aceptación que tenga por el consumidor y la apreciación respecto a las otras variedades existentes será la prueba final y definitiva de la difusión varietal. Si la variedad supera esta prueba pasará a ocupar un lugar en las explotaciones y en el mercado; si no es así, rápidamente desaparecerá del sector. Si la variedad es aceptada perdurará hasta que sus características sean superadas por otra nueva variedad o que el sector productivo o el comercial pierda interés por ella.

10. Viverismo frutícola

El viverismo frutícola tiene por objeto la producción de planta, tanto patrones como plantones, para el establecimiento de plantaciones frutales. La empresa viverística, como tal empresa privada, perseguirá la rentabilidad de su producción y tratará de ajustarse a la demanda de planta y a las variedades requeridas por las explotaciones frutales.

La actividad viverística, aunque lleva a cabo el cultivo de especies frutales, tiene como peculiaridad dentro de la fruticultura que objetivo no es lograr la producción de fruta sino de plantas o partes de ellas (estaquillas, injertos, etc.), a excepción del caso de producir semilla de determinados patrones, y aún en este caso las características de la fruta producida se valoran con criterios muy diferentes a la fruta comercializable.

Asimismo, la actividad viverística se diferencia de la producción frutícola en que reemplea parte de su propia producción en continuar el proceso productivo hasta lograr,

mediante diferentes técnicas de propagación, producir los patrones y, finalmente, los plantones de frutales.

Otro aspecto a destacar del viverismo es el de ser una actividad regulada por ley que debe ajustarse a la reglamentación específica vigente. Para poder ejercer la actividad y comercializar la planta se precisa estar registrado oficialmente y disponer del título de productor para alguno de los grupos de especies frutales y categorías de productores establecidos.

Las explotaciones viverísticas suelen especializarse en base al tipo de especies producidas y en base a la tecnología de producción aplicada. Por otro lado la legislación establece tres categorías de productores: productor-obtentor, productor-seleccionador y productor-multiplicador, con restricciones según los grupos de especies y, a su vez, permitiéndoles la producción de determinadas categorías de plantas.

En cuanto a las especies frutícolas producidas, los viveros se diferencian en tres tipos: viveros de frutales (a su vez especializados en diferentes grupos de especies, como frutales de pepita y hueso, olivo, aguacate, pequeños frutos, etc.), viveros de cítricos y viveros de vid.

En cuanto a tecnología de producción se pueden diferenciar los viveros tradicionales, con producción de plantas en campo, de los viveros que incorporan las nuevas técnicas de propagación, como el cultivo *in vitro*, y asientan su producción (principalmente de patrones) en laboratorio e invernadero. Dependiendo de la especialización del vivero y del tamaño de la empresa, la explotación puede incluir en cada grupo varias especies e incorporar diferentes tecnologías de producción.

En nuestro País existe, por un lado, un número muy alto de pequeños productores que se dedican a la producción de plantones de dos o tres especies solamente y de pocas variedades, y, por otro lado, existe un reducido número de grandes productores que son los que dan origen a la mayor parte de la producción y disponen de una gran diversidad varietal. La producción de patrones está más concentrada en grandes viveros. Los productores de cítricos, por necesidades reglamentarias, tienen una producción grande.

Cada vez es mayor la profesionalización y tecnificación en las empresas viverísticas, lo que unido a una regulación más estricta, hace que la planta producida sea de mayor calidad, lo que sin duda redundará en beneficio de la producción frutícola. No obstante, la exclusividad de variedades y el control del mercado llevado a cabo por las grandes firmas viverísticas puede llevar a una excesiva concentración y a condiciones monopolistas.

11. Bibliografía (Capítulo 1. La propagación de las plantas y la conservación y difusión de las variedades 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:

Alvarez, S. 1973. *Multiplicación de árboles frutales.* Editorial Aedos. Barcelona. 300 pp.,[43 - 52].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [20 - 30].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [493 - 501].

Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* CECSA. México. 760 pp., [13 - 29].

Margara, J. 1984. *Bases de la multiplication vegetative.* INRA. Paris. 262 pp., [25 - 50].

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.* Ministerio de Agricultura. INIA. Madrid. 1.003 pp., [327 - 334, 338 - 339].

Moore, J.N.; Janick, J. (Edit.). 1988. *Métodos genotécnicos en frutales.* A.G.T. Editor. México. 606 pp., [3 - 22]

Nuez, F.; Ruiz, J.J. 1999. *Encuentro internacional sobre conservación y utilización de recursos fitogenéticos*. Servicio Publicaciones. Universidad Politécnica de Valencia. 263 pp., [35 - 68].

Pita, J.M.; Iriondo, J.M. 1997. *Conservación de recursos fitogenéticos.* Agricultura, n.º 783: 800-803.

Rallo, L. 1985. *Los estudios de material vegetal en producción frutal en España: una aproximación metodológica*. ITEA. Vol. Extra n.º 4 (El material vegetal en la producción frutal): 10 - 43.

Socias, R. 1995. *El germoplasma frutal (1ª parte). Razones para una conservación*. Fruticultura Profesional, 74: 6 - 12.

Stainer, R.; Wohlgemuth, H.; Gummerer, K. 2001. *Rischi e opportunità dei mutanti di melo.* Frutticoltura, n.º 9 (2001): 19 - 23.

Urbina, V. 1999. *Viveros de frutales, cítricos y vid.* Monografías de Fruticultura, n.º 2. Paperkite Editorial. Lleida. 182 pp., [13 - 19].

Van Hintum, Th.J.L.; Brown, A.H.D.; Spillane, C.; Hodgkin, T. 2000. *Core collections of plant genetic resources.* IPGRI. Roma. Technical bulletin n.º 3. 48 pp., [6 - 24].

Valli, R. y Schiavi, S. 1989. *Coltivazioni Arboree*. Edizioni Agricole. Bologna. 432 pp., [49, 58 - 64].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. M.º Agricultura. S.G.T., Serie Técnica. Madrid. 521 pp., [195 - 202].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 1. La propagación de las plantas y la conservación y difusión de las variedades frutales

1 [Campo]. Reconocer en el vivero de frutales del Campo de Prácticas las diferentes técnicas de propagación utilizadas.

2 [Campo]. Observar y analizar en el vivero la segregación producida en el semillero de ciruelo mirobolán. Compararlo con el semillero de melocotonero GF-305.

3 [Campo]. Observar y analizar en el vivero las diferencias fenotípicas existentes en el semillero de cerezo Santa Lucía y en el estaquillado de cerezo Santa Lucía SL-64.

4 [Laboratorio]. Observar, en el material existente en el vivero, procesos básicos de la propagación vegetativa: formación de raíces adventicias en estaquillas y acodos, formación de yemas en las raíces (en estacas de raíz de ciruelo) y formación del callo de cicatrización en el injerto.

5 [Laboratorio]. En semillas de naranja, seccionar y separar los tegumentos y extraer los embriones formados, observando la poliembrionía (semillas apomícticas).

6 [Campo]. En las plantas madres de acodos de membrillero observar la mayor espinosidad en alguno de los brotes producidos, debido, generalmente, a su formación a partir de yemas adventicias.

7 [Campo]. En una plantación de perales de la variedad Red Bartlett observar en algunas ramas la producción de brotes y frutos fuera de tipo (con similitud a la variedad Williams) debido a una mutación regresiva producida en las yemas. Analizar las repercusiones de dicha mutación en el caso de producirse en una planta madre de injertos.

8 [Campo]. Realizar un diagnóstico sobre el estado sanitario de las plantas madres de semillas, estaquillas e injertos del vivero. En el caso de encontrar alguna afección en las plantas, analizar las repercusiones que el mal estado tendría sobre la planta producida con ese material.

9 [Laboratorio - taller]. Observar en el laboratorio, en material seco conservado, la sintomatología producida por las virosis Stem pitting y Stem grooving sobre manzano Virginia Crab y analizar su repercusión sobre las plantas.

10 [Campo]. Observar en el vivero de indexaje plantas de peral virosadas y plantas sanas, y analizar las repercusiones de emplear ese material vegetal en una plantación.

11 [Campo]. Analizar en el vivero de plantones la calidad del material vegetal. Comparar la diferente conformación y observar el estado físico de las plantas.

12 [Campo]. Visitar el Banco de Gemoplasma de peral y manzano de la Universidad de Lleida (o una colección varietal de una especie, según la disponibilidad) y analizar la variabilidad existente en algunos caracteres de la vegetación y de la fructificación.

13 [Laboratorio - taller]. Comprobar en varetas de peral y manzano, guardadas varios meses en cámara frigorífica, la dificultad de conservar el germoplasma y proponer alternativas a este método, analizando las ventajas e inconvenientes.

14 [Taller]. Proponer un plan de difusión de una nueva variedad de pera, desde que se obtiene hasta que llega al consumidor, especificando: etapas, actividades y duración aproximada.

15 [Taller]. En base a lo observado en el vivero del Campo de Prácticas, realizar, para una especie, un breve informe sobre las características de la actividad viverística que se lleva a cabo, especificando: parcelas, plantaciones, instalaciones, maquinaria y otras necesidades.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 1. La propagación de las plantas y la conservación y difusión de las variedades frutales

1. ¿Por qué el descubrimiento de la propagación de las plantas supuso un hecho histórico para la humanidad?

2. ¿Cómo se sucedieron los diferentes descubrimientos de las técnicas de propagación?

3. ¿Cuáles son los tipos de propagación y qué diferencias esenciales hay entre las diferentes técnicas que comprenden?

4. ¿Qué características generales presenta la propagación sexual o por semilla y a qué son debidas?

5. ¿En qué se fundamenta la propagación asexual o vegetativa y qué características generales presenta?

6. ¿Qué es una "variedad clonal", por qué se utiliza y cómo puede propagarse?

7. ¿Por qué puede originarse variabilidad en la descendencia mediante la propagación vegetativa?

8. ¿Qué es la topófisis y en qué casos se presenta en frutales?

9. ¿Cómo pueden ocurrir las mutaciones en las yemas y cómo afectan a las células?

10. ¿Qué son las quimeras y qué tipos existen?. Indicar ejemplos con interés frutícola.

11. ¿Cómo se propagan los patrones y las variedades y qué repercusión tiene sobre ellos el tipo de propagación?

12. ¿Qué formas incluye el material vegetal utilizado y producido en la propagación de frutales?

13. ¿Qué importancia tiene la calidad sanitaria del material vegetal empleado en propagación y cuáles son sus repercusiones?

14. ¿Qué se entiende por germoplasma de frutales y cuál ha sido su evolución a lo largo de los años?

15. ¿Por qué tiene interés la conservación de los recursos fitogenéticos frutícolas?

16. ¿Cuál es el método utilizado, en general, para la conservación del germoplasma de frutales y qué alternativas se presentan más viables?

17. ¿En qué se diferencian los bancos de germoplasma de frutales de las colecciones de variedades para evaluación?

18. ¿Qué tiempo transcurre, en general, desde que se obtiene una variedad hasta que se producen los frutos en las explotaciones frutales? ¿Cómo puede acortarse este tiempo?

19. ¿Qué etapas incluye el proceso de difusión de variedades frutícolas?

20. ¿Qué tiene por objeto el viverismo frutícola y qué aspectos caracterizan dicha actividad?

2

LA PROPAGACIÓN POR SEMILLA

1. Aspectos básicos de la propagación por semilla.
2. Desarrollo y constitución de la semilla.
3. Semillas apomícticas.
4. Calidad de las semillas.
5. Producción, manejo y conservación de semillas.
6. Latencia de las semillas.
7. Germinación.
8. Tratamientos para favorecer la germinación.
9. Semilleros. Tipos y manejo.
10. Producción de patrones francos o de semilla.
11. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Aspectos básicos de la propagación por semilla

La forma natural de propagarse las plantas es mediante las semillas, por eso se denomina también reproducción.

El embrión de la semilla, formado a partir de la fecundación, da origen a una nueva planta con la información genética de los gametos masculino y femenino. Esta planta presentará, en general, características diferentes a los parentales masculino y femenino, según ya se ha comentado en el Capítulo 1.

La variabilidad producida en la descendencia mediante la propagación sexual dependerá del carácter homocigótico o heterocigótico de la planta y del tipo de polinización requerido, bien si se autofecunda o necesita ser fecundada por otro progenitor diferente.

En los frutales se produce, generalmente, una gran variabilidad o segregación en las plantas producidas por semilla, a excepción de las semillas apomícticas que contienen embriones formados asexualmente. Las variedades frutales son, en general, muy heterocigóticas y, además, muchos de los caracteres importantes (vigor, hábito de fructificación, época de floración y maduración, forma y tamaño del fruto, etc.) son polifactoriales, siendo regulados por la acción compleja de varios genes. Por otro lado, gran parte de las variedades requiere la polinización cruzada al presentar autoincompatibilidad en mayor o menor grado.

Luego, tanto si la planta se autofecunda o, más aún, si la fecundación es cruzada, la descendencia producida tendrá una variabilidad grande, encontrando el mayor número de plantas con caracteres intermedios entre los dos parentales y alguna de ellas con caracteres más extremos, por ejemplo en tamaño del fruto o en fecha de maduración.

La propagación sexual tendrá aplicación en mejora genética pero, evidentemente, no puede ser utilizada para propagar variedades productoras de fruta. Téngase en cuenta que, además de la variabilidad producida, las plantas presentarán juvenilidad y tardarán varios años en dar frutos.

Solo será factible la propagación por semilla para la producción de patrones, puesto que luego son injertados con las variedades deseadas. Debe procurarse que los cultivares empleados para la producción de semilla tengan un alto grado de homocigosis y que tengan autofecundación, si es posible. Es conveniente extraer las semillas de plantas madres seleccionadas y relativamente aisladas de otros cultivares.

Entre los patrones propagados por semilla están, por ejemplo, las selecciones de melocotonero GF-305, R. Red Leaf, Nemared, Montclar, etc., que presentan una descendencia más o menos uniforme respecto a los caracteres interesantes buscados. Con menor grado de uniformidad se tiene algún cultivar de almendro, como Garrigues, Atocha y Desmayo Rojo; algún cultivar de albaricoquero, como Canino, Real Fino o el silvestre Manicot; y algún cultivar de peral, como Kirchensaller y Williams.

Por el contrario, otras especies como el manzano, el cerezo dulce (*P. avium*), el cerezo Santa Lucía (*P. mahaleb*), el ciruelo Mirobolán (*P. cerasífera*), etc., presentan una descendencia con poca homogeneidad. Se ha dejado de utilizar hace tiempo la propagación por semillas en manzano, por disponer de una amplia gama de patrones clonales, y también en cerezo dulce; y cada vez es menos utilizada en los otros *Prunus* al disponer de selecciones que se propagan vegetativamente con gran facilidad y son preferidas a las plantas producidas por semilla.

En cítricos lo usual es la propagación de patrones por semilla. En este caso debe tenerse en cuenta que muchos de los patrones utilizados presentan embriones apomícticos (poliembrionía), por lo que las plantas producidas por ellos serán totalmente uniformes. También se emplean patrones de semilla en aguacate y mango, este último también con poliembrionía.

Cada vez está más generalizada la utilización de patrones propagados vegetativamente debido a la necesidad de mantener la mayor homogeneidad posible en la plantación, por ello se recurre cada vez más a material clonal. Los patrones de semilla están quedando relegados solamente a algunos casos concretos en los que la propagación vegetativa tiene dificultades, o bien que los patrones obtenidos por semilla tengan una gran uniformidad y presenten cualidades que no se encuentran en las selecciones propagadas vegetativamente.

Comúnmente, los patrones propagados por semilla se denominan patrones francos. Al referirnos a estos patrones es necesario especificar la especie correspondiente para que no haya dudas en los casos en que la planta está injertada sobre otras especies, sobre todo en frutales de hueso. Por ejemplo: melocotonero injertado sobre franco de ciruelo, almendro injertado sobre franco de melocotonero, cerezo injertado sobre franco de cerezo Santa Lucia, etc.

La obtención de plantas a partir de semillas es una técnica sencilla y económica. Tiene, además, la ventaja de que en semilleros convencionales se obtiene un gran número de plantas en una pequeña superficie. Las mayores dificultades radican, para

algunas semillas, en el proceso de extracción del fruto, y luego en los tratamientos para superar la latencia de la semilla y conseguir una buena germinación.

El semillero requiere un cuidado esmerado en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas, como todos los cultivos en general; pero una vez que las plantas alcanzan cierto crecimiento sólo requiere las actividades habituales de cultivo.

2. Desarrollo y constitución de la semilla

La semilla tiene su origen en los procesos citológicos que se dan en las partes reproductoras de la flor, según se refleja en la Figura 2.1.

En los estambres tiene lugar, en los sacos polínicos, la formación del grano de polen que después de la polinización y crecimiento del tubo polínico aportará los núcleos espermáticos haploides (n) para la fecundación.

En el pistilo tiene lugar, en el óvulo, la formación del saco embrionario originando los dos núcleos polares y la oosfera, todos ellos haploides, que intervendrán en la fecundación.

La fecundación consiste en la fusión de las células reproductoras en el saco embrionario. El tubo polínico llega al óvulo, lo penetra, normalmente por el micrópilo, alcanza el saco embrionario y libera los dos núcleos espermáticos para dar lugar a una doble fecundación. Un núcleo espermático se fusiona con el núcleo de la oosfera para formar el cigoto diploide que dará origen al embrión. El otro núcleo espermático se fusiona con los dos núcleos polares formando el endospermo primario triploide, el cual dará origen al tejido nutritivo del embrión.

Las primeras divisiones del cigoto constituyen un proembrión. Las células iniciales lo mantienen unido con la pared del saco embrionario formando el suspensor, con una forma cilíndrica, y la célula del extremo se divide activamente dando lugar al cuerpo del embrión, con una forma esférica. En las siguientes fases, el cuerpo del embrión pasa a tener una estructura achatada y comienza a diferenciarse. En las dos zonas que rodean la porción terminal se forman mediante divisiones celulares los cotiledones. En la parte superior se diferenciará el epicótilo con el meristemo vegetativo (plúmula). Por debajo de los cotiledones se diferencia el hipocótilo, que en su extremo tendrá un meristemo de raíz (radícula). Con el crecimiento, el embrión residual formado por la plúmula y la

radícula se alarga ligeramente y los cotiledones adquieren su forma característica. En los frutales de hueso el embrión en su crecimiento inicial tiene forma de corazón.

El crecimiento del embrión es precedido por el crecimiento del endospermo que desempeña una función nutricional para el embrión. El núcleo del endospermo primario se divide rápida e intensamente dando lugar a núcleos libres no separados por membranas, más tarde se transformarán a estado celular y serán también digeridos por el embrión en crecimiento. A medida que crece el endospermo digiere tejido nucelar y, a su vez, el endospermo secundario regenerado va siendo digerido por el embrión. Tanto el endospermo como los cotiledones se componen, principalmente, de compuestos nitrogenados (proteínas, aminoácidos, etc.), carbohidratos y lípidos.

Finalmente, en la semilla madura de casi todas las especies frutales, la nucela y el endospermo quedan reducidos a un remanente inapreciable. En avellana, pistacho y nuez forman una capa de dos o tres células sólo detectable al microscopio; en otros casos son consumidos totalmente. En las Rosáceas no se presentan restos de endospermo; por el contrario, en la semilla de la vid permanece como tejido de reserva (albumen) ocupando una porción más importante que los cotiledones.

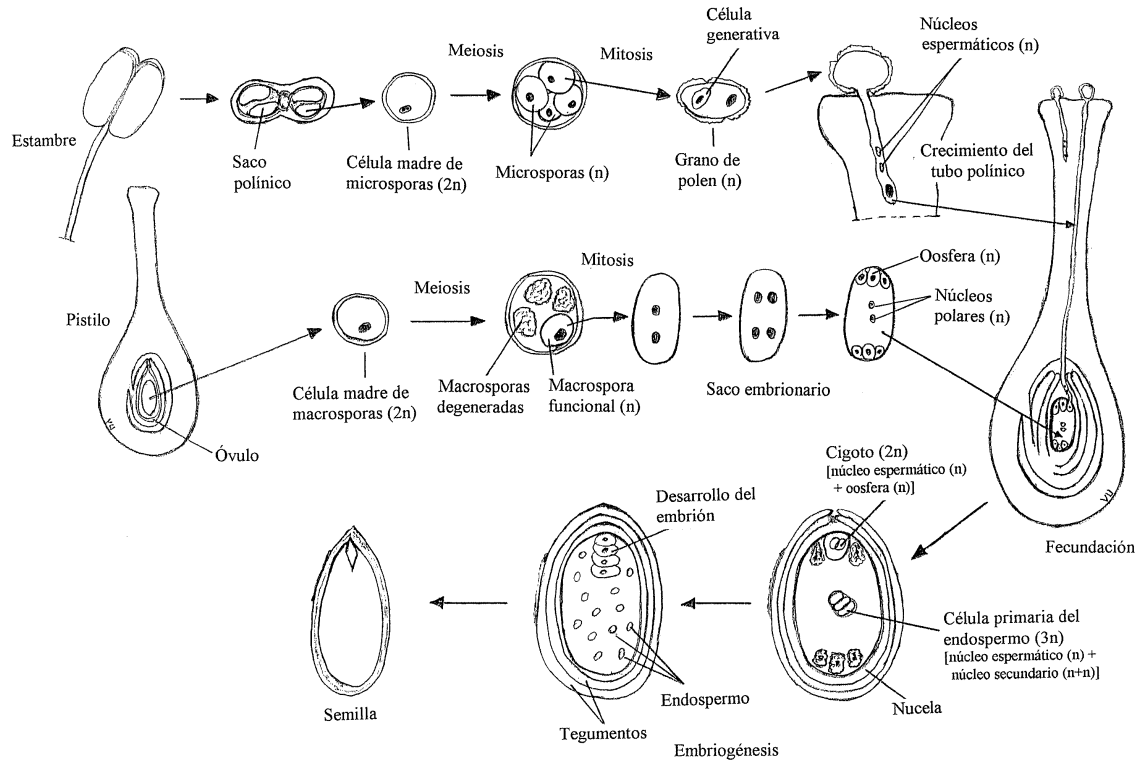


Figura 2.1. Procesos citológicos de la gametogénesis y la fecundación

Con el desarrollo del endospermo y del embrión se produce también el desarrollo de los tegumentos del óvulo, para formar las cubiertas de la futura semilla. La transformación de la primina (capa externa) da lugar a la testa, y la transformación de la secundina (capa interna) da lugar al tegmen. En algunos casos degenera la capa interna y queda sólo la testa como epispermo.

En frutales de pepita, principalmente, si el embrión aborta los tegumentos del óvulo pueden continuar el desarrollo dando lugar a una semilla sumida (semillas vanas) con mayor o menor crecimiento. Incluso, sin haberse producido la fecundación puede haber un ligero desarrollo de los tegumentos originando una pequeña semilla vana. En frutales de hueso si el embrión aborta lo normal es que el fruto no siga adelante.

2.1. Fases del desarrollo de la semilla

En el desarrollo de la semilla se diferencian, claramente, cuatro fases, marcadas por el estado del embrión. En la Figura 2.2 se representan diferentes etapas por las que discurre el desarrollo de la semilla de los frutales de pepita y de los frutales y hueso.

Las fases características del desarrollo de la semilla son las siguientes:

1. Fase de crecimiento lento.

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

2. Fase de crecimiento rápido.

Al inicio de la fase el endospermo pasa a un estado celular y el embrión entra en un periodo de crecimiento rápido, consumiendo el endospermo primario que es reemplazado por otro secundario, el cual se regenera constantemente al ser consumido. El embrión se va alargando o bien en los frutos de hueso adquiere forma de corazón, y se aprecia a la vista. Entonces ya se diferencian claramente los cotiledones y el embrión residual, y al terminar la fase el embrión ocupa su volumen máximo y finaliza el crecimiento.

En los frutales de hueso comienza en esta fase el endurecimiento del endocarpio, lo que marca el volumen máximo a ocupar por la semilla. El proceso dura varias semanas.

3. Fase de maduración.

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

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

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

4. Fase de latencia.

Por último, la semilla ya madura entra, en general, en una fase de latencia regulada por las cubiertas o por mecanismos internos que le impiden la germinación. La latencia interna o endodormición está regulada por el ABA (ácido abscísico) y la semilla necesitará acumular frío para salir de esta latencia, por la que pasan las especies de zona templada.

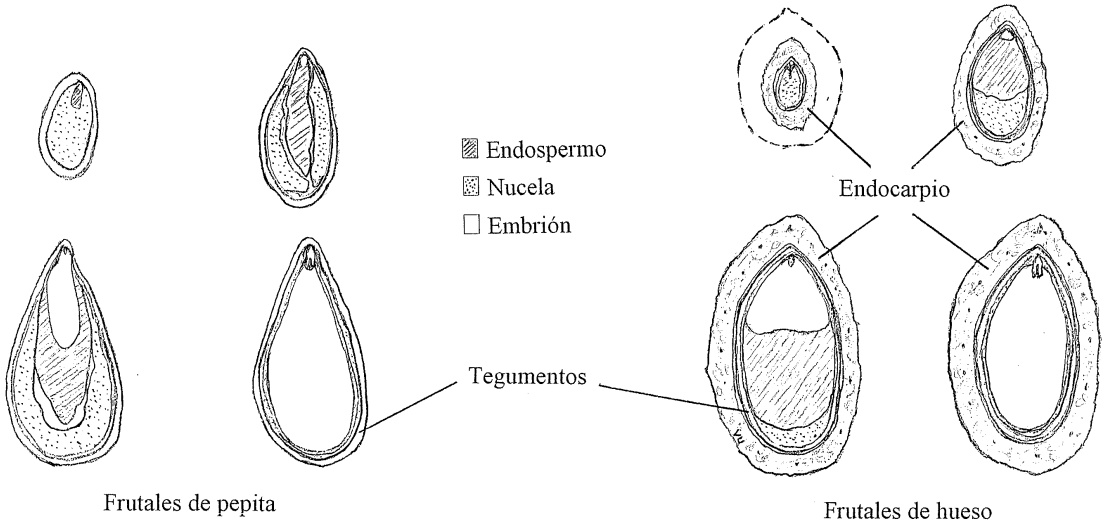


Figura 2.2. Fases del desarrollo de la semilla en frutales de pepita y hueso.

2.2. Constitución de la semilla madura

La semilla madura está compuesta por tres partes: el embrión propiamente dicho (eje embrionario o embrión residual), los cotiledones y las cubiertas (Figura 2.3).

El embrión residual tiene un tamaño muy pequeño respecto a los cotiledones, y en él se diferencia claramente la plúmula (epicótilo si no tiene hojas) y la radícula que darán origen a la futura planta. La radícula suele sobresalir ligeramente entre los cotiledones.

En la mayoría de las semillas de frutales los cotiledones son gruesos y más o menos alargados, están situados simétricamente respecto al eje del embrión residual y presentan una cara plana en la zona de contacto. Al separar los cotiledones queda adherido en el ápice de uno de ellos el pequeño embrión residual. Los cotiledones funcionan como órganos de reserva de las sustancias utilizadas por el embrión durante la germinación y el inicio del crecimiento. En las semillas que contienen endospermo el tamaño de los cotiledones es reducido, al utilizarlo, también, como tejido nutritivo.

Las cubiertas de la semilla están formadas por los tegumentos, el externo denominado testa y el interno tegmen. En algún caso, adosada a la pared interna se encuentra una fina película del remanente de la nucela y del endospermo; en muchos casos no se presenta.

La cubierta externa está, normalmente, engrosada y endurecida, y presenta un color pardo o marrón. Su consistencia es muy variable; por ejemplo: membranosa en *Prunus*, cartilaginosa en *Malus* y *Pyrus*, coriácea en *Citrus* y leñosa en *Diospiros*. La cubierta interna, normalmente, es delgada, transparente y membranosa.

Cuando la semilla madura se desprende del funículo que la une con la placenta, lo que le deja una cicatriz (hilio). El micrópilo se cierra o queda como un poro inapreciable.

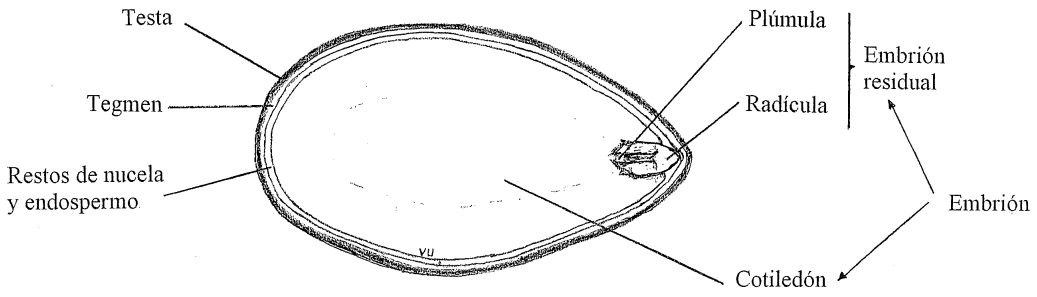


Figura 2.3. Partes de una semilla tipo seccionada.

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

En algunos frutales de hueso, como melocotonero y almendro, y en unas variedades más que en otras, suelen presentarse huesos (endocarpios) encerrando dos semillas juntas, ocupando todo el espacio libre. En estos casos el ovario contenía dos óvulos viables que fueron fecundados, desarrollándose dos semillas, por lo que comúnmente, se denominan "semillas dobles". Esto es un inconveniente para la propagación ya que al sembrar los huesos se originan dos plantas con el sistema radical entrelazado y muchas veces con la raíz pivotante soldada, por lo que se deprecia la planta obtenida; o bien obliga a suprimir una de las plantas en el caso de siembras individuales.

3. Semillas apomícticas

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

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

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

b) Apogamia o automixis. El embrión se origina a partir de las otras células del saco embrionario, las sinérgidas o las antípodas, que por fusión o por fallo en la primera mitosis restauran la diploidia. Este caso es muy extraño en frutales y se encuentra citado, por ejemplo, en la variedad de manzana Transparente de Croncels.

c) Poliembrionía o embrionía adventicia. El embrión o embriones se producen directamente por mitosis dentro del óvulo a partir de células diploides, en general, de la nucela (embrionía nucelar) o en algún caso del tegumento. También puede desarrollarse un saco embrionario diploide a partir de células del tegumento o de la nucela (aposporía) y la consiguiente formación de embriones asexuales, siendo similar este caso a una partenogénesis diploide. Por poliembrionía se entiende el desarrollo de dos o más embriones por semilla; es decir, todos ellos se encuentran dentro de la cubierta, generalmente, con los cotiledones imbricados y de forma irregular y diferente tamaño.

La poliembrionía ocurre frecuentemente en el mango y los agrios (*Citrus*, *Fortunela* y *Poncirus*), en los que generalmente se forman varios embriones en cada semilla y por lo tanto la semilla puede originar más de una planta.

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

En la Figura 2.4 se representa la formación de embriones nucelares y la constitución de una semilla apomíctica con varios embriones.

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

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

En la semilla de los cítricos, principalmente en naranjo, pomelo y limonero, y menos frecuentemente en mandarino, con porcentajes variables según las variedades, se forman dos o tres embriones nucelares y uno sexual. Uno de los embriones nucelares presentará un tamaño muy superior al resto y el embrión sexual es el que al final alcanza menor tamaño y en muchos casos aborta.

Se presenta un grado alto de poliembrionía, por ejemplo, en el naranjo amargo, los naranjos Washington y Valencia, el pomelo Marsh, el limonero Femminello y el mandarino Dancy y Satsuma.

El número de embriones por semilla varía entre las semillas de la misma planta, y luego según los factores nutricionales y según las condiciones ambientales en que se encuentra. Las plantas adultas producen mayor número que las plantas jóvenes.

La planta originada por el embrión sexual suele ser menos vigorosa que las producidas por los embriones apomícticos, lo que se utiliza para su diferenciación en el semillero. El número medio de plantas por semilla que se obtienen oscila mucho según la especie y variedad, aproximadamente entre 1,05 - 1,4, llegando en algún caso a 2,0; pero suele ser bastante alto el porcentaje de plantas apomícticas que se obtienen respecto al total de plantas del semillero.

Polinizando y fecundando las flores de los cítricos, en estos casos, con polen de *Poncirus trifoliata* el embrión sexual heredará el carácter de hoja trifoliada, permitiendo, de esta forma, diferenciar claramente la planta originada sexualmente de la planta de origen apomíctico.

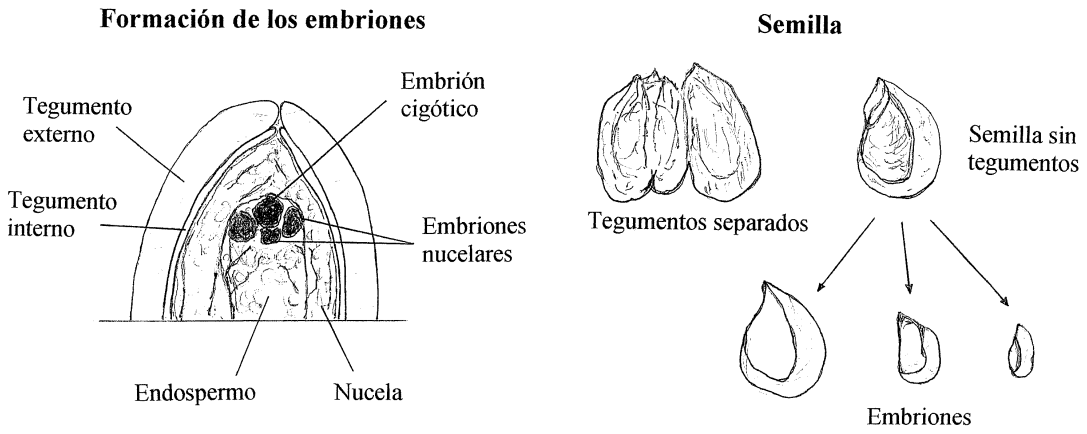


Figura 2.4. Formación de embriones nucelares en una semilla.

4. Calidad de las semillas

Las semillas utilizadas en propagación deben presentar un buen estado y tener una alta viabilidad para que la germinación se desarrolle correctamente y el semillero sea uniforme.

La calidad de las semillas depende, en primer lugar, de las condiciones en que se ha llevado a cabo el desarrollo en el fruto y ha alcanzado la madurez fisiológica. Luego de

las condiciones de su extracción y manejo y, finalmente, de las condiciones de conservación y del tiempo transcurrido.

El análisis de calidad de las semillas comprende, principalmente, los siguientes aspectos:

1) Pureza específica o varietal.

No deben tener mezclas de otras semillas pertenecientes a otras especies o variedades diferentes de la utilizada.

2) Estado de las semillas.

No deben estar mezcladas con materiales extraños, como restos de frutos y hojas, tierra, gravilla, etc., y no contener residuos de pulpa, en su caso.

No deben presentar roturas o lesiones en los tegumentos o embrión. Deben tener un buen estado sanitario.

3) Facultad de germinación.

Se expresa por el porcentaje de semillas capaces de germinar y originar plantas válidas.

$$\text{Porcentaje de germinación } (\%) = \frac{\text{n.º de plantas producidas}}{\text{n.º de semillas sembradas}}$$

Existen diferentes métodos específicos para determinar la facultad germinativa en el laboratorio sin necesidad de siembra en semillero, como el cultivo en embriones aislados, análisis bioquímico mediante tinción, medida de la conductividad, etc.

Un método normalizado muy utilizado en semillas de frutales es mediante la tinción con sal de tetrazolio (cloruro de trifeniltetrazolio) del embrión residual y el cotiledón que lo porta. Este método analiza la vitalidad de la semilla más que la germinabilidad.

En la Figura 2.5 se representan diferentes estados, según la parte teñida, para clasificar la viabilidad de la semilla. Las semillas que tengan una ligera parte de los tejidos no viables, aunque germinen, presentarán un crecimiento peor, por eso a la hora de definir su calidad se tiene también en cuenta lo que se denomina vigor de las semillas.

El vigor esta definido por una germinación rápida en condiciones de campo y por un crecimiento vigoroso, uniforme y de aspecto normal de las plántulas. En general, la

pérdida de vigor va ligada a la pérdida de viabilidad de la semilla y puede ser debida a un mal procesado y almacenamiento, a la edad y a enfermedades. Las semillas con poco vigor no podrán resistir a condiciones desfavorables del medio de germinación.

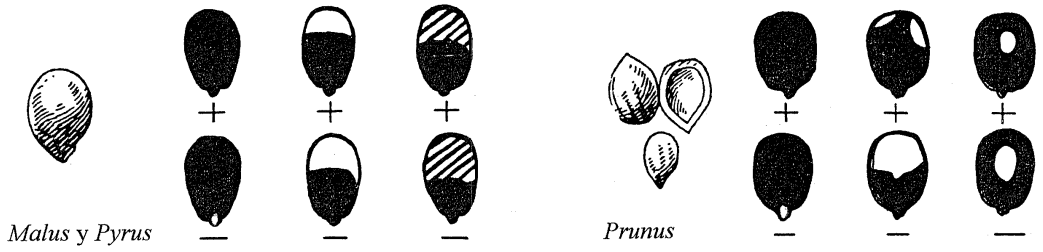


Figura 2.5. Viabilidad de la semilla según la tinción con tetrazolio.

4) Duración de la germinación.

En la medida de la calidad de las semillas se incluye también la velocidad y duración del proceso de nascencia. Se le suele denominar tasa de germinación y viene dada por diferentes medidas, entre las que destacan:

a) Energía de germinación: es una expresión dinámica del potencial germinativo de las semillas. Se define como el número de días precisos para producir un porcentaje determinado de plantas; lo que da lugar a una curva de germinación, según se refleja en la Figura 2.6. En dicha curva se observa la evolución de la tasa de germinación, y a partir del punto en que disminuye la pendiente se puede establecer el tiempo necesario para la nascencia de un porcentaje significativamente alto de plantas.

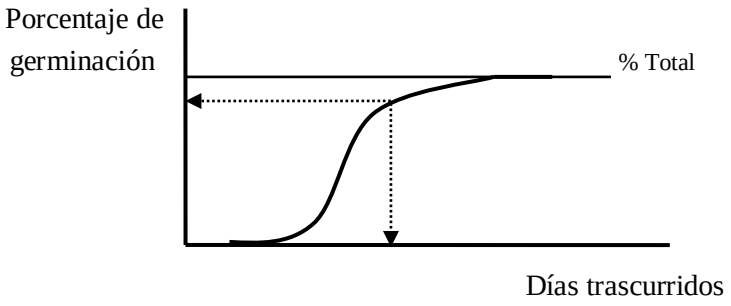


Figura 2.6. Curva de germinación.

b) Tiempo medio de germinación (TMG): Es el promedio de días requerido para la nascencia. Para su determinación suelen tomarse períodos de cinco días.

$$TMG = \frac{\sum (n \bullet t)}{N}$$

N: n.º total de semillas germinadas.
n: n.º de semillas germinadas en tiempo "t" desde el inicio de la prueba.

5. Producción, manejo y conservación de las semillas

Las semillas de frutales utilizadas por los viveros para la producción de patrones han sido, tradicionalmente, adquiridas a industrias conserveras, o bien en algún caso producidas y procesadas en los propios viveros.

Actualmente se ha dado un gran cambio en este sentido y la mayor parte de las semillas proviene de empresas viverísticas especializadas en su producción, procesado y comercialización, que tratan de ofrecer en el mercado semillas selectas de calidad.

5.1. Producción de semillas

Las semillas de frutales pueden provenir de las siguientes fuentes:

1. Producción a partir de industrias transformadoras.

Las industrias conserveras, de zumos y de secado de fruta han sido una fuente tradicional de provisión de semillas para los viveros. Las semillas se obtienen como subproducto del proceso industrial de transformación de los frutos.

La calidad de las semillas obtenidas dependerá de los procesos a que han sido sometidas, tanto en el tratamiento dado a los frutos como en su propio proceso de aprovechamiento como subproducto de la industria. Estos procesos pueden producir roturas en las cubiertas y dañar al embrión.

Las semillas presentan una gran heterogeneidad al ser mezcla, en muchos casos, de varias variedades, si en la industria no se ha tenido el cuidado de separar su procesado; por lo tanto se desconoce la identidad real. Aún en el caso de provenir de una sola variedad, puede que sea mezcla de varios clones al proceder de diferentes zonas y además con diferente polinización.

En todos los casos el origen de la semilla no será estrictamente conocido; como se exige, por ejemplo, a la semilla certificada. En la actualidad esta fuente de aprovisionamiento, prácticamente, no se utiliza y, además, las industrias transformadoras modernas ya no incluyen en sus procesos el aprovechamiento de las semillas con finalidad viverística.

2. Producción a partir de plantas no cultivadas.

En algunos casos concretos las semillas se recolectan de plantas no cultivadas expresamente para la producción o de plantas silvestres. Este era un aprovechamiento tradicional que actualmente está en desuso, con el que se perseguía producir plantas adaptadas a determinadas condiciones ecológicas. Como ejemplo se cita el melocotonero "Missour" procedente de Marruecos y Argelia y el *Persica sylvestris* de zonas de la antigua Yugoslavia e Italia.

3. Producción a partir de plantas madres seleccionadas.

La producción de semilla se realiza en el propio vivero a partir de plantas destinadas a tal fin. Los viveros solían tener en los márgenes de las parcelas algunos árboles para la producción de semillas, como cerezos Santa Lucía o ciruelos mirobolanes, luego esta producción se ha ido especializando, implantándose los árboles en parcelas de cultivo con material seleccionado.

Actualmente, la producción se realiza, principalmente, por empresas viverísticas especializadas, a partir de campos de plantas madres de variedades seleccionadas, procurando que presenten uniformidad en la descendencia. Las variedades para la producción de semillas deben ser autofértiles, si es posible, y deben plantarse aisladas para evitar la polinización cruzada.

El material vegetal utilizado debe tener un origen clonal y un estado sanitario garantizado. Se injerta sobre patrones de cierto vigor para que los árboles puedan soportar una elevada producción. Los criterios productivos serán diferentes a los de una plantación comercial de fruta, dado que el aprovechamiento, en este caso, serán las semillas.

El manejo de las plantas madres está orientado hacia la consecución de la mayor cantidad de frutos, dentro de unas características adecuadas. Se practican podas ligeras dejando elevadas cargas; no obstante debe presentarse atención a la vecería.

La disposición y formación de las plantas se diseña en base a facilitar la recolección de los frutos. En general se emplean marcos de plantación amplios y formas relativamente voluminosas.

La producción de semilla por planta madre depende, evidentemente, de la especie y variedad considerada y del tamaño del árbol. En la Tabla 2.1 se refleja para algunos frutales la producción media de semillas en árboles adultos, con un marco de plantación amplio (5 x 4 m o superior).

Tabla 2.1. Producción media de semillas en árboles adultos, con marco de plantación amplio, en diferentes frutales.

Especie	N.º semillas/árbol	Especie	N.º semillas/árbol
Melocotonero GF-305	1.100	Almendro	2.000
Melocotonero R. Red Leaf	1.000	Albaricoquero	1.200
Melocotonero Siberian C	1.400	Peral	2.800
Ciruelo mirobolán	4.000	Naranjo	5.700
Cerezo Santa Lucía	16.000	Mandarino	11.500

5.2. Recolección y manipulación

La recolección de los frutos debe realizarse cuando hayan sobrepasado la madurez normal de consumo para tener la seguridad de que la semilla ha alcanzado su madurez fisiológica. Además, con los frutos bien maduros siempre será más fácil extraer las semillas. En muchos casos los frutos se dejan caer al suelo. En los cítricos es preferible recolectar lo más tarde posible al tener mala conservación la semilla extraída.

Los métodos de recolección dependerán de las características de los frutos. En los frutales de hueso se colocan mallas en suelo debajo de la copa y se dejan caer los frutos, o bien se recogen mecánicamente mediante vibrador y lonas extensibles.

En cerezo Santa Lucía los frutos caen muy escalonadamente y se van secando en el suelo quedando adherida al hueso la pulpa de las pequeñas cerezas, por lo que luego solo necesitan un proceso de limpieza.

Algunos melocotones tienen el hueso libre, como GF-305 y Montclar, y su separación es muy fácil cuando caen los frutos maduros, por lo que suelen extraerse los huesos separándolos directamente al recogerlos manualmente del suelo. Lo mismo sucede con los albaricoques. En el caso de tener la pulpa adherida al hueso, como las ciruelas o los melocotones Nemared y Nemaguard, es preciso un proceso mecánico de separación.

Los frutos carnosos que precisan la separación de la pulpa se someten a una sobremaduración, vigilando que no haya pudriciones en la pulpa que puedan afectar a la semilla. Las semillas pequeñas se extraen con ayuda de maceradores, haciendo una pasta y luego utilizando agua a presión para la separación y limpieza. Las semillas

grandes y muy adheridas se extraen mediante tambores y cribas, con triturado del fruto, cernido o frotación con gravilla y arena, y agua a presión. La separación final, después de varios lavados consecutivos, se hace mediante flotación retirando el sobrenadante con los residuos que pudieran quedar, al depositarse, en general, las semillas en el fondo del recipiente.

A continuación deben secarse las semillas en un local seco y ventilado. No conviene exponerlas directamente al sol porque se producen calentamientos o desecamientos excesivos que disminuyen la facultad germinativa.

Una vez secas las cubiertas de las semillas, y cuándo el contenido interno de humedad sea bajo (alrededor del 5%), se colocan en recipientes o sacos para su almacenamiento.

Para proteger las semillas de enfermedades fúngicas es conveniente desinfectarlas antes de su almacenamiento con un fungicida, como Captan, Tiram, Maneb, etc., mediante espolvoreo.

En la Tabla 2.2 se refleja el peso y volumen medio de diferentes semillas de frutales empleadas para la producción de patrones.

Tabla 2.2. Peso y volumen medio de las semillas de frutales.

Especie	N.º de semillas por kilo	N.º de semillas por litro	Peso de 100 semillas (g)
Melocotonero GF-305	340	130	294
Melocotonero Rutgers Red Leaf	310	215	322
Ciruelo mirobolán (rojo)	3.120	1.640	32
Ciruelo mirobolán (amarillo)	1.720	905	58
Cerezo Santa Lucía	8.225	3.860	12
Almendro	190	100	525
Albaricoquero	450	240	220
Peral	20.000	13.000	5
Naranjo	5.800	2.900	17
Mandarino	10.100	5.000	9,5

5.3. Conservación

El tiempo de conservación de las semillas, manteniendo su facultad germinativa, difiere bastante según las especies.

La conservación de las semillas hasta el momento de utilizarlas para la siembra requiere ciertos cuidados. La duración de la conservación y las condiciones ambientales durante la misma son determinantes de la facultad germinativa que presentarán las semillas después del almacenamiento.

Teniendo en cuenta que los tejidos vivos de la semilla respiran, aunque con intensidad muy baja, las semillas no deben guardarse en recipientes herméticamente cerrados si su contenido de humedad es relativamente elevado y si van a permanecer mucho tiempo a una temperatura alta.

El local de almacenamiento no debe estar expuesto a calentamiento ni debe ser húmedo. Debe estar desinfectado y libre de roedores.

Las semillas que en su proceso de recolección y manipulación han sufrido daños en las cubiertas o en el embrión tienen peor conservación y disminuye más rápidamente su facultad germinativa.

Para alargar la conservación de la semilla se debe reducir su respiración y los procesos metabólicos, sin que ello cause daños al embrión. Los factores ambientales que más influencia tienen en la conservación son los siguientes:

a) Temperatura.

Las bajas temperaturas alargan la conservación. Las temperaturas más adecuadas se encuentran próximas a 0 ºC. Si las semillas tienen un contenido de humedad elevado y se pasan de temperaturas bajas a temperaturas altas pierden rápidamente su viabilidad.

b) Contenido de humedad.

El contenido de humedad de la semilla debe ser bajo para una larga conservación; en general se recomienda del 4 al 6%. El tiempo de conservación se alarga si además la temperatura es también baja. Cuando el contenido de humedad supera el 15% la conservación es, en general, problemática, siendo más sensible la semilla a podredumbres. No obstante, algunas semillas son sensibles a la desecación perdiendo su viabilidad, como por ejemplo las de nogal y cítricos. Las semillas con embriones grandes también pierden vitalidad si se desecan mucho durante la conservación.

El contenido de humedad de la semilla mantiene una relación con la atmósfera de almacenamiento. El local no debe superar el 50% de humedad ambiental, situándose el óptimo sobre el 25%.

c) Control de la atmósfera.

Según se ha comentado, en general, la mejor conservación se da en atmósfera fría y seca. Si, además, se reduce el contenido de oxígeno y se aumenta el $C0_2$ se influye sobre los procesos fisiológicos ralentizándolos, lo que alarga la conservación, siempre que no se dañe el embrión.

En la Tabla 2.3 se indica el tiempo máximo aproximado que pueden conservarse las semillas, en buenas condiciones de almacenamiento (temperatura 5-10 ºC), para mantener una viabilidad alta.

Tabla 2.3. Duración de la conservación de semillas de frutales (a 5-10 ºC) manteniendo su viabilidad.

Especie	Años	Especie	Años
Melocotonero	4-5	Almendro	5-6
Albaricoquero	4-5	Peral	2-3
Ciruelo	4-6	Manzano	2-3
Cerezo y guindo	1-2	Naranjo	0,5-1
Cerezo Santa Lucía	3-4	Mandarino	0,5-1

6. Latencia de las semillas

La mayoría de las semillas presentan después de la maduración una fase de latencia, regulada por diversos mecanismos, que les impide la germinación. La latencia (o dormición), caracterizada por la inactividad visible temporal de la semilla, es debida tanto a condiciones externas o del medio como internas o de la propia semilla. No debe considerarse dentro de los mecanismos de latencia la falta de desarrollo fisiológico del embrión, que se da en aquellos casos en que la semilla precisa completar su maduración aunque el fruto ya haya madurado.

Las semillas controlan con la latencia el inicio de la germinación, de forma que ésta se de en condiciones adecuadas para la supervivencia de la especie; por lo que es, sobre

todo, un mecanismo de defensa ante condiciones del medio adversas. Está basado, fundamentalmente, en mantener la humedad de la semilla a un nivel inferior al requerido para la germinación y en mecanismos inhibitorios que impiden la germinación aunque la semilla absorba agua.

Según las causas que mantienen la inactividad aparente de la semilla se distinguen diferentes tipos de latencia. Existe cierta confusión entre la terminología empleada en las diferentes publicaciones a la hora de hacer referencia a este fenómeno de inactividad o de reposo. En algunos casos se emplea el término "quiescencia" para hacer referencia a un reposo impuesto por condiciones ambientales; en otros casos se emplea el término "letargo" con esta misma acepción, o incluso como término general referido a condiciones internas y externas.

Para evitar confusión debe emplearse como término general el de latencia (equiparado a dormición, aunque no se recomienda emplear esta última acepción como término general). Luego, para diferenciar los tipos de latencia según los fenómenos que la originan se utilizan actualmente los siguientes términos: ecodormición, cuando la latencia es debida a condiciones externas desfavorables; endodormición, cuando la latencia es debida a condiciones fisiológicas internas de la semilla, y paradormición, si la acción inhibitoria es debida a causas físicas o químicas relacionadas con la cubierta u otros tejidos que recubren la semilla.

6.1. Tipos de latencia

La latencia está regulada por una interacción de factores internos y externos. En general, la acción de estos factores se produce de forma combinada, solapándose, aunque dicha acción es diferenciable.

Una vez que los embriones están morfológicamente desarrollados y maduros, y son viables, la latencia de las semillas de frutales se puede clasificar, siguiendo la tipificación propuesta anteriormente, en los siguientes tipos:

1) Latencia debida a factores del medio (ecodormición).

La semilla permanece sin germinar debido a condiciones ambientales desfavorables. Principalmente por falta de humedad que le impide absorber agua y por una temperatura baja que le impide iniciar la actividad; aunque también pueden influir otros factores como la luz y la aireación o disponibilidad de oxígeno.

2) Latencia debida a las cubiertas de la semilla.

La latencia está originada por las características, generalmente combinadas, de la testa o de otros recubrimientos, como el endocarpio en los frutales de hueso. Al ser liberada la semilla de estas cubiertas o modificar sus características se permite la germinación, por lo que esta latencia se encuadra dentro de la denominada paradormición. Según su origen se diferencia en:

a) Latencia física por impermeabilidad. El embrión se encuentra encerrado por cubiertas impermeables que impiden la absorción de agua. De esta forma la semilla se mantiene con un bajo contenido de humedad.

b) Latencia física mecánica. Las cubiertas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación, por ejemplo las cáscaras de las nueces o los huesos de algunos frutos.

c) Latencia química. En las cubiertas se encuentran sustancias producidas por el fruto que actúan como inhibidores de la germinación. La pulpa adherida o los residuos del jugo de muchos frutos, como cítricos, frutos de hueso y pepita, uva etc., pueden inhibir la germinación. En semillas de manzano, compuestos fenólicos presentes en los tegumentos absorben el oxígeno impidiendo que éste llegue al interior de forma suficiente para permitir la germinación. En las olivas, las grasas que impregnan el endocarpio lo hacen impermeable.

3. Latencia interna (endodormición).

En este caso la latencia tiene su origen en los tejidos vivos de la semilla y es controlada de forma interna. Puede presentarse de dos maneras:

a) Latencia fisiológica de las cubiertas.

Los mecanismos de latencia residen en los tejidos vivos y fisiológicamente activos de la cubierta (tegmen o restos del endospermo y nucela). La acción puede ser debida a una retención de inhibidores que se encuentran en el interior o a una restricción al intercambio de gases. Si se retira la cubierta, o en algún caso si se hace una punción, se elimina el efecto inhibidor de la germinación.

b) Latencia del embrión.

Se caracteriza por la incapacidad que tiene el embrión, separado de las cubiertas, para germinar con normalidad. Tiene una regulación principalmente hormonal. Para que

se produzca la germinación se requiere que la semilla pase por un período de frío, en general, a temperaturas entre 2 y 7 °C. La modificación de la latencia se lleva a cabo gradualmente con el tiempo de enfriamiento, requiriendo una duración muy variable según las especies (de 1 a 4 meses).

Normalmente, esta latencia se presenta junto a la originada por las cubiertas, por lo que es conveniente someter a las semillas a una estratificación en frío y con humedad para actuar, a la vez, sobre las cubiertas.

La aplicación de giberelinas o de otras sustancias (tiourea, nitrato potásico, etc.) puede suplir los requerimientos de frío. La aplicación de ABA (ácido abcísico) y cumarina contrarresta el efecto de las giberelinas.

La giberelina actúa como estimulador de la germinación. La citoquinina ejerce su acción anulando el efecto de los inhibidores. De esta forma, para que se produzca la germinación son necesarias las giberelinas y que no haya inhibidores; o bien si hay presencia de inhibidores que las citoquininas contrarresten su efecto.

En algunos casos los embriones pueden germinar pero las plantas originadas suelen permanecer con las hojas en roseta, sin elongación, hasta que no se someten a un tratamiento de frío o se les aplica giberelinas. Ocurre, por ejemplo, con las semillas de peral.

La desecación de las semillas ya tratadas y con sus necesidades de frío satisfechas puede provocar una nueva latencia interna que precisa un nuevo tratamiento de frío.

7. Germinación

La germinación es el proceso por el cual la semilla reemprende su actividad y se desarrolla el embrión transformándose en plántula, para dar lugar luego con su crecimiento a una nueva planta.

Para que tenga lugar la germinación deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Que la semilla conserve la facultad germinativa.
- Que se haya superado la latencia, de forma que no existan barreras físicas o fisiológicas para la germinación.

- Que el medio en que se encuentra la semilla sea adecuado, sobretodo con suficiente humedad, temperatura y oxígeno.

7.1. Fases de la germinación

El proceso de germinación comprende las siguientes fases:

1. Activación.

La activación comienza con la absorción de agua, inicialmente de forma rápida y luego va estabilizándose. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que ablanda sus cubiertas e hidrata su protoplasma. La semilla se hincha, incluso llegando a romper las cubiertas. La imbibición es un fenómeno físico y puede efectuarse también en semillas muertas.

A medida que la semilla se hidrata comienza la actividad de las enzimas almacenadas en el embrión o bien recién sintetizadas al comenzar la germinación. La síntesis de estas enzimas (o proteínas específicas) se lleva a cabo por la activación de moléculas específicas de ARN que controlan la germinación, En definitiva, el sistema de activación metabólica está controlado por la información genética de las células.

El primer signo visible de germinación es la emergencia de la radícula, cuyo crecimiento es debido más a la elongación de las células que a la división celular. Si las condiciones son favorables, ocurre de 10 a 20 días, aproximadamente, después de la siembra. Con ello termina la etapa de activación.

2. Digestión y translocación.

En esta etapa, las reservas contenidas en los cotiledones (en algún caso también en el endospermo y la nucela), consistentes en carbohidratos, grasas y proteínas, son digeridas, transformadas en sustancias más simples y translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario o embrión residual.

La absorción de agua y la respiración continúan de forma constante. Los cambios metabólicos ocurridos dependerán del tipo de reservas de la semilla. Así, el almidón se convierte en azucares; las grasas son convertidas en ácidos grasos y finalmente en azucares; las proteínas almacenadas serán la fuente de aminoácidos y de nitrógeno, esenciales para la plántula en crecimiento. Los sistemas celulares son activados para

producir nuevos enzimas, materiales estructurales, ácidos nucleicos y hormonas, para realizar las funciones de la célula y sintetizar nuevos materiales.

3. Crecimiento de la plántula.

En esta tercera etapa se produce la división celular continuada en los puntos de crecimiento del eje del embrión, desarrollando la plántula. Una vez que comienza el crecimiento de la plántula, disminuye el peso de los tejidos de almacenamiento. La tasa de respiración aumenta según el crecimiento. Finalmente, los tejidos de la semilla dejan de intervenir en las actividades metabólicas, excepto si los cotiledones están en la superficie y se vuelven activos para la fotosíntesis. La absorción de agua aumenta a medida que las raíces nuevas exploran el medio de germinación.

Las estructuras de la plántula se hacen pronto evidentes. El eje embrionario se transforma en un tallo que porta los cotiledones, en el extremo inferior se desarrolla la radícula y en el superior la plúmula. La porción de tallo que está por encima de los cotiledones se denomina epicótilo y la que está por debajo hipocótilo.

La germinación sigue dos patrones de crecimiento inicial de la plántula, según se representa en la Figura 2.7. Estos son:

- Germinación epigea: Los cotiledones se elevan por encima de la superficie del suelo. Se da en peral, manzano, cerezo, ciruelo y olivo.
- Germinación hipogea: Los cotiledones permanecen bajo tierra. Se da en melocotonero, almendro, albaricoquero y cítricos.

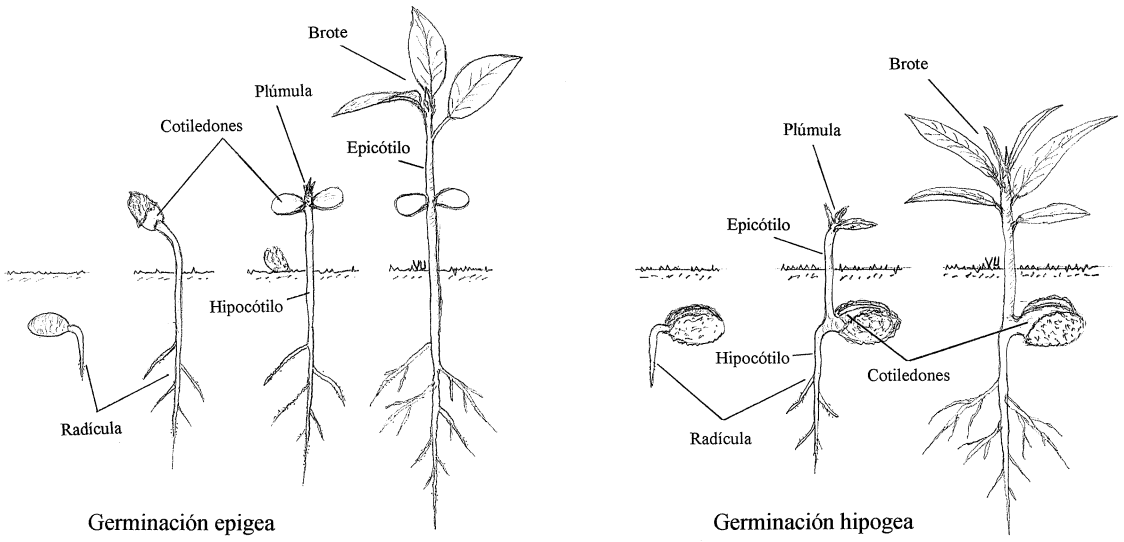


Figura 2.7. Desarrollo de plántulas. Germinación epigea e hipogea.

7.2. Factores del medio que influyen en la germinación

Las condiciones del medio precisas para la germinación de las semillas de frutales están relacionadas, principalmente, con la temperatura, la humedad y la aireación.

a) Temperatura.

La temperatura tiene una gran influencia en la germinación y en el posterior crecimiento de la plántula. La elevación de la temperatura aumenta la tasa de germinación. La temperatura óptima para la mayoría de las semillas se sitúa entre 25 y 30 ºC. Según las especies, las semillas toleran o requieren temperaturas más bajas o más elevadas; en general, las especies adaptadas a climas más fríos germinan con temperaturas de 10 a 15 ºC y las de climas cálidos de 15 a 20 ºC.

Temperaturas por encima del 35-40 ºC pueden originar daños o impedir la germinación. La oscilación de temperatura entre el día y la noche suele ser más favorable que una temperatura constante.

b) Humedad.

El contenido de agua del medio es también un factor muy importante. Ya se ha comentado la importancia de la absorción de agua para activar la germinación. Si el contenido de humedad en la semilla está por debajo del 40-60% no se lleva a cabo la germinación.

La absorción, además de depender del tipo de semilla y de la permeabilidad de las cubiertas, está muy relacionada con la disponibilidad de agua en el medio y con la facilidad para moverse por capilaridad hasta la semilla. Por eso el tipo de suelo tiene una gran importancia y, además, debe tener un buen contacto con la semilla.

c) Aireación.

Las semillas precisan oxígeno para la respiración, en cantidad creciente al incrementarse la actividad metabólica. El medio de germinación debe tener una buena aireación para aportar el oxígeno necesario y evitar la acumulación de anhídrido carbónico que inhibe la germinación.

d) Otros factores.

La luz influye negativamente, en general, en la germinación de las semillas de frutales.

Posteriormente, la luz será imprescindible para el crecimiento de las plántulas. Si es deficiente se producirá ahilamiento y escasa fotosíntesis.

Suele ser favorable una reacción del suelo ligeramente ácida.

Durante la germinación las semillas son muy sensibles a las infecciones fúngicas y bacterianas, dada su debilidad y las condiciones favorables del medio para el desarrollo de enfermedades.

8. Tratamientos para favorecer la germinación

Los tratamientos para favorecer la germinación consisten, esencialmente, en ablandar o alterar las cubiertas de las semillas y otras envolturas, para hacerlas más permeables al agua y a los gases, y en eliminar o incidir sobre la latencia del embrión.

Los tratamientos se clasifican según el procedimiento seguido y según el factor sobre el que se quiere incidir en los siguientes tipos:

1. Escarificación.

Consiste en raspar, rayar o alterar, manual o mecánicamente, las cubiertas de las semillas para hacerlas más permeables.

A gran escala, se realiza con un escarificador mecánico que consiste en un tambor giratorio con las paredes recubiertas de un material abrasivo (lija). También pueden mezclarse las semillas con limaduras y arena en un tambor y raspar las cubiertas mediante giros rápidos. La escarificación disminuye la capacidad de conservación, por lo que se recomienda tratar la semilla con un fungicida y que no transcurra mucho tiempo hasta la siembra.

2. Inmersión en agua.

Consiste en ablandar los tegumentos y eliminar las sustancias inhibidoras que puedan tener, contribuyendo de esta forma a eliminar la latencia química y incluso la fisiológica de la cubierta.

Las semillas se sumergen en agua durante 12-24 horas. Para aumentar la efectividad se sumergen en agua caliente (70-100 ºC) en una proporción de cuatro a cinco veces su

volumen y se dejan en el baño de agua enfriándose unas 12 horas. Las semillas hinchadas se siembran inmediatamente después del tratamiento.

3. Tratamientos con ácido y otros productos químicos.

El tratamiento con ácido consiste en alterar los tegumentos muy duros con ácido sulfúrico concentrado, empleando una parte de semilla y dos de ácido, en recipientes de vidrio o cerámica. Las semillas deben estar bien secas. Deben moverse con cuidado para evitar un calentamiento incontrolado ya que la agitación tiende a elevar la temperatura. Se tienen desde unos minutos a varias horas, según la dureza del tegumento, y a una temperatura de 15-25 °C. Después habrá que lavar bien (mínimo 10 minutos) con agua corriente las semillas. Pueden sembrarse a continuación o guardarse. Las semillas de frutales no precisan, en general, este tipo de tratamiento.

Las semillas de olivo se tratan con una solución fría de sosa cáustica (hidróxido sódico al 1-3%) para saponificar las grasas que impregnan el endocarpio y lo hacen impermeable.

4. Estratificación en frío con humedad.

Consiste en colocar las semillas durante un tiempo en un medio frío y húmedo. Se someten a una acumulación de frío a temperaturas entre 2-7 ºC, para eliminar la latencia interna del embrión, a la vez que se ablandan las cubiertas y permiten la absorción de agua.

La temperatura óptima depende de la especie. En general, la temperatura más adecuada para la acumulación de frío se encuentra entre 4 y 5 °C. A temperaturas mayores de 10 ºC suelen germinar prematuramente las semillas una vez acumulado el frío necesario. Deben estar siempre por encima del punto de congelación y se recomienda que estén por encima de 2 °C para mayor efectividad.

El medio empleado debe retener humedad durante todo el proceso, pero a su vez debe proporcionar una aireación adecuada a la semilla y estar libre de sustancias tóxicas y patógenos (el serrín fresco puede desprender sustancias tóxicas).

En el caso de semillas con embriones no desarrollados, éstas pueden necesitar previamente una estratificación en caliente. O bien si se quiere conseguir un mayor ablandamiento de las cubiertas.

La duración de la estratificación varía de unas semanas a varios meses, según las especies. Normalmente de 1 a 4 meses.

En la Tabla 2.4 se indica la temperatura y la duración media de la estratificación para diferentes especies frutales.

Tabla 2.4. Temperatura y duración de la estratificación de semillas de frutales.

Especie	Temp. (ºC)	Duración (Días)	Especie	Temp. (ºC)	Duración (Días)
Melocotonero	4-7	60-100	Almendro	7	30-45
Albaricoquero	5-8	45-60	Peral	4-5	60-90
Ciruelo	4-5	100-120	Manzano	4-5	60-90
Cerezo y guindo	4	90-120	Nogal (J. nigra)	5	60-120
Cerezo Santa Lucía	4	100-120	Olivo	5-10	30-45

5. Tratamientos hormonales y con otros estimulantes químicos.

Estimulan la germinación las sustancias que actúan sobre el complejo que regula la latencia fisiológica. Las principales sustancias empleadas son las siguientes:

- Giberelinas (GA_3). Son las más empleadas para superar la latencia fisiológica del embrión. Para semillas grandes se recomienda un remojo de 12 horas en solución de GA_3 de 500 a 1000 p.p.m. Las giberelinas suplen las necesidades de frío para salir de la latencia.

- Citoquininas. Actúan contrarrestando el efecto de los inhibidores de la germinación, facilitando de esta forma la germinación de la semilla. Se emplea kinetina, BA (6-bencilamino-purina) y PBA, en ocasiones mezcladas con giberelinas.

- Tiourea. Ha dado resultados positivos en Prunus para estimular la germinación al actuar sobre el inhibidor de las cubiertas. Se emplea en solución del 0,5 al 3%.

- Sobre algunas semillas también tienen acción el etileno, el nitrato potásico, el hipoclorito sódico, etc.

8.1. Métodos de estratificación

La estratificación de las semillas para acumular frío y reblandecer sus cubiertas puede hacerse en cámara frigorífica o en el campo a la intemperie. La duración será la

anteriormente recomendada para cada especie, teniendo también en cuenta la época en que deben sembrarse.

La semillas de tamaño pequeño (peral, cerezo Santa Lucía, etc.) se estratifican mezcladas con el sustrato en bandejas o cajas. Las de tamaño grande (almendro, melocotonero, etc.), si su cantidad es elevada, se estratifican colocadas en capas o estratos alternos con un sustrato en contenedores, montones, zanjas, etc. En la Figura 2.8 se representan diferentes formas de realizar la estratificación.

1) Estratificación en cámara.

Las semillas a estratificar se remojan previamente durante unas horas, dependiendo esta duración del tipo de cubierta.

Después del remojo se mezclan las semillas con un sustrato que retenga humedad y que permita una buena aireación, como arena lavada, perlita, vermiculita, musgo turboso, etc., en proporción de una a tres veces su volumen. También se pueden colocar en capas alternas de sustrato y semilla.

Durante el proceso habrá que mantener la humedad adecuada con aportes periódicos de agua, teniendo en cuenta que en la cámara se producirá bastante deshidratación.

Si la humedad no es muy necesaria para ablandar las cubiertas, la estratificación puede sustituirse por un almacenamiento en frío sin medio húmedo, colocando las semillas en cajas, sacos o bolsas en la cámara.

La estratificación en cámara permite tener más margen a la hora de realizar la siembra, al poder conservar las semillas más tiempo. Una vez sacadas de la cámara, las semillas deben sembrarse inmediatamente, para evitar que se sequen y que entren en una nueva latencia secundaria.

2) Estratificación en campo.

La estratificación se realiza aprovechando las condiciones de frío y humedad que se dan en el campo durante el invierno. Las semillas se colocan bien sobre el suelo, en montones o en cajones, o bien enterradas en fosos o zanjas construidos al efecto.

Las semillas sembradas en el campo al final del otoño (noviembre) soportan un proceso similar, acumulando frío y aprovechando la humedad del suelo hasta su nascencia al final del invierno o primavera.

Para la estratificación de semillas gruesas en fosos o zanjas se siguen los siguientes pasos:

- Se remojan previamente las semillas si están muy secas, en caso contrario se remojan a la vez que se van depositando en el medio de estratificación.

- Se prepara el sustrato humedecido, normalmente arena lavada; aunque pueden utilizarse otros medios, como mezclas de arena y perlita o arena y turba a partes iguales.

- Se van colocando en la zanja capas alternas de sustrato y de semilla. Por ejemplo, para semillas de melocotonero se coloca una capa de 3-4 cm de arena y una capa con 2-4 huesos de espesor.

- Finalmente, se cubre con un material que aísle del frío excesivo o bien del exceso de agua, pero que permita su paso y una buena aireación. Por ejemplo, paja.

- Transcurrido el tiempo de estratificación se retiran las capas de sustrato y se extraen las semillas para proceder a su siembra inmediata.

Debe vigilarse el estratificado para que mantenga la humedad adecuada y no haya pudriciones. Y, sobre todo, al final del proceso para que la germinación no se produzca en la zanja, ya que se corre el riesgo de inutilizar las semillas al romper la radícula al manipularlas, o bien de que se desequen las raicillas al sacarlas de ese medio húmedo y pasarlas al campo.

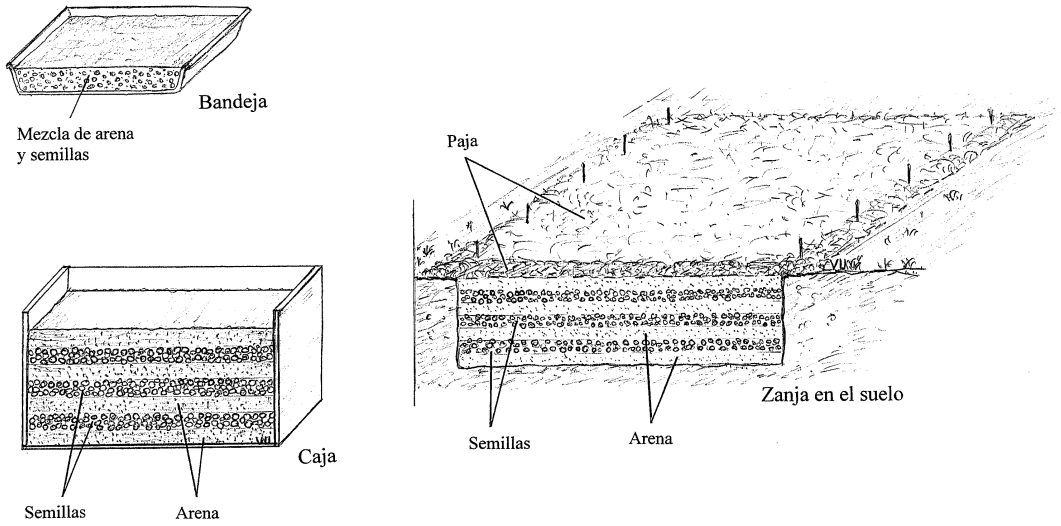


Figura 2.8. Formas de realizar la estratificación.

9. Semilleros. Tipos y manejo

En los semilleros se realiza la siembra de las semillas para que germinen y den lugar a las plántulas. Las plantas obtenidas pueden ser trasplantadas al poco tiempo, si su manejo y las condiciones del medio lo permiten, o bien completar su desarrollo en el semillero. En este último caso, las plantas pueden ser injertadas en el mismo emplazamiento o arrancadas y repicadas al vivero de patrones, dependiendo del tipo de semillero y de los procesos que se sigan en el vivero.

9.1. Tipos de semilleros

Según los medios empleados y la forma de realizar las siembras se pueden diferenciar los siguientes tipos de semilleros:

1.- Semilleros en recipientes individuales o bandejas con compartimentos. Cada planta se encuentra individualizada en su sustrato y puede manejarse de esta forma (pots, bolsas, macetas, bandejas de alveolos, etc.). Normalmente se realizan en invernaderos o locales preparados para este fin, e incluso con calentamiento del sustrato (cama caliente).

2.- Semilleros en contenedores o cajoneras. Las plantas se encuentran sobre un sustrato común. Se realizan al aire libre o en una zona protegida con cobertura de plástico o de otros materiales.

3.- Semilleros en suelo. Las plantas se encuentran en el terreno preparado al efecto, a la intemperie en el campo. Según la disposición de las plantas pueden ser:

a) En eras. Con siembra a voleo en cuadros rectangulares, normalmente, de 60-120 cm de anchura separados por calles de 50-80 cm.

b) En bandas y surcos. Con siembra a voleo en bandas o fajas de 15-25 cm de ancho separadas 30-50 cm. Con siembra a chorrillo en surcos de unos 10 cm separados 30-50 cm.

c) En líneas. Con siembra individual en hileras (surco de 5-10 cm) y a una distancia determinada entre plantas. Normalmente, las plantas son injertadas en el mismo emplazamiento por lo que el semillero debe dimensionarse como un vivero de plantones.

9.2. Preparación de sustratos o del terreno

En el caso de emplear sustratos, estos se preparan con materiales que permitan a la vez que retener humedad, mantener una buena aireación y no dificultar mecánicamente la germinación y la salida del tallo de la plántula. Se emplean mezclas de turba con arena, perlita, vermiculita, etc.

Cuando se empleen sustratos de tierras mezcladas con residuos de vegetales se deberá tener la seguridad de que han sido desinfectados, si es posible por medio de calor, para librarlos de plagas y enfermedades del suelo y de semillas de malas hierbas. Otro aspecto a vigilar en los sustratos es su contenido en sales que impedirían el buen desarrollo de las plántulas.

Si la siembra se hace en el suelo, es preciso elegir un terreno que tengan un buen drenaje y que no sea arcilloso para evitar la formación de una fuerte costra que dificultaría o impediría la salida de las plántulas, además de agrietamientos excesivos. Siempre es recomendable la rotación del suelo ocupado por el semillero.

Varios meses antes de la siembra se prepara el terreno mediante una labor profunda de alzado (mínimo 30-40 cm) y si es posible con una aportación previa de estiércol bien descompuesto.

Aproximadamente un mes, o algo más, antes de la siembra se da un pase de fresadora para mullir y dejar bien suelta la tierra. También es aconsejable siempre realizar una desinfección del suelo mediante fumigantes polivalentes, aunque su utilización está cada vez más restringida (Bromuro de metilo, Metam sodio, Dicloropro peno-dicloropropano-metilisotiocianato, Dazomet, etc.), o bien con fungicidas y nematicidas.

Después, respetando los plazos de seguridad de los productos, aproximadamente a los veinte días de la aplicación se deben realizar una o dos labores para airear el suelo y eliminar los residuos que queden y que podrían resultar fitotóxicos para la germinación de las semillas.

Si se tienen dudas sobre la existencia de residuos fitotóxicos se debe hacer un ensayo de germinación con la tierra, empleando semillas de plantas sensibles como mastuerzo, lechuga, etc. Asimismo, en las labores de aireación se debe procurar no sobrepasar la profundidad del tratamiento para no mezclar la tierra tratada con la más profunda, no tratada.

La preparación final dependerá del tipo de semillero. Si se va a realizar la siembra en eras, se preparan éstas con forma de una ligera meseta respecto a la calle y con bordes más elevados, para facilitar el riego y el drenaje. La anchura de la era no debe ser superior a 1,20-1,30 m para permitir el manejo fácil del semillero desde la calle. En el caso de siembra en bandas o líneas se prepara un pequeño surco, de varios centímetros de anchura (15-25 cm para siembra en bandas y 5-10 cm para siembra en líneas) y una profundidad de 3-5 cm, dependiendo del tipo de semilla.

9.3. Siembra

La época de siembra, la profundidad a que debe enterrarse la semilla y la densidad de siembra dependen de las características de la semilla y del tipo de semillero utilizado.

En el caso de tener estratificada la semilla, la siembra debe hacerse inmediatamente de finalizado el proceso para que no se deseque ni se dañe el embrión si ya ha iniciado su desarrollo. La germinación debe producirse en el semillero y no durante la estratificación.

1. Época de siembra.

La siembra sobre sustratos suele hacerse a finales de invierno, o bien se programa según el plan productivo del vivero.

Las siembras en campo se hacen igualmente a finales del invierno, a partir de mediados de febrero, según lo permitan las temperaturas y la disposición de las semillas procedentes del estratificado. También puede realizase la siembra en otoño (finales de octubre o principios de noviembre), llevándose a cabo, en este caso, la función del estratificado en el propio semillero.

Las siembras en otoño tienen el inconveniente que el frío invernal y las lluvias pueden afectar a las semillas, además de las malas hierbas que pueden surgir antes de la germinación. No obstante, si todo se desarrolla correctamente, la germinación suele ser muy uniforme y temprana, al haber recibido la semillas humedad y frío suficiente.

Por el contrario, si la siembra es primaveral y las semillas procedentes del estratificado no tienen humedad suficiente en el suelo pueden llegar a no germinar o hacerlo de forma más escalonada; pero si el estratificado ha sido correcto y las condiciones del suelo son adecuadas se producirá una germinación rápida, a los pocos días de la siembra si las temperaturas son cálidas.

2. Densidad y profundidad de siembra.

La cantidad de semilla empleada dependerá de la facultad germinativa de las mismas. En las siembras individuales con sustratos debemos asegurarnos que la germinación sea muy alta para evitar grandes fallos o pérdidas de medios y de tiempo.

En semilleros en campo, en eras o en bandas anchas, la densidad final de planta puede oscilar entre 100 plantas por m^2 (marcos de 10x10 cm) a 300-400 plantas por m^2 (marcos mínimos de 5x5 cm), dependiendo de la especie y del desarrollo final de la planta que se quiera conseguir en el proceso. Una densidad normal suele ser de 150 plantas por m^2. En las siembras a voleo se debe procurar que la distribución sea uniforme.

En siembras en surcos, la densidad normal es de 40-50 plantas por metro lineal.

La cama de siembra debe tener la tierra bien suelta, por lo que se debe dar un rastrillado para retirar las piedras y terrones existentes. Si no se ha realizado la desinfección del suelo es conveniente aplicar a la tierra un fungicida.

La profundidad de siembra dependerá del tamaño de la semilla. Como norma general, la semilla debe cubrirse con tanta tierra como dos o tres veces su diámetro. Así, las semillas de pepita pequeñas se entierran de 1 a 2 cm y las de hueso de 3 a 5 cm. No deben quedar nunca muy profundas puesto que podría impedirse la nascencia.

El enterrado se hace mediante un rastrillado o bien aportando una capa de tierra fina por encima hasta taparlas lo necesario. Esta tierra es conveniente mezclarla con turba, arena o mantillo. Finalmente, se recubre el semillero con un poco de paja muy picada o serrín, para evitar que se forme costra y mantener a la vez una humedad adecuada.

9.4. Mantenimiento del semillero

El semillero debe mantenerse de forma muy cuidada, sobre todo en las primeras fases. Se debe regar frecuentemente con pequeñas dosis de agua, pero evitando excesos de humedad o encharcamientos.

En semilleros en campo debe evitarse la costra superficial, rompiéndola ligeramente con un rastrillo y manteniéndola húmeda para que las plántulas puedan emerger sin dificultad.

En los primeros estadios las plántulas son muy sensibles a las podredumbres de cuello, por lo que deben realizarse tratamientos anticriptogámicos a base de Captan, Tiram, etc. y evitarse los excesos humedad.

Si surgen malas hierbas deben eliminarse a mano, con cuidado para no arrancar las plántulas. En semilleros en bandas o líneas la escarda puede hacerse de forma mecánica en las calles.

A lo largo del crecimiento de las plantas deben vigilarse y tratar los posibles ataques de plagas y enfermedades. Se aportarán fertilizantes, especialmente nitrógeno, para lograr un buen crecimiento y se darán los riegos necesarios.

Se puede proceder a un repicado, una vez que las plántulas tengan más de cuatro hojas y si el medio de manejo lo permite, para disponer las plantas en líneas a la distancia de 15-20 cm y ser injertadas ese mismo año. Lo normal es realizar el repicado durante el reposo invernal que es cuando se arrancan los semilleros realizados en campo en eras o bandas.

Si el semillero se ha realizado en campo en líneas con siembra individual, en el caso de haberse sembrado a menores distancias que la definitiva por no tener seguridad de la total germinación, deben aclararse las plantas para dejarlas a la distancia adecuada del vivero. También se pasa una cuchilla por la línea a 20-25 cm de profundidad para cortar la raíz pivotante y favorecer el desarrollo de raíces laterales mejor conformadas. Durante el verano se procede al injerto de las plantas para obtener, de esta forma, los plantones sin necesidad de repicado. Cabe hacer notar que en este caso la disposición del semillero y las líneas de siembra deben adecuarse a las distancias que exigirá el posterior manejo del vivero de plantones.

10. Producción de patrones francos o de semilla

Los patrones obtenidos a partir de semillas se denominan "patrones francos". Debe indicarse también en esta denominación a qué especies pertenecen para evitar posteriores confusiones en el plantón. Por ejemplo, melocotonero injertado sobre patrón franco de melocotonero, o sobre franco de ciruelo, etc.

Deben descartarse otras denominaciones locales y confusas para denominar a los patrones obtenidos por semilla, como por ejemplo las denominaciones de "bordes", "bravos", etc. Asimismo, sólo debe utilizarse la denominación "franco" cuando el patrón

provenga de semilla y no para indicar que un plantón de una especie determinada está injertado sobre un patrón de la misma especie, ya que podría ser, por ejemplo, un ciruelo injertado sobre un patrón de ciruelo obtenido por estaquillado. En el caso de los cítricos no se suele anteponer la denominación "franco" ya que, prácticamente, la totalidad los patrones se producen a partir de semilla y además se presenta embrionía adventicia.

La producción en los viveros de frutales de patrones francos, al igual que todos los patrones, se lleva a cabo con una doble finalidad: o comercializarlos directamente o bien para ser reutilizados en el propio vivero como paso previo en el proceso de producción de plantones.

Según ya se ha comentado, con la salvedad de los cítricos y algarrobo, la producción de patrones a partir de semilla está siendo sustituida, en la mayoría de frutales, por técnicas de propagación vegetativa, como estaquillado, acodo y micropropagación, dadas las ventajas que presenta la propagación vegetativa sobre la propagación sexual, exceptuando el caso de las virosis no transmisibles por semilla. No obstante, los patrones francos de algunas especies frutales aun tienen un peso importante en el mercado, como es el caso de ciertos melocotoneros, albaricoquero, cerezo Santa Lucía, etc.

La mayor parte de la producción de patrones a partir de semilla tiene lugar en campo y el ciclo de producción se desarrolla en una campaña, con la siembra en febrero-marzo y el arranque al final del otoño o durante de invierno, en su fase de reposo. El proceso seguido en el vivero para la producción dependerá del tipo de semillero utilizado, según se ha visto en el punto anterior.

Los patrones producidos en un medio forzado y en recipientes individuales se manejan fácilmente y pueden ser comercializados en cualquier época, una vez que la planta ha pasado su periodo de aclimatación. Dichas plantas se trasplantan al vivero de patrones en el campo para ser injertadas. También pueden trasplantarse a recipientes de mayor tamaño e injertarse, para ser vendidos los plantones con el contenedor.

Los patrones producidos en semilleros en campo se arrancan durante el reposo invernal. Se seleccionan, se podan las raíces dañadas y se rebaja la raíz pivotante. Asimismo, se poda la parte aérea si ha tenido un gran desarrollo, dejando un tallo de unos 50 cm de longitud.

Las plantas se clasifican según su calibre, se colocan en manojos o haces de 50 plantas y se etiquetan indicando el nombre de la especie y variedad, en su caso.

11. Bibliografía (Capítulo 2. La propagación por semillas)

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:

Acerete, A. 1949. *Cría de frutales.* Publicaciones de la Estación Experimental de Aula Dei. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza. 341 pp., [11 - 27].

Álvarez, S. 1973. *Multiplicación de árboles frutales.* Editorial Aedos. Barcelona. 300 pp., [43 - 52].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [9 - 19].

Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R. 1990. Fisiología vegetal. Ediciones Pirámide. Madrid. 823 pp., [674 - 721].

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Edit.). 1999 (3ª ed.). *El cultivo del olivo.* Junta de Andalucía - Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 701 pp., [112 - 114].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [495 - 541].

Catalán, G. 1985. *Semillas de árboles y arbustos forestales*. Monografía n.º 17, ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 408 pp., [63 - 93].

Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* CECSA. México. 760 pp., [75 - 94, 121 - 211].

I.N.S.P.V. 1977. *Reglas internacionales para ensayos de semillas.* I.N.S.P.V. Ministerio de Agricultura. Madrid. 184 pp., [16 - 41, 136-150].

Macdonald, B. 1986. *Plant propagation for nursery growers. Vol I.* Timber Press. Portlan, Oregon (USA). 669 pp., [3 - 75].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas.* INIA. Ministerio de Agricultura. Madrid. 1.003 pp., [329 - 338].

Monet, R. 1983. *Le pêcher. Génétique et physiologie.* Masson. París. 133 pp., [51 - 61].

Moore, J.N.; Janick, J. (Edit.). 1988. *Métodos genotécnicos en frutales*. A.G.T. Editor. México. 606 pp., [44 - 58]

Moore, R.P. 1987. *Manual de ensayos al tetrazolio.* I.N.S.P.V. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 92 pp., [8 - 24].

Moreira, N.; Nakagawa, J. 1988. *Semillas. Ciencia, tecnología y producción.* Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo. 406 pp., [40 - 50, 101 - 183, 358 - 382].

Niembro, A. 1988. *Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y estructura.* Limusa. México. 285 pp., [77 - 150].

Spina, P. (Coord.). 1985. *Trattato di Agrumicoltura*. Edagricole. Bologna. 552 pp., [323 - 337].

Tamaro, D. 1987. *Tratado de Fruticultura.* Ediciones G. Gili, México. 939 pp.,[29 - 36].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. Serie Técnica. S.G.T. Ministerio de Agricultura. Madrid. 521 pp., [216 - 239].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 2. La propagación por semillas

1 [Laboratorio]. Identificar semillas de diferentes especies frutales utilizadas como patrones.

2 [Campo]. Observar y controlar en los frutos de las plantas madres de semilla, del vivero del Campo de Prácticas, el proceso de desarrollo de las semillas de ciruelo Mirobolán y de cerezo Santa Lucía

3 [Laboratorio]. Partir el endocarpio, en su caso, y seccionar semillas de melocotonero, cerezo y peral, e identificar las partes que las componen. Observar en la lupa la constitución del embrión residual o eje embrionario.

4 [Laboratorio]. En semillas de naranjo, seccionar y retirar los tegumentos y observar la poliembrionía.

5 [Laboratorio]. En lotes de semillas de frutales de hueso conservadas durante diferentes años, partir el hueso y extraer la almendra (semilla). Determinar la viabilidad previa mediante la observación de su estado. Utilizar semillas de melocotonero, almendro, ciruelo Mirobolán y cerezo Santa Lucía.

6 [Laboratorio]. Determinar mediante la tinción con sal de tetrazolio la viabilidad de los lotes de semillas empleados en la actividad anterior (n.º 5).

7 [Laboratorio]. Determinar la viabilidad total y el vigor previsto (escala de 1 a 3) en los lotes de semillas analizados en las actividades 5 y 6. Comparar la facultad germinativa resultante, según la especie y la edad de las semillas.

8 [Campo]. Determinar las curvas de germinación del semillero de melocotoneros GF-305 y Nemared, del vivero del Campo de Prácticas, sembrado en líneas con siembra individual a una distancia establecida,

9 [Laboratorio]. En las plantas madres de semilla de ciruelo Mirobolán y cerezo Santa Lucía, del vivero del Campo de Prácticas, recolectar los frutos mediante mallas en el suelo y llevar a cabo el proceso de extracción de semillas hasta su conservación.

10 [Laboratorio]. En las plantas madres de semillas de melocotonero (GF-305, Red Leaf, Nemared y Nemaguard) del vivero del Campo de Prácticas, recolectar los frutos y llevar a cabo el proceso de extracción de semillas hasta su conservación.

11 [Invernadero]. En siembras en maceta, observar y comparar las diferencias en la germinación de semillas de melocotonero sometidas a tratamiento de frío y de semillas que no han superado la latencia interna. Sembrar parte de estas semillas sin el endocarpio y comparar las diferencias en la germinación.

12 [Invernadero]. En siembras en maceta, observar y comparar las diferencias en la germinación de semillas de peral y manzano, no sometidas a tratamiento de frío, en los casos de aplicar o no giberelina (GA_3).

13 [Laboratorio]. Realizar en la cámara frigorífica (a 4 °C) un estratificado de semillas de ciruelo Mirobolán durante 100 días. Utilizar una bandeja y arena, y vigilar la humedad durante proceso. Observar el estado final de las semillas; luego colocarlas en bandejas con arena a diferentes temperaturas (15, 20 y 25 °C), manteniendo la humedad, y determinar las diferencias en la germinación.

14 [Campo]. Realizar en el vivero del Campo de Prácticas, a principios de noviembre, la siembra de ciruelo Mirobolán y cerezo Santa Lucía en semillero en bandas de 20 cm de ancho y separadas 60 cm. Aportar las semillas a voleo a dosis de siembra de 150 y 400 semillas m^2. Comprobar la uniformidad de la distribución. Igualmente, en un surco sembrar a chorrillo almendro y albaricoquero, a dosis de 50 semillas por metro lineal.

15 [Campo]. Realizar en el vivero del Campo de Prácticas, a principios de noviembre, la siembra de melocotonero GF-305, R. Red Leaf, Nemared y Nemaguard, en semillero en líneas separadas 1,20 m, con siembra individual a distancias de 7-8 cm (para posterior aclareo) y de 15 cm; de cara al injertado de los patrones en el verano.

16 [Campo]. Realizar el mantenimiento (o su control) de los semilleros establecidos en las actividades 14 y 15 anteriores. Controlar la nascencia y el desarrollo de las plantas. Determinar la densidad de planta resultante.

17 [Campo]. Realizar el aclareo de plantas del semillero establecido en la actividad 15 cuando las plantas alcancen 10-15 cm. Cortar la raíz pivotante con una pala plana al inicio del verano.

18 [Campo]. En el semillero de melocotonero de la actividad 15, realizar a partir de julio la poda de ramos anticipados emitidos en los 15 primeros cm, para facilitar el manejo y el injerto de las plantas.

19 [Campo - taller]. Efectuar el arranque (o su control) del semillero de la actividad 14, una vez entrado en reposo. Seleccionar, podar y clasificar las plantas, determinando el rendimiento del semillero. Poner en manojos de 25 o 50 plantas los patrones producidos

y etiquetarlos. Colocarlos en bolsas en la cámara, o bien enterrados en una zanja en campo, para su conservación y posterior repicado al vivero de patrones.

20 [Campo]. Realizar la poda de invierno de las plantas madres de semillas de melocotonero, ciruelo Mirobolán y cerezo Santa Lucía, del vivero del Campo de Prácticas.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 2. La propagación por semillas

1. ¿Cuáles son los inconvenientes de la propagación por semilla y para la producción de qué plantas se utiliza este tipo de propagación?

2. ¿Cuáles son las fases del desarrollo de la semilla y qué características presenta la semilla en cada fase?

3. ¿Qué partes comprende la semilla de los frutales de hueso?

4. ¿En qué consiste la poliembrionía y en qué especies se presenta?. ¿Cuál es su aplicación?

5. ¿Cómo se expresa la facultad germinación y por qué método se determina?

6. ¿Qué características deben tener las plantas madres de semillas?

7. ¿En qué consiste el proceso de obtención de las semillas de los frutos carnosos?

8. ¿Cuáles son los factores ambientales que más influencia tienen en la conservación de las semillas?

9. ¿ Qué es la latencia de la semilla y por qué factores está regulada?

10. ¿Qué caracteriza a la latencia interna del embrión y cómo puede superarse?

11. ¿Qué condiciones deben cumplirse para que tenga lugar la germinación?

12. Durante la germinación ¿A partir de qué se lleva a cabo el crecimiento de la plántula?

13. ¿Qué influencia tiene la temperatura sobre la germinación?

15. ¿En qué consiste la escarificación de la semilla y para qué se realiza?

16. ¿Cuál es la finalidad de la estratificación en frío con humedad de las semillas y cómo se lleva acabo en los viveros?

17. ¿En qué consisten los semilleros individuales en recipientes y qué ventajas presentan?

18. ¿Cuáles son los diferentes tipos de semilleros en suelo, a la intemperie, y en qué épocas se realizan?

18. ¿Qué cuidados requiere la preparación del suelo en los semilleros en campo?

19. ¿De qué depende la densidad y la profundidad de siembra de las semillas? ¿Qué densidad es aconsejable para semilleros en eras?

20. ¿Cómo se denominan los patrones procedentes de semilla y que duración tiene, normalmente, su proceso de producción? Citar ejemplos.

3

ESTAQUILLADO

1. Bases del estaquillado.
2. Tipos de estaquillas y de estaquillado.
3. Plantas madres de estaquillas.
4. Factores que influyen en el enraizamiento de las estaquillas.
5. Estaquillado con estaquillas leñosas.
6. Estaquillado con estaquillas semileñosas y herbáceas.
7. Estaquillado con estaquillas de raíz.
8. Producción de planta por estaquillado.
9. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Bases del estaquillado

El estaquillado consiste en separar una porción vegetativa de la planta y conseguir generar los órganos que le faltan para dar lugar a una nueva planta.

A la porción de material vegetal utilizado se le denomina estaca. No obstante, en Fruticultura es más común denominarla estaquilla y a la técnica de propagación estaquillado; reservándose la denominación de estaca solo para aquellos casos en que la porción de material es un trozo de un ramo grueso o de una rama. Estos serán los términos adoptados en el presente texto.

Normalmente, la porción utilizada para estaquillar es un trozo de tallo, aunque también puede conseguirse una nueva planta a partir de porciones de raíz o incluso a partir de una hoja.

Si el material vegetal utilizado es un trozo de un brote o de un ramo será necesario que se formen raíces adventicias y que las yemas que portan originen una nueva brotación. En el caso de fragmentos de raíz será preciso que se formen yemas adventicias y que en la raíz se originen nuevos crecimientos. En el caso de una hoja se precisará tanto la formación de una yema como de raíces.

1.1. Formación de raíces adventicias

La formación de raíces adventicias es el principio fundamental del estaquillado y de los otros métodos de propagación vegetativa que persiguen obtener nuevas plantas. Son raíces adventicias aquellas que no tienen su origen a partir del meristemo apical de la raíz, ni como raíces laterales originadas a partir del periciclo en la estructura primaria de la raíz.

La formación de raíces adventicias tiene lugar a partir de meristemos secundarios o de tejidos que adquieren la capacidad de división y de diferenciación. Pueden desarrollarse sobre un tallo, sobre una raíz con estructura secundaria o sobre otros órganos de la planta. Su origen está siempre próximo a los tejidos vasculares del órgano que las produce, de esta forma se facilita la conexión del floema y del xilema con el primordio de la nueva raíz. Si el órgano que origina la raíz adventicia es joven, el origen suele estar en la periferia del sistema vascular; si es más viejo, el origen es más profundo y se localiza cerca del cambium.

El proceso consiste en la formación 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 secundario y del cambium. Los iniciadores radicales formados se transforman en primordios de raíces y se establece la conexión con el floema y xilema del órgano que los origina.

La formación de iniciadores radicales es activada por el corte de la estaquilla o por lesiones provocadas en la misma. Las primeras raíces desarrolladas, en un número moderado, inhiben el crecimiento de las restantes, regulando así el número de raíces de la nueva planta.

Los iniciadores radicales se producen al colocar las estaquillas o el órgano a enraizar en un medio de enraizamiento (sustrato, suelo, etc.) en condiciones adecuadas. Si estas condiciones son favorables los primordios crecen, atraviesan la corteza y salen al exterior, según se representa, esquemáticamente, en la Figura 3.1-A. La penetración en la corteza es puramente mecánica ya que no se forman conexiones laterales con los tejidos que van penetrando. En su avance arrastran a los tejidos y terminan penetrándolos, aflorando al exterior la caliptra que se pone en contacto con el medio de enraizamiento.

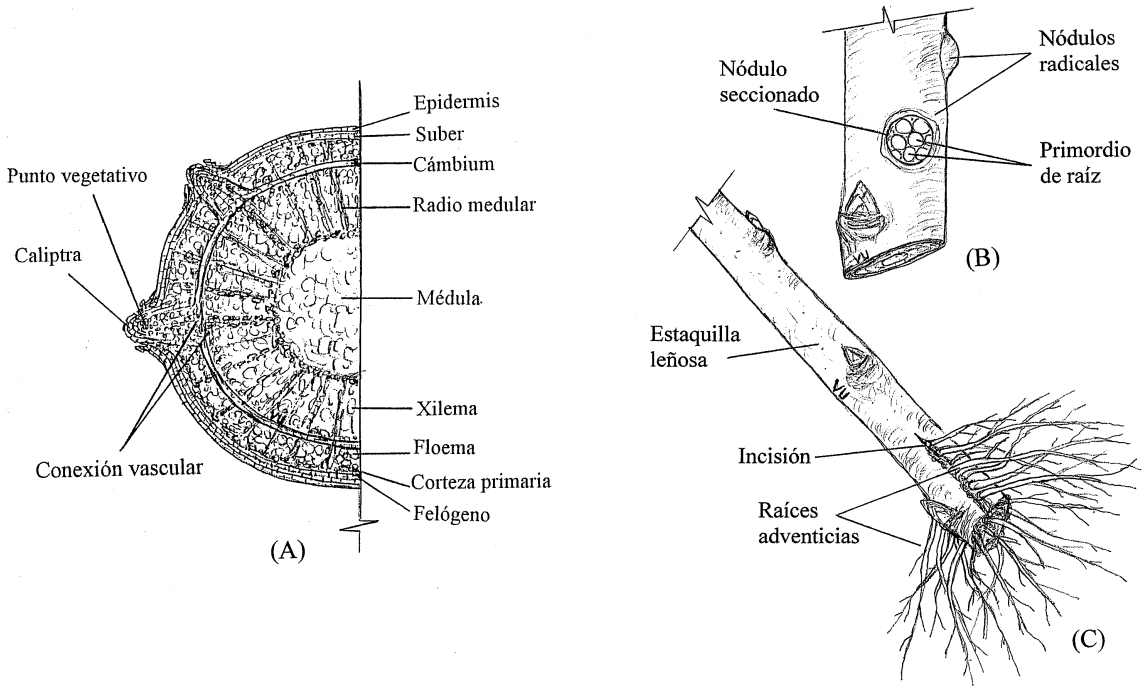


Figura 3.1. Formación de raíces adventicias en un ramo. A: Sección trasversal con primordios de raíz. B: Nódulos radicales. C: Raíces formadas en una estaquilla leñosa.

En algunas especies se forman espontáneamente en el ramo primordios que permanecen latentes, encontrándose agrupados en un nódulo que origina un abultamiento de la corteza (Figura 3.1-B).

Los nódulos permanecen latentes en el ramo o en la futura rama, hasta que se hacen estaquillas o bien estacas de la rama, y se colocan en condiciones favorables. En algunos casos los nódulos formados en los troncos de los patrones tienen una abundante proliferación y los primordios radicales terminan rompiendo la corteza y asomando al exterior, interrumpiendo gravemente la circulación por el floema y originando otros trastornos a la planta. Estos nódulos radicales característicos se denominan en muchos textos con su nombre inglés: "burr-knots". Sobre ellos se aprecian fácilmente numerosas raíces completamente formadas, que si se encuentran próximas al suelo se introducen en él y siguen creciendo, originando también serpeos en la zona próxima al cuello de la planta, como ocurre en algunos patrones de manzano (MAC-9).

En las estaquillas puestas a enraizar se forma en el corte de su base el callo de cicatrización que tiende a cerrar la herida e impedir la entrada de patógenos. El callo se forma a partir de las células del cambium vascular, aunque también pueden contribuir en su formación las células de la corteza y del xilema.

El callo no participa en el proceso de formación de raíces, excepto en algún caso como, por ejemplo, en *Pinus radiata*. Aunque las primeras raíces suelen aparecer a través del callo, éste no es esencial para el enraizamiento ya que no interviene directamente en la rizogénesis. Sin embargo, la formación de callo en las zonas lesionadas produce un estímulo para la formación de iniciadores radicales debido a la actividad de la intensa división celular que tiene lugar. Por este motivo las incisiones u otros cortes dados en la base de la estaquilla para originar la formación de callo en su cicatrización tienden a favorecer la emisión de raíces adventicias en esas zonas lesionadas. En este fenómeno interviene también la mayor facilidad de las raíces para salir al exterior por esas zonas lesionadas.

Las raíces adventicias aparecen también a lo largo de la parte enterrada de la estaquilla, más frecuentemente debajo de las yemas, y suelen formar hileras longitudinales de manera espontánea, según se representa en la Figura 3.1-C.

La capacidad para emitir raíces adventicias varía según la especie y la variedad. Las especies que poseen iniciadores radicales preformados en los ramos enraízan con mayor facilidad y rapidez. En frutales se presentan en bastantes membrilleros y en grosellero negro, y menos frecuentemente en manzano y cerezo. Cabe destacar el cerezo Colt en el

que aparecen numerosas raíces aéreas en la base de los ramos, sobre todo si están sombreados y con cierta humedad.

En general, los tallos u otros órganos de los frutales no tienen una gran capacidad para emitir raíces adventicias, por ello los patrones deben ser seleccionados con esta propiedad. A la falta de capacidad para diferenciar tejidos y formar los iniciadores radicales debe sumarse el alto grado de esclerificación que opone resistencia a la salida de las nuevas raíces. Los tallos que presentan un anillo continuo de esclerénquima en la corteza tienen más dificultad de enraizamiento que en el caso de que este anillo sea discontinuo por tener también células de parénquima. Cuanto mayor sea la capa suberosa de protección más dificultad tendrán las raíces para salir.

1.2. Características generales del estaquillado

La planta obtenida por estaquillado mantiene todas las características genéticas de la planta originaria, al ser un tipo de propagación asexual o vegetativa.

Principalmente, esta técnica se utiliza para la producción de patrones, aunque en algún caso también se obtienen por estaquillado plantas de variedades no injertadas, como en olivo y más raramente en peral (variedades autoenraizadas).

Los frutales se multiplican relativamente fácil mediante estaquillado, con estaquillas obtenidas de ramos o en algún caso de brotes. El aspecto más determinante del éxito del proceso es la facilidad de enraizamiento de la especie y variedad utilizada, pero en este éxito también influyen otros muchos factores.

El estaquillado es una técnica sencilla de ejecutar y relativamente económica. Su proceso básico es muy simple y no requiere conocimientos especiales. Cualquiera puede colocar trozos de ramos en el suelo o en un sustrato y, con unos cuidados mínimos, esperar a que enraícen, broten y originen nuevas plantas; otra cuestión más difícil y compleja es emplear métodos más sofisticados y optimizar el proceso.

Para el manejo del material vegetal se requiere poco espacio. Las estaquillas se implantan bastante juntas, a no ser que vayan a injertarse en el mismo emplazamiento para dar lugar a un vivero de plantones.

Las plantas madres para extraer el material vegetal no tienen un manejo complicado y por cada planta madre se puede obtener un número grande de nuevas plantas cada campaña.

Como inconveniente cabe destacar que con el estaquillado se transmiten fácilmente a la descendencia las posibles enfermedades de la planta madre, especialmente bacteriosis y virosis.

2. Tipos de estaquillas y de estaquillado

Las estaquillas se clasifican en varios tipos según la parte de la planta empleada para su extracción y según el estado vegetativo del material empleado. Asimismo el estaquillado se diferencia según la época de realización y la tecnología empleada.

Según la procedencia del material empleado pueden ser:

- Estaquillas de brotes y de ramos. Se obtienen de los brotes en crecimiento o de los ramos originados por esa brotación. En algún caso la estaquilla comprende también en su base una pequeña porción de la rama en que se inserta el ramo.

- Estaquillas de ramas (o estacas). Se obtienen de ramas de dos o más años, denominándose estacas si ya tienen cierto grosor.

- Estaquillas de raíz. Se obtienen de raíces fibrosas o conductoras no muy gruesas y relativamente jóvenes (1-3 años).

- Estaquillas de hojas. Se emplea una hoja con el pecíolo. También la hoja puede portar una pequeña porción de astilla y corteza del tallo con la yema. Prácticamente es sólo una curiosidad en la propagación de frutales y en otras especies leñosas.

Según el estado de desarrollo del material vegetal pueden ser:

- Estaquillas leñosas. Provienen de ramos sin hojas y, en algún caso, de ramas sin hojas (estacas). Son tomadas a la entrada del reposo o durante el reposo. Estas estaquillas según su constitución (Figura 3.2) pueden ser:

    - Estaquillas simples o rectas. Están formadas por trozos de ramos y prácticamente es el único tipo de estaquillas leñosas utilizadas en los viveros. En general la porción de ramo comprende varias yemas aunque también, en algún caso, se pueden hacer de una sola yema, como en vid.

- Estaquillas de talón. Están constituidas por la parte basal del ramo, portando también un pequeño fragmento de la rama en que se inserta.

- Estaquillas de mazo. Están constituidas por la parte basal del ramo y una pequeña sección (2-4 cm) de la rama que lo porta.

- Estaquillas semileñosas. Provienen de la parte semilignificada de un brote, o de un ramo con hojas en periodo de actividad. En especies perennifolias se consideran semileñosas todas las estaquillas extraídas de ramos.

- Estaquillas herbáceas. Provienen de brotes no lignificados o del extremo herbáceo de brotes semilignificados.

Las características del material vegetal empleado determinan la época para realizar el estaquillado y condicionan el manejo de las estaquillas y los medios utilizados.

Según la época de realización, y en base al periodo de actividad o de reposo de la planta, el estaquillado se diferencia, globalmente, en dos tipos:

- Estaquillado de verano. Con estaquillas herbáceas y semileñosas con hojas, de plantas en plena actividad. Cada especie tiene un período más adecuado para tomar las estaquillas.

- Estaquillado de invierno. Principalmente, con estaquillas leñosas sin hojas en especies caducifolias, aunque también incluye estaquillas semileñosas y leñosas en especies de hoja perenne; en ambos casos de plantas en reposo o en su entrada. Normalmente, las estaquillas se toman y se plantan al final del otoño o bien se recogen durante el invierno y se conservan en ambiente adecuado hasta pasado el período invernal. Las especies de hoja perenne tienen unos períodos óptimos más limitados.

Para realizar el estaquillado se pueden emplear varios tipos de instalaciones, con control del medio, o bien se lleva a cabo en el campo si el material lo permite. Así, según la técnica empleada el estaquillado se diferencia en dos tipos:

- Estaquillado en campo. Proceso desarrollado en el suelo, al aire libre, con estaquillas leñosas.

- Estaquillado forzado. Proceso desarrollado en invernadero o en otras instalaciones, con control ambiental y sobre un sustrato. Se precisa para estaquillas herbáceas y semileñosas.

En general, el estaquillado forzado se realiza sobre mesas o bancadas provistas de una cobertura de plástico y de un sistema de nebulización para mantener una humedad alta. En ocasiones se aplica calor de fondo al sustrato de enraizamiento ("cama caliente") para forzar la emisión de raíces. Cuanto más delicadas sean las estaquillas empleadas, por su riesgo de deshidratación, más sofisticado será el sistema de manejo.

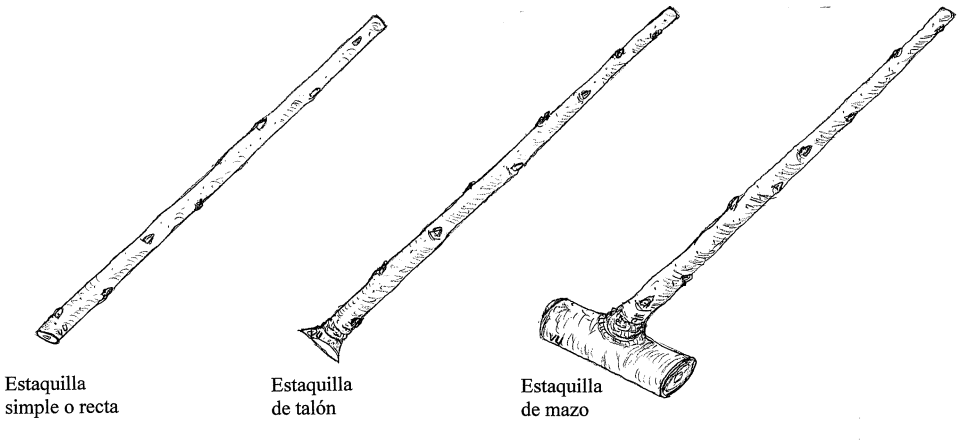


Figura 3.2. Tipos de estaquillas leñosas según su constitución.

3. Plantas madres de estaquillas

Las plantas madres de estaquillas son las plantas de las que se toma el material vegetal utilizado para estaquillar. En viveros de frutales las estaquillas se extraen de ramos, con o sin hojas, y en algún caso de brotes; otros materiales serían excepcionales.

Es muy importante que el material originario de las plantas madres posea garantías de su identidad varietal, y si es posible clonal. Asimismo, debe tener garantizado su buen estado sanitario, particularmente el estar libre de virus y de otros patógenos, lo que debe mantenerse a lo largo de los años. Para ello las tijeras u otros instrumentos de corte deben desinfectarse siempre antes de utilizarlos en las intervenciones con las plantas madres.

Las plantas deben tener una formación y manejo que permitan producir numerosos ramos. Dependiendo de la especie y variedad la ramificación producida es más o menos abundante. Por ejemplo, los híbridos de melocotonero x almendro tienen una gran

capacidad para emitir brotaciones; por el contrario los ciruelos "Brompton" emiten escasos brotes aunque se deje un número elevado de yemas.

La formación de la planta se realiza de forma que sea fácilmente accesible para el corte de los brotes y ramos, como pueden ser pequeños vasos (Figura 3.3) o cordones horizontales con porte bajo. La plena producción se consigue al tercer o cuarto año y la vida útil es de unos 15 años.

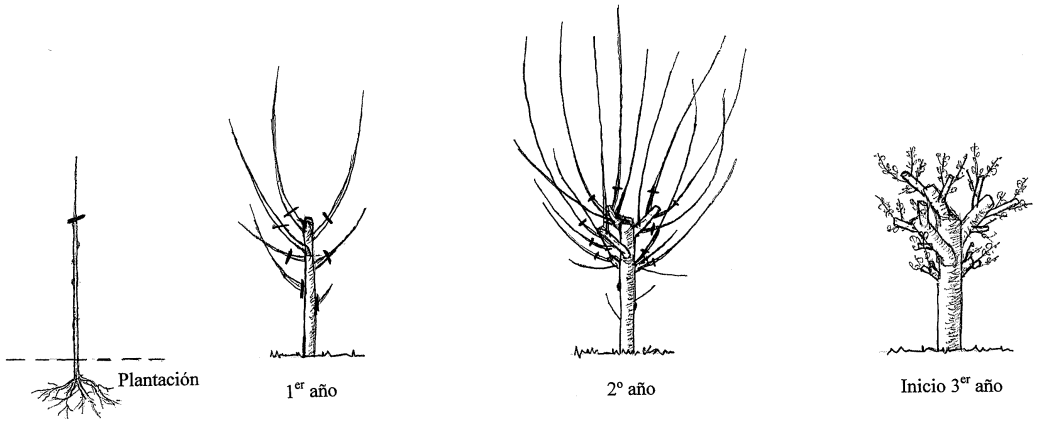


Figura 3.3. Formación de una planta madre de estaquillas en vaso.

Al cortar los ramos para hacer las estaquillas deben dejarse algunos de ellos sin cortar su parte basal, para que sus yemas den lugar el próximo año a las nuevas brotaciones. Las plantas deben tener buena capacidad de rebrote y soportar bien las intervenciones tan severas.

En invierno, una vez extraídas las estaquillas, se podan las plantas madres conservando la estructura y dejando bien posicionados unos cuantos ramos rebajados a 3-5 yemas (pulgares), de manera que queden suficientes yemas en la planta para la brotación del próximo año. Al realizar podas tan severas en las plantas se provoca también la brotación de yemas latentes presentes en las ramas de años anteriores. No deben dejarse ramos fructíferos ya que la polinización de las flores puede ser el origen de contaminaciones, y los frutos producidos serán una competencia para la vegetación.

En primavera, durante el crecimiento activo de los brotes, se puede realizar un pinzamiento en plantas vigorosas para provocar nuevos brotes anticipados que den lugar a un mayor número de ramos y, sobre todo, de menor grosor, resultando más adecuados para tomar las estaquillas. En el caso de híbridos de melocotonero x almendro se consigue con el pinzamiento que las nuevas brotaciones no desarrollen tantos anticipados, resultando más porciones aprovechables para tomar estaquillas, y con mejores características. De todas formas debe conocerse cuál será la respuesta al pinzamiento según el vigor de las plantas, dado que si éste no es suficiente puede que no

se consigan los ramos adecuados. También debe tenerse en cuenta que el pinzamiento provocará una peor iluminación de la zona interior de la planta madre, al haber mayor número de brotes.

En frutales, las plantas madres se disponen en líneas a una separación de 1 a 2 m, dependiendo de su formación y vigor, formando una especie de seto. La anchura de la calle deberá ser como mínimo de 3,5-4 m para permitir el paso de la maquinaria. Se debe evitar el sombreo excesivo para que los ramos interiores no tengan un desarrollo débil o, incluso, que lleguen a morirse.

En la Tabla 3.1 se recoge la producción indicativa de estaquillas leñosas (de 25-30 cm) en plantas madres adultas de diferentes especies, formadas en vaso en frutales y en vid a cabeza mimbrera, y dispuestas a los marcos habituales.

Es importante mantener las plantas libres de plagas y enfermedades que originen efectos importantes sobre el desarrollo de los brotes, ya que esto condicionará en gran medida su aprovechamiento posterior. Por ejemplo ataques de pulgón, janus, polilla oriental, oidio, etc.

Asimismo, las plantas deben tener una nutrición equilibrada y evitar los excesos de agua y nitrógeno, para no tener exceso de vigor y no alargar el ciclo vegetativo, consiguiendo de esta forma un buen endurecimiento de la madera. Deben almacenar suficientes reservas para favorecer el enraizamiento de las estaquillas.

Tabla 3.1. Producción de estaquillas leñosas por planta madre adulta, en diferentes especies.

Plantas madre	Marco (m)	N.º de estaquillas
Ciruelo San Julián - A	3,5 x 1	100
Ciruelo Brompton	3,5 x 1	80
Ciruelo Mariana - 2624	4 x 1,5	300
Ciruelo Damas - 1869 (INRA)	4 x 1,5	130
Cerezo Santa Lucía SL-64	4 x 1,5	300
Cerezo Colt	4 x 1	200
Híbrido M x A INRA GF-677	4,5 x 2	350
Híbrido A x M Adafuel	4,5 x 2	300
Membrillero EM-A	4 x 1	175
Membrillero BA-29	4 x 1	200
Manzano MM-106	4 x 1	175
Olivo (estaquillas semileñosas de 15 cm)	4,5 x 1,5	400
Vid	3 x 3	130

4. Factores que influyen en el enraizamiento de las estaquillas

La capacidad de enraizamiento varía mucho de unas especies a otras y entre variedades. Asimismo, dependiendo de las características del material vegetal y de las condiciones del medio de enraizamiento los resultados serán muy diferentes. En algunos casos habrá que emplear técnicas muy específicas para lograr el enraizamiento.

A continuación se describe la influencia de los principales factores, agrupados según su naturaleza.

4.1. Material vegetal

Las características genéticas, la constitución morfológica y el estado de desarrollo del material influyen en el enraizamiento. Además, el estado físico, nutritivo y sanitario de la estaquilla repercuten sobre el resultado final.

a) Especie y variedad.

Entre las especies frutales hay grandes diferencias de enraizamiento. Así por ejemplo, en general enraízan con facilidad: ciruelo, membrillero, higuera, olivo y algunas vides (*V. vinífera* y *V. rupestris*); y con dificultad: melocotonero, albaricoquero, manzano y ciertas vides (*V. berlandieri*). En cítricos hay bastantes diferencias entre especies, enraíza con cierta facilidad el limonero y difícilmente el naranjo.

Esto hace que en unos casos el estaquillado sea el método habitual para la obtención de patrones o de variedades autoenraizadas, y en otros casos no se emplee o se deba recurrir a otros métodos o, incluso, a la propagación por semilla. El enraizamiento será más fácil si las plantas tienen tendencia a formar nódulos radicales en sus ramos. Aún así, el cerezo Colt presenta diferencias importantes de enraizamiento entre la parte basal de los ramos, con raíces preformadas, y la parte superior.

Dentro de una especie también hay diferencias importantes de enraizamiento entre sus variedades. Por ejemplo, enraízan mucho más fácilmente los ciruelos Mariana-2624 y Damas-1869 que San Julián-A y Brompton; o en membrillero enraíza más fácilmente el EM-A que el BA-29. Estas diferencias hacen que la capacidad de enraizamiento sea un aspecto fundamental a tener en cuenta en la mejora genética de patrones.

b) Estado de la planta madre.

La planta madre debe tener suficientes reservas y los ramos un buen agostamiento. Un contenido relativamente bajo de nitrógeno y alto en hidratos de carbono favorece el enraizamiento; siempre dentro de un equilibrio, puesto que el nitrógeno también será necesario para la formación de las futuras raíces.

Las paradas y reducciones del crecimiento en la planta incrementan la acumulación de reservas en los ramos en actividad, originando un mejor enraizamiento de las estaquillas semileñosas tomadas de ellos.

Las plantas madres envejecen con prontitud debido a las drásticas intervenciones a que son sometidas, por lo que la ramificación presentará mejores características nutricionales y de uniformidad si las plantas son más jóvenes y, además, su estructura estará más equilibrada. No obstante, de plantas muy jóvenes (1-2 años) se obtienen peores resultados si tienen pocas reservas.

El estado sanitario de la planta madre tendrá una gran influencia sobre la viabilidad de las estaquillas, ya que si contienen patógenos el medio de enraizamiento favorecerá su desarrollo y darán al traste con las estaquillas.

c) Tipo y características de la estaquilla.

Cada especie y variedad tiene unas características y unos requisitos diferentes, y la respuesta de estaquillado es muy variable al depender de numerosos factores, por lo que es difícil generalizar y establecer cuál es la mejor constitución o cuáles son las características más adecuadas que deben tener las estaquillas; no obstante se comentan algunos aspectos generalizables.

Normalmente, cuanto menos lignificado sea el material más fácil y rápidamente emite raíces. Además, al ser menos diferenciados los tejidos, las células tienen más capacidad de originar meristemos secundarios. Cuando hay dificultad con estaquillas leñosas se realiza estaquillado semileñoso o herbáceo, no obstante el proceso es más difícil y las instalaciones más complejas.

Ni los ramos más gruesos ni los más delgados o débiles serán los mejores para tomar estaquillas, al haber tenido desequilibrios durante su desarrollo. Las estaquillas de ramos laterales suelen arraigar mejor que las de ramos terminales.

En ramos en reposo enraíza mejor la parte basal, ya que hay acumulación de reservas y, en algunos casos, iniciadores radicales preformados. En ramos en plena

actividad ocurre lo contrario, ya que cuanto más cerca del brote habrá mayor concentración de hormonas promotoras procedentes de las hojas y en la base del ramo aún no hay gran acumulación de reservas ni iniciadores preformados.

La presencia de hojas y de yemas favorece el enraizamiento debido a la síntesis de sustancias hormonales. Las hojas al realizar fotosíntesis también ayudan al suministro de nutrientes, pero al inicio del proceso suponen un mayor riesgo de deshidratación. Las flores dificultan el enraizamiento al consumir reservas.

Las estaquillas tomadas de brotes o ramos con juvenilidad, de plantas procedentes de semilla, enraízan más fácilmente; aunque estas plantas no se utilizan como plantas madres dado su origen. Asimismo, también enraízan con más facilidad las estaquillas tomadas de brotes o ramos procedentes de yemas adventicias, formadas en las raíces o en las ramas, al presentar cierta juvenilidad.

También se cita para alguna especie (manzano, peral, etc.) que las estaquillas tomadas en ramos y raíces de plantas madres jóvenes enraízan mejor que las tomadas de plantas viejas. Este hecho sólo se justifica por diferencias en su constitución o por diferente composición nutricional y hormonal. Las estaquillas de ramos tomadas de plantas viejas deben dar los mismos resultados que las de plantas jóvenes, si tienen las características adecuadas.

Las estaquillas de talón y mazo suelen tener en algunas especies mejor enraizamiento al emitir raíces justo en el punto de inserción del ramo. Téngase en cuenta que, en general, en estaquillas leñosas enraíza mejor la parte basal del ramo y que en la porción comprendida de rama habrá más reservas.

4.2. Época de realización

La época de realización del estaquillado está condicionada por el tipo de estaquilla empleada, según la planta se encuentre en actividad o en reposo. Prácticamente se podría estaquillar durante todo el año si se puede obtener material y las condiciones del medio lo permiten; pero cada especie y tipo de estaquilla tienen unos períodos óptimos restringidos.

Las estaquillas leñosas de especies de hoja caduca se preparan a la entrada en reposo o bien algo antes de la salida del reposo; si se toman durante el invierno deben conservarse en condiciones adecuadas. En las especies de hoja perenne los periodos serán similares si las estaquillas se preparan sin hojas.

Las estaquillas semileñosas de especies de hoja caduca se preparan desde principios de verano, una vez finalizado el crecimiento activo de la planta, hasta mediados de otoño, unas semanas antes de producirse la entrada en reposo. En las especies de hoja perenne se toman durante el periodo de actividad, después de los crecimientos activos cuando la madera está ya endurecida. Por ejemplo, en olivo se tiene más éxito tomando las estaquillas al comienzo del otoño y al final de primavera.

4.3. Preparación y tratamiento hormonal de la estaquilla

La forma de preparar la estaquilla tiene repercusión en el enraizamiento al influir sobre su supervivencia y facilitar la emisión de raíces. Evidentemente, la preparación será diferente según la disponibilidad de material vegetal, el tipo de estaquilla y las condiciones de enraizamiento. La aplicación de hormonas tiene una gran influencia sobre el enraizamiento, según se ha puesto de manifiesto en numerosas experiencias con las diferentes especies.

1. Preparación de las estaquillas.

El tamaño de la estaquilla influye sobre la rapidez de deshidratación, el contenido de reservas, la disposición para emitir raíces, el número de yemas que contiene, etc. Además, todos estos aspectos también deben tenerse en cuenta para el manejo de las estaquillas.

En general, en estaquillas leñosas cuanto mayor sea el tamaño mayores serán las posibilidades de enraizamiento, aunque se dificultará el manejo. Su longitud suele ser entre 20 y 40 cm. Por el contrario, las estaquillas semileñosas no deben tener un tamaño grande y debe controlarse la superficie foliar existente para evitar deshidrataciones; su longitud suele ser entre 5 y 15 cm.

Los cortes realizados en las estaquillas deben ser limpios para facilitar la cicatrización. Las incisiones o muescas realizadas en la base de la estaquilla activan la emisión de raíces en esas zonas. Las incisiones deben profundizar hasta el cambium pero sin cortar el xilema. Así se origina la producción de callo y se estimulan los tejidos lesionados para producir primordios radicales; posiblemente debido a que se acumula auxina natural y reservas en las zonas lesionadas, se aumenta la respiración y la producción de etileno y, además, en el caso de tratamiento hormonal se efectúa una mayor absorción a través de las heridas. Por otro lado, los primordios radicales formados salen más fácilmente al exterior a través de las zonas lesionadas. Como efecto negativo cabe citar que las heridas causadas aumentan el riesgo de infección.

El corte de la base debe hacerse debajo de un nudo (0,5-1cm) por ser ésta una zona más favorable para la emisión de raíces que el entrenudo. Un corte en bisel en la base facilitará la plantación de las estaquillas y se dañará menos el extremo de la corteza con el suelo, pero la cicatrización será más costosa que con un corte plano. Si la estaquilla se deposita en una zanja y luego se tapa con la tierra será preferible dar el corte de la base totalmente perpendicular ramo. En el corte superior es mejor dejar una porción de entrenudo para resguardar la yema superior y debe hacerse con un ligero bisel para evitar la acumulación de agua.

En plantas con latex (higuera) las estaquillas no deben tomarse en plena actividad y deben sumergirse un tiempo en agua tibia para frenar la emisión de latex.

La cicatrización forzada previa de las estaquillas mediante estratificación en caliente facilitará el enraizamiento posterior.

En la preparación de las estaquillas debe conservarse la polaridad del ramo. En las estaquillas leñosas es más probable tener una confusión al cortarlas o al depositarlas en manojos, por lo que debe vigilarse la posición de las yemas. Si la estaquilla se entierra horizontal desarrolla raíces más fácilmente en su extremo basal y los brotes en su extremo apical. Si la plantación de las estaquillas se realiza a la inversa se inhibe, en general, la emisión de raíces, aunque en algún caso se producen unas pocas raicillas y brotan algunas yemas, arqueándose rápidamente los brotes para adquirir su sentido normal de crecimiento.

2. Tratamiento hormonal.

Las auxinas naturales, como el ácido índol-3-acético (AIA), sintetizadas en las hojas y las yemas, y transportadas hacia la base de los ramos, favorecen la diferenciación de los tejidos y la formación de iniciadores radicales en esa zona. De la misma forma las auxinas de síntesis aplicadas a las estaquillas estimulan su capacidad rizógena.

Con la aplicación de auxina se puede aumentar bastante el porcentaje final de enraizamiento en variedades con dificultad; y en variedades de fácil enraizamiento éste mejorará, al ser más rápido y aumentar el número de raíces emitidas y su vigor. Por este motivo el tratamiento hormonal es una práctica obligada en todos estaquillados.

Las diferentes especies frutales responden de diferente manera al tratamiento hormonal.

En una misma variedad, la respuesta al tratamiento hormonal es también variable de unas veces otras, ya que tanto el estado del material vegetal como las condiciones de

enraizamiento pueden ser diferentes, luego las interacciones hormonales y el modo de acción también varían.

Unas sustancias hormonales dan mejores resultados que otras; y, a veces, la mezcla potencia su acción. Las concentraciones utilizadas son muy bajas, del orden de 1 a 5 gramos por litro de disolución (1.000 a 5.000 ppm) para una inmersión rápida; concentraciones más elevadas pueden resultar tóxicas para las estaquillas. En ocasiones, el tratamiento hormonal puede resultar negativo dando peores resultados que un testigo sin tratamiento. Mediante experimentación debe establecerse la concentración óptima de cada sustancia para cada variedad.

Las auxinas sintéticas más efectivas son el ácido indolbutírico (AIB o, comúnmente, IBA) y el ácido naftalenacético (ANA). También otras auxinas, tales como el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), el ácido 2,4,5-triclorofenoxipropiónico (2,4,5,-TP), etc., estimulan de enraizamiento, y añadidas en pequeñas concentraciones suelen potenciar la acción del IBA o del ANA.

Muchas veces la mezcla de varias sustancias da mejores resultados que cada una por separado, pero es muy difícil establecer cuál es la mezcla y la dosificación óptima en cada caso.

La hormona más utilizada en frutales es el IBA, al no ser tan tóxico para el material vegetal como las otras sustancias, su concentración tiene un margen de acción más amplio y suele dar resultados aceptables con todas las especies. El ANA tiene un empleo más delicado por su toxicidad, por lo que sus dosis deben ser menores; lo mismo ocurre con el 2,4-D y otras sustancias las cuales son utilizadas también como herbicidas. El AIA no es tan efectivo y se descompone rápidamente. La combinación de ANA y AIA puede ser tan efectiva como el IBA.

Estas sustancias están disponibles en el mercado como productos comerciales en forma de concentrado y pastillas solubles o de polvo adherente, a diferentes concentraciones y mezclas, para su disolución o bien para la aplicación directa a las estaquillas. En algunos casos se formulan mezcladas también con un fungicida. No obstante, aunque estos productos comerciales son de fácil utilización, para la aplicación mediante inmersión se recomienda adquirir las hormonas en un estado puro a un laboratorio de productos químicos y preparar la disolución a la concentración deseada en el momento de su utilización.

Debe tenerse en cuenta que las formas ácidas de la mayoría de estas hormonas no son solubles en agua y deben ser disueltas primero en alcohol etílico (o metílico) del 95%, o en acetona pura (99,9%), y luego esta disolución se diluye en agua hasta

alcanzar la concentración establecida. También se pueden disolver y aplicar directamente en una solución hidroalcohólica al 50%. La sal potásica del IBA es soluble en agua.

Los métodos de aplicación de la hormona son, por lo tanto, mediante espolvoreo o impregnación y mediante inmersión, plantando a continuación las estaquillas. La aplicación mediante pasta de lanolina con hormona al 0,01-0,05%, utilizada antiguamente, ya no se emplea.

El método de espolvoreo consiste en aplicar la hormona mezclada con polvo inerte (talco, caolín, etc.) al 0,1-0,5% de forma que quede impregnada la estaquilla. Para ello se humedece ligeramente la base de las estaquillas y se introducen en un recipiente con el polvo preparado, luego se sacuden suavemente para eliminar el exceso de polvo adherido. Debe procurarse que todas las estaquillas estén recubiertas con la misma cantidad de polvo, sobre todo cuando se introducen en manojos. También puede aplicarse el polvo mediante una brocha u otro procedimiento de espolvoreo. La uniformidad del tratamiento no suele ser alta debido a que la adherencia de producto depende del tipo de corteza de la estaquilla y de la humedad retenida.

El método de inmersión consiste en introducir la base de las estaquillas (2-3 centímetros) en una solución más o menos concentrada de hormona para que sea absorbida durante un determinado tiempo. Se utiliza, normalmente, como solución alcohol o acetona al 50% en agua destilada.

La inmersión lenta consiste en mantener en remojo durante unas 24 horas las estaquillas en una solución a concentraciones bajas de hormona (10 a 100 ppm). Se deben mantener a una temperatura de unos 20 °C y resguardadas de la luz.

La inmersión rápida consiste en introducir las estaquillas durante un tiempo muy breve, de 5 a 10 segundos, en una solución a concentraciones relativamente altas de hormona (1.000 a 5.000 ppm).

Las dosis que dan mejores resultados suelen ser las próximas a presentar toxicidad para el material vegetal. Las estaquillas semileñosas y, sobre todo, las herbáceas son más sensibles a presentar fitotoxicidades, por lo que las concentraciones empleadas deben ser algo más bajas.

Siempre deben utilizarse preparaciones recientes ya que puede variar la concentración al evaporarse el alcohol o la acetona y, además, se destruyen las sustancias hormonales con la luz y con los contaminantes aportados por el material vegetal en soluciones ya utilizadas.

La aplicación del producto hormonal a toda la estaquilla también ha dado resultados favorables de enraizamiento, sobre todo en estaquillas con hojas o herbáceas, aunque puede inhibirse la brotación de yemas o el crecimiento del brote.

3. Tratamiento con fungicidas.

La impregnación de la base de la estaquilla con un producto fungicida o el tratamiento foliar, en su caso, frenará el ataque de hongos en el medio de enraizamiento y disminuirá las pudriciones. Se emplea Captan, Ziram, Metil tiofanato, Propamocarb, etc. Los preparados comerciales con hormonas de enraizamiento en forma de polvo incluyen también un fungicida.

Al evitar que se mueran alguna de las pequeñas raicillas formadas en las estaquillas se obtiene un sistema radical más potente. Algunos carbamatos ejercen también un efecto favorable sobre el enraizamiento.

En el hormonado por inmersión, aprovechando la humedad y una vez que se secan ligeramente las estaquillas, se impregnan mediante espolvoreo con un fungicida mezclado en un polvo inerte. Una mezcla muy usual ha sido la siguiente: 75% de talco en polvo, 20% de Captan-50% WP y 5% de Benomilo-50% WP; este último producto ha sido retirado en el 2004 y puede ser sustituido por Metil tiofanato 70% WP.

4.4. Condiciones ambientales

Las condiciones en que se lleva a cabo el estaquillado, tanto del medio aéreo como del suelo o sustrato, son también determinantes de su éxito.

1. Humedad.

Las estaquillas corren el riesgo de deshidratarse durante el proceso de enraizamiento, sobre todo en estaquillado semileñoso y herbáceo, los cuales no serán posibles sin un control de la humedad ambiental.

Las estaquillas leñosas se entierran al menos la mitad de su longitud en el suelo o sustrato; así, manteniendo una humedad adecuada en el suelo, las estaquillas se mantienen en buen estado. Además, en esa época de estaquillado las temperaturas no son tan altas.

Las estaquillas semileñosas y herbáceas precisan un sistema intermitente de aspersión fina o nebulización para mantener una humedad ambiental próxima a la

saturación y evitar su deshidratación. Además, al ser en esa época las temperaturas más altas, las gotas finas o la niebla humedecen las hojas y las mantienen más frescas; pero un exceso de humedad puede deteriorar las hojas y las yemas.

Para controlar mejor la humedad se emplea un pequeño túnel de cobertura plástica, normalmente, instalado dentro de un invernadero. Es imprescindible mantener un buen drenaje del sustrato para evitar encharcamientos que originarían asfixia radical y pudriciones. Normalmente, el estaquillado se realiza en mesas o bancadas con un sistema de drenaje, o en cajas y bandejas con el fondo perforado. Dada la alta humedad existente y que la temperatura es elevada, será preciso realizar tratamientos fungicidas frecuentes para evitar el desarrollo de hongos.

2. Temperatura.

La actividad en los tejidos de las estaquillas para la formación de primordios radicales y callo de cicatrización requiere, en general, temperaturas superiores a los 10 °C, se da de forma óptima a temperaturas alrededor de los 25 °C, y no deben superarse los 35 ºC. La diferencia de temperatura entre el sustrato y el aire favorece la emisión de raíces. Debe tenerse en cuenta que las temperaturas más altas que favorecen los procesos de enraizamiento de las estaquillas, por otro lado aceleran su deshidratación, por lo que el equilibrio más favorable entre ambos fenómenos se encuentra al mantener la temperatura del sustrato más elevada que la del ambiente.

El estratificado con calor y humedad de las estaquillas leñosas, durante 1 a 3 semanas, acelera la formación de callo y la posterior emisión de raíces. Si las estaquillas se plantan en el campo en otoño, debe hacerse cuando el suelo aun mantenga suficiente temperatura (umbral mínimo 8 ºC) para permitir la cicatrización antes de los fríos invernales. En estaquillados semileñosos y herbáceos para favorecer la emisión de raíces puede calentarse el sustrato de enraizamiento. Para ello se coloca en el fondo un sistema de calefacción mediante tuberías con agua caliente o una manta con resistencias eléctricas. En los estaquillados forzados en invernadero debe vigilarse el exceso de temperatura, sobre todo en verano, ya que podrían llegar a marchitarse las estaquillas.

3. Medio de enraizamiento.

El suelo o el sustrato utilizados para el enraizamiento deben poseer las siguientes características:

- Ser suficientemente poroso para mantener una buena oxigenación de las raíces.

- Retener humedad suficiente y, a la vez, que permita un buen drenaje para evitar encharcamientos.
- No tener elementos que perjudiquen el crecimiento o sean tóxicos para las raíces (salinidad, exceso de cal, etc.).
- Ser denso para mantener un buen contacto con las estaquillas y no apelmazarse.
- Estar libre de malas hierbas y de patógenos.

Para estaquillados en campo deben utilizarse suelos sueltos (francos y franco-arenosos) y con buen drenaje. El acolchado con plástico (polietileno) negro evita la emisión de malas hierbas, conserva la humedad y eleva la temperatura, por lo que su efecto es muy favorable para el estaquillado.

Para estaquillados en sustrato lo más común es utilizar mezclas de arena con algún otro material que permita una mayor retención de agua y que no compacte el medio, como turba, perlita, vermiculita, etc. El manejo puede hacerse en bancadas, cajas, bandejas, etc.; o de forma individual en macetas, bolsas, pots, tacos, etc. La mezcla de arena, turba y perlita a partes iguales da buenos resultados. También se está utilizando sólo perlita, o bien mezclada con vermiculita, con buenos resultados, pero se precisa repicar pronto las estaquillas a otro medio. Otros materiales inertes compactos, como la lana de roca, también dan buenos resultados, pero deben utilizarse en tacos o elementos aislados con cada estaquilla, para que las raíces no penetren de unos a otros y luego se rompan al separar las estaquillas.

El medio del enraizamiento influye también en la forma y estructura del sistema radical formado. El enraizamiento en arena suele producir raíces más largas y poco ramificadas; cuando el medio contiene turba suelen ser más ramificadas y delgadas. Cuando se realiza en bolsa o contenedor debe replicarse la estaquilla antes de que se produzca la espiralización de las raíces en el fondo y las paredes del recipiente.

4. Luz.

La ausencia de luz en el medio de enraizamiento puede estimular la formación de raíces, pero será necesaria en la brotación de las yemas y crecimiento de los brotes. En estaquillados semileñosos y herbáceos la luz es necesaria para que se siga realizando la fotosíntesis en las hojas, ya que los fotosintatos serán muy importantes para la iniciación y crecimiento de la raíces.

Por el contrario, una insolación fuerte sobre el estaquillado puede aumentar la temperatura y producir desecaciones y quemaduras, sobre todo si se emplean coberturas de plástico o de vidrio. Por ello, en estaquillados en verano es necesario el sombreado.

Los ambientes húmedos y oscuros pueden favorecer la proliferación de organismos patógenos perjudiciales para las estaquillas.

5. Otros factores del medio.

Las estaquillas leñosas plantadas en campo en otoño pueden sufrir heladas en invierno que destruyen el callo de cicatrización recién formado, por lo que no deben realizarse este tipo de estaquillados en zonas muy frías. Las nevadas no suelen afectar a las estaquillas ya endurecidas, al mantener el suelo aislado de las temperaturas extremas ambientales.

El medio de estaquillado debe mantenerse en buenas condiciones asépticas, si es necesario mediante la desinfección del suelo y sustratos, y realizar tratamientos fitosanitarios para evitar la proliferación de plagas y enfermedades, las cuales, en las condiciones ambientales en las que se trabaja, son frecuentes a lo largo del desarrollo del cultivo.

5. Estaquillado con estaquillas leñosas

Las estaquillas leñosas son las más utilizadas en la mayoría de frutales y en vid. Comúnmente, a este estaquillado se le denomina estaquillado leñoso o estaquillado de invierno y se lleva a cabo generalmente en campo, siendo el método más sencillo y económico.

Las estaquillas leñosas se extraen de ramos sin hojas, se preparan fácilmente, son resistentes y se manipulan sin dificultad. En algún caso, como en higuera y olivo, se extraen también de ramas de dos o más años; denominándose, entonces, estacas al ser gruesas.

1. Época de estaquillado.

Las estaquillas se toman, según su utilización, en otoño a la entrada en reposo o en invierno durante el reposo, en este caso siempre unas semanas antes de que la planta madre inicie la actividad. Deben conservarse en cámara o en un local fresco para que

acumulen frío, si es necesario, y con humedad para evitar su deshidratación. La implantación en campo se realiza en dos épocas:

La primera época va de finales de octubre a principios de noviembre, deshojando los ramos al prepararlos si aún no han caído totalmente las hojas. La temperatura del suelo debe ser superior a 8-10 °C durante los días posteriores, para que haya formación de callo antes de los fríos invernales. Las estaquillas están expuestas todo el invierno a las heladas, al exceso de humedad del suelo y a la salida de hierbas; pero, como contrapartida, al llegar la primavera tendrán un rápido enraizamiento y desarrollo de la planta.

La segunda época va desde principios de febrero hasta mediados de marzo (según las zonas) cuando el suelo comienza a calentarse y antes de que haya actividad en las yemas, para que de tiempo suficiente de formar iniciadores radicales sin que se produzca la brotación de las estaquillas. En caso contrario, se agotarían rápidamente las reservas y los brotes emitidos se marchitarían sin producirse el enraizamiento. Este es el motivo de numerosos fracasos producidos a pesar de que las estaquillas presentan, inicialmente, un buen aspecto.

Aunque al entrar la primavera las condiciones ambientales en el campo sean más favorables para el enraizamiento, no debe retrasarse la plantación de las estaquillas; a no ser que antes se haya forzado la cicatrización y la formación de los iniciadores radicales mediante una estratificación de varias semanas.

2. Preparación y manejo de la estaquilla.

El grosor y la longitud de las estaquillas dependerán de las características de cada especie y del vigor de las plantas madres. Según el vigor de la variedad, las estaquillas de mayor tamaño darán lugar más rápidamente a una nueva planta más vigorosa, por lo que el tamaño debe establecerse en base a la disponibilidad de material y a la utilización posterior de la planta producida. En la Figura 3.4 se representa una estaquilla preparada y la planta originada

En general, el grosor de las estaquillas leñosas no debe ser menor de 5 mm ni superior a 20 mm, por lo que se desprecia la parte apical en los ramos débiles y la parte basal en los muy vigorosos. El calibre más adecuado está entre 8 y 12 mm. No obstante, debe tenerse en cuenta la utilización futura de las estaquillas y el vigor de la variedad, para que presenten un grosor adecuado en el momento del injerto si se emplean como patrones.

Las estaquillas leñosas se preparan, en general, con longitudes entre 20 y 40 cm. Su dimensión dependerá del medio de enraizamiento y de la utilización posterior de la planta. La estaquilla debe enterrarse al menos la mitad de su longitud. Cuanto más longitud quede enterrada menor será el riesgo de deshidratación; pero a una profundidad excesiva las raíces se encuentran en peores condiciones de oxigenación, aparecen raíces a lo largo del ramo, la brotación tiene lugar a ras del suelo, lo que dificultará el injerto en el mismo emplazamiento, y, además, el arranque será más costoso.

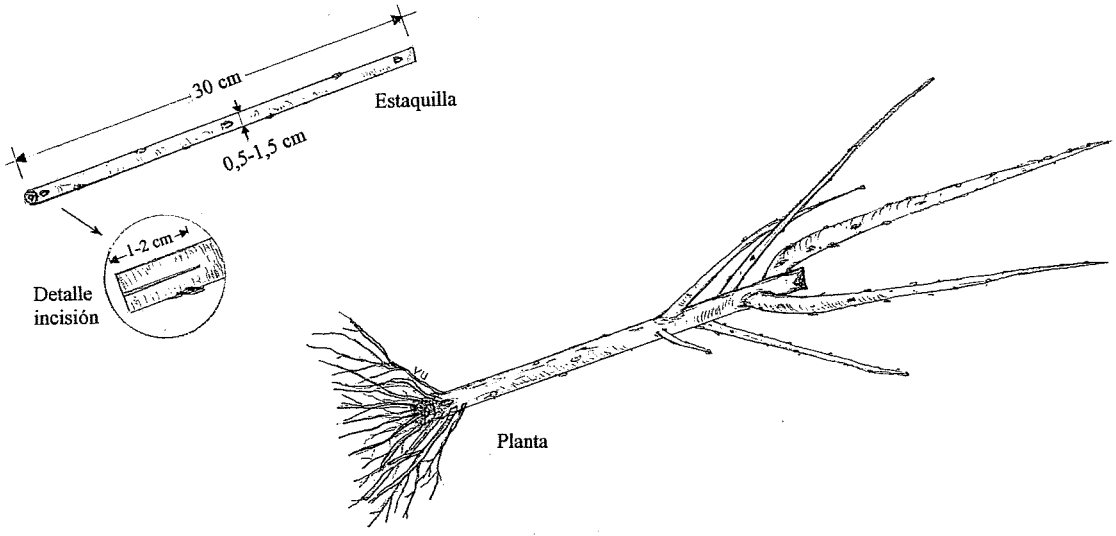


Figura 3.4. Estaquilla leñosa y planta originada.

Para estaquillados en campo, si las estaquillas se injertan en el mismo emplazamiento, la longitud debe ser como mínimo de 30 cm, para enterrarlas unos 15 cm o algo más y que luego quede espacio suficiente entre el suelo y los brotes superiores para realizar el injerto. Si las estaquillas se van a arrancar a la siguiente campaña para repicarlas al vivero de patrones, su longitud mínima puede ser más corta, pero no se recomienda que sea de menos de 20 cm, ya que deben enterrarse como mínimo 10-15 cm. En vid se preparan con longitudes bastante mayores, ya que la normativa establece una longitud mínima para las estaquillas de 55 cm, para producir barbados (patrones) que tengan, al menos, 30 cm hasta la bifurcación del brote superior.

Para estaquillados realizados con sustratos en cajoneras, bandejas, etc., la longitud suele ser de unos 15-20 cm. Es necesario que las estaquillas tengan como mínimo dos yemas, aunque en algún caso, como en vid, son viables con una sola yema.

Es conveniente hacer el corte basal en bisel y el superior casi perpendicular, para no confundir la polaridad de las estaquillas en su manejo. Además, de esta forma se plantarán más fácilmente y se incrementa algo la superficie de la base para formar callo.

El tratamiento hormonal usual en los viveros es con IBA, mediante inmersión rápida. En la Tabla 3.2 se indican las concentraciones más utilizadas en diferentes especies y variedades.

En las variedades con mayor dificultad de enraizamiento deben realizarse incisiones en la base antes del tratamiento. Esta intervención es también recomendable en todos los casos.

Para el tratamiento se sumergen las estaquillas en manojos, introduciéndolas en la solución de hormona solamente unos 2-3 cm (no sobrepasar los 4 cm) durante unos 5-8 segundos (no sobrepasar los 10 segundos). Después se dejan secar ligeramente y se les aplica un fungicida mezclado con talco, según ya se ha comentado, mediante espolvoreo o introduciéndolas en un recipiente con el polvo. A continuación se plantan o bien se pasan a un medio de estratificación (2-3 semanas) para avanzar la formación de callo.

Las estaquillas leñosas también pueden ser injertadas mediante un injerto de púa, de su mismo grosor, antes de ponerlas a enraizar. De esta forma se consigue a la vez la soldadura del injerto y el enraizamiento, pero es más difícil y más complicado su manejo. Para evitar la deshidratación, la púa debe recubrirse con cera o enterrar totalmente la estaquilla injertada hasta que brote. También debe someterse, previamente, a un estratificado en caliente para forzar la formación de callo en el injerto y en la base.

Esta técnica de injertar la estaquilla en su preparación se utiliza en vid para producir plantones (planta-injerto), denominándose, según la normativa, estaca al material utilizado como patrón; diferenciándolo así del material denominado estaquilla que es el utilizado para su enraizamiento y producir patrones. En algunas otras especies de fácil enraizamiento e injertado también se puede utilizar esta técnica; por ejemplo con algunos ciruelos y membrilleros, pero se tienen más dificultades que con la vid.

Los marcos de plantación de las estaquillas en el campo son muy variables, dependiendo del manejo del vivero. Para la producción de patrones que se arrancan en reposo al final del año se emplean densidades altas. Por ejemplo: plantación en líneas a 0,5-0,6 m y las estaquillas separadas 5-10 cm; plantación en líneas dobles y triples separadas 10-15 cm, con acolchado de plástico, y luego separadas por calles de 0,8-1,2 m; plantación en eras de 1-1,5 m de ancho y marcos de plantación de 15 x 15 cm, etc. Esto supone, aproximadamente, densidades de 200.000 a 300.000 estaquillas por ha.

Para injerto en el mismo emplazamiento se plantan a la distancia necesaria para el manejo del futuro plantón; en general, en líneas separadas 1,0-1,2 m y las estaquillas separadas 15-20 cm.

La plantación se realiza manualmente, introduciendo directamente la estaquilla en un suelo bien mullido, o con ayuda de una pequeña barra de plantar provista de un tope a la longitud deseada. También se plantan en pequeños canteros y en el lomo de surcos, con una ligera inclinación, tapándolas luego con azada o vertedera. En grandes superficies la plantación se realiza a máquina. Después de plantar se da un riego para asentar la tierra, de forma que las estaquillas tengan un buen contacto con el suelo, y aportar la humedad necesaria.

A lo largo del proceso deben evitarse, sobre todo, los encharcamientos y la invasión de malas hierbas. El mantenimiento de las plantas requiere las actividades habituales de riego, laboreo del suelo, tratamientos fitosanitarios, poda de brotes y, si es preciso, aporte de fertilizantes.

En la Tabla 3.2 se indican los porcentajes medios de enraizamiento obtenidos en estaquillados en campo para diferentes patrones de frutales.

Al final del otoño o en invierno se arrancan las plantas, se podan los ramos dejando, normalmente, el superior más vertical rebajado, y se recortan ligeramente las raíces suprimiendo las zonas magulladas. Se clasifican por calibres y se colocan en manojos de 25 o 50 plantas, conservándolas en cámara o en zanjas en el campo hasta su venta o plantación.

Tabla 3.2. Concentración de hormona y porcentaje medio de enraizamiento de estaquillas leñosas en diferentes patrones de frutales.

Patrones	IBA (g/l)	Enraizamiento (%)
Ciruelo San Julián - A	2,0	75
Ciruelo Brompton	4,0	80
Ciruelo Mariana - 2624	1,0	95
Ciruelo Damas - 1869 (INRA)	4,0	90
Cerezo Santa Lucía SL-64	4,0	75
Cerezo Colt	1,0	75-95
Híbrido M x A INRA GF-677	2,5	70
Híbrido A x M Adafuel	2,5	60
Membrillero EM-A	1,0	95
Membrillero BA-29	2,0	65
Manzano MM-106	4,0	50

6. Estaquillado con estaquillas semileñosas y herbáceas

El estaquillado con estaquillas semileñosas y con herbáceas presenta muchas similitudes. Sus diferencias vienen marcadas, casi exclusivamente, por la mayor fragilidad del material herbáceo y por su mayor riesgo de deshidratación, necesitando mayores cuidados e instalaciones más sofisticadas. Por el contrario, las raíces se producen más fácilmente a partir de los tejidos jóvenes herbáceos.

Las hojas que portan las estaquillas favorecen el enraizamiento y la fotosíntesis realizada aporta hidratos de carbono, aunque la transpiración aumenta el riesgo de desecación.

En especies de hoja caduca las estaquillas semileñosas se extraen de la parte semilignificada de los brotes o de ramos con hojas durante el periodo de actividad. En especies de hoja perenne se consideran estaquillas semileñosas a las estaquillas extraídas de ramos, principalmente durante el periodo de actividad. En ambos casos las estaquillas conservan las hojas durante estaquillado (Figura 3.5). Principalmente, se utilizan en híbridos melocotonero x almendro y en olivo; y, en alguna ocasión, en cerezo, ciruelo, actinidia y cítricos.

Las estaquillas herbáceas se extraen de brotes no lignificados o del extremo herbáceo de brotes parcialmente lignificados. Pueden estar constituidas por una porción herbácea del tallo o por el ápice con el meristemo. Prácticamente, este tipo de estaquillas no se utiliza en la propagación de frutales, dada su mayor dificultad de manejo. Hay que hacer la excepción del cultivo *in vitro* en el que los pequeños brotes obtenidos en el proceso deben enraizarse *in vitro* o *ex vitro* como estaquillas herbáceas para lograr nuevas plantas.

Estos dos tipos de estaquillas se toman en el momento de hacer su preparación, y en su transporte y manejo hay que tener cuidado para evitar la deshidratación. El corte de los brotes o ramos debe realizarse en las horas de menos calor, preferentemente a primeras horas de la mañana para que los brotes estén túrgidos. Se conservan humedecidos en bolsas cerradas o introducidos en agua, en un sitio fresco o en cámara frigorífica. Después de su preparación deben implantarse inmediatamente en el medio enraizamiento.

1. Épocas de estaquillado.

La época más adecuada para realizar el estaquillado semileñoso depende de las especies empleadas. Dentro del período actividad de las plantas serán preferibles los

momentos en que no hay un crecimiento de brotes muy activo, con el fin de tener una mayor acumulación de reservas en las estaquillas. El estaquillado no debe retrasarse mucho dado que se produce también la brotación de las yemas y los brotes producidos deben tener una aclimatación y un endurecimiento adecuado antes de entrar en el reposo invernal. Por ejemplo, en híbridos melocotonero x almendro el período en que se obtienen mejores resultados es durante agosto y septiembre. En olivo se obtienen mejores resultados al final de primavera y principios de otoño, con estaquillas tomadas del crecimiento anual, aunque en primavera también se utiliza el crecimiento del año anterior.

Para el estaquillado herbáceo es preferible utilizar los brotes en su crecimiento primaveral. Además, de esta forma tienen más tiempo para su endurecimiento, hasta la llegada del reposo.

2. Preparación y manejo de las estaquillas.

Las estaquillas semileñosas se toman, en general, con una longitud de 12-15 cm, aunque también se puede llegar a estaquillar hasta pequeñas porciones de tallo con una sola hoja, lo que constituiría una estaquilla de hoja con yema, como la utilizada en alguna ocasión en especies del género *Rubus*.

Los estaquillas suelen comprenden 5-6 hojas, de las cuales se cortan las de la base a ras de la inserción del pedúnculo y se dejan las dos o tres terminales. Si la superficie foliar es grande se cortan por la mitad las hojas. En olivo suelen tener 5 o 6 nudos y se dejan los dos o tres pares de hojas superiores (Figura 3.5).

Como ocurre con las estaquillas leñosas, la realización de pequeñas incisiones en la base (1 cm) también facilita el enraizamiento.

El tratamiento hormonal se realiza normalmente con IBA, por el método de inmersión rápida en una solución concentrada. Se sumergen, solamente, unos 2 cm de la base durante 5 segundos. Las concentraciones de hormona suelen ser algo inferiores a las utilizadas para estaquillas leñosas. Por ejemplo, para híbridos melocotonero x almendro 2 g/l y para olivo 3 g/l.

Después de aplicar la hormona se realiza también la desinfección con un fungicida mezclado con talco; a continuación se plantan, introduciéndolas unos 5 cm en una capa de sustrato de unos 10 cm, de forma que queden 4-5 cm por encima de la base del recipiente utilizado.

El marco de plantación no debe ser menor de 5 x 5 cm, para que no haya un exceso de vegetación que impida la penetración de los tratamientos y el humedecimiento del sustrato y, además, permitir una buena iluminación y aireación de las plantas.

En las condiciones de temperatura y humedad que se realiza el enraizamiento es probable que se produzcan problemas de enfermedades, por lo que deben efectuarse tratamientos fitosanitarios periódicos. Es conveniente renovar el sustrato o desinfectarlo antes de cada enraizamiento.

Los sustratos más utilizados son mezclas de arena con turba y perlita o vermiculita. Con olivo se suele utilizar solamente perlita, repicando las estaquillas una vez enraizadas.

El enraizamiento se consigue entre 4-8 semanas según la especie y las condiciones de temperatura. Por ejemplo, en olivo, a los dos meses se tiene un sistema radical suficientemente formado para pasar las estaquillas a un sustrato ya no inerte pero ligero, en el que desarrollan un pequeño brote a las 2-3 semanas.

Posteriormente, las estaquillas pasan por un medio de endurecimiento hasta el reposo invernal. En muchas ocasiones, las plantas producidas con este tipo de estaquillado se manejan en bolsas o contenedores en lugar de utilizarlas a raíz desnuda.

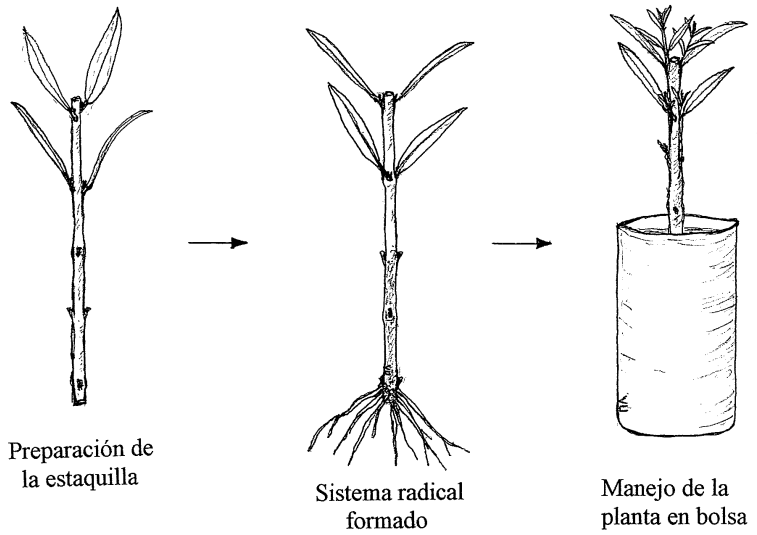


Figura 3.5. Estaquilla semileñosa de olivo y planta originada.

3. Instalaciones.

El enraizamiento de estaquillas semileñosas y herbáceas requiere instalaciones específicas para mantener las condiciones ambientales necesarias. Se utiliza,

normalmente, un invernadero con bancadas o mesas de enraizamiento, dotadas de un sistema de nebulización para mantener una humedad elevada y un sistema de calefacción de fondo ("cama caliente") para calentar el sustrato. Es muy útil utilizar también una cobertura de plástico sobre la mesa ("doble túnel"), para mantener más estables la humedad y la temperatura, según se representa en la Figura 3.6.

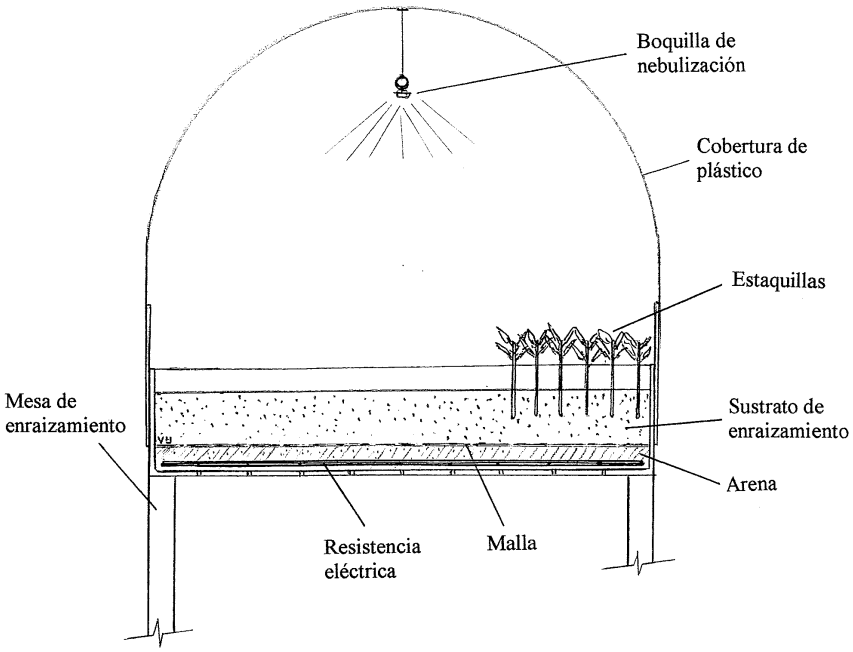


Figura 3.6. Sección de una mesa de enraizamiento.

El enraizamiento de las estaquillas se consigue en condiciones más favorables y más rápidamente si la temperatura del sustrato es más elevada que la del ambiente. La temperatura óptima del sustrato se sitúa entre los 23-25°C, por lo que será recomendable su calentamiento, según la época. La forma más sencilla de aplicar calor de fondo es mediante resistencias eléctricas aisladas o manta eléctrica. También puede calentarse mediante tuberías con agua caliente proveniente de una caldera de calefacción. Por encima del foco de calor se debe colocar una capa de grava, arena u otros materiales para uniformar la distribución de calor y evitar que se produzcan quemaduras en las estaquillas. Por encima de esta capa se coloca una malla para que no se mezcle con el sustrato. El medio de enraizamiento debe detener un buen drenaje.

La temperatura ambiental no debe superar los 30-32 °C, ya que el exceso de calor y la mayor nebulización necesaria pueden marchitar las estaquillas; por lo que se debe tener un sistema de sombreado en el invernadero, y en verano un sistema de regulación climática. Asimismo, la temperatura ambiental no debe bajar de 20 ºC.

La humedad ambiental alta (superior al 95%) o un ambiente saturado se mantienen mediante aspersión fina o mediante un sistema de nebulización. Para la aspersión se requiere agua a una presión superior a 2 atmósferas y el empleo de boquillas especiales para producir la pulverización. La nebulización se consigue con presiones muy altas o con humidificadores especiales.

Mediante un controlador se programa el funcionamiento intermitente, que tiene en cuenta la humedad y la temperatura existentes dentro del túnel o del invernadero. Las hojas de las estaquillas deben quedar cubiertas con una fina película de agua y no deben producirse goteos para que el medio de enraizamiento no esté totalmente empapado.

Después del enraizamiento y del repicado, en su caso, las estaquillas se pasan a un medio de endurecimiento, para lo cual se utiliza una bancada con riego y sombreamiento dentro del invernadero. Posteriormente, se pasan a un umbráculo hasta su salida al exterior.

7. Estaquillado con estaquillas de raíz

Las estaquillas de raíz se han utilizado en alguna ocasión para propagar patrones de frutales, como ciruelo, cerezo y manzano, aprovechando los recortes de podas de raíces de las plantas producidas en el vivero. Actualmente no se realiza este tipo de estaquillado en los viveros de frutales, excepto con el frambueso en que es uno de los métodos utilizados para su propagación.

Las estaquillas de raíz precisan que se formen y se desarrollen yemas adventicias para poder generar una nueva planta. Normalmente, también se forman nuevas raíces adventicias en las estaquillas y, así mismo, en la base del nuevo tallo en crecimiento.

La regeneración de nuevas raicillas en raíces gruesas es, a menudo, más difícil que la formación de yemas adventicias; por lo que algunas estaquillas de raíz que han generado tallos terminan muriendo después de agotar sus reservas, al no conseguir enraizar. En algún caso las nuevas raíces formadas tienen origen en iniciadores radicales latentes que se formaron como raíces laterales y que permanecen en la estructura secundaria de raíces viejas.

Las yemas pueden desarrollarse en raíces de diversas edades y estructuras. Se originan, con frecuencia, de forma endógena y también en el callo como respuesta a una lesión.

En raíces jóvenes el origen está próximo al cambium vascular. En raíces más viejas pueden encontrarse en una proliferación de callo del tejido radial, originando más de una yema, o bien pueden originarse exógenamente en una proliferación de callo derivada del felógeno. Los primordios de yemas también surgen del callo formado en el corte de los extremos.

Las estaquillas utilizadas en la propagación deben tomarse al final del invierno o principios de primavera. Las raíces jóvenes (2-3 años) dan mucho mejor resultado que la raíces más viejas.

Las raíces finas se cortan de 5 a 10 cm de longitud y se ponen horizontalmente recubiertas con 1-2 cm de arena fina o de otro sustrato. Las raíces gruesas se cortan de 10 a 15 cm y se colocan horizontales o bien, las más largas, se plantan verticales introduciéndolas totalmente hasta el nivel del medio de enraizamiento o dejando fuera su extremo, lo que parece dar mejores resultados.

El medio de enraizamiento debe mantenerse con humedad adecuada para evitar la desecación de las raíces. La temperatura adecuada es de 17 a 20 ºC, para bastantes frutales.

Cuando salen varios brotes de cada estaquilla es preciso dejar uno solo al alcanzar, aproximadamente, los 5 cm de altura. Frecuentemente, estos brotes emiten también raíces en su parte más basal pudiendo prescindir, de esta forma, de las raíces de la estaquilla. En la Figura 3.7 se representa una estaquilla de raíz y la planta originada.

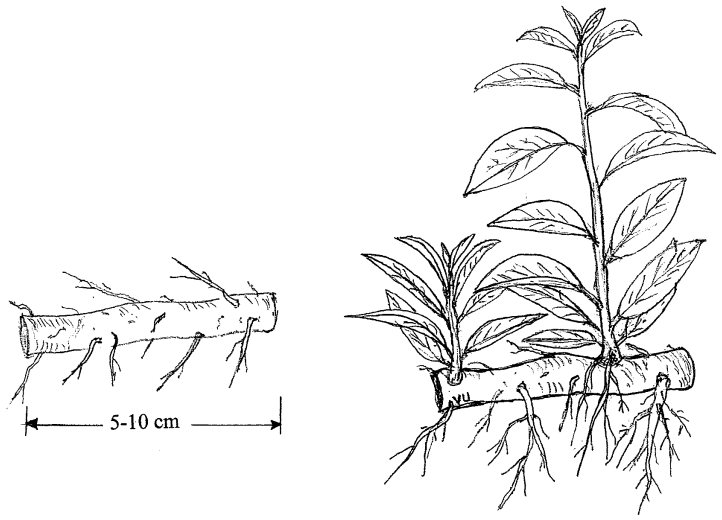


Figura 3.7. Estaquilla de raíz y planta originada.

Un caso particular de propagación, similar a las estaquillas de raíz, es mediante los óvulos (masas hiperplásticas) formados en la peana de los olivos, los cuales contienen iniciadores caulinares y radicales. Enterrando en un sustrato un trozo de peana (zueca) da lugar a brotes y raíces, originando una nueva planta.

8. Producción de planta por estaquillado

La producción de planta mediante estaquillado se lleva a cabo, en general, para obtener patrones. Principalmente, ciruelos, cerezos, híbridos de melocotonero x almendro, vides, actinidia, y en mucha menor proporción membrilleros, perales y alguna otra especie. La excepción se da en olivo en el que las variedades se producen directamente por estaquillado, prácticamente en su totalidad. También en algunas especies, como en higuera, actinidia, avellano, grosellero etc., se autoenraizan las variedades y, en alguna ocasión, en variedades de peral.

A los patrones producidos por estaquillado se les denomina, comúnmente, barbados. En vid, ésta es la denominación utilizada en la normativa para referirse a las fracciones de sarmientos enraizados y destinados a ser utilizados como portainjertos.

En los viveros se producen por este método los patrones de híbridos de melocotonero x almendro y los patrones clonales de bastantes ciruelos y cerezos. En cantidades pequeñas, respecto al acodado, se producen patrones de membrillero, muchas veces como aprovechamiento del extremo de los acodos. El estaquillado con patrones de manzano casi no se realiza dado su bajo rendimiento.

Los patrones de vid se producen, prácticamente, todos por estaquillado. En vid cada vez está más generalizada la utilización de planta-injerto, producida con estacas injertadas que se enraízan a la vez que se produce la soldadura del injerto.

El proceso de producción de patrones por estaquillado leñoso dura un año, aproximadamente. Las estaquillas leñosas se plantan en campo en noviembre o febrero y no es hasta finales del próximo otoño cuando se pueden arrancar para obtener los patrones. Estas plantas se destinan a la venta o son plantadas en el propio vivero para injertarlas y producir plantones.

Después de arrancados los patrones se podan los ramos y las raíces, se clasifican, se colocan en manojos de 50 unidades y se etiquetan. Finalmente, se depositan en cámaras

o locales frescos o bien se entierran en zanjas en el campo, controlando la humedad para evitar su deshidratación, hasta su expedición o plantación en el propio vivero.

El estaquillado en campo puede injertarse en verano y producir los plantones en el mismo emplazamiento el siguiente año o bien venderlos a yema dormida, para ello deben implantarse las estaquillas a un marco adecuado (0,15-0,20 x 1,0-1,20 m) y el porcentaje de enraizamiento debe ser muy alto.

El proceso de producción de patrones por estaquillado semileñoso dura de seis meses a algo más de un año, según la época y el medio empleado. Si el estaquillado se realiza pronto los brotes producidos por la estaquilla pueden alcanzar un crecimiento suficiente para obtener buenos patrones al final del otoño. En un medio no forzado, si el estaquillado es tardío la brotación será muy débil y se precisará una campaña más para completar el desarrollo del patrón manejado a raíz desnuda.

Los patrones producidos por estaquilla semileñosa suelen ser manejados de forma individual en pot, bolsa, maceta, etc., por lo que pueden ser trasplantados a campo con cepellón en periodo de actividad. También se pueden injertar en el mismo contenedor, en diferentes épocas, y producir así los plantones.

9. Bibliografía (Capítulo 3. Estaquillado)

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:

Acerete, A. 1949. *Cría de frutales.* Publicaciones de la Estación Experimental de Aula Dei. Consejo superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza. 341 pp., [35 - 67, 77-82].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [30 - 43].

Blasco, A. 1990. *Multiplicación de frutales por estaquilla leñosa*. Cuaderno INIA n.º 18. INIA. Ministerio de Agricultura, P. A. 80 pp.

Caballero, J.M.; Del Rio, C. 1994. *Propagación del olivo por enraizamiento de estaquillas leñosas bajo nebulización.* Comunicación I+D Agroalimentaria 7/94. Junta de Andalucía. Sevilla. 23 pp.

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [546 - 564].

Cherubini, S.; Preka, P. 2001. *Variazione stagionale della radicazione di alcuni portinnesti propagati per talea legnosa.* Frutticoltura, n.º 5-2001: 43-46.

González, M.; Pérez, J.M. 1990. *Enraizamiento de estacas de cítricos tratadas con ácido indolacético en dos tipos de suelos.* Levante Agrícola, Extra 1990: 299-302

Hartmann, H.T.; Beutel, J. A. 1981. *Propagation of temperate-zone fruits plans.* Division of Agricultural Sciences. University of California. Oakland. 63 pp., [52 - 60].

Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* CECSA. México. 760 pp., [255 - 360].

Hidalgo, L. 1993. *Tratado de viticultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 984 pp., [368 - 381, 415, 430].

Lemoine, J.; Michelesi, J.C.; Allard, G. 1995. *Bouturage herbacé et semi-ligneux.* L'Arboriculture Fruitière, n.º 489: 18-22.

Loussert, R.; Brousse, G. 1980. *El olivo.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 533 pp.[155 -166, 178 - 201].

Macdonald, B. 1986. *Plant propagation for nursery growers. Vol I.* Timber Press. Portlan, Oregon (USA). 669 pp., [307 - 351, 391 - 400].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas.* INIA. Ministerio de Agricultura. Madrid. 1.003 pp., [339 - 356].

Van den Heede, Lecourt, M. 1981. *El estaquillado. Guía práctica de multiplicación de las especies.* Mundi-Prensa. Madrid. 197 pp. [33 - 76].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. Serie Técnica. S.G.T. Ministerio de Agricultura. Madrid. 521 pp., [239 - 257].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 3. Estaquillado

1 [Laboratorio-taller]. Reconocer patrones procedentes de estaquillado en material seco expuesto en el laboratorio y en material procedente del vivero, y establecer su diferencia con patrones procedentes de acodo y de semillero.

2 [Laboratorio]. Observar con el microscopio estereoscópico la formación de raíces adventicias en trozos de sarmientos de vid enraizados en agua a la oscuridad. Cortarlos en secciones longitudinales y transversales.

3 [Laboratorio]. Observar, con el microscopio estereoscópico, en estaquillas leñosas de híbrido de melocotonero x almendro la formación de callo de cicatrización en la base y en las incisiones realizadas, y la emisión de raíces adventicias.

4 [Campo]. En las plantas madres de estaquillas de cerezo Colt, del vivero del Campo de Prácticas, observar las raíces formadas en la base de los ramos. Analizar las diferencias entre los ramos de diferentes plantas.

5 [Laboratorio]. En ramos de membrillero EM-A, cortados de las plantas madres de estaquillas, observar los nódulos radicales preformados. Seccionarlos longitudinalmente y observar en la lupa los primordios de raíces que contienen.

6 [Campo]. Observar la formación de nódulos radicales ("burr-knots") en el patrón de algunos plantones de manzano del vivero del Campo de Prácticas. Establecer su efecto y las diferencias entre patrones.

7 [Campo]. Realizar la poda final de invierno de las plantas madres de estaquillas del vivero del Campo de Prácticas.

8 [Campo]. En plantas madres de estaquillas de los híbridos Adafuel (AxM) y GF-677 (MxA) realizar un pinzamiento de brotes y analizar la respuesta respecto a las plantas no pinzadas.

9 [Campo]. Observar y analizar las diferencias en la ramificación de las diferentes plantas madres de estaquillas del vivero, de cara a tomar material semileñoso y leñoso.

10 [Laboratorio-taller]. Reconocer en material seco o tomado en campo los diferentes tipos de estaquillas, según su procedencia, estado y constitución.

11 [Campo-laboratorio-invernadero]. Realizar en el invernadero, a finales de septiembre, un estaquillado semileñoso con estaquillas de híbrido MxA y de cerezo Santa Lucía SL-64, con sustrato de mezcla de arena, turba y perlita a partes iguales. Tomar las estaquillas de plantas madres del vivero, prepararlas en el laboratorio, hormonar con IBA y aplicar fungicida y, a continuación, implantarlas en la mesa de enraizamiento. Controlar y analizar su evolución.

12 [Campo-laboratorio-invernadero]. Realizar un estaquillado como el de la actividad 11 pero realizando el tratamiento hormonal con IBA, ANA y mezcla de ambos. Utilizar también un testigo sin hormona. Controlar y analizar las diferencias.

13. [Laboratorio-invernadero]. Realizar un estaquillado como el de la actividad 11 pero colocando las estaquillas en la mesa de enraizamiento con cama caliente. Controlar y analizar su evolución respecto a las que no tienen aporte de calor.

14 [Campo-laboratorio-invernadero]. Realizar en el invernadero, a primeros de junio, un estaquillado semileñoso con olivo, de forma similar al de la actividad 11. Utilizar como sustrato solamente perlita. Controlar y analizar su evolución y repicar la planta enraizada a macetas.

15 [Campo-laboratorio]. Realizar en el campo, a principios de noviembre, un estaquillado leñoso con estaquillas de diferentes variedades de membrillero, ciruelo, cerezo e híbrido almendro x melocotonero. Tomar las estaquillas de las plantas madres del vivero, prepararlas en el laboratorio realizando incisiones en la base, hormonar con IBA, aplicar fungicida y plantarlas a continuación en el campo. Controlar y analizar su evolución, y establecer las diferencias de enraizamiento entre especies y variedades.

16 [Campo-laboratorio-invernadero]. Realizar en invernadero, a principios de noviembre, sobre suelo, un estaquillado similar al de la actividad 15, pero con una sola variedad de cada especie. Desyemar un lote de estaquillas y comprobar su efecto. Controlar y comparar su evolución respecto al estaquillado realizado en el campo.

17 [Laboratorio]. Realizar en el campo, a mediados de febrero, un estaquillado leñoso similar al realizado en la actividad 15. Controlar y analizar su evolución, y comparar los resultados entre ambas épocas.

18 [Campo-laboratorio-invernadero]. Realizar en el invernadero, en la mesa de estaquillar, un estaquillado con estacas semileñosas de vid (Rupestris de Lot o Gloria de Montpellier) de una sola yema. Tomar lotes de estaquillas de la base y de la parte apical de los sarmientos. Hormonar con IBA y aplicar fungicida. Controlar y analizar las diferencias de enraizamiento.

19 [Invernadero]. Realizar un estaquillado en el invernadero, sobre sustrato, con estaquillas de raíz de ciruelo y manzano, tomadas de la poda de raíces en el arranque de planta del vivero. Controlar la formación de brotes y el enraizamiento.

20 [Invernadero]. Arrancar los estaquillados realizados en campo y en invernadero. Podar y clasificar las plantas, colocarlas en manojos de 25 unidades, etiquetarlas y depositarlas en la cámara para su conservación. Determinar los resultados finales de cada estaquillado.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 3. Estaquillado

1. ¿Por qué se caracterizan la raíces adventicias y cuál es el proceso de formación y crecimiento de una raíz adventicia?

2. ¿Qué son los nódulos radicales o "burr-knots" y qué efectos tienen en el estaquillado?

3. ¿Qué relación tiene el callo de cicatrización con la formación de raíces adventicias en una estaquilla?

4. ¿Cuáles son las características generales del estaquillado?

5. ¿Qué marco de plantación y formación deben tener las plantas madres de estaquillas? ¿De qué depende la producción de estaquillas leñosas útiles en una planta madre?

6. ¿Qué cuidados esenciales deben tenerse en el manejo de las plantas madres de estaquillas y como influyen sobre las estaquillas producidas?

7. ¿Cómo se clasifican las estaquillas según la procedencia y según el estado desarrollo del material vegetal?

8. ¿En qué se diferencian el estaquillado de verano y el estaquillado de invierno? ¿En qué época se puede estaquillar?

9. ¿Qué diferencias de enraizamiento presentan las estaquillas de las distintas especies y variedades? Citar ejemplos.

10. ¿Cómo influye el tipo de estaquilla y sus características en el enraizamiento?

11. ¿Qué aspectos de la preparación de las estaquillas leñosas y semileñosas tiene más influencia en el enraizamiento?

12. ¿Qué hormonas se emplean para el enraizamiento de estaquillas, cuáles son los métodos de aplicación y en qué consisten?. ¿Cuál es el método más utilizado y por qué?

13. ¿Qué efectos tiene la humedad y la temperatura en el enraizamiento de estaquillas?

14. ¿Qué características debe cumplir el medio de enraizamiento?

15. ¿En qué época se realiza el estaquillado con estaquillas leñosas, qué dimensiones tienen las estaquillas y qué preparación y cuidados requieren?

16. ¿Cómo se plantan las estaquillas leñosas en el campo y a qué marcos de plantación? ¿Cuáles son las actividades que requiere su proceso productivo y cuándo se arrancan?

17. ¿En qué época se realiza el estaquillado con estaquillas leñosas y herbáceas, qué dimensiones tienen las estaquillas y qué preparación y cuidados requieren?

18. ¿Qué instalaciones se emplean para el estaquillado semileñoso y cuáles son las condiciones más favorables del medio?

19. ¿Cómo se preparan las estaquillas de raíz y qué requisitos deben darse para obtener nuevas plantas?

20. ¿Qué tipos de plantas se producen en los viveros por estaquillado y de qué especies frutales?

4

ACODO

1. Bases del acodo.
2. Tipos de acodo.
3. Plantas madres de acodos.
4. Factores que influyen en el enraizamiento de los acodos.
5. Acodo de brotes.
6. Acodo de ramos y ramas.
7. Producción de planta por acodo.
8. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Bases del acodo

El acodo (o la acodadura) consiste en hacer enraizar un tallo de una planta y luego, una vez que ha emitido raíces, separarlo para dar lugar a una nueva planta. A la nueva planta producida se le denomina, asimismo, acodo; y por su similitud con una estaquilla enraizada le suele denominar, también, barbado.

Normalmente, se enraízan los brotes producidos por la planta durante su crecimiento vegetativo, y en menor cuantía se utilizan los ramos para que enraícen en el siguiente periodo vegetativo. Incluso, se enraízan ramas de varios años; aunque el acodo con ramas solo se emplea en casos muy concretos con alguna especie frutal tropical y con alguna especie leñosa ornamental.

La formación de raíces adventicias, al igual que en el estaquillado, es el principio fundamental del acodo. La diferencia entre ambas técnicas de propagación consistente en que en el estaquillado el tallo utilizado se separa de la planta madre y se enraíza en otro medio, y en el acodo el enraizamiento se produce estando unido a la planta madre. De esta forma el tallo mantiene asegurado el suministro de agua y nutrientes, y no corre tantos riesgos durante su enraizamiento como la estaquilla.

Por eso, cuando se quiere multiplicar una especie de enraizamiento difícil se recurre al acodo, si el manejo de la planta no tiene gran dificultad en el vivero. En ocasiones especiales se realizan acodos para multiplicar plantas arbóreas cuando su enraizamiento es muy difícil por otros métodos.

El proceso de formación de las raíces adventicias ya se ha comentado en el apartado 1 del Capítulo 3, al tratar el estaquillado. Se recuerda que los iniciadores radicales tienen su origen en células próximas al cambium, en los radios parenquimáticos, en el xilema y floema joven o en el propio cambium. Luego establecen su conexión con el floema y xilema del tallo, y en su crecimiento penetran la corteza y salen al exterior. Para que esto ocurra, los tallos deben estar en un medio adecuado, enterrados o rodeados de un sustrato y con suficientemente humedad.

Los cortes o lesiones realizados en el ramo o la rama, y la formación posterior de callo de cicatrización, activan la división celular para la formación de raíces, a la vez que facilitan su emisión.

La capacidad para emitir raíces adventicias depende de la especie y variedad. Cuando los ramos o las ramas tengan nódulos radicales preformados enraízan con mayor facilidad y rapidez.

Cuanto mayor sea el grado de esclerificación de los tejidos del tallo y mayor sea la capa protectora de la corteza, más dificultad tendrán los iniciadores radicales para penetrar los tejidos y salir al exterior. Por eso, en el caso de las ramas es preciso realizar anillados o incisiones si se quiere provocar la emisión de raíces.

1.1. Características generales del acodo

La planta obtenida por acodo mantiene todas las características genéticas de la planta originaria, al ser un tipo de propagación asexual o vegetativa.

En frutales se puede lograr, con mayor o menor dificultad, acodos de todas las especies, pero la utilización viverística de esta técnica se restringe a unas pocas especies, debido a que el estaquillado presenta más ventajas y permite un mejor control del medio de enraizamiento; y, por otra parte, el manejo de la planta madre para obtener los acodos presenta gran dificultad en muchas especies.

El acodo se utiliza, principalmente, para la producción de patrones. También para obtener plantas en algunas especies en las que no se utiliza el injerto, y en los casos, excepcionales, en que se quiera propagar una determinada planta y no sea posible por otros métodos.

El aspecto más determinante del éxito del acodo es la capacidad de rebrote de la planta y la facilidad de enraizamiento de la especie y variedad. No obstante, en el enraizamiento influyen, también, otros muchos factores.

El tallo empleado para acodar mantiene sin dificultad su supervivencia durante el proceso de enraizamiento. Esto hace que el acodo sea un método muy seguro para obtener una nueva planta; además, es muy fácil de ejecutar, si sólo se trata de enterrar el tallo o taparlo con tierra, por lo que puede ser realizado por cualquier persona sin experiencia.

En los viveros de frutales, en general, el tipo de acodo que se realiza para la producción de plantas es sencillo de ejecutar, no requiere conocimientos especiales, es económico, y gran parte de las actividades que requiere el proceso permiten una fácil mecanización. Hay otros tipos de acodo, como el aéreo, que son mucho más difíciles y complicados de realizar. De cada planta madre se obtiene un número pequeño de nuevas plantas cada campaña, pero como se establecen muy juntas en una línea, la producción por unidad de superficie es alta, aunque algo menor que de estaquillas.

Como inconveniente, cabe destacar que con el acodo se transmiten fácilmente a la descendencia las posibles enfermedades de la planta madre.

2. Tipos de acodo

Los tipos de acodo se pueden clasificar, según el tipo de ramificación empleado para acodar, en dos grandes grupos: acodo de brotes y acodo de ramos y ramas.

En cada uno de estos grupos se llevan a cabo operaciones de acodar diferentes, dando lugar a los siguientes tipos principales de acodo:

1. Acodo de brotes.

Las operaciones de acodar se realizan sobre los brotes producidos por una planta.

- Acodo de cepa o de corte y recalce. Enraizamiento de los brotes emitidos por una planta cortada a ras del suelo, al cubrir su base con tierra.

- Acodo en trinchera. Enraizamiento de los brotes emitidos por ramos tumbados y recubiertos de tierra; en ocasiones, dejando al aire la punta.

2. Acodo de ramos y ramas.

Las operaciones de acodar se realizan sobre los ramos o las ramas de una planta.

- Acodo de arco (simple y múltiple). Enraizamiento de ramos enterrados en el suelo mediante arqueado (una o varias veces) dejando el extremo al aire.

- Acodo de puntas. Enraizamiento de ramos enterrados de punta en el suelo. En algún caso también se enraízan de esta forma brotes.

- Acodo aéreo. Enraizamiento de ramos o ramas colocándoles una envoltura, suspendida de la ramificación, con un medio de enraizamiento húmedo.

- Acodo bajo o de planta enterrada. Enraizamiento de ramos o ramas en una planta muy baja, cubriéndola con tierra hasta lograr tapar la base de la ramificación.

En la bibliografía pueden encontrarse para cada uno de los citados grupos otros tipos de acodo muy específicos, que incorporan ligeras variaciones en la forma de proceder. Por ejemplo: acodo en tiesto o maceta, cuando el enraizamiento del ramo se consigue dentro de un recipiente; acodo invertido, cuando se hace enraizar la punta de un ramo conservando la polaridad invertida, etc.

Los hijuelos que son brotes enraizados producidos de forma natural en la zona del cuello de una planta, por debajo del nivel del suelo, son similares a los acodos, pero su aprovechamiento no se incluye dentro de los tipos de acodo. Lo mismo ocurre con el aprovechamiento de sierpes enraizadas o de otros tipos de brotes enraizados que no requieren operaciones propias de acodar.

3. Plantas madres de acodos

La producción de acodos se realiza de manera muy diferente según el tipo de ramificación empleada para acodar. Las plantas madres tienen que adoptar una estructura y disposición característica para facilitar el enraizamiento y manejo de la ramificación.

En los viveros de frutales, el tipo de acodo que se utiliza, principalmente, es el de cepa, dado que tiene un fácil manejo de la planta madre y se obtiene una buena producción por planta. Sólo en casos especiales se emplean otros tipos, como el acodo de arco en vid, avellano y otras plantas con ramos flexibles; o el acodo de puntas en frambueso y zarzamora; pero en ellos resulta mucho más dificultoso el manejo de la planta madre. Los restantes tipos de acodo son, prácticamente, una curiosidad en la propagación de frutales.

Las plantas madres para acodo de cepa se establecen en líneas separadas 1,5-1,8 m y a una distancia entre plantas de 0,3-0,5 m. Actualmente, con la mecanización del corte, la tendencia es formar un seto continuo, estableciendo las plantas a 0,2 m; o, incluso, se plantan inclinadas y se tumban sobre suelo con la ayuda de un gancho o se entrecruzan.

En la Tabla 4.1 se indican las producciones medias de acodos, obtenidos por este método, en plantas madres de membrillero, manzano y cerezo Colt.

La plena producción de las plantas madres se alcanza al cuarto o quinto año. La vida útil es de unos 12-15 años, dependiendo de la variedad y de los cuidados que se apliquen; después de esta edad la producción decae y el enraizamiento es menor,

además de estar ya muy elevadas las plantas, respecto a nivel del suelo, para su aporcado.

Tabla 4.1. Producción de acodos en plantas madres de diferentes especies, mediante acodo de cepa (corte y recalce). Marco considerado 1,8 x 0,3 m.

Plantas madre	N.º acodos por planta	N.º acodos por m^2
Membrilleros EM-A y BA-29	14 - 16	28
Membrillero EM-C (ø ≥ 6 mm)	10 - 12	20
Membrillero Provence	16 - 18	31
Manzano M-9	6 - 8	13
Manzano MM-106	8 - 10	17
Manzano MM-111	10 - 12	20
Cerezo Colt	16 - 18	31

4. Factores que influyen en el enraizamiento de los acodos

Los factores que influyen en la emisión de raíces en el acodo son similares a los comentados para el estaquillado en el Capítulo 3, con la salvedad de que en el acodo no será posible o viable realizar ciertas intervenciones sobre el material vegetal, ni tampoco tener un control tan exhaustivo sobre el medio de enraizamiento.

A continuación se describe, brevemente y de forma general, la acción de los principales factores, agrupados según su naturaleza. Evidentemente, esta acción variará en base al tipo de acodo utilizado.

1. Material vegetal.

Según la especie y variedad, la facilidad de enraizamiento será diferente. También varía el número de raíces formado y su desarrollo. En la producción viverística debe tenerse también en cuenta la capacidad de las plantas madres para emitir brotes que enraícen. Por ejemplo, los manzanos M-27 y M-9 emiten pocos brotes y tienen dificultad de enraizamiento; por el contrario, el M-7, MM-106 y MM-111 originan más brotes y enraízan más fácilmente.

El estado de la planta madre ejerce una gran influencia. Una buena nutrición y un buen estado sanitario hacen que la brotación sea más abundante y que se obtengan más

acodos con un calibre útil y con un buen sistema radical. En plantas madres envejecidas los acodos se producen con más dificultad y en menor cuantía.

El tipo de ramificación que se desea enraizar es otro aspecto con gran influencia. Cuanto menos lignificado sea el material, normalmente, mejor enraizará. Por lo tanto, enraízan más fácilmente los brotes de la planta durante su crecimiento activo que los ramos durante la siguiente campaña o, posteriormente, las ramas.

Los brotes y ramos procedentes de yemas adventicias formadas en la planta madre tienen mayor capacidad de enraizamiento, al adquirir una cierta juvenilidad, pero los acodos también tienen mayor tendencia a producir ramos anticipados espinosos.

2. Época de realización.

La incidencia de la época de realización del acodo está determinada por el periodo de actividad de la planta y por la influencia hormonal que ejercen los meristemos en crecimiento y las hojas. Normalmente, en brotes, aporcados con tierra según van creciendo, el enraizamiento se produce entre finales de mayo y finales de julio; aunque también puede ser posterior si se mantienen las condiciones adecuadas de humedad en el suelo. En ramos, enterrados durante reposo, la aparición de raíces se retrasa más. En ambos casos, al final del periodo de actividad se tienen los acodos listos para su extracción.

El movimiento de las reservas hacia la parte basal de los ramos y ramas, y su acumulación, también facilita el enraizamiento durante la época en que se produce, y siempre que sea antes de la entrada en reposo.

3. Intervenciones sobre la ramificación y tratamientos.

El etiolado del brote desde el inicio de su crecimiento facilita la emisión de raíces en la base. Se consigue tapando las yemas con varios centímetros de tierra, obligando a que el brote salga a través de ella sufriendo ahilamiento.

La interrupción del descenso de la savia elaborada en el tallo a enraizar mediante incisiones transversales, anillado de la corteza, estrangulamiento con una atadura, etc., favorece la emisión de raíces por encima de la zona intervenida. Lo mismo ocurre con el arqueado realizado en los ramos para su enterrado, que favorece la emisión de raíces hacia la zona apical de la curvatura.

La aplicación hormonal (auxinas) localizada en la zona a enraizar del tallo, facilitando con el lesionado la absorción, también ejerce una influencia notable sobre el

enraizamiento; aunque este tratamiento solo es factible en tipos muy concretos de acodo, como el aéreo y el de arco, y no en el acodo de cepa realizado en los viveros de frutales.

4. Condiciones del medio de enraizamiento.

El medio de enraizamiento tiene que tener una humedad adecuada constante para que se produzca la emisión de raíces. Asimismo, debe mantenerse una buena aireación y evitar los encharcamientos que darían origen a asfixia radical en el acodo y dañarían a la planta madre.

La temperatura ambiental influye en la actividad de los tejidos del tallo y por lo tanto en la formación y crecimiento de la raíces. No debe ser inferior a 10 °C y es más favorable al superar los 20 °C.

La ausencia de luz estimula, en general, la formación de raíces; lo que se consigue al cubrir de tierra o con un sustrato la zona en que se produce el enraizamiento.

El suelo o sustrato empleado debe ser suelto y debe mantener un buen contacto con los tallos a enraizar, retener la humedad y, a la vez, permitir una buena aireación. Además, no debe contener piedras que dificulten el aporcado y el corte, ni elementos tóxicos para el crecimiento de las raíces.

5. Acodo de brotes

El acodo de brotes persigue la producción de plantas a partir del enraizamiento, durante el crecimiento inicial, de los brotes producidos por una planta.

Tapando con tierra las yemas antes de la brotación o, posteriormente, la base de los brotes según van creciendo, se consigue su enraizamiento antes del verano. Así, al final de otoño, al entrar reposo los ramos originados, las raíces ya han alcanzado un buen desarrollo y pueden cortarse dichos ramos, dando lugar a los acodos.

5.1. Acodo de cepa o de corte y recalce

Este tipo de acodo es el utilizado en los viveros de frutales para la producción de patrones, principalmente de manzano, membrillero y avellano; aunque también se

pueden acodar fácilmente por este método otras especies, como ciruelo, cerezo, frambueso, grosellero, vid, etc.

Consiste en cortar cada año durante el reposo, a ras del suelo, los acodos producidos por la planta madre en el periodo vegetativo, conservando las yemas de la parte basal de los ramos para que den lugar a una nueva brotación. Luego, en la primavera se va recubriendo con tierra la base de los brotes producidos para lograr su enraizamiento. Después de la entrada en reposo se descubren los ramos enraizados y se cortan por la base para obtener los acodos, iniciando, de nuevo, el proceso para la siguiente campaña. La planta madre va adoptando una forma de cepa redondeada, con abundantes ramas muy cortas, que progresa cada año en altura la misma longitud que tienen los ramos (pulgares) dejados en el corte de los acodos. En la Figura 4.1 se representa el establecimiento y el manejo de un acodo de cepa.

Para establecer el campo de plantas madres se emplean, normalmente, acodos, pero también puede utilizarse planta obtenida por estaquillado y por cultivo *in vitro*.

Las plantas madres se plantan en un surco ancho de unos 40 cm de profundidad, con la finalidad de iniciar la formación de la cepa por debajo del nivel del suelo, para facilitar el aporcado o recalce de la tierra en los sucesivos años. La separación entre surcos debe ser amplia (1,5-1,8 m) para permitir el paso de la maquinaria y disponer de tierra suficiente al aportarla a ambos lados. La separación entre plantas en la línea es, en general, de 30-50 cm, aunque también pueden implantarse más juntas para conseguir antes un seto continuo de producción. También pueden implantarse inclinadas para luego tumbarlas con ayuda de una horquilla o un gancho, o entrecruzarlas, consiguiendo así una cepa continua.

Durante el primer año de plantación es recomendable dejar crecer las plantas para conseguir un buen desarrollo radical, en lugar de descabezarlas y obtener producción, puesto que ésta sería muy escasa y, además, se tendría una planta más débil de cara al siguiente año.

En el segundo año, antes de iniciarse la actividad en la planta, se corta el tronco por la zona del cuello, asegurando que quedan varias yemas, y de forma que asome unos 2 cm por encima del nivel del suelo en el surco en que se implantó. De este tronco saldrán varios brotes.

Cuando los brotes alcanzan 15-20 cm se realiza el primer aporcado, cubriendo la base de los brotes con tierra suelta hasta la mitad de su altura total. Esta altura del brote puede ser algo menor (10-15 cm) si el aporcado se realiza cuidadosamente. El efectuar

lo antes posible este primer aporcado tiene gran importancia para la emisión de raíces, al provocar el blanqueamiento del brote.

El segundo aporcado se realiza cuando los brotes alcanzan 25-30 cm, de forma que queden cubiertos de tierra unos 10-15 cm. El tercer y último aporcado se hace cuando los brotes tienen 40-45 cm, de forma que la base de los brotes quede cubierta en total unos 15-20 cm. El cantero formado, finalmente, tiene una altura de unos 25 cm por encima de surco que separa las líneas. Con el riego o las lluvias esta tierra se irá rebajando ligeramente.

Si solamente se realizan dos aporcados se aporta un poco más de tierra en cada uno de ellos y se espera a que los brotes alcancen más altura, sobre todo en el segundo aporcado.

El enraizamiento y desarrollo radical pueden mejorarse, en las variedades que presentan más dificultad, con el aporte en el primer aporcado de arena, turba, mantillo, serrín, etc.; así se retiene mejor la humedad y se mejoran las condiciones del suelo en la zona de emisión de las raíces.

No es recomendable el aporcado con una reja de vertedera ya que la tierra no penetraría bien al centro de la planta y quedarían dobladas o enterradas algunas plantas. Mediante una máquina con fresadoras, o un apero similar de rotación, se consigue aportar tierra fina que caiga entre los brotes, manteniendo, así, un buen contacto con su base y evitando que queden huecos entre ellos.

Las raíces comienzan a aparecer, normalmente, a finales de mayo y continúa su formación hasta julio. Según sea el crecimiento de las plantas, el último aporcado no debe hacerse más tarde de mediados de julio. Es necesario mantener la humedad adecuada en la zona de enraizamiento sin que la planta madre tenga exceso de agua, por lo que no es aconsejable el riego por gravedad, sino un riego por aspersión aplicado con cierta frecuencia. El riego localizado, que sería muy adecuado, tiene la dificultad del manejo de las mangueras en los aporcados y la necesidad de retirarlas para el corte, a no ser que se emplee una tubería enterrada por debajo de la cepa, también con ciertos riesgos y dificultades.

Durante el verano la planta sigue su crecimiento y se desarrolla el sistema radical de los acodos. A finales de otoño, cuando la planta ha entrado en reposo y ha tenido lugar la caída de las hojas, pueden extraerse los acodos. Para facilitar la operación y manejo de los acodos puede cortarse la parte superior de las plantas (a unos 60 cm del suelo) mediante una máquina cortadora-trituradora. De esta forma se aporta también materia orgánica al suelo.

En climas con el final del otoño y el invierno lluviosos, o con riesgo de nevadas, suelen adelantarse las operaciones de extracción, cortando la parte superior y provocando, incluso, la defoliación de las plantas, forzando la entrada en reposo, para poder realizar las operaciones de extracción antes de que condiciones del suelo lo impidan.

El desaporcado se realiza con una reja de vertedera y luego se repasa la fila a mano con azadón, procurando no dañar las raíces. Después, entre dos personas se cortan los acodos con tijera neumática (o manual, en su caso), de forma que una persona maneja la tijera y la otra, desde un lado de la fila, inclina las plantas para facilitar el corte y extrae los acodos cortados. El corte debe efectuarse lo más cercano posible a la planta madre, siempre que se conserven de una a tres yemas de la parte basal del ramo, así se evita que la planta madre se eleve en exceso cada año y que surjan brotaciones débiles por un exceso de yemas. Si se llega a cortar la planta madre se perjudicaría la producción del siguiente año; se provocaría la brotación, más tardía, de yemas latentes; y, posiblemente, se formarían más brotes adventicios, de mayor espinosidad.

Los acodos pueden cortarse más rápidamente a máquina mediante un disco. En este caso existe más riesgo de dañar a la planta madre, si la posición de corte es baja; o, por el contrario si es alta, de cortar los acodos muy altos y sin raíces. Esta operación mecánica debe hacerse con sumo cuidado, ya que si se corta la cepa puede llegar a morir la planta madre, lo que origina fallos en la fila y hace descender la producción de la parcela.

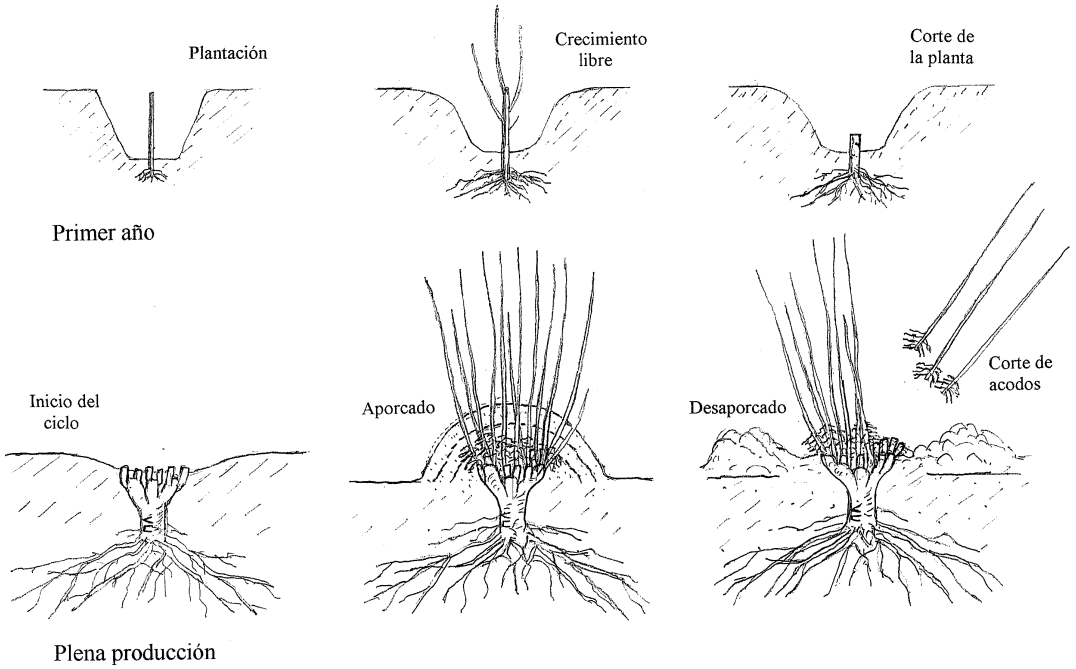


Figura 4.1. Acodo de cepa o de corte y recalce.

Después de la extracción de los acodos, el campo de plantas madres se deja preparado para la siguiente campaña. La parte superior de la planta madre debe permanecer al descubierto, expuesta a la luz y al aire, de esta forma produce mayor número de brotes. No obstante, si se recubre la planta madre con una ligera capa de tierra, los brotes emitidos sufren ahilamiento o etiolación en su base y producen más raíces.

Con la entrada de la primavera se produce una nueva brotación, iniciándose un nuevo ciclo de producción. La vida útil de las plantas madres es de unos 12-15 años, y según la variedad y el manejo realizado puede acortarse o alargarse esta duración.

5.2. Acodo de trinchera

La producción de planta con este tipo de acodo se realiza de forma similar al acodo de cepa, pero con una variación en el manejo de la planta madre, ya que se conservan sin cortar algunos ramos para enterrarlos al siguiente año. Por eso se le denomina también acodo de ramo o de rama enterrada (el ramo cuando emite la brotación pasa a ser una rama).

Se emplea sólo, excepcionalmente, en aquellos casos en que la cepa soporta peor el desmochado total o bien no produce suficiente número de brotes, por ejemplo, en algunos ciruelos, cerezos y peral. Pero el manejo de la planta madre es bastante más dificultoso.

Las plantas madres se establecen en líneas separadas 1,5-1,8 m. Se plantan a una distancia de unos 50-60 cm, con una inclinación de unos 45 grados, en una zanja de unos 40 cm de profundidad para facilitar así el aporte de tierra en los sucesivos años. Luego mediante la ayuda de una horquilla o un gancho se tumban sobre suelo, quedando horizontales. Debe utilizarse planta de buen tamaño, recortada a la distancia de plantación, de forma que al tumbarlas queden tocándose. También pueden dejarse crecer libremente las plantas el primer año e iniciar el proceso de producción al año siguiente.

Antes de la brotación de las yemas se recubren las plantas, unos 3-5 cm, con una capa de tierra muy suelta o mantillo, para que los brotes salgan sin dificultad entre ella y se ahile la base. Luego, según van creciendo los brotes, se realizan dos o tres aporcados hasta que su base quede cubierta unos 15-20 cm. Los brotes que salen de las yemas que quedan en la cara interior del ramo enraízan mejor, debido, posiblemente, a que están recurvados en su base y tienen mayor longitud etiolada.

En otoño, cuando la planta ha entrado en reposo se retira la tierra y se cortan los acodos enraizados, dejando una o dos yemas de su base, y se reservan sin cortar uno o dos ramos vigorosos, separados 30 cm si son dos, para tumbarlos luego sobre el suelo e iniciar el mismo proceso al siguiente año. En la Figura 4.2 se representan los pasos seguidos para la producción de los acodos.

Los ramos que se tumban también suelen enraizar a lo largo de su longitud. La nueva brotación se produce a partir de sus yemas y de las yemas conservadas en la base de los acodos extraídos el año anterior; además pueden proceder de yemas latentes existentes en la planta y de yemas adventicias formadas. La vida útil de la planta madre con este tipo acodo es más corta que en el caso de dejar sólo la cepa, y se produce un gran enmarañamiento de ramas en su formación.

Cuando las plantas se dejan crecer durante el primer año, antes de enterrarlas, se podan los ramos débiles y se dejan los más vigorosos recortados. En este caso el tumbado de la planta será más difícil, pero no hay inconveniente que se quiebre un poco la base al echarla al suelo.

Una variante de este tipo de acodo consiste en enterrar el ramo y dejar salir del suelo un poco la punta. Luego, junto con los acodos originados por los brotes emitidos, se extrae el fragmento del ramo inicial en que se insertan, que también suele enraizar en las proximidades del nudo. A este tipo de acodo se denomina acodo chino o de ramo largo, y puede ser utilizado en vid y avellano.

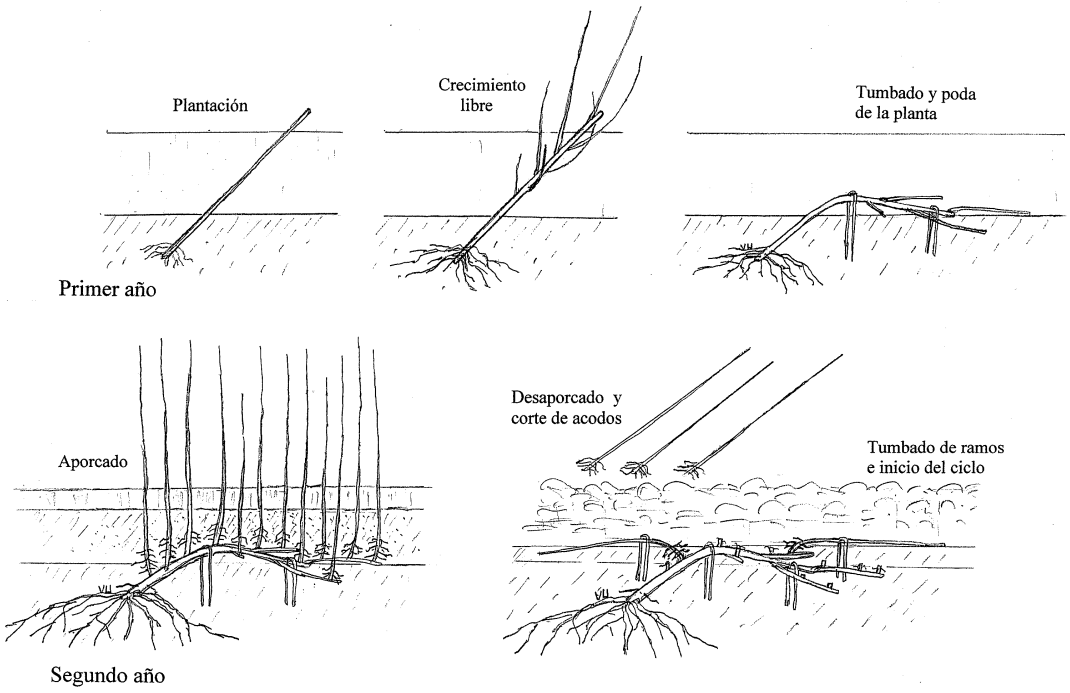


Figura 4.2. Acodo de trinchera

6. Acodo de ramos y ramas

Con el acodo de ramos y ramas se persigue el enraizamiento de los propios ramos, o en casos excepcionales de las ramas, que darán lugar a las nuevas plantas. No deben emplearse ramas de más de 2-3 años.

En este tipo de acodo el manejo de la planta madre es más complicado y requiere mucho espacio, se obtienen pocos acodos por planta y en bastantes casos se requiere que los ramos producidos para acodar sean largos y, relativamente, flexibles.

No se utiliza en los viveros de frutales para la producción de planta, salvo en algunos casos muy concretos, debido a los inconvenientes comentados. A continuación se describen, brevemente, los tipos más importantes que comprende.

6.1. Acodo de arco

El acodo de arco, o también denominado acodo simple, consiste en enterrar una parte arqueada de un ramo dejando su extremidad al aire libre, según se representa en la Figura 4.3.

Para mejorar el enraizamiento en la parte enterrada se puede hacer un anillado o dar cortes, provocar su estrangulamiento con una atadura, o, incluso, aplicar una sustancia hormonal. Las raíces aparecerán por encima de la zona intervenida.

Este tipo de acodo se utiliza en ocasiones en avellano, frambueso y zarzamora. También podría ser utilizado en vid y actinidia. En el caso concreto de la vid se le denomina mugrón y antiguamente se utilizaba para reponer una planta en la viña a partir de un sarmiento de la planta adyacente.

Si se emplean plantas madres deben ser podadas cerca del suelo, de forma que los ramos producidos puedan ser curvados y enterrados a su alrededor en una zanja realizada al efecto. Para sujetar los ramos en el suelo se emplean horquillas o ganchos y para mantener su extremo vertical deben atarse a un tutor. La operación de acodar comienza durante reposo de los ramos, dejándolos curvados y enterrados. Luego, a lo largo del crecimiento vegetativo, se produce el enraizamiento y al entrar la planta en reposo pueden cortarse los acodos formados.

Si en la planta madre se dejan ramos verticales sin arquear, estos absorberán la mayor parte de su savia en detrimento de los ramos acodados.

Como una curiosidad, si el ramo empleado es muy largo puede arquearse varias veces, enterrándolo en diferentes puntos de forma que se obtienen varios acodos. Entonces se denomina acodo múltiple o serpentario, y podría ser realizado con un sarmiento de vid o con ramos de actinidia y de zarzamora.

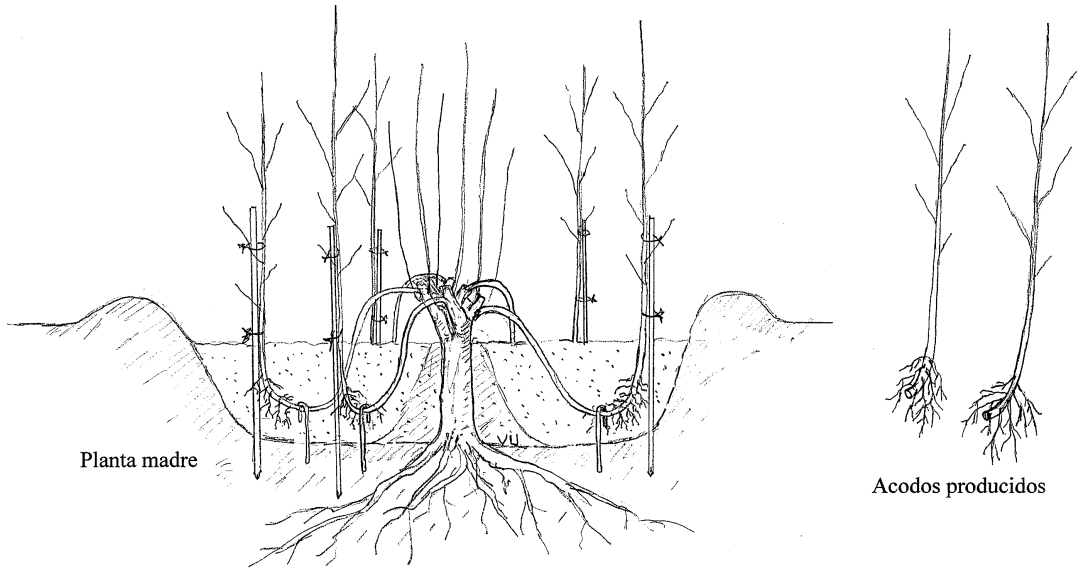


Figura 4.3. Acodo de arco o simple.

5.2. Acodo aéreo

El acodo aéreo consiste en enraizar un ramo o una rama, en este último caso preferiblemente joven, colocando en la zona a enraizar el medio de enraizamiento dentro de una envoltura suspendida de ellos. En la Figura 4.4 se representa un acodo aéreo en una rama.

Con este tipo de acodo se consiguen enraizar especies de muy difícil enraizamiento, pero no se emplea en la producción de planta de frutales. Se cita su utilización, en alguna ocasión, en mango, lichi y cítricos.

El procedimiento consiste en realizar un anillado en la corteza, separando una porción de 1-2 cm de ancho, luego se aplica un producto hormonal (IBA) y se recubre, mediante una bolsa, con un material que retenga bien la humedad (turba y perlita, musgo, etc.) y que permita el crecimiento de las futuras raíces. Este sustrato debe

quedar bien compactado con la rama, atándolo a la parte inferior y superior, y para asegurar su conservación se aísla con un plástico.

Es conveniente acodar en la primavera para que se produzca el enraizamiento durante el verano. Deben suprimirse la mayor parte de los brotes emitidos por la rama durante el proceso. En algunos casos se tarda más de un año en conseguir el enraizamiento. Como el desarrollo radical obtenido es escaso, al cortar la rama y plantar la nueva planta debe suprimirse parte de su vegetación para facilitar el enraizamiento en el sitio definitivo.

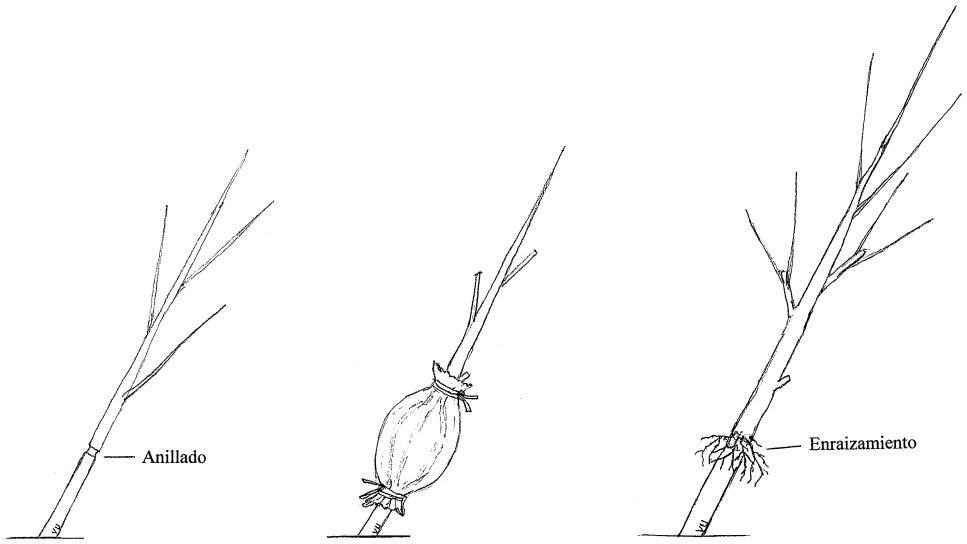


Figura 4.4. Acodo aéreo en una rama.

5.3. Otros tipos de acodo de ramos

Existen otras variantes para acodar ramos que son empleadas en casos muy concretos, según las características de la especie que se trate. Los tipos más conocidos son los siguientes:

1. Acodo de puntas.

Consiste en enraizar un ramo enterrando en el suelo su extremo. En algún caso también se entierran los brotes durante su crecimiento, por ejemplo, en frambueso.

El extremo del ramo enterrado al continuar el crecimiento tiende a salir del suelo, produciéndose el enraizamiento en el punto de curvatura, por lo que luego se separa de la planta que lo originó y se obtiene el acodo.

Una variante de este tipo puede utilizarse en vid, recortando un sarmiento y enterrando su extremo en suelo, a la vez que se suprimen las yemas más próximas a la cepa. El extremo enterrado emite raíces y las yemas que quedan por encima de la tierra brotan, curvándose y creciendo hacia arriba el pámpano emitido, por lo que la planta obtenida tendrá la polaridad invertida. El acodo recibe la denominación de acodo invertido o Guyot.

2. Acodo bajo o de planta enterrada.

Consiste en tapar con tierra la base de los ramos producidos en una planta podada muy baja. El enraizamiento de los ramos se produce durante el verano y se cortan los acodos en el invierno. El manejo es similar al acodo de cepa, con la diferencia de que en este caso se realiza con ramos en lugar de brotes, y que, por lo tanto, la producción se obtiene cada dos años.

7. Producción de planta por acodo

La producción de planta por acodo se realiza en los viveros de frutales, principalmente, para obtener patrones.

Los patrones de manzano se producen, prácticamente, en su totalidad por acodo, aunque, últimamente, hay en el mercado algo de planta producida por cultivo *in vitro*. Asimismo, los patrones de membrillero son producidos por acodo en un porcentaje importante. También se acodan los cerezos Colt y Santa Lucía, y los ciruelos, pero la producción de planta es muy pequeña respecto a la obtenida por otros métodos de propagación.

Los patrones obtenidos por acodo se denominan, asimismo, acodos, pero por la similitud con los patrones procedentes de estaquillado también se les suele denominar barbados. No obstante, en el caso de acodos no se recomienda denominarlos barbados para evitar confusiones respecto a su origen.

El tipo de acodo utilizado para la producción de patrones es casi exclusivamente el de cepa o de corte y recalce, por lo que su proceso de producción tiene una duración de un año. La planta se obtiene durante el periodo de reposo, desde mediados de noviembre a principios de febrero, aunque en zonas frías o lluviosas la extracción puede adelantarse hasta principios de octubre.

Los acodos obtenidos se implantan en el vivero de patrones para ser injertados, en general, durante el verano, y obtener los plantones al siguiente año. También pueden injertarse los acodos en taller, con un injerto de púa (inglés, omega, etc.) e implantarse en el campo a continuación, obteniendo así los plantones en el mismo año.

En algunas especies de pequeños frutos, como frambueso y zarzamora, se emplea el acodo para propagar las variedades, al obtener fácilmente la planta por este método. Asimismo, en avellano, grosellero y alguna otra especie frutal de menor importancia, en las que habitualmente no se utiliza planta injertada, también se propagan las variedades por acodo.

En algunos casos muy concretos se utiliza el acodo para obtener plantas que tienen un difícil enraizamiento o que tienen grandes dificultades de propagación por otros métodos.

8. Bibliografía (Capítulo 4. Acodo)

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:

Acerete, A. 1949. *Cría de frutales.* Publicaciones de la Estación Experimental de Aula Dei. Consejo superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza. 341 pp., [69 - 75, 82-86].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [48 - 53].

Bergougnoux, F.; Germain, E.; Sarraquigne, J.P. 1978. *Le noisetier, production et culture*. INVUFLEC. Paris. 161 pp., [59 - 64].

Bretaudeau, J. 1975. *Atlas d'arboriculture fruitière. Volume I.* Éditions J.B. Baillière. Paris. 245 pp., [17 - 20].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [564 - 578].

Hartmann, H.T.; Beutel, J. A. 1981. *Propagation of temperate-zone fruits plans.* Division of Agricultural Sciences. University of California. Oakland. 63 pp., [48 - 51].

Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* CECSA. México. 760 pp., [495 - 506].

Hidalgo, L. 1993. *Tratado de viticultura.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 984 pp., [381 - 385].

Macdonald, B. 1986. *Plant propagation for nursery growers. Vol I.* Timber Press. Portlan, Oregón (USA). 669 pp., [405 - 436].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas.* INIA. Ministerio de Agricultura. Madrid. 1.003 pp., [356 - 369].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. Serie Técnica. S.G.T. Ministerio de Agricultura. Madrid. 521 pp., [285 - 270].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 4. Acodo

1. [Laboratorio-taller]. Reconocer patrones procedentes de acodo en material seco expuesto en el laboratorio y en material procedente del vivero, y establecer su diferencia con patrones procedentes de estaquillado y de semillero.

2. [Campo]. Observar en el campo de plantas madre de acodo de cepa, del vivero del Campo de Prácticas, durante el ciclo productivo, las diferencias existentes entre las distintas variedades de membrillero y manzano, respecto al número y características de las plantas (forma de crecimiento, grosor, anticipados, fenología, etc.). Analizar su repercusión sobre el manejo y la producción de acodos.

3 [Campo]. En las plantas madre de acodo de cepa, del vivero del Campo de Prácticas, controlar el crecimiento de los brotes y establecer las fechas más idóneas para aporcar. Realizar tres aporcados durante su crecimiento.

4 [Campo]. En la actividad anterior, en el primer aporcado realizado en los manzanos M-27, M-9, y Pajam-1, aportar, también, en la mitad de la fila, turba y arena. Analizar al final del ciclo las diferencias de enraizamiento entre ambas partes de la fila.

5 [Campo]. Controlar la emisión de raíces en los acodos de las actividades anteriores y establecer las fechas en que se producen, en las diferentes variedades.

6 [Campo]. Realizar un acodo de arco, con varios sarmientos, en las cepas madres de patrones de vid del vivero del Campo de Prácticas. Realizar también un acodo de arco con ramos de avellano (anillar y estrangular los ramos), en las plantas madres de la colección de especies del Campo de Prácticas. Controlar la época en que ocurre el enraizamiento y cortar los acodos producidos al final del proceso.

7 [Campo]. Realizar un acodo de puntas en las plantas de frambueso de la colección de especies del Campo de Prácticas. Controlar la evolución del brote y cortar los acodos producidos al final del proceso.

8 [Campo]. Realizar un acodo aéreo en ramas de 2 o 3 años en los ciruelos (de patrones) de la colección de especies del Campo de Prácticas. Aplicar IBA en el anillado. Controlar la evolución de los acodos.

9 [Campo]. Desaporcar y observar la evolución de la planta madre y donde se produce el enraizamiento en los acodos del campo de plantas madres de acodo de cepa de membrillero y manzano, del vivero del Campo de Prácticas. Cortar los acodos producidos y depositarlos en montones, clasificados en viables y no viables, según su estado. Determinar la cantidad extraída y el porcentaje correspondiente a cada tipo. Una vez retirados los acodos dejar preparadas las plantas madres para la siguiente campaña.

10 [Campo-taller]. Preparar y clasificar los acodos viables obtenidos en la actividad anterior. Recortarlos a 50 cm, podar los anticipados, clasificarlos en tres categorías según calibre, ponerlos en manojos de 25 o 50 unidades y etiquetarlos. Controlar la producción obtenida y determinar el número medio de acodos producidos por planta madre y por metro cuadrado.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 4. Acodo

1. ¿En qué consiste el acodo y cuál es su fundamento?. ¿En que se diferencia del estaquillado?

2. ¿Por qué aspectos se caracteriza el acodo como técnica de propagación de plantas y para qué se utiliza?

3. ¿Cuáles son los tipos de acodo? Definir brevemente en qué consisten especificando el tipo de ramificación empleada para la producción.

4. ¿Qué características deben tener las plantas madres de acodos? ¿Cómo es su formación en el acodo de cepa y qué producción de planta se obtiene?

5. ¿Cómo influye el material vegetal en el enraizamiento de los acodos? ¿Qué diferencias se presentan entre los diferentes patrones de manzano?

6. ¿En qué época se realiza el acodo, de qué depende y cuál es su duración?

7. ¿Qué intervenciones pueden hacerse sobre la ramificación y en qué casos, para mejorar el enraizamiento de los acodos?

8. ¿Qué condiciones debe reunir el medio utilizado para acodar?

9. ¿Qué es el acodo de cepa (o de corte y recalce)?. ¿Cómo se establecen las plantas madres para su cultivo? ¿Cuándo se alcanza la plena producción y qué vida útil tienen?

10. ¿Cuáles son las operaciones realizadas en el acodo de cepa? Especificar la época y los medios empleados.

11. ¿En qué consiste el acodo de trinchera y en qué casos se utiliza? ¿Cuáles son las operaciones realizadas para la producción de planta? Especificar la época y los medios empleados.

12. ¿En qué consiste el acodo de arco y en qué especies se utiliza? ¿Cuáles son las operaciones realizadas para la producción de planta? Especificar la época y los medios empleados.

13. ¿En qué consiste el acodo aéreo y en qué casos se emplea? Indicar las operaciones que precisa y la época de ejecución.

14. ¿En qué consiste el acodo de puntas y en qué casos se emplea?

15. ¿Qué tipo de plantas se producen mediante acodo en los viveros de frutales y de qué especies, principalmente? ¿Cuál es la utilización de los acodos producidos?

5

INJERTO

1. Aspectos básicos del injerto.
2. Tipos de injerto.
3. Plantas madres de injerto.
4. Factores que influyen en la unión del injerto.
5. Afinidad botánica del injerto en frutales.
6. Incompatibilidad del injerto.
7. Interacciones entre patrón e injerto.
8. Herramientas y material necesario para injertar.
9. Cuidados posteriores del injerto.
10. Injertos de yema.
11. Injertos de púa.
12. Injertos de aproximación.
13. Injerto doble o intermediario.
14. Microinjerto.
15. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Aspectos básicos del injerto

El injerto consiste en la unión de dos partes de plantas de manera que se suelden y, posteriormente, puedan seguir creciendo y desarrollándose como un solo vegetal.

Entre los dos materiales vegetales diferentes se produce la unión íntima de sus tejidos y ambos siguen realizando sus funciones fisiológicas en una especie de simbiosis; aunque, en algunos casos, con ciertas dificultades. Cuanto más alejados estén en la escala botánica los materiales vegetales el funcionamiento de la unión presentará más dificultades.

Estos materiales diferentes tienen un crecimiento independiente, manteniendo su identidad y sin que se produzcan mezclas celulares entre ellos, pero el conjunto funciona como una sola planta. Se tiene de esta forma un individuo formado por dos, o más, materiales de diferente composición genética.

Cada parte ejerce una cierta influencia sobre la otra, haciendo variar algunas características y el comportamiento de la planta resultante respecto a las características de los individuos que la componen. Este efecto es aprovechado en la producción frutícola mediante la utilización de plantas injertadas (o plantones) para el establecimiento de gran parte de las plantaciones frutales actuales.

1.1. Aplicaciones del injerto

El injerto se conoce desde tiempos muy antiguos. Se cita que era practicado por los chinos desde hace unos 3.000 años. Aristóteles (350 años antes de la era moderna) ya trata de los injertos con bastante detalle y lo mismo ocurre en los tratados de agricultura del Imperio Romano y, posteriormente, en textos árabes.

A partir del Renacimiento (siglo XIV) es muy utilizado en jardinería y a partir del siglo XVII ya comienza a generalizarse su aplicación en plantaciones frutales.

En el siglo XVIII continúa extendiéndose su uso y se profundiza ya en el estudio de los aspectos fisiológicos del injerto y la forma como se produce la unión. Estos estudios continúan en el siglo XIX y se publican diferentes tratados sobre el tema, como el libro "The Nursery Book" de Bailey (1891), en el que se describen los diferentes tipos y métodos de injerto que son coincidentes a los utilizados actualmente.

El injerto se utiliza con diferentes finalidades en Fruticultura, tanto en la producción frutícola como en investigación. Sus aplicaciones son las siguientes:

1) Producción de plantones.

La principal aplicación del injerto es en la propagación de variedades, mediante la producción viverística de plantones.

El plantón está formado por dos genotipos diferentes y en ocasiones por tres, en el caso de emplear un intermediario. De esta forma, el patrón (o portainjerto) aporta el sistema radical, y la parte aérea, originada por el injerto, constituye la variedad (también denominada injerto).

La posibilidad de injertar una variedad sobre diferentes patrones permite beneficiarse de un sistema radical con mejor adaptación a ciertas características del suelo, más resistente a determinadas plagas y enfermedades, más tolerante al frío, etc. Por otro lado, se persigue que el patrón ejerza un efecto favorable sobre la variedad injertada, como puede ser la reducción de vigor, adelantar la entrada en producción, mejorar su capacidad productiva, etc.

2) Establecimiento de variedades en plantaciones de patrones.

El injerto realizado en la propia plantación sobre patrones previamente establecidos (injerto en sitio) es otra forma de propagar las variedades. Se emplea, sobre todo, en plantaciones de secano y en aquellos casos que se quiere formar el árbol desde su inicio en la plantación.

3) Cambio de variedad.

El cambio de variedad en una plantación se lleva a cabo mediante la sustitución de gran parte del sistema aéreo de la planta por una nueva variedad, injertada sobre las ramas o el tronco de la anterior. Esta operación se realiza cuando la variedad existente no tiene el aprovechamiento deseado y la planta aun presenta buenas condiciones vegetativas.

4) Otras aplicaciones frutícolas.

El injerto es también utilizado con otras finalidades específicas en la producción frutal, como realizar la función de intermediario sobre el patrón para lograr una mejor soldadura en la planta o conseguir una porción de tronco con mayor resistencia factores adversos o incidir sobre el vigor de la variedad. Asimismo, en ocasiones, se emplea el

injerto para el apuntalamiento de troncos en plantas con algún problema en sus raíces, para sobreinjertar polinizadores en árboles en producción, etc.

5) Aplicaciones en investigación.

En investigación también se emplea en injerto con finalidades muy diversas, como es en el indexaje y transmisión de virosis, en el estudio rápido de nuevas obtenciones varietales, en estudios fisiológicos, etc.

1.2. Formación de la unión del injerto

La unión del injerto se produce a partir del cambium de los dos materiales injertados. Por eso es necesario que las zonas cambiales de los materiales tengan el mejor contacto posible. La unión se forma de células que se han desarrollado después de ensamblar los materiales. Solamente el cambium es el responsable de realizar la soldadura y actúa de forma similar a como se produce la cicatrización de una herida.

La mayor o menor rapidez con que se realiza la soldadura depende del tipo de injerto y del encaje o contacto entre la superficie de los cortes, además influirán las condiciones en que se encuentran los materiales, sobre todo su estado hídrico y las condiciones ambientales. El proceso de unión es el siguiente:

1. Mediante cortes limpios, evitando magulladuras y desgarros en los tejidos, se deja al descubierto la zona cambial de los materiales e inmediatamente se ponen en contacto íntimo con ayuda de una atadura.

2. Las células cortadas o dañadas se mueren formando una placa necrótica. Debajo de esta capa muerta, las células vivas presentan una mayor actividad y se dividen produciendo nuevas células de parénquima que proceden de la capa cambial, del parénquima de los radios xilemáticos y del xilema joven, formando el denominado callo de cicatrización. Este callo rellena los espacios que quedan entre los materiales llegando a entrelazarse. La mayor parte del callo es producido por el patrón o la rama, en su caso, al encontrarse en mejores condiciones de actividad que la pequeña porción de material que se inserta como injerto.

3. El callo generado por ambas partes rellena los espacios que quedan entre los materiales y llega a juntarse, entrelazándose, afianzando así los materiales a soldar. El injerto todavía puede separarse tirando ligeramente de el, ya que aún no se ha producido la soldadura.

4. En las células interiores del callo, que se encuentran en la misma dirección que las capas de cambium de los materiales a soldar, se produce una diferenciación, transformándose en nuevas células cambiales. De esta forma se genera una capa continua de cambium.

5. A partir del cambium formado se genera nuevo xilema hacia el interior y nuevo floema hacia el exterior, quedando establecida la conexión vascular del injerto.

6. El xilema sigue creciendo dando lugar a una capa continua en la que se aprecia la línea de unión de los dos materiales vegetales diferentes. La corteza forma, igualmente, una capa continua en la que se aprecia también la línea de unión de los dos materiales. El injerto está ya plenamente soldado y no se puede despegar tirando de él, excepto que la soldadura no haya sido buena y tenga discontinuidades.

Una vez soldado se dice que el injerto ha prendido, iniciándose la brotación de la yema o yemas, si no se encuentran en reposo.

En la Figura 5.1 se representa, esquemáticamente, la forma de producirse la soldadura de un injerto de yema sobre un patrón. En este caso el injerto tiene forma de escudete y la corteza lleva adherida una pequeña porción de xilema. Se ha ingerido en el patrón levantando su corteza mediante un corte en forma de T.

En la Figura 5.2 se representa, esquemáticamente, la forma de producirse la soldadura de un injerto de púa sobre una rama cortada. En este caso la púa se ha ingerido sobre una hendidura realizada perpendicularmente en el corte de la rama.

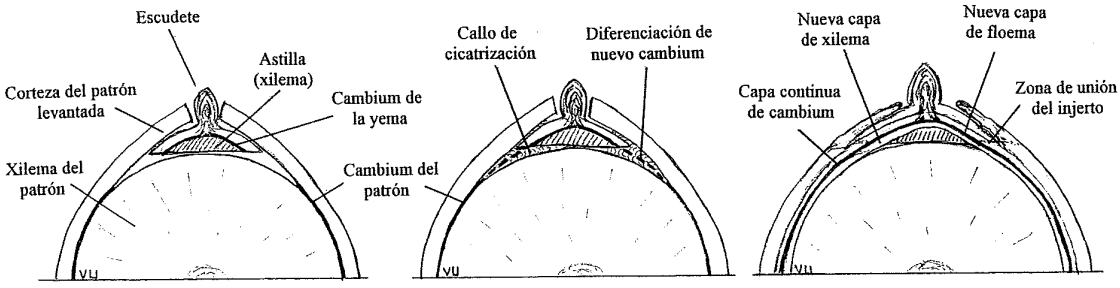


Figura 5.1. Soldadura en un injerto de yema. Injerto de escudete de yema con astilla.

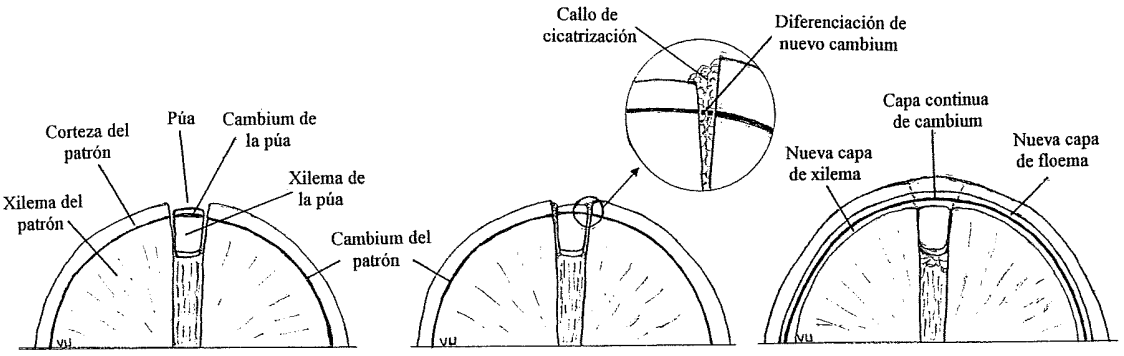


Figura 5.2. Soldadura en un injerto de púa. Injerto de hendidura plena.

En el caso concreto de los injertos de yema realizados sobre un patrón mediante cortes en T en la corteza, tanto si se emplea un escudete solo de corteza o llevan adherida una pequeña porción de xilema (astilla), el proceso de unión se realiza de la siguiente manera:

En el patrón, al levantar la corteza se destruyen los tejidos vasculares jóvenes y se forma una placa necrótica en el interior de las aletas.

En el escudete insertado también se forma una placa necrótica en los tejidos cortados o levantados. Al cabo de unos los días comienzan a formarse en el patrón las células parenquimáticas de callo, principalmente, a partir de las células de los radios xilemáticos y del cambium. Estas células penetran a través de la placa necrótica. En los lados del escudete también se forma algo de callo a partir del floema secundario y del cambium, el cual también pasa a través de la placa necrótica del corte.

A medida que se produce más callo de cicatrización éste rodea al escudete y lo mantiene fijo en su lugar, a la vez que lo hidrata ligeramente. La proliferación de callo continúa con rapidez durante dos o tres semanas hasta que se llenan todos los huecos de aire entre los materiales. El callo se origina casi por completo de los tejidos del patrón

En el interior del callo formado entre la yema y el patrón se comienza a diferenciar un puente de cambium hasta que se establece una capa continua entre el interior de las aletas del patrón y los lados del escudete, lo que ocurre a los 10-15 días. Luego tiene lugar la generación de nuevos tejidos vasculares con la aparición de tranqueidas de xilema. La lignificación debajo del escudete tiene lugar de 4 a 6 semanas después del injerto. En algunos casos, y sobre todo si el injerto se realiza al final del ciclo

vegetativo, la corteza del patrón se levanta por el xilema joven en lugar de por el cambium, esto hace que no se produzca correctamente la diferenciación de las células del callo en un nuevo cambium; y, por lo tanto, que no haya buena soldadura.

Parece ser que el contacto de las células del callo con el floema secundario de las aletas ejerce una acción organizadora para que se produzca el mecanismo fisiológico de la diferenciación cambial, por lo que si hay una capa de xilema adherida a la corteza levantada, el callo formado estará en contacto con este xilema y no se produce correctamente el puente de cambium.

En el caso de que el escudete sea solo de corteza, toda la zona interior se pone en contacto con el patrón, pero no se produce una soldadura de tejidos, solamente se recubrirá de una fina capa de callo de cicatrización. El puente cambial se produce entre la periferia del escudete y el patrón. El propio cambium del escudete, que está conectado con la yema, será el que genere nuevo xilema hacia dentro y quedará en contacto íntimo con el xilema del patrón sin apenas apreciarse su separación. En los injertos de yema que portan una pequeña porción de xilema se apreciará una astilla seca entre la unión de ambos materiales.

Para que se produzca la unión, las condiciones de los materiales a injertar deben ser tales que estimulen la actividad de crecimiento celular en las partes puestas en contacto. Asimismo, las condiciones ambientales deben favorecer el crecimiento del callo y preservar a los materiales de su desecación o de otras posibles acciones perjudiciales. En caso contrario los tejidos de uno o de otro material pueden llegar a secarse sin producir el callo necesario para que tenga lugar la soldadura y la conexión vascular.

Si no hay una buena coincidencia al enfrentar las zonas cambiales, o bien no están suficientemente próximas, se retardará la unión y la soldadura definitiva se producirá más irregularmente, dando lugar a abultamientos de callo.

Para que la unión tenga buen funcionamiento es preciso conservar la polaridad correcta en los materiales a injertar.

1.3. Características generales del injerto

La planta obtenida a partir del injerto mantiene todas las características genéticas de la planta que se extrajo el material, al ser un tipo de propagación asexual o vegetativa. No obstante, su desarrollo vegetativo y la fructificación se verán influidas por el otro material sobre el que se injerta.

Esta técnica se utiliza, principalmente, para la propagación de variedades mediante la producción de plantones (planta injertada) en los viveros. También tiene otras aplicaciones en plantaciones frutales como es el cambio de variedad, según se ha comentado. La dificultad de su ejecución varía de unos tipos a otros y, en general, se precisa personal especializado, aunque algunos tipos de injerto se realizan a máquina sin dificultad.

El éxito del injerto depende mucho de las características de los materiales vegetales empleados y de la precisión de su ejecución. En unas especies se produce más fácilmente la soldadura que en otras. El injerto sobre ramas viejas o sobre un tronco viejo tiene más dificultad de soldadura que el injerto sobre ramos o sobre troncos y ramas jóvenes.

El material injertado requiere cuidados especiales para evitar desecaciones y roturas, hasta lograr un buen desarrollo de la planta.

En los viveros, el material vegetal para injertar se extrae, en general, de plantas madre destinadas al efecto. También es usual que las explotaciones frutales produzcan sus propios plantones adquiriendo los patrones y tomando los injertos de otras plantaciones, siempre que no sean variedades de obtenciones protegidas.

Con el injerto pueden transmitirse las posibles enfermedades de la planta de la que se extrae, especialmente bacteriosis y virosis, por lo que se debe procurar que el material esté sano. Además, la sanidad de los materiales influirá en la soldadura y en el éxito final del injerto.

2. Tipos de injerto

La técnica de propagación por injerto presenta numerosos métodos que difieren, principalmente, en la proporción del material empleado y en su forma de encaje. Esencialmente, todos estos métodos se pueden clasificar en tres grupos de injertos: de yema, de púa y de aproximación. Luego, cada uno de estos grupos incluye varios tipos de injerto que son variantes en la forma de dar los cortes y de ensamblar el material vegetal. Las características básicas de estos tres grupos son las siguientes:

1) Injertos de yema.

El material a injertar es un pequeño fragmento de tallo con una yema. En ocasiones este fragmento lleva adherida a la corteza una porción de xilema (yema con astilla).

Según la forma que presenta dicha porción y la manera de ingerirla en el patrón o en la rama a injertar se tienen diferentes tipos: escudete, parche, "chip", mallorquín, etc.

2) Injertos de púa.

El material a injertar es un trozo de tallo (brote o ramo) con una o varias yemas. Según el grosor del patrón o rama a injertar y de la forma de encajar la púa se tienen diferentes tipos: hendidura, inglés, omega, corona, incrustación, etc.

3) Injertos de aproximación.

Los ramos o ramas a injertar permanecen unidos a la planta madre mientras se establece la soldadura; después puede separarse la parte injertada (destete) o permanecer con su fuente de alimentación. Ocurre, también, de forma natural en las plantas cuando las ramas o las raíces se ven forzadas a permanecer en íntimo contacto. Según los materiales empleados y la finalidad del injerto se tienen varios tipos: de empalme, de apuntalamiento, etc.

La utilización de uno u otro tipo de injerto dependerá, evidentemente, de la finalidad perseguida y de las características de material. Pero muchas veces se emplean injertos de yema o de púa según la costumbre del país o de la zona. Incluso el utilizar diferentes tipos de injerto de yema o bien de púa, cuando las condiciones de los materiales lo permiten, en muchos casos viene determinado por la habilidad o costumbre del injertador.

Cuando las condiciones de ensamblaje son similares no se puede establecer, a priori y de forma general, que tipo de injerto da mejor resultado para una misma especie. En estos casos el éxito depende más de la experiencia del operario y de las condiciones ambientales que del propio tipo de injerto.

Los injertos también se clasifican en base a otros aspectos, como es el grado de lignificación o la evolución que tendrá el injerto según la época de injertar

Según el grado de lignificación del material vegetal a injertar se diferencian en:

a) Herbáceos. El patrón y el injerto no están aún lignificados. Es el caso de injertos de ápices sobre plántulas al poco tiempo de su nascencia.

b) Semileñosos. Los materiales están parcialmente lignificados o bien un material está lignificado y el otro no. Es el caso de injertar ápices sobre patrones

semilignificados o yemas extraídas de brotes sobre un patrón más o menos lignificado.

c) Leñosos. Los materiales a injertar están totalmente lignificados. Por ejemplo, es el caso de injertos de púa sobre ramas.

Según la época de injertado y las posibilidades de desarrollo del injerto se diferencian dos tipos de injerto:

a) Injerto a ojo velando (o despierto).

El injerto se lleva a cabo en una época que permite el desarrollo inmediato de las yemas injertadas. Comprende desde finales de invierno a mediados del verano. Las yemas injertadas se encuentran en ecodormancia o ectodormancia y reemprenden su actividad al desaparecer esta latencia después del injerto.

b) Injerto a ojo dormido.

El injerto se lleva a cabo en una época que no permite el desarrollo de las yemas injertadas hasta la primavera siguiente. Comprende desde mediados de verano a principios de otoño. Las yemas injertadas se encuentran en endodormancia, por lo que será necesario que pasen el periodo invernal para superar esta latencia y entrar en actividad.

El injerto siempre debe realizarse cuando la savia está en actividad, o cuando el material empleado pueda entrar inmediatamente en actividad, para que se produzca la soldadura.

Preferentemente, a la salida del invierno y comienzo de primavera se utilizan los injertos de púa y al final de primavera y durante el verano los injertos de yema. Esto viene condicionado por la disponibilidad y adecuación de material para injertar.

3. Plantas madres de injertos

Las plantas madres de injertos son las plantas que producen los brotes o ramos (varetas) de los que se extraen las yemas o púas para injertar.

Cada vez es más usual que los viveros dispongan de plantas madres para tomar injertos, en lugar de extraerlos de plantaciones comerciales. Además, en el caso de

producción de planta certificada es obligatorio que los injertos procedan de plantas madres de injerto. Asimismo, en algunas especies (por ejemplo en vid) o variedades concretas (ciertos frutales en Cataluña) la normativa exige que los injertos provengan de plantas madres.

Las plantas madres deben poseer garantía de su identidad varietal, y si es posible clonal según se exige en el proceso de certificación. Asimismo, deben tener garantizado su buen estado sanitario, especialmente el estar libre de virus y de otros patógenos. Este estado sanitario debe mantenerse a lo largo de los años, por lo que es imprescindible desinfectar las tijeras u otros instrumentos de corte antes de utilizarlos en las operaciones realizadas con las plantas madres.

La formación de la planta madre va encaminada a disponer de una ramificación abundante y tener un fácil manejo. Es preciso que no se formen copas muy densas para permitir una buena insolación y la penetración de los fitosanitarios. Normalmente, para frutales se utilizan pequeños vasos bajos y formas apoyadas en palmeta según se representa en la Figura 5.3.

Al extraer los ramos deben dejarse los mejor posicionados con la parte basal sin cortar, de forma que estos pulgares, rebajados a 3-5 yemas, den lugar al próximo año a la nueva ramificación.

La poda de invierno se plantea con la finalidad de producir numerosos brotes o ramos de un vigor medio para que no emitan anticipados y permitan extraer el mayor número de yemas, o de púas con el grosor adecuado. No deben dejarse ramos fructíferos ya que la polinización de las flores puede ser el origen de contaminaciones, y los frutos producidos serán una competencia para la vegetación y una fuente de plagas y enfermedades.

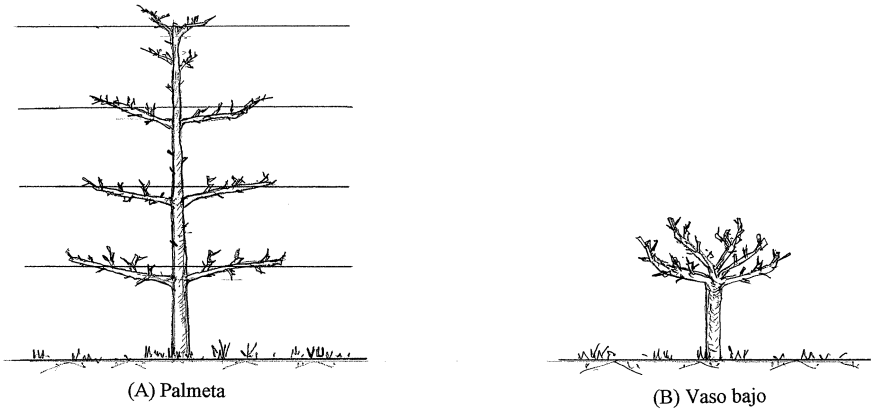


Figura 5.3. Plantas madres de injerto de frutales podadas. A: Palmeta. B: Vaso bajo.

Las plantas madres se disponen en líneas a una separación de 1 a 2 m, dependiendo de la formación y del vigor, dando lugar a una especie de seto. La anchura de la calle debe ser como mínimo de 3 m en los pequeños vasos y de 4 m en las palmetas, para permitir una buena insolación y el paso de la maquinaria.

Es muy importante el cuidado de la plantación para mantener libre la vegetación de plagas y enfermedades que pueden dar lugar a contaminaciones y originar un mal desarrollo o estado de los brotes. Principalmente, se deben vigilar los ataques de pulgón, janus y oidio; y de forma particular psila en peral, y polilla oriental y abolladura en frutales de hueso.

La producción de injertos para un mismo tamaño de planta madre varia mucho según la especie y las características de los ramos formados. Por ejemplo, en peral o manzano pueden extraerse varetas con bastantes yemas útiles, pero en melocotonero o almendro, si se producen anticipados, las yemas disponibles serán escasas. Lo mismo ocurre si se desea extraer púas.

En la Tabla 5.1 se indica la producción orientativa de yemas en plantas adultas de diferentes especies formadas en vaso bajo (excepto vid). La producción para formas en palmeta, con una altura de 2-2,5 m, llega a ser el doble que la de un vaso bajo pequeño.

Tabla 5.1. Producción de injertos por planta madre adulta en diferentes especies.

Planta madre	Marco de plantación	Número de yemas
Manzano	4 x 1 m	300-500
Peral	4 x 1 m	200-300
Melocotonero y almendro	4 x 1,5 m	200-250
Ciruelo y cerezo	4 x 1 m	250-400
Cítricos	1,5 x 0,3 m	100-150
Vid	3 x 1,5 m	100-180

3.1. Recolección y conservación de varetas

Los brotes o ramos de los que se extraen las yemas o púas para injertar se denominan varetas.

Cuando el material se recolecta en periodo vegetativo debe hacerse lo más próximo posible al momento de injertar para evitar deshidrataciones. Es preferible hacerlo temprano por la mañana para que estén turgentes. Los ramos o brotes escogidos como

varetas deben ser de vigor medio, procurando no utilizar ni los más débiles ni los muy vigorosos. No debe utilizarse ni el extremo apical, ya que sus yemas no se encuentran suficientemente desarrolladas, ni el basal, al tener las yemas muy pequeñas.

Una vez cortados los ramos de la planta madre se tienen que deshojar lo antes posible, conservando la parte basal del pecíolo para proteger a la yema y facilitar el manejo en la operación de injertado. El corte de la hoja se efectúa manualmente con tijera o con una máquina deshojadora.

Las varetas deben etiquetarse en manojos para evitar confusiones. Se conservan introducidas en su parte basal en un recipiente con agua; o mantenidas en una tela de saco (arpillera) o de otro tipo, humedecida. En caso de que se necesite conservarlas durante un tiempo deben introducirse en una bolsa de plástico y guardarlas en cámara frigorífica a 2-4 °C. Debe vigilarse que no se enmohezcan por exceso de humedad.

Para envíos a distancia, en pequeñas cantidades, las varetas se conservan bien envueltas en hojas de periódico ligeramente humedecidas y metidas en bolsas de plástico.

El material recolectado en reposo no corre tanto riesgo en la recolección como cuando tiene hojas. El corte debe hacerse antes de que se inicie la actividad en la planta madre, para que las yemas permanezcan sin brotar.

Los ramos cortados deben conservarse hidratados hasta el momento de ser utilizados en la primavera. Tradicionalmente se conservaban estratificados con arena, serrín, etc. en zanjas en el suelo en campo, o en cajoneras en lugares frescos, vigilando su estado. En la actualidad, las varetas suelen conservarse metidas en bolsas de plástico en cámara frigorífica (a 0-2 °C), controlando su humedad. En el caso de sarmientos de vid la conservación presenta menos dificultades pudiéndose guardar en un local fresco; luego se someten a hidratación antes extraer las púas para injertar.

4. Factores que influyen en la unión del injerto

El que se produzca correctamente la unión de los materiales injertados y, en definitiva, que el injerto tenga éxito depende de varios factores, los cuales están relacionados con el material vegetal, con la forma como se realiza la operación y con la época y condiciones ambientales en que se desarrolla el proceso.

La diferenciación de todos estos factores hace que los resultados de la injertada sean variables de unas veces a otras. No obstante, un buen profesional y con material en buenas condiciones no debe superar el 3% de fallos en especies sin dificultad, ni el 6-10% en las especies con mayor dificultad (salvo excepciones).

Los principales factores que influyen sobre la unión del injerto son los siguientes:

1. Afinidad entre los materiales y clase de planta.

El primer factor de condiciona la unión del injerto es la afinidad botánica entre los materiales. En el caso de que la soldadura no sea factible se dice que hay falta de afinidad o incompatibilidad total para el injerto.

También el injerto tiene más dificultad en unas especies que en otras; aunque, una vez que se consigue la soldadura, los materiales suelen crecer sin problemas. Por ejemplo en peral y manzano los injertos tienen más éxito que en albaricoquero y melocotonero. En otras especies, como en nogal, higuera y, sobre todo, en pistacho, los injertos presentan mucha mayor dificultad que en las anteriores.

En ocasiones se produce la soldadura más o menos satisfactoriamente pero luego se manifiestan ciertos problemas en el punto de unión entre los materiales injertados que pueden incidir en el desarrollo normal de la planta. Se dice entonces que hay incompatibilidad entre los materiales.

La afinidad botánica y los problemas de incompatibilidad serán comentados en apartados posteriores.

2. Estado de los materiales vegetales y época de injerto.

Los materiales vegetales a injertar deben estar en buenas condiciones físicas, especialmente sin deshidratar o desecados.

Igualmente, los materiales deben estar en actividad o en condiciones de entrar inmediatamente en ella, para que se produzca la división celular que da lugar al callo de cicatrización. Siempre hay que tener en cuenta las características del material disponible para elegir el tipo de injerto y la época más adecuada de realización. El comportamiento de injertos extraídos de varetas guardadas en cámara durante el invierno será muy diferente al de los injertos extraídos de varetas recién cortadas en campo en el periodo de actividad. En estos casos, los injertos de yema darán mejor resultado si se extraen de varetas en plena actividad y, por el contrario, los injertos de púa tomados de varetas en

actividad tendrán menor éxito. Sin olvidar tampoco la influencia que tiene el estado del material sobre el que se injerta.

Dependiendo del tipo de injerto será necesario o no separar la corteza para poner en contacto las zonas cambiales. Para que se produzca bien la separación de la corteza la planta injertada tiene que haber entrado en actividad una vez superado el invierno, luego, durante el verano no debe faltar humedad en el suelo para que no se detenga la división celular, ni en otoño debe ser excesivamente tarde para que no sea difícil separar la corteza por estar entrando en reposo la planta.

Cuando la separación de la corteza se produzca con dificultad en los materiales a injertar, será preferible utilizar otro tipo injerto que permita poner en contacto las zonas cambiales en actividad sin necesidad de la separación.

En períodos de gran actividad de crecimiento, si la planta presenta un flujo excesivo de savia al hacer los cortes ("desangrado") puede dar lugar a una exudación o humedad excesiva en la zona de unión, haciendo que no cicatrice bien. Ocurre, por ejemplo, en higuera, nogal, vid e híbridos de almendro x melocotonero. Lo mismo ocurre con las exudaciones gomosas en los injertos de los frutales de hueso, que también impiden una buena cicatrización.

El buen estado sanitario de los materiales es un factor de éxito, ya que las heridas y las condiciones en que se produce la unión pueden favorecer el desarrollo de los patógenos existentes en el material.

3. Tipo de injerto y manipulación de los materiales.

Según el tipo injerto se pone en contacto mayor o menor zona cambial y se realizan cortes en los materiales que permiten una mejor o peor cicatrización. Igualmente, se utilizan porciones muy diferentes de material que según el método de ensamblarlas y de protegerlas están más o menos expuestas a deshidratación.

Lo mismo puede decirse del tipo de ligaduras utilizadas para atar los injertos y del tipo de protección para tapar las heridas originadas que hacen que el injerto cicatrice mejor o peor, y con mayor o menor rapidez.

Ciertas hormonas facilitan la formación de callo y la soldadura. Por ejemplo en vid se utiliza mezclado con la parafina de protección el ácido 2,5-diclorobenzoico, y también suele mezclarse un fungicida (Oxiquinoleina) para prevenir el desarrollo de enfermedades fúngicas.

4. Condiciones del medio.

Principalmente, las condiciones de temperatura, humedad y oxigenación tienen una gran influencia sobre la unión del injerto.

a) Temperatura.

En general, las temperaturas más adecuadas se encuentran entre 20 y 25 °C. No hay formación de callo a temperaturas superiores a 40 ºC, ni inferiores a 0 ºC. Igualmente, la formación es muy lenta si la temperatura es muy alta (superior a 30 °C) o muy baja (inferior a 5 °C).

La formación de callo es más intensa al aumentar la temperatura, hasta alcanzar los límites en que comienza a ser negativa su acción.

En épocas cálidas la radiación directa sobre el injerto recubierto de plástico ocasiona temperaturas elevadas y puede dar lugar, además, a la desecación de la yema ("escaldado"). Es recomendable que los brotes del patrón sombreen el injerto realizado.

b) Humedad.

Para evitar la desecación de los tejidos expuestos al aire se debe proteger el injerto con cintas de atar, ceras o mastic. Es conveniente que en los injertos de yema atados con cinta de plástico transparente no dé el sol directamente sobre el injerto, para evitar su deshidratación. En caso de humedad excesiva pueden pudrirse las zonas cortadas e impedir la cicatrización.

c) Oxigenación y otros factores.

La división y crecimiento celular que se produce en el callo de cicatrización da lugar a una respiración muy activa, por lo que la falta de oxígeno perjudicará la soldadura.

Un exceso de humedad sobre las heridas puede provocar falta de oxígeno, además de originar podredumbres. Los encharcamientos del vivero injertado pueden tener efectos nefastos para el injerto, además de provocar asfixia radical.

El encerado u otras protecciones también pueden impedir una buena oxigenación de los tejidos en cicatrización.

En algún caso los injertos cicatrizan mejor en la oscuridad al tener mayor desarrollo el callo.

5. Afinidad botánica del injerto en frutales

Entre dos materiales vegetales existe afinidad si puesto en contacto el cambium de uno y de otro se produce la soldadura de los tejidos y funcionan como uno solo.

Cuanto más próximos se encuentren taxonómicamente los materiales a injertar habrá mayor probabilidad de que el injerto tenga éxito. Sin embargo, el parentesco botánico no predetermina siempre el comportamiento de los materiales en la unión, ya que se da algún caso de peor comportamiento entre materiales próximos que entre materiales más separados en la escala botánica.

En el caso de que se produzca un rechazo entre los materiales, debido a sus diferencias genéticas, y no tenga lugar la soldadura se dice que hay falta de afinidad o incompatibilidad total.

Debe diferenciarse dicha falta de afinidad de los casos en que se produce la soldadura pero de forma defectuosa o bien el funcionamiento de la unión no es correcto; entonces se dice que, aún habiendo afinidad, hay incompatibilidad entre los materiales. Este será el significado adoptado en el presente libro para dichos términos, haciendo la observación de que en algunos textos la afinidad y la incompatibilidad se consideran sinónimos. La incompatibilidad se manifiesta con diferente grado y sintomatología a lo largo de la evolución del injerto, según se comentará en el apartado siguiente.

No se conocen totalmente los fenómenos que determinan la afinidad, aunque está claro que mantienen una relación con las características genéticas de las plantas. La afinidad del injerto en los frutales es la siguiente:

a) Injertos entre clones y variedades de la misma especie.

Entre los clones y variedades de una especie se presenta una total afinidad y, en general, no se manifiestan incompatibilidades. Solamente las diferencias de crecimiento entre las variedades pueden originar algún problema en la unión, al producirse un estrechamiento por el distinto grosor alcanzado por los materiales. Suele ocurrir al injertar variedades con diferente vigor sobre los patrones de manzano M-9 (poco vigoroso) y MM-111 (muy vigoroso). No obstante, el funcionamiento de la planta puede ser normal.

En algunos casos también se presentan problemas al formase una hiperplasia encima de la unión, dando lugar a una peana. Ocurre de forma muy acusada en la variedad de

manzano Granny Smith cuando se injerta sobre el patrón de manzano M-26. También el patrón de manzano M-9 suele dar lugar a peanas con alguna variedad.

b) Injertos entre especies del mismo género.

Entre diferentes especies de mismo género se presentan ya casos en los que no hay afinidad y es frecuente que se produzcan problemas de incompatibilidad.

Es muy usual el injerto entre especies del género Prunus, en las que hay comportamientos muy diferentes. Por ejemplo: almendro, albaricoquero, ciruelo europeo y japonés se pueden injertar sobre melocotonero. Por el contrario, almendro y albaricoquero tienen problemas injertados entre sí y lo mismo ocurre con el albaricoquero injertado sobre ciruelo Mirobolán (P. cerasífera).

En otros casos los problemas se manifiestan sólo con algunas variedades de una especie. Por ejemplo muchas nectarinas al injertarlas sobre ciruelo Damas-1869, o algunas variedades de almendro y melocotonero al injertarlas sobre Mariana-2624 (P. cerasífera x P. munsoniana).

Igualmente, combinaciones recíprocas presentan diferente comportamiento de afinidad. Por ejemplo, el ciruelo Mariana injertado sobre melocotonero (aunque no tendría aplicación) o el ciruelo japonés (P. salicina) injertado sobre ciruelo europeo (P. domestica) tienen afinidad, pero la combinación contraria no suele tener éxito.

En el género Citrus se presenta afinidad entre la mayoría de especies, aunque en algún caso hay ligeros problemas de incompatibilidad con formación de peanas. Ocurre, por ejemplo, al injertar el limonero Verna (C. lemon) sobre naranjo amargo (C. aurantium).

El pistacho (Pistacia vera) se injerta sobre P. terebinthus y P. lentiscus, además de sobre otras especies de mismo género. El olivo (Olea europea) puede injertarse sobre acebuche (Olea oleaster).

c) Injertos entre géneros de la misma familia.

En general no suele existir afinidad entre géneros diferentes de la misma familia, aunque en algunos casos concretos se presenta afinidad y las combinaciones se usan a nivel comercial, pero también se manifiestan problemas de incompatibilidad y el éxito del injerto es variable en combinaciones recíprocas.

El membrillero (Cydonia oblonga) es muy usado como patrón del peral (Pyrus communis), sin embargo, la combinación recíproca de membrillero sobre peral no tiene afinidad. No obstante, el peral injertado sobre membrillero suele presentar incompatibilidad más o menos acusada según la variedad de que se trate y del membrillero usado como patrón. También el peral tiene afinidad con el manzano, y su recíproco, pero estas uniones terminan fallando con el tiempo.

El naranjo trifoliado (Poncirus trifoliata) se utiliza como patrón del naranjo (Citrus sinensis); sin embargo, el limonero Eureka no tiene afinidad sobre el Poncirus.

El níspero japonés (Eriobotrya japónica) puede injertarse sobre membrillero (Cydonia oblonga). El níspero europeo (Mespilus germánica) y el acerolo (Crataegus azarolus) pueden injertarse sobre membrillero y sobre peral.

d) Injertos entre familias.

Se considera imposible, por falta de afinidad, el injerto de frutales de diferente familia. Se han citado soldaduras entre plantas jóvenes procedentes de semilla, sin que la unión se mantenga posteriormente.

6. Incompatibilidad del injerto

Cuando hay afinidad entre dos materiales vegetales y el injerto tiene una buena unión, y la planta resultante se desarrolla correctamente a lo largo del tiempo, se dice que hay compatibilidad entre los materiales. La compatibilidad, al igual que la afinidad, depende en gran parte del parentesco botánico.

Por el contrario, aunque haya afinidad, si se presenta algún problema en la unión y el desarrollo posterior de la planta se ve dificultado de alguna manera debido al injerto, se dice que hay incompatibilidad entre los materiales.

La incompatibilidad se manifiesta de diferentes maneras y en diferente grado, y es siempre un problema para la plantación frutal, pudiéndose presentar transcurridos varios años desde la plantación y afectar más acusadamente a los árboles a lo largo de su vida.

En muchas ocasiones la incompatibilidad se ve también influenciada por las condiciones del medio en que se desarrolla la planta. Por ejemplo los climas muy cálidos acentúan la incompatibilidad de algunas variedades de peral injertadas sobre

membrillero. Lo mismo ocurre si estas plantas se desarrollan sobre un suelo muy calizo, manifestándose, entonces, los síntomas de incompatibilidad de forma más acusada.

La incompatibilidad puede dar lugar en casos extremos a la ruptura de la planta por el punto de injerto o a su muerte, aunque no se observen anormalidades al exterior en la zona del injerto.

La presencia de virus en alguno de los dos materiales injertados es, en algún caso, el motivo de la incompatibilidad, dando lugar a invaginaciones, zonas necróticas o interrupciones en la circulación de sustancias.

Estos fenómenos pueden tener lugar al presentarse una reacción de hipersensibilidad en el punto de unión. Ocurre, por ejemplo, con la tristeza de los cítricos, al injertar un material susceptible virosado (naranjo dulce) sobre un patrón resistente o hipersensible (naranjo amargo); en los que la incompatibilidad se manifiesta por la degeneración del floema y por la formación de agujas en el leño originando punteaduras en la corteza. En variedades de nogal (Juglans regia) injertadas sobre J. nigra, la incompatibilidad se manifiesta al cabo de los años mediante una línea necrosada debida a la discontinuidad de la corteza en el punto de contacto.

En muchos casos al sanear, previamente, los materiales se han atenuado o se han dejado de manifestar los problemas de incompatibilidad. Igualmente, en injertos herbáceos de ápices, sobre plántulas jóvenes en cultivo in vitro, se ha producido la soldadura sin manifestar tan acusadamente la incompatibilidad.

Los síntomas más frecuentes por los que se manifiesta la incompatibilidad son los siguientes:

- Diferente desarrollo o deformaciones arriba o debajo de la unión del injerto, con mala conexión de los tejidos.

- Falta de vigor en la planta, clorosis y otras anomalías foliares, y en algún caso muerte prematura.

- Rupturas parciales en la unión del injerto o falta de continuidad en el xilema que llegan a originar la rotura del árbol.

- Diferencias acusadas en la fenología, en la maduración de los frutos, en la producción, etc., dentro de la misma variedad.

Son muy numerosos los estudios realizados sobre la incompatibilidad, tanto histológicos como bioquímicos. Se ha comprobado la intervención de los glicósidos cianogénicos que liberan ácido cianhídrico, tóxico para las células, y la intervención de otros compuestos como fenoles y peroxidasas.

Parece ser que el mecanismo de la incompatibilidad no es único, sino que concurren diversos eventos, dando lugar a un fenómeno complejo con repercusiones sobre los tejidos.

Se han propuesto diferentes clasificaciones de la incompatibilidad, según los síntomas manifestados. La tipificación más generalmente aceptada es la propuesta por Herrero en 1951 y luego por Mosse en 1962, que dividen la incompatibilidad en dos tipos fundamentales: localizada y translocada. También suele hacerse referencia a la incompatibilidad de origen viral, ya comentada.

6.1. Incompatibilidad localizada

La incompatibilidad localizada se manifiesta en la zona de unión de los materiales vegetales. Aparentemente, depende de una reacción adversa al contacto de los materiales, presentando diferentes irregularidades en el desarrollo del injerto.

Se soluciona con el empleo de un intermediario compatible con ambos materiales. De esta forma, cada material suelda con el intermediario y se evita la reacción adversa de contacto, funcionando las tres partes como un único individuo. En los casos más leves, para evitar la incompatibilidad es suficiente que haya sólo un contacto parcial con el intermediario, aunque los dos materiales incompatibles sigan estando también parcialmente en contacto.

Esta incompatibilidad se caracteriza por los siguientes síntomas:

1. Irregularidades y malformaciones en la continuidad vascular, lo que puede dar lugar a uniones mecánicamente débiles.

2. Ruptura por el punto de unión al forzar el injerto. La planta se suele despegar transcurridos varios años, aunque si la incompatibilidad es muy acusada se rompen los plantones en el vivero por el viento o al manipularlos. Entre el patrón y la variedad, en lugar de formarse una continuidad vascular lignificada, se forma una capa de parénquima que permite también el paso de agua y nutrientes. De esta manera el crecimiento de la planta se ve limitado.

3. Al romperse el injerto la zona interna de contacto del patrón presenta un aspecto característico con forma de semiesfera en la que solamente en la parte central hay continuidad del xilema, apreciándose como una costilla astillada por la rotura de los tejidos, luego se aprecia la discontinuidad en el resto del xilema que presenta una superficie rugosa y ligeramente acanalada. La superficie del injerto adopta un aspecto similar apreciándose en el centro la otra parte de la costilla astillada de xilema.

4. Engrosamientos o estrechamientos en el crecimiento del injerto debido a la diferencia de vigor de los materiales. Normalmente, la deformación originada no produce discontinuidad en los tejidos y la unión permanece fuerte, creciendo normalmente la planta. En algunos casos se producen invaginaciones y discontinuidades en los tejidos corticales que dificultan la circulación de la savia.

5. Comportamiento similar de los materiales en la combinación recíproca, lo que prueba que la incompatibilidad se manifiesta en la zona de contacto.

Los síntomas externos se manifiestan al cabo de varios años, excepto si la incompatibilidad es muy acusada que se aprecia ya en el vivero. Los problemas fisiológicos y mecánicos que se presentan en la unión se van acentuando con la edad, originando una mala alimentación de la parte aérea; y si la planta no dispone de estructura de apoyo aumenta el riesgo de rotura al aumentar el volumen de la copa.

La incompatibilidad localizada se presenta, por ejemplo, en algunos perales (Williams, Limonera, Roma, etc.) injertados sobre membrillero; en albaricoqueros (Moniquí, Canino, etc.) injertados sobre híbrido almendro x melocotonero, ciruelo (P. insititia) y almendro; en ciruelos injertados sobre cerezo dulce, etc.

6.2. Incompatibilidad translocada

La incompatibilidad translocada no se manifiesta de forma patente en la zona de unión sino que sus síntomas están asociados con la vegetación de la planta. Los problemas se presentan en la translocación de sustancias entre los materiales.

No se evita con empleo de un intermediario compatible con el patrón y el injerto, por lo que en la práctica no tiene solución.

Esta incompatibilidad translocada se caracteriza por los siguientes síntomas:

1. Degeneración del floema en el punto de unión, originando una zona necrótica. Esto provoca una restricción al paso de savia. Presenta continuidad normal en el xilema.

2. Acumulación de almidón por encima de la unión y ausencia debajo. Posiblemente debido a una restricción en el movimiento de hidratos de carbono a través del injerto.

3. Clorosis y coloraciones anormales (enrojecimientos) en las hojas. Enrollamiento de bordes y plegado o curvatura de hojas, con síntomas parecidos a sequía.

4. Falta de vigor en la vegetación y disminución del crecimiento radical.

5. Comportamiento diferente, en general, en la combinación recíproca de materiales, lo que es una prueba, junto con la acumulación de almidón, de este tipo de incompatibilidad.

Los síntomas externos se manifiestan en una edad temprana. Incluso en el primer año ya se aprecian en el vivero los síntomas en la vegetación. Algunos de los síntomas son similares a los manifestados por la incompatibilidad debida a virus, como es el caso de la tristeza de los cítricos.

La incompatibilidad translocada se presenta en algunas variedades de melocotonero injertadas sobre ciruelo Mirobolán; en nectarinas injertadas sobre ciruelo Damas 1869; en almendro y algunos melocotoneros injertados sobre ciruelo Mariana 2624, etc.

Se ha visto, en algún caso, que la incompatibilidad era debida a la presencia de virus en los materiales injertados, ya que no se manifestaba con material libre de virus, o al menos tan acentuadamente.

7. Interacciones entre patrón e injerto

La interacción entre los dos materiales vegetales injertados hace que el individuo resultante tenga diferente comportamiento que las plantas de ambos materiales.

El patrón ejerce una notable influencia sobre la parte aérea formada por el injerto. Esta influencia se manifiesta de formas muy diferentes sobre el comportamiento vegetativo y productivo de la variedad injertada y diferirá del que presenta la variedad en el caso de desarrollarse sobre sus propias raíces.

Asimismo, el injerto influye sobre el crecimiento del sistema radical formado por el patrón, al ser su fuente de provisión de sustancias elaboradas y ejercer otras influencias sobre su actividad.

La posibilidad de combinar mediante el injerto diferentes tipos de patrones con la variedad deseada, hace que se puedan aprovechar las características favorables que presenta cada patrón en un medio determinado. No obstante, la interacción no siempre es favorable debido a problemas de incompatibilidad o a que la influencia tiene ciertos inconvenientes que no permiten un desarrollo correcto de la planta.

7.1. Influencia del patrón sobre la variedad injertada

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 compatibilidad 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 incompatibilidad 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.

7.2. Influencia de la variedad injertada sobre el patrón

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 desfolia 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 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.

8. Herramientas y materiales necesarios para injertar

Las herramientas y los materiales empleados para injertar deben adecuarse a las necesidades de cada tipo de injerto de forma que permitan realizar la operación con rapidez y correctamente. En general, para hacer injertos de yema sobre patrones se precisa una tijera para la preparación de varetas y limpieza de patrones, una navaja para realizar los cortes en la planta y cintas para el atado del injerto. Para otros tipos de injerto, como de incrustación y de hendidura, se precisan otras herramientas cortantes y ceras u otros tipos de materiales para la protección del injerto.

Existen diferentes tipos de navajas, con hoja fija o plegable, y provistas o no de lengüeta (espátula) para levantar la corteza y ayudar a colocar el injerto. Una de las navajas más utilizadas es la que tiene la hoja de corte curvada hacia la punta y va provista de una lengüeta metálica, ambas plegables sobre el mango. La forma curva de la hoja permite hacer cortes a manera de giro con más precisión y más fácilmente. Esta navaja es muy aconsejable para el aprendizaje.

Otra navaja, muy utilizada por los injertadores profesionales, es la navaja de hoja recta, que porta en el extremo opuesto al corte una pequeña cuña que hace las veces de espátula y facilita la separación de la corteza sin tener que girar la navaja, aunque la separación no se efectúa con la misma limpieza que con una lengüeta. También hay modelos de esta navaja que portan lengüeta.

La navaja de dos hojas paralelas es muy útil para los injertos de parche. Para cortar material muy lignificado o duro y para realizar cortes previos de preparación y alisado es muy útil una navaja robusta de hoja curvada y terminada en punta (serpeta). En la Figura 5.4 pueden verse los tipos de navaja más comunes utilizados.

En los injertos de púa que es necesario hendir los troncos o las ramas se usan cinceles, machetes, cuchillos, formones, o una herramienta de hendir provista en el extremo de una especie de cuña que sirve para mantener la hendidura abierta y poder introducir las púas sin la necesidad de utilizar cuñas. Para los injertos de incrustación se puede utilizar un cuchillo grueso o un formón con doble hoja en V, pero es mucho más práctico utilizar una especie de gubia con su extremo de corte en forma de doble hoja en V, para realizar el corte a tracción.

En estos injertos es también imprescindible la utilización de mazos o martillos para golpear las herramientas, y de sierras para cortar las ramas o troncos a injertar.

También existen diferentes tipos de tenazas o aparatos que realizan cortes en el material, y máquinas de injertar para injertos de púa que incluso dejan ensamblado el injerto, como en los injertos de omega utilizados en vid.

7.1. Material de atado y protección

El material de atado utilizado tradicionalmente fue la rafia (fibra procedente de palmáceas del género Raphia), y en algún caso el esparto y la corteza de mimbre. Estos materiales fueron sustituidos desde hace unas tres décadas por cintas de plástico.

En la actualidad, se utilizan, comúnmente, cintas de plástico transparente de cloruro de polivinilo (PVC) o de polietileno; en general de 1-1,5 cm de ancho y cortadas a 30-40 cm. Es preferible que estas cintas sean finas (galga 100 o algo superior) pero sin llegar a romperse fácilmente al altar, y ligeramente elásticas.

En zonas muy cálidas, si los rayos solares inciden sobre injerto, es recomendable utilizar cintas blancas o de color, para que el injerto no sea tan afectado por la radiación y se procura no tapar todo el injerto para evitar el efecto invernadero que provocaría el "escaldado" del injerto. También hay ligaduras de plástico compuestas por varias tiras estrechas, imitando a la rafia, que permiten una mejor ventilación.

Con mucha menor importancia se utilizan cintas elásticas de material degradable y parches provistos de una grapa de alambre ("Okulette®") también degradables, que no es necesario pasar a cortar. En injertos con material herbáceo o semileñoso se suelen utilizar cintas o parches de parafina. También se emplean manguitos de plástico, pinzas, etc., en casos muy concretos.

Los injertos de púa realizados a máquina sobre un patrón en taller suelen protegerse con ceras parafínicas, introduciendo el injerto en la cera licuada, mantenida en un baño de agua caliente. Después de la soldadura, los brotes producidos por las yemas penetran la cera y prosiguen su crecimiento.

Para la protección de los cortes realizados en las ramas o troncos en los injertos de corona, incrustación, etc. se utilizan mastics en caliente, aplicados con brocha sobre la superficie a cubrir. En general, el mastic está compuesto por resinas o mezclas de resinas y ceras, y se encuentra en el mercado en forma de bloques o pastillas que es preciso fundir en un recipiente. Se aplica caliente, antes de que se enfríe y origine hilos al pintar con la brocha.

Existen numerosas recetas tradicionales para preparar mastics o ungüentos para recubrir los cortes. Generalmente, la base de su composición suele ser cera de abejas, betún (o brea) y sebo, mezclados con ceniza, talco o tierra silícea.

También se emplea mastic en frío y otros productos comerciales en forma de pasta para la protección del extremo de la púa, en injertos de púa atados con cinta.

En ocasiones las ceras y pastas de protección llevan hormonas para favorecer la cicatrización, o productos fungicidas para proteger las heridas de la entrada de patógenos.

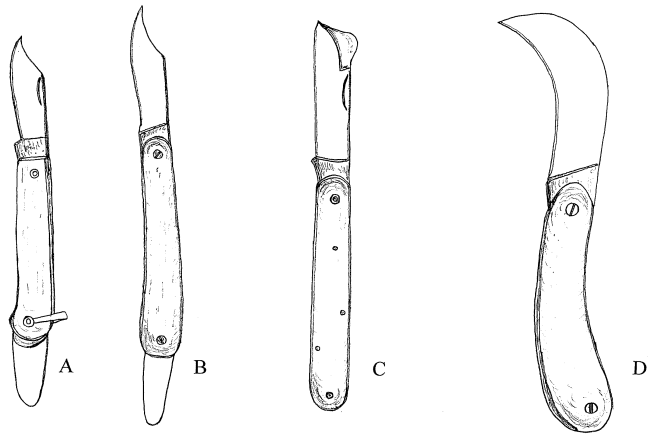


Figura 5.4. Navajas de injertar más comunes. A y B: de hoja curva en pico con lengüeta. C: de hoja recta sin lengüeta. D: Serpeta.

9. Cuidados posteriores al injerto

Durante la época posterior a la realización del injerto habrá de tener unos cuidados especiales en la planta para favorecer la soldadura; y, especialmente, mantener la humedad adecuada del suelo.

Una vez prendida la yema conviene suprimir la ligadura. En los injertos realizados en verano (final de julio y agosto) atados con cintas de plástico, debe cortarse la cinta a los 12-15 días, una vez que se ha comprobado la soldadura, sobre todo en los injertos en T para evitar el crecimiento de callo por encima del escudete. Si el injerto se realiza algo más tarde (después de mediados de septiembre), la cinta debe cortarse pasados 20-25 días, alargándose el periodo cuanto más tarde se realice el injerto. En los injertos realizados en primavera las cintas deben cortarse, aproximadamente, a los 20 días, antes

de que se dificulte la brotación de la yema y se produzca un estrangulamiento en el patrón. En injertos de púa tipo inglés, hendidura plena, etc., la cinta debe mantenerse bastante más tiempo, al menos 40-60 días, hasta que el estrangulamiento sea muy patente.

En los injertos de incrustación y corona debe repasarse, al cabo de una semana, la protección con mastic para tapar las posibles grietas o poros producidos.

Hay que eliminar también los brotes que salen de las yemas próximas al injerto para evitar competencias y falta de iluminación. Si el injerto se realiza a ojo velando debe cortarse el patrón para forzar la brotación de la yema, aunque es necesario mantener inicialmente algunos brotes del patrón para ayudar al crecimiento del injerto; para ello, al injertar se rompe el tronco por encima del injerto pero manteniendo activa la parte aérea (tronchado), y luego se suprime progresivamente la vegetación hasta cortarlo definitivamente por encima del injerto.

En los injertos a ojo dormido, el corte del patrón se realiza en invierno. Puede ser conveniente mantener en la primavera algunos brotes que salgan del patrón para tener más hojas y ayudar al injerto en su brotación, siempre que ello no suponga una competencia excesiva y manteniéndolos despuntados. Posteriormente, se deben suprimir estos brotes con tijera, lo que resulta más costoso que suprimirlos cuando inician su brotación.

En los injertos de cambio de variedad es conveniente mantener algunos brotes de la variedad anterior hasta que se desarrolle la brotación de los injertos.

En el vivero es necesario mantener el suelo libre de malas hierbas para no perjudicar a los injertos, y se debe extremar el cuidado fitosanitario durante su brotación.

10. Injertos de yema

En los injertos de yema el material a injertar es un pequeño fragmento de un brote o de un ramo que porta una yema.

Cuando este fragmento está formado sólo por la corteza con la yema se tienen los injertos de yema con corteza. Si la corteza lleva adherida una pequeña porción de xilema (astilla) se denominan injertos de yema con astilla.

La vareta de la que se extraen los injertos debe estar en actividad para poder separar la corteza. En caso contrario, no queda más remedio que emplear el injerto de yema con astilla.

Si la forma de ensamblar el injerto en el patrón requiere levantar la corteza, éste también tiene que estar en actividad. En caso contrario la porción del injerto debe coincidir con una porción similar extraída del patrón, para que las zonas cambiales estén en contacto.

En todo caso, para que haya producción de callo, los materiales a injertar deben estar en actividad, o tener la posibilidad de entrar inmediatamente en actividad si proceden de cámara o de otro medio de conservación.

Los injertos de yema se utilizan principalmente para la producción de plantones, aunque en algún caso pueden ser utilizados para cambio de variedad en árboles adultos, bien injertando sobre ramas o bien sobre chupones emitidos después de un desmoche. También pueden ser utilizados como injerto intermediario, en algún caso, empleando sólo una porción de corteza sin yema; y para otras finalidades, como en indexaje de virus.

10.1. Época de realización

Los injertos de yema se realizan en tres épocas, definidas por las características del material empleado y por la evolución del injerto. Son las siguientes:

1. Principio de primavera.

Se realizan cuando la planta a injertar ha entrado en actividad (marzo-abril). Para ello las varetas con las yemas deben recogerse al menos 2-3 semanas antes, y conservarlas en un sitio fresco y húmedo. Normalmente, las varetas se cortan en invierno y se guardan en cámara en bolsas o bien en campo estratificadas.

Al no poder separar la corteza de las varetas al extraer la yema, se deberá utilizar un injerto de yema con astilla. También pueden colocarse las varetas sumergidas en agua durante varios días a temperatura ambiente hasta que se logra separar la corteza. Si la corteza del patrón no se separa bien no debe utilizarse un injerto en T en esta época.

La yema injertada brotará al cabo de poco tiempo, una vez producida la soldadura, por lo que no debe taparse con las ataduras. Si las temperaturas son bajas, tiene el

inconveniente de que es más lenta la formación de callo. Para forzar la brotación de la yema se suprime progresivamente la copa del patrón. Normalmente, se troncha el patrón por encima del injerto manteniendo viva la vegetación.

2. Final de primavera a principio de verano (Junio).

Se denominan injertos de junio a los injertos realizados a finales de la primavera y principios del verano con yemas formadas ese mismo año en los brotes en crecimiento, y que permanecen en reposo debido a la dominancia apical, por lo que la yema injertada brotará y se desarrollará el injerto durante el periodo vegetativo restante. También pueden guardarse en cámara hasta esas fechas las varetas cortadas en invierno y extraer de ellas las yemas con astilla, resultando en este caso un injerto similar al de primavera.

Las varetas con las yemas deben recogerse en el momento de injertar. Al ser el material casi herbáceo tiene un manejo más delicado. Las yemas injertadas presentan sólo corteza y tienen una brotación rápida por lo que precisan una soldadura también rápida. La yema debe dejarse al descubierto al atar.

Estos injertos deben realizarse en plantas con cierto vigor y en zonas con períodos vegetativos largos, para permitir que el injerto tenga suficiente crecimiento y un adecuado endurecimiento al entrar el invierno. En especies de hueso se puede llegar a injertar sobre patrones francos nacidos ese mismo año, desarrollándose el patrón y el plantón en un año. Para forzar la brotación de la yema se rebaja el patrón y se suprime progresivamente su vegetación.

3. Mediados de verano a principio de otoño.

Se realizan desde mediados del verano hasta el principio del otoño, cuando las yemas injertadas no tienen capacidad de brotación al estar en pre-reposo invernal (endormancia); por lo que son injertos a ojo dormido. Los injertos de esta época son los más usuales.

La planta a injertar debe tener suficiente actividad vegetativa, pero no en exceso. En esta época el tipo de injerto más utilizado es el injerto de yema en T, sólo con corteza; pero si ésta no despega bien debe utilizarse un injerto de yema con astilla. Indistintamente, también se pueden utilizar otros tipos de injerto de yema.

La cinta de atado puede tapar la yema, pero siempre es conveniente que asome el pedúnculo que la protege y quede su ápice al descubierto.

En invierno se decapitan los patrones. Los injertos brotarán en la primavera siguiente, una vez superado el reposo invernal.

Dentro de esta época el período más adecuado para injertar los diferentes patrones de frutales es el siguiente:

- De finales de julio a mediados de agosto: ciruelos.
- De mediados a finales de agosto: cerezos y albaricoqueros.
- De finales de agosto a mediados de septiembre: melocotoneros, almendros, manzanos y perales.
- De principios a finales de septiembre (según zonas) membrilleros (los de Angers algo antes).

10. 2. Tipos de injerto de yema

Son muy numerosas las diferentes formas de injertar una yema, pero se pueden agrupar en dos grupos principales: injertos de yema con corteza e injertos de yema con astilla.

A continuación se hace solamente una breve descripción de cada de cada tipo y la forma de proceder, ilustrándola con figuras. Se reserva una explicación más detallada para las clases prácticas. Téngase en cuenta que la manera de conocer bien una técnica de injerto, con las ventajas y dificultades que presenta, es practicarla y observar como encaja y suelda el material, y cuál es su evolución y resultados.

Para cada tipo de injerto se presentan diversas variantes en la ejecución de los cortes, pero en el texto sólo se describe la que se considera más correcta o bien más fácil de ejecutar.

1. Injertos de yema con corteza.

El fragmento de ramo o de brote utilizado para injertar está formado sólo por la corteza con la yema. Los tipos más conocidos son los siguientes:

a) Injerto en T o de escudete.

Es el injerto más común y el más sencillo de realizar. Se utiliza principalmente para la producción de plantones.

En el patrón se hace primero, de abajo hacia arriba, una incisión longitudinal de 2-3 cm de longitud, sin que llegue a penetrar en la madera. Luego, en el extremo superior se

da un corte transversal de 1-1,5 cm con movimiento de giro de la navaja. Estos cortes forman una figura en forma de T mayúscula de la que toma el nombre. A continuación se separa la corteza introduciendo la lengüeta de la navaja a ambos lados del corte longitudinal, hasta casi la parte inferior del corte, procurando no dañar los tejidos.

Para extraer la yema de la vareta se realiza un corte longitudinal pasando por debajo de la yema y penetrando ligeramente por el xilema. Este corte comienza a unos 2 cm por debajo de la yema y termina a 1,5-2 cm por encima. Luego, a 0,5-1 cm por encima de la yema se da un corte transversal en la corteza girando la navaja. El escudete formado se extrae presionando ligeramente los bordes con los dedos índice y pulgar hasta que se despega de la madera. Al despegar el escudete hay que procurar no dañar el eje caulinar de la yema; cuando esto ocurre se denomina "yema vaciada". El escudete también se puede extraer mediante dos incisiones laterales que se cruzan por debajo de la yema y una incisión transversal por encima, tomando así la verdadera forma de escudo en pico; pero es más complicado.

Se coge el escudete sujetándolo por el trozo de pecíolo que porta y se introduce en la corteza levantada del patrón, deslizándolo hacia abajo. Para ello se puede utilizar la ayuda de la lengüeta de la navaja, de forma que la presión del escudete termina separando muy ligeramente la corteza necesaria hasta su ensamblaje. Téngase en cuenta que la forma en pico, más o menos redondeado, del escudete ayuda a introducirlo en el corte en T del patrón. La parte superior del escudete debe quedar a ras del corte transversal del patrón. Muchos profesionales extraen el escudete de un solo corte, con una porción más larga en su parte superior, la cual luego se recorta después de introducido en el patrón, para que quede a ras del corte transversal.

Cuando la corteza no despega bien, el escudete debe extraerse con una fina capa de xilema (astilla). Nunca debe dañarse la corteza del escudete tratando de quitar esta porción de astilla.

Finalmente, se cierran sobre el escudete las aletas de la corteza y se procede, inmediatamente, a su atado, comenzando siempre por abajo y finalizando con el nudo por encima de la yema.

La cinta no debe cortarse tarde para evitar el crecimiento de callo por encima del escudete y favorecer que las alas de la corteza del patrón se desequen con el tiempo. En caso contrario el escudete resulta engullido por la corteza del patrón y se forman invaginaciones en el punto de unión, provocando un débil crecimiento del injerto o su rotura.

En la Figura 5.5 se representa un injerto en T o de escudete.

b) Injerto de escudete en T invertida.

La forma de proceder es similar al injerto en T, pero invirtiendo la posición de los cortes, tanto en el patrón como en la extracción de la yema. En el patrón el corte se da en forma de T invertida y se levanta la corteza a ambos lados. En la vareta se comienza el corte de extracción por encima de la yema y se da el corte trasversal para separar la corteza por debajo de la yema. Luego se introduce el escudete en la T del patrón, presionando ligeramente hacia arriba de forma que el corte transversal del escudete quede a ras del corte transversal del patrón. Se recuerda que siempre hay que conservar la polaridad correcta de la yema. En la Figura 5.6 se representa un injerto de escudete en T invertida.

Este tipo de injerto se utiliza, sobre todo, en zonas muy lluviosas, para evitar que el agua penetre y se acumule entre los cortes.

La yema de este injerto tarda más en brotar que en el caso de corte en T normal, debido a que la incisión trasversal realizada por debajo de la yema actúa temporalmente como inhibidor del crecimiento, mientras que al realizar esta incisión por encima de la yema se favorece la brotación.

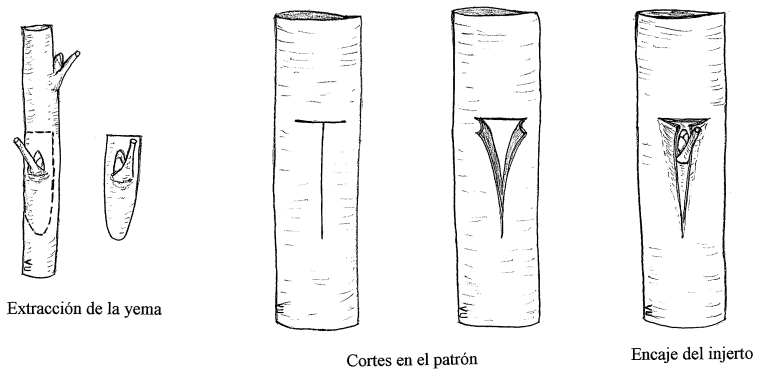


Figura 5.5. Injerto en T o de escudete.

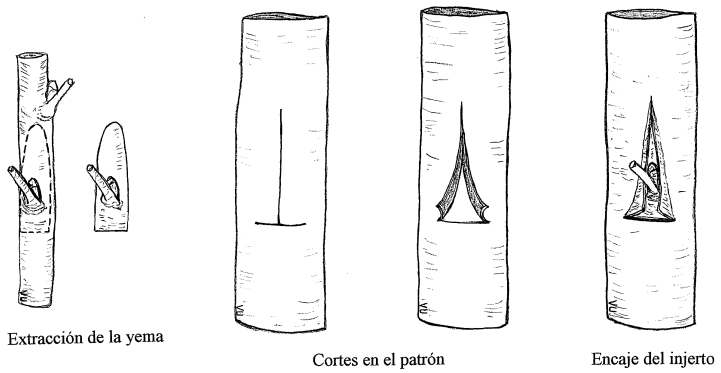


Figura 5.6. Injerto de escudete en T invertida.

c) Injerto de placa o de parche.

En este injerto se utiliza una yema con un trozo de corteza con forma rectangular o cuadrada. Suele recomendarse para las especies que tienen una corteza gruesa o para injertar tallos de más de un año en cambios de variedad. Se utiliza en cítricos y nogal, principalmente.

Para su ejecución es conveniente utilizar una navaja de doble hoja, en general con una separación de 3 cm. En el patrón se efectúa un corte transversal de unos 2 cm de longitud, sin llegar a cortar leño; luego, con una sola hoja o bien con una navaja sencilla, se realizan dos cortes longitudinales, a una separación de unos 2 cm, que los una con los anteriores, y se extrae la placa de corteza cortada. Si el patrón es grueso pueden darse los dos cortes con la navaja de doble hoja, extrayendo una placa cuadrada.

La vareta de la que se extraen las yemas debe ser gruesa para obtener una placa con el mismo tamaño que la extraída del patrón. Para ello se hace un corte transversal con la navaja de doble hoja, dejando la yema en el centro, luego se dan dos cortes longitudinales a una separación de unos 2 cm, como en el patrón, y se extrae la placa, deslizándola a un lado para no dañar el eje caulinar de la yema. La placa puede llevar más de una yema.

Finalmente, se coloca el injerto sobre el patrón y se procede a su atado. Es conveniente no retirar la placa cortada en el patrón hasta el momento de inserir la placa del injerto. El injerto debe encajar perfectamente en la corteza del patrón, preferiblemente con una ligera presión.

La cinta de atado debe presionar también a la placa del injerto, si esto no sucede se rebajarán los bordes de la corteza del patrón o se colocará un pequeño trozo de esponja o de otro material encima de la placa, para que ésta quede bien sujeta al patrón.

En la figura 5.7 se representa un injerto de placa.

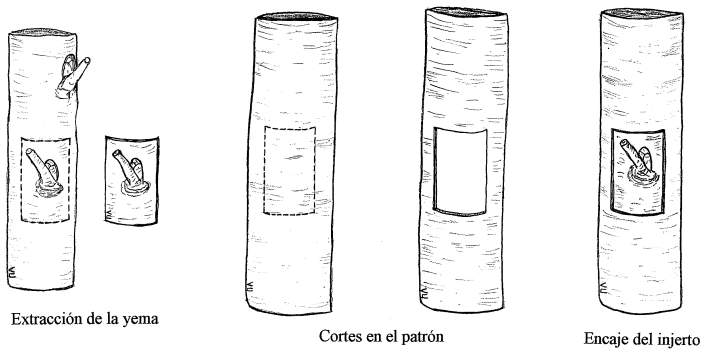


Figura 5.7. Injerto de placa o de parche.

d) Injerto en I.

Este injerto se utiliza en sustitución del injerto de placa en aquellos casos en que la corteza del patrón es muy gruesa.

El injerto con la yema se prepara también en forma de placa. En el patrón se dan dos cortes transversales y luego un corte longitudinal en el centro para levantar la corteza a ambos lados. El injerto se introduce entre la corteza levantada de forma que contacte bien con el patrón y no quede abombado. La propia presión que ejerce la corteza sobre la placa puede ser suficiente para que suelde el injerto, pero siempre es conveniente atarlo con una cinta.

En la Figura 5.8 se representa un injerto en I.

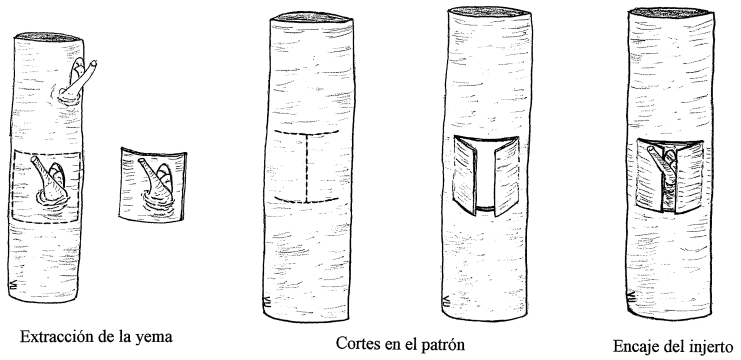


Figura 5.8. Injerto en I.

e) Injertos de canutillo.

Consisten en colocar una porción anular de corteza con una o varias yemas sobre un patrón al que se le ha removido una porción similar de corteza. Para ello se emplea una navaja de doble hoja, para que exista coincidencia entre los materiales a soldar. Las varetas deben ser gruesas para que la porción anular coincida con el perímetro del patrón. Son injertos en desuso y conviene realizarlos en plena actividad vegetativa (junio) para que despegue la corteza y la yema brote (ojo velando).

Según sea la porción de corteza y la forma de ingerirla en el patrón se presentan diferentes tipos (Figura 5.9):

- Injerto de flauta.

La placa que porta la yema tiene forma anular. En el patrón se corta un anillo similar pero manteniendo un pequeño sector de la corteza sin remover, facilitando así el paso de savia.

- Injerto de anillo.

En este caso se remueve del patrón un anillo completo de corteza en cuyo lugar se coloca un anillo similar del injerto con la yema.

- Injerto en silbato.

También se le denomina injerto de canutillo terminal. Es similar al injerto de anillo pero en este caso se descabeza el patrón y se extrae el anillo de corteza de su extremo. De igual forma se extrae de la vareta un anillo intacto con la yema, y se introduce en el patrón. Para esto los cortes deben despegar muy bien y ser del mismo diámetro los materiales. El anillo del injerto suele tener más de una yema.

- Injerto en flauta de fauno.

Es similar al injerto de anillo pero en este caso la corteza del patrón se corta en tiras hacia abajo y se introduce el anillo del injerto entre ellas haciéndolo deslizar. La yema debe quedar entre las tiras de la corteza. Luego las tiras se levantan recubriendo el injerto y si presionan bien al anillo introducido puede ser suficiente solo una atadura superior, aunque siempre es aconsejable proteger bien del injerto para impedir su deshidratación.

Si este injerto se realiza descabezando el patrón, como en el injerto de silbato, pero conservando la corteza cortada en tiras, se le denomina injerto de canutillo terminal.

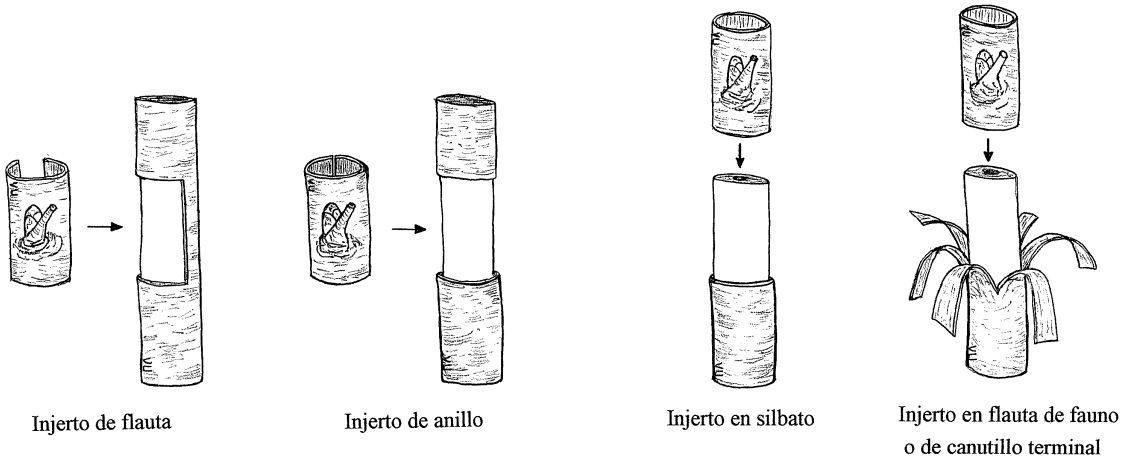


Figura 5.9. Injertos de canutillo.

2. Injertos de yema con astilla.

El fragmento de ramo utilizado para injertar está formado por la corteza con la yema y una pequeña porción de xilema (astilla) adherida a la corteza.

Generalmente, estos injertos se utilizan cuando la corteza no puede separarse bien del leño, aunque también son una alternativa a los injertos de yema con corteza, como el de escudete, y pueden realizarse indistintamente. Los tipos más conocidos son los siguientes:

a) Injerto de escudete con astilla.

Es similar al injerto en T, excepto que, en este caso, el escudete se extrae de la vareta con una fina placa de astilla. Para eso, en el corte dado por debajo de la yema se profundiza muy superficialmente por el xilema de la vareta hasta que la rebanada sobrepasa la yema; luego, por encima de la yema se da un corte transversal hasta la misma profundidad y se separa el escudete sujetándolo con la ayuda del pedúnculo (en su caso). Finalmente, se ingiere en la T realizada en el patrón con la ayuda de la lengüeta de la navaja.

b) Injerto de "chip"

Este injerto se utiliza, principalmente, para la producción de plantones. En general, se injerta a ojo dormido en verano pero también puede hacerse a ojo velando en primavera, en este caso puede servir para reponer los fallos de los injertos realizados el verano anterior.

La unión definitiva del injerto de "chip" es más limpia que la del injerto en T, sobre todo si en el injerto en T se corta la cinta tarde y las alas de la corteza generan callo por encima del escudete, como ya se ha comentado.

Aunque, inicialmente, el injerto de "chip" parece más dificultoso que el injerto de T, con la práctica resulta igual de sencillo y rápido. Sus inconvenientes estriban en que el material debe ser de tamaño similar para que el encaje sea perfecto, no tiene que ser muy dura la madera y no debe ser muy grueso el patrón. Los viveristas ingleses utilizan preferentemente este tipo de injerto en lugar del injerto en T.

Para su ejecución es preferible utilizar una navaja de hoja recta. En el patrón se da un corte con dirección inclinada formando unos 45º con la horizontal y profundizando 3-4 mm. Unos 3 cm por encima del primer corte se realiza otro corte hacia abajo y hacia

adentro hasta llegar al primer corte, removiendo la porción de corteza con leño en la que deberá encajar el injerto.

Para extraer la yema se realiza un corte en la vareta a 0,5-1 cm por debajo la yema, con dirección inclinada, formando también unos 45º con la horizontal y profundizando 3-4 mm (en material delgado la chapa de astilla será más fina). Unos 3 cm por encima del primer corte se realiza otro corte hacia abajo y hacia adentro pasando por debajo de la yema hasta llegar al primer corte; así se remueve la yema. Esta porción extraída con la yema se denomina "chip".

El "chip" se encaja en la muesca realizada en el patrón y a continuación se ata el injerto. En el caso de que la porción de la yema sea más grande puede darse un nuevo corte en el patrón para ajustar el tamaño. Debe vigilarse que en la parte basal también coincidan las zonas cambiales.

Cuando el patrón es mucho más grueso que la vareta, el corte se hace más estrecho y se debe hacer coincidir la zona cambial del injerto a uno de los lados. Nunca hay que colocar la yema en el centro de la muesca del patrón, sobre el leño, sin contacto cambial; y hay que asegurarse que en el corte basal también haya coincidencia en parte de la zona cambial del patrón. El "chip" con la yema nunca debe tener más anchura que la muesca del tallo.

Si el injerto se realiza en primavera debe troncharse el tallo del patrón a un palmo por encima del injerto y luego cortarlo una vez se haya producido la soldadura, para forzar la brotación de la yema injertada. En la Figura 5.10 se representa un injerto de "chip".

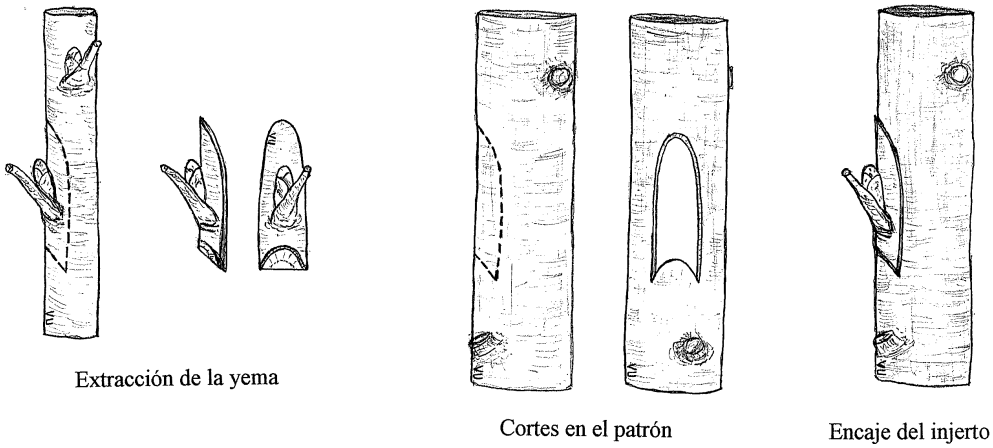


Figura 5.10. Injerto de "chip".

c) Injerto a la mallorquina (o mallorquín).

Es un injerto realizado, principalmente, a máquina. Las cuchillas de corte separan de la vareta una porción con la yema y del patrón otra porción similar en la que encajará la yema, según se representa la Figura 5.11.B. Ha sido muy utilizado en vid para injertar patrones establecidos en la propia plantación.

Realizado manualmente, este injerto presenta más dificultad que el injerto de "chip", por lo que no sería recomendable. La yema se extrae de la vareta de forma muy similar al injerto de "chip", pero en el patrón se deben realizar tres cortes. Un corte inclinado unos 45º con la horizontal, profundizando 3-4 mm; un segundo corte unos 3 cm por encima, profundizando en el leño con una inclinación de unos 45º y luego siguiendo hacia abajo verticalmente hasta llegar al primer corte; y, finalmente, se extrae la porción resultante y se da un corte vertical de 1 cm a partir de la muesca superior, de forma que al doblar ligeramente el patrón se abra la pestaña formada, para poder así introducir en ella la parte superior de la yema, según se representa en la Figura 5.11.A

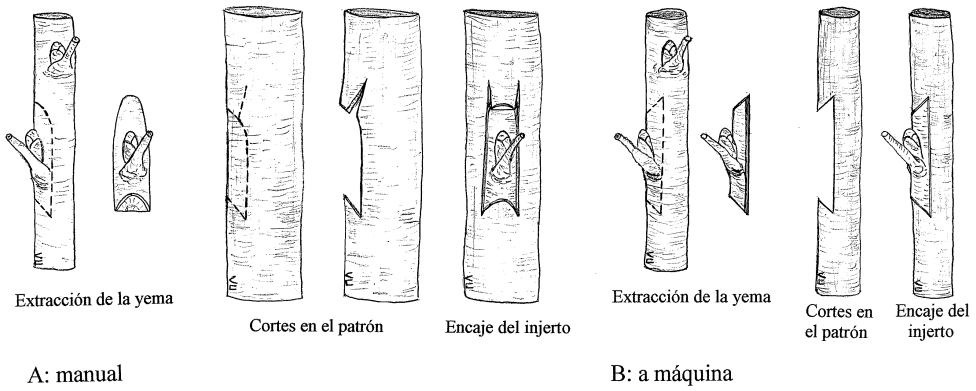


Figura 5.11. Injerto a la mallorquina (o mallorquín). A: manual. B: a máquina.

11. Injertos de púa

En los injertos de púa el material a injertar es un trozo de tallo, generalmente de un ramo aunque también puede serlo de un brote, provisto de una o varias yemas. La longitud de tallo empleada es de unos 3-5 cm para los de una yema y de 10-15 cm para los que varias yemas, siendo, en este caso, lo más usual utilizar púas de 2-3 yemas útiles.

De igual forma que en los injertos de yema, los injertos de púa precisan que el material esté en actividad o en disposición para iniciar la actividad inmediatamente a la

ejecución. En algún tipo de injerto se requiere levantar la corteza del tronco o de la rama a injertar, para lo cual éstos tienen que haber entrado bastante antes en actividad. Si la corteza despega mal es preferible utilizar otro tipo de injerto que no requiera levantarla. Es muy importante que haya coincidencia entre el cambium de la púa y el del tronco o rama a injertar, para que la soldadura se produzca rápidamente y no se deseque la púa, o bien broten sus yemas antes de establecerse la unión en los tejidos conductores.

Los injertos de púa se utilizan para la producción de plantones y para cambio de variedad en árboles adultos. Los injertos destinados a la producción de plantones se ejecutan, principalmente, en taller, como es el caso de injertos sobre estacas en vid, en la que gran parte de los plantones se producen por esta técnica; o bien en pequeña proporción para injertar manzano y peral sobre patrones de manzano y de membrillero, respectivamente. En algunos casos son utilizados para el injerto en sitio de patrones ya establecidos en plantaciones, como en vid en cultivo de secano. Para cambio de variedad se utilizan en casi todas las especies, adaptándose mejor a unas que a otras, según los tipos.

11.1. Época de realización

Los injertos de púa se realizan, preferentemente, a la salida del invierno y comienzo de la primavera, produciéndose la brotación de las yemas de la púa después de la soldadura. También pueden realizarse a la entrada del otoño, en este caso las yemas no brotarán hasta la primavera siguiente. Según la época, será conveniente realizar injertos que no precisen levantar la corteza si la planta no tiene suficiente actividad.

Los injertos en la época de primavera, realizados en campo, precisan que las plantas estén entrando en actividad o que ya estén en brotación. En las especies de hueso es conveniente ejecutarlos antes de que haya crecimiento de brotes para reducir la emisión de goma. En las especies de pepita es conveniente esperar a que aparezcan las primeras hojas en la planta, además de que su fenología irá más retrasada que en las de hueso.

Para los injertos en la época de primavera, realizados en taller, se emplean patrones conservados en cámara o en un sitio fresco y húmedo, y una vez injertados se implantan en el campo. En algunos casos se someten antes de plantarlos en el campo a una estratificación con calor y humedad para forzar la cicatrización del injerto (en el caso de estacas de vid también para forzar la aparición de iniciadores radicales).

Para estos injertos de primavera, las varetas para extraer las púas deben cortarse en invierno y conservarse en cámara, o en campo estratificadas, vigilando que no tengan brotación y no se deshidraten.

Los injertos realizados a la entrada del otoño tienen peores condiciones para su desarrollo, al ralentizarse el proceso de cicatrización con el descenso de las temperaturas y no tener tiempo para que se produzca un endurecimiento adecuado de los nuevos tejidos formados, con el correspondiente riesgo de helada de las púas durante el invierno. Las varetas para extraer las púas se toman en el momento de injertar de ramos bien desarrollados.

11.2. Tipos de injerto de púa

Las diferentes formas de injertar una púa sobre un patrón y sobre un tronco o ramas son muy numerosas. Los injertos se diferencian en terminales, si se insertan en el extremo del tallo en el corte realizado al efecto, y laterales, si se insertan en un costado del tronco o de la rama.

A continuación se hace una breve descripción de los tipos de injerto que se consideran más importantes y usuales, ilustrándola con figuras. Se destaca nuevamente que es necesario realizar prácticas con cada tipo de injerto para conocer bien la técnica y comprender sus ventajas e inconvenientes.

1. Injerto de hendidura.

Es uno de los injertos de púa más sencillo de realizar y muy utilizado por los fruticultores, aunque otros tipos de injerto presentan mejores condiciones de desarrollo. Se utiliza en especies de pepita y en cerezo y ciruelo, pero no es recomendable en melocotonero en el que se acentúan los fallos. Se puede utilizar para la producción de plantones o para cambio de variedad. En algunos textos se le denomina injerto de cachado.

Para su ejecución se realiza un corte transversal de refresco en el patrón o en la rama o tronco a injertar, y se alisa con la navaja si dicho corte se ha dado con una sierra en material grueso. A continuación, con una serpeta o con una navaja de hoja recta en patrones finos y con un cuchillo especial de hoja gruesa o con un formón en tallos gruesos, se da en el centro del corte transversal un corte vertical, haciéndolo penetrar hacia bajo unos 3-5 cm, según el grosor, sin agrietar el leño.

Para mantener abierta la hendidura realizada se puede introducir una cuña o bien utilizar la pestaña opuesta al corte que lleva el cuchillo especial de hendir en su extremo; en patrones finos no es necesario.

La púa, cortada a una longitud de 8-10 cm, se prepara mediante dos cortes longitudinales oblicuos de unos 3-5 cm de longitud. Para un mejor encaje de la púa en la hendidura es conveniente iniciar estos cortes horizontalmente penetrando unos 3 mm a cada lado y luego se continúa con los cortes longitudinales acabando en punta. Las dos caras formadas en la púa deben ser planas para que el cambium tenga buen contacto en la hendidura. En la parte superior de la púa deben quedar de 2 a 4 yemas.

Para introducir la púa se abre la hendidura con la ayuda de la lengüeta del cuchillo o de otra herramienta, o bien manteniendo la cuña introducida anteriormente. En patrones finos la púa se introduce directamente, haciéndola deslizar sobre la hendidura dando unos golpes suaves en su extremo.

En la Figura 5.12 se representa la forma de dar los cortes y el encaje de la púa.

Si la púa es del mismo grosor que el patrón habrá contacto cambial en las dos partes del corte. En el caso de ser el patrón más grueso el contacto debe hacerse en un extremo de la hendidura con un borde de la púa, quedando el otro borde de la púa en el interior sin contacto. En ramas o troncos gruesos deben colocarse dos púas, una púa a cada lado de la hendidura; en este caso, el corte de las púas debe tener el lado de la cara exterior algo más grueso que el lado que queda en el interior.

Finalmente, en patrones debe atarse el injerto con una cinta, recubriendo bien la herida, y hay que sellar con cera o mastic el extremo de la púa. En troncos gruesos y en ramas la propia presión que ejercen los lados del corte sobre la púa puede ser suficiente para mantenerla fijada, pero siempre es recomendable atar los injertos. En este caso, también hay que proteger con mastic o cera todo el corte, para evitar que se sequen las púas, teniendo cuidado de que no penetre entre las zonas cambiales en contacto.

Cuando se coloca una sola púa, al ser el material a injertar de poco grosor, el injerto de denomina de hendidura plena o simple. Si se colocan dos púas, por ser grueso el material a injertar, el injerto se denomina de hendidura doble.

Existen algunas variantes en la forma de dar los cortes en el patrón. Por ejemplo en patrones gruesos se hace primero en el extremo un corte oblicuo en forma de pico de flauta y luego en la parte superior se hace la hendidura solo hacia el lado no cortado sin sobrepasar la médula, y se introduce la púa. Es una adaptación del injerto Bertemboise o de pie de cabra, por el corte oblicuo, y del injerto Passy, en el que la hendidura se hace

solo en media sección del patrón. El corte oblicuo debe ser corto para no dificultar más la cicatrización de las heridas del leño del patrón. Esta forma ha sido muy utilizada en vid para el injerto de patrones establecidos en la viña. Se justifica para mejorar la soldadura, al afectar la hendidura solo a un lado del patrón, y para que el rodete de soldadura deforme menos a la púa.

Otro injerto muy similar es el injerto denominado a caballo que consiste en hacer la hendidura en la púa y encajarla sobre un corte en punta hecho en el patrón. Existe una máquina de cizalla con cuchillas en forma de V para hacer dichos cortes, pero este injerto está en desuso al presentar más dificultades.

El injerto de hendidura también es utilizado para injertar patrones jóvenes y delgados con púas herbáceas constituidas por ápices de brotes. Estos injertos se atan con cintas o se sujetan con pinzas y deben hacerse en un medio forzado, con control de humedad para evitar la deshidratación de las púas. La soldadura se produce rápidamente.

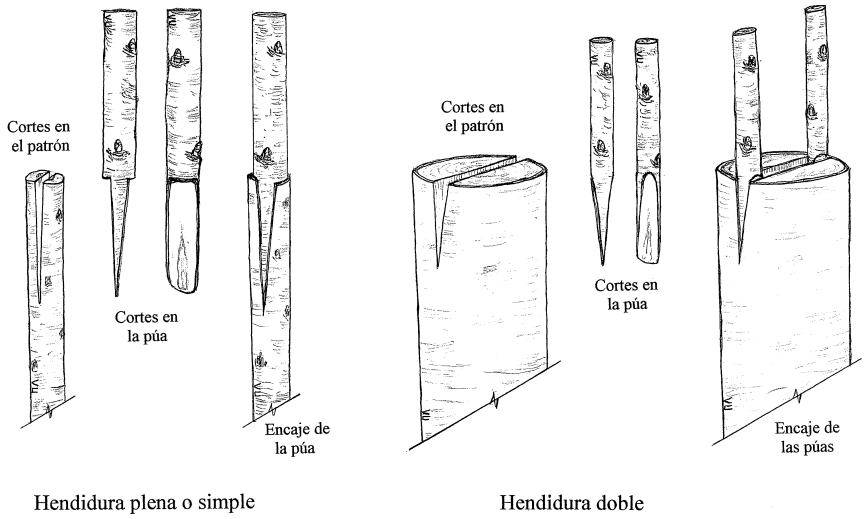


Figura 5.12. Injerto de hendidura.

2. Injerto inglés.

El injerto inglés es bastante usual en viveros como injerto de taller y se utiliza casi exclusivamente para la producción de plantones. Presenta mejor soldadura que el injerto de hendidura. Para que el encaje de la púa en el patrón sea perfecto los materiales deben tener el mismo grosor.

El patrón se prepara dándole un corte inclinado en su extremo, de forma que quede un bisel plano de unos 2-3 cm de longitud en patrones delgados y de 4-5 cm en gruesos. Luego se da un corte en sentido longitudinal a un tercio de la parte superior (punta) del bisel y se profundiza de 1 a 2 cm, según la longitud del bisel.

En la púa se da otro corte inclinado, originando un bisel de la misma longitud que el del patrón. Luego se da, como en el patrón, un corte en sentido longitudinal, también a un tercio de la parte superior o punta del bisel.

Colocando los cortes del patrón y de la púa juntos, pero en sentido contrario, debe haber coincidencia en el tamaño del bisel y en el punto en que se encuentra el corte longitudinal.

Es importante que los cortes oblicuos tengan la misma inclinación y dejen planos lisos sin ondulaciones, para que haya un buen contacto entre los materiales. Los cortes longitudinales deben ser rectos o ligeramente inclinados hacia el interior, pero nunca inclinados hacia fuera; y se efectúan girando la navaja hacia ambos lados y controlando su penetración en el leño. Hay máquinas de injertar que realizan estos cortes.

Para ensamblarlo, la púa se desliza presionando ligeramente sobre el corte del patrón para abrir la muesca realizada, luego se introducen los cortes longitudinales hasta hacer coincidir las zonas cambiales. Si el patrón tiene mayor grosor que la púa el contacto debe efectuarse en uno de los lados y en la parte inferior del bisel. En la Figura 5.13 se representa la forma de dar los cortes y como se ensambla la púa.

Luego se ata el injerto con una cinta comenzando por el patrón, y sujetando la cinta se va girando el patrón encintándolo y avanzando hacia la púa, a la que se le da varias vueltas con la cinta para luego descender de nuevo hacia el patrón y hacer el nudo; de esta forma no se mueve la púa al atar y queda rígida sobre el patrón. Finalmente, si la púa utilizada tiene excesivas yemas se recorta con una tijera, dejándole 2-3 yemas, y luego se sella el extremo con cera o mastic.

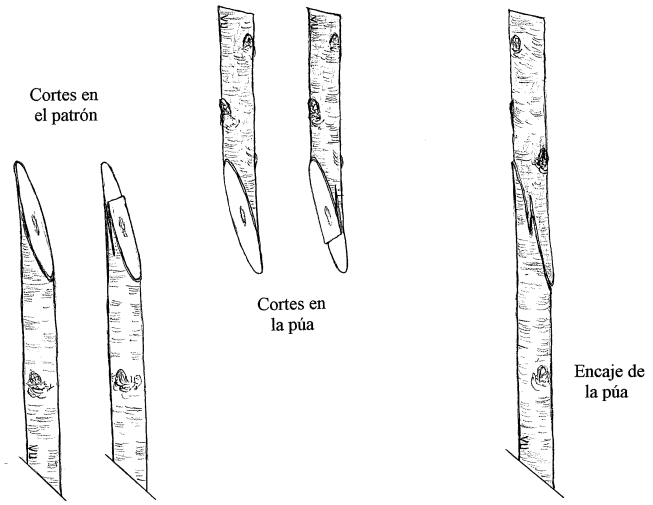


Figura 5.13. Injerto inglés.

El injerto sobre un patrón del mismo grosor también podría hacerse realizando sólo los cortes inclinados, sin las muescas longitudinales, pero la sujeción de la púa sería mala y se movería fácilmente, por lo que no se recomienda esta forma.

Una variante del injerto inglés, realizada en troncos o ramas para cambio de variedad, consiste en ensamblar una o varias púas, con los cortes mencionados, sobre muescas con la misma forma realizadas lateralmente en el extremo del tronco o de la rama. En este caso el contacto cambial será a un lado y en el extremo del bisel. Esta variante se denomina injerto inglés de silla.

3. Injertos omega y dentado.

El injerto omega se realiza en taller con máquina o manualmente con ayuda de unas tijeras especiales que realizan un corte en forma de omega, del cual toma el nombre este tipo de injerto. El patrón y la púa deben tener el mismo grosor.

Una variante del injerto omega es el injerto dentado. En este caso la máquina realiza un corte dentado en la púa y otro invertido en el patrón, de forma que puedan encajar. En la Figura 5.14 se representa un injerto omega y uno dentado.

Son injertos muy utilizados en vid, sobre todo el omega, para injertar a máquina estacas con púas de una sola yema. En este caso la máquina de injertar realiza los cortes en el patrón y en la púa y deja ensamblado el material. Luego se recubre el injerto con cera parafinada y se estratifica para forzar la soldadura y la emisión de raíces en la estaca.

También se injertan con injerto omega manzanos y perales (sobre manzano y membrillero respectivamente), funcionando de forma similar al injerto inglés; aunque si al dar los cortes se levanta o se magulla la corteza en el extremo de la púa o del patrón habrá más fallos.

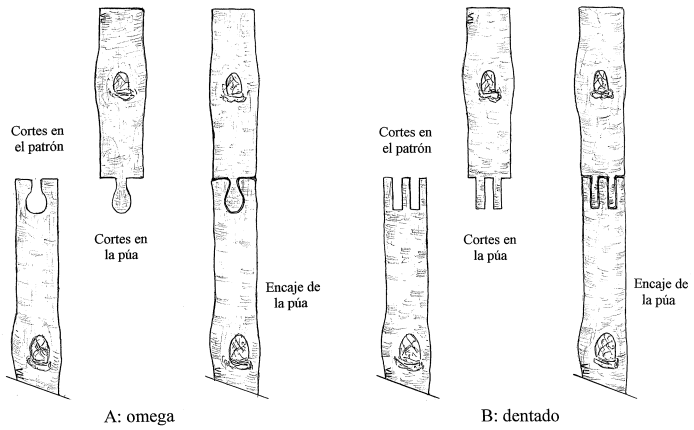


Figura 5.14. Injerto omega (A) y dentado (B).

4. Injerto de corona.

El injerto de corona se utiliza para cambio de variedad. Se colocan varias púas sobre el tronco o ramas gruesas. Suele ser el injerto más utilizado para cambiar de variedad por su facilidad ejecución; y es preferible en casi todos los casos al injerto de hendidura doble.

El tronco o rama a injertar se cortan, previamente, con una sierra; luego se refresca el corte en el momento de injertar y se refina el borde con la navaja. A continuación se efectúa con la navaja un corte longitudinal de unos 3-4 cm en la corteza, sin penetrar en el leño. Luego, con la lengüeta de la navaja se levanta ligeramente la corteza a ambos lados o bien solamente a un lado, según la forma de insertar la púa.

La púa se prepara haciendo primero una incisión transversal, a 3-5 cm de su extremo, penetrando la mitad de su grosor o algo más, y luego a partir de esta incisión se realiza un corte longitudinal; de esta forma la púa encajará a modo de silla en la rama a injertar, presentando un mejor contacto cambial. El corte longitudinal se hace a modo de bisel, por un solo lado, rebajando algo más de la mitad del grosor de la púa y terminando en punta. Finalmente, en su extremo, por el otro lado de la corteza, se da un pequeño corte en bisel, de unos 0,5 cm, que servirá para que la púa penetre más fácilmente entre la corteza de la rama y no se levante el extremo de su corteza al insertarla.

Las púas se colocan haciéndolas deslizar, con ligeros golpes, entre la corteza levantada de la rama o del tronco. Cuando la corteza se levanta a ambos lados y la púa se coloca en el centro de la incisión es necesario atarla fuertemente con una cinta de tela, cuerda o canutillo de plástico. Si se levanta sólo un lado de la corteza, la púa se coloca a ese lado y luego se recubre por la corteza; en cuyo caso, en lugar de atarla, puede clavarse con una punta fina y de cabeza gruesa, para que así la punta pueda apretar la corteza y penetrar la púa sin agrietarla, y afianzarse en el leño de la rama o del tronco.

En el caso de levantar la corteza sólo a un lado, algunos injertadores efectúan un segundo corte longitudinal en la púa, en sentido transversal al anterior, el cual colocan junto a la parte de la corteza no levantada en la rama. Pero esta práctica no mejora la soldadura ya que distancia las zonas cambiales; aunque, aparentemente, parezca que tiene un mejor encaje la púa.

En aquellas especies en que la corteza presenta cierta flexibilidad, como cerezo, ciruelo y, con menor posibilidad, melocotonero, las púas pueden introducirse entre la corteza y el leño sin necesidad de hacer un corte en la corteza. Para eso la púa debe

prepararse con el corte longitudinal muy fino, sólo conservando una delgada capa de xilema; luego, con la ayuda de la lengüeta de la navaja se abre ligeramente la corteza, sin rasgarla, y por esa apertura se introduce la púa golpeándola suavemente en su extremo.

Finalmente, deben protegerse los cortes con cera o mastic, aplicados con brocha, sin dejar grietas o poros; por lo que es conveniente efectuar un repaso al cabo de unos días. También debe sellarse el extremo de las púas. La cinta o cuerda de atado no debe cortarse hasta pasados varios meses, esperando hasta el momento en que ya se produzca un estrangulamiento muy patente.

En la Figura 5.15 se representa la forma de preparar las púas para el injerto de corona y dos variantes en la forma de ensamblarlas en la corteza.

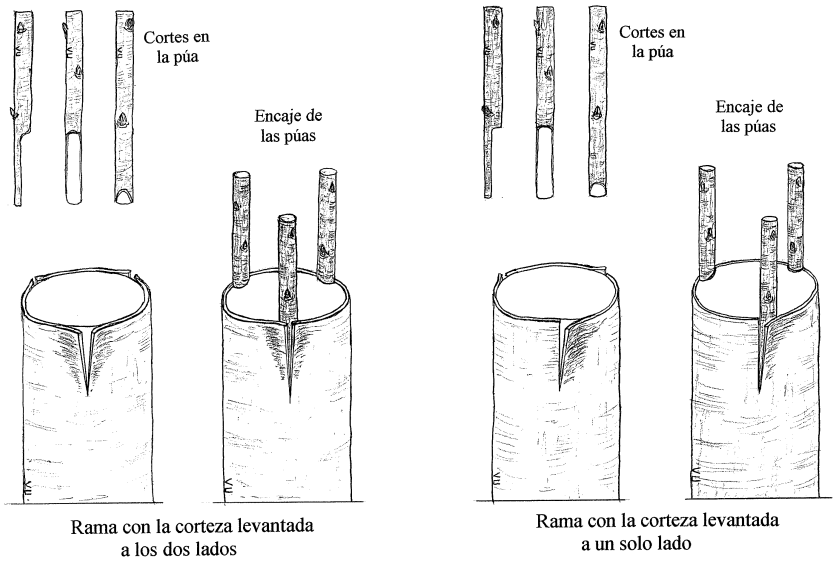


Figura 5.15. Injerto de corona. Púa y forma de ensamblarla en la corteza.

5. Injerto de incrustación.

El injerto de incrustación, al igual que el de corona, se utiliza para cambio de variedad colocando varias púas sobre el tronco o ramas gruesas. Si la corteza del árbol es dura o no se levanta bien es preferible utilizar este injerto en lugar del de corona con incisiones. También es aconsejable para especies que emiten excesiva goma en sus heridas. La ejecución requiere más precisión en los cortes que los otros injertos de cambio de variedad, pero la soldadura es limpia y el rodete de cicatrización se desarrolla con mayor facilidad.

El tronco o rama a injertar se cortan, previamente, con una sierra; luego se refresca el corte en el momento de injertar y se refina el borde con la navaja. A continuación se

realizan entalladuras en forma de pequeña pirámide triangular, con una longitud de 3 a 5 cm, que comprende la corteza y varios milímetros del leño. Por ello se denomina también injerto de triángulo.

Para realizar la entalladura se puede utilizar un cuchillo grueso, un formón de doble hoja en V o una especie de gubia con el extremo de corte en forma de V, siendo esta última la herramienta más recomendable.

Las púas se preparan con dos cortes en bisel, con diferente inclinación y coincidentes a un mismo lado, terminando en punta y formando una costilla central. Estos cortes deben tener la misma forma que la porción removida en el tronco o rama, con un tamaño de 3 a 5 cm de longitud al igual que la entalladura, según el grosor de las púas.

Para ensamblar las púas se ata previamente el tronco o rama con una cinta de tela, cuerda o canutillo de plástico, envolviéndolo hasta donde llegan las entalladuras. Luego se introduce en cada entalladura la púa correspondiente a su tamaño y se encaja a presión con la ayuda de golpes suaves en su extremo hasta que quede incrustada en la entalladura. Debe haber coincidencia y contacto entre las zonas cambiales. Es más recomendable atar las púas que clavarlas con puntas, ya que, en este caso, podrían desgarrarse fácilmente.

Finalmente deben protegerse los cortes con cera o mastic, aplicados con brocha, sin dejar grietas o poros, por lo que es conveniente efectuar un repaso al cabo unos días, y también debe sellarse el extremo de las púas. En la Figura 5.16 se representa un injerto de incrustación.

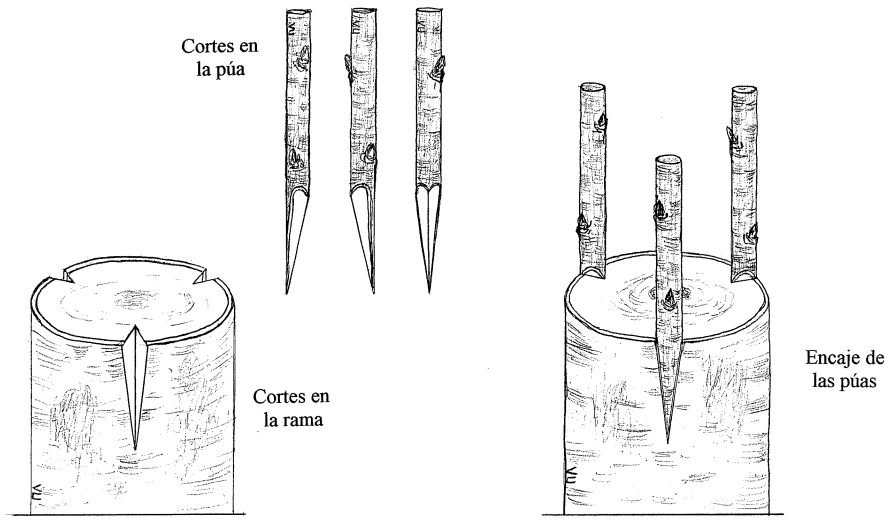


Figura 5.16. Injerto de incrustación. Púa y forma de ensamblarla.

Al igual que en el injerto de corona, la cinta o cuerda de atado no debe cortarse hasta pasados varios meses, esperando hasta el momento en que ya se produzca un estrangulamiento muy patente.

6. Injerto lateral o de costado.

El injerto lateral o de costado consiste en ensamblar la púa lateralmente en un tronco o rama.

Se emplea en cambio de variedad, colocando algunas púas en las ramas injertadas de corona o de incrustación para lograr una mayor vegetación de la nueva variedad y, además, proteger las ramas de la radiación directa, al haber suprimido la copa. También se emplea en especies subtropicales de hoja perenne, como aguacate, mango, etc., para obtener plantones, teniendo en muchos casos mejores resultados que con el injerto de escudete.

Existen varias formas de ensamblar la púa, bien cortando sólo la corteza o también el leño del tronco o rama a injertar.

En el injerto de patrones se realiza en el tronco un corte longitudinal de 3-5 cm, penetrando ligeramente en el leño; luego, a 0,5-1 cm por encima de la base de este corte se realiza un corte inclinado profundizando hasta el anterior de forma que se desprende la porción delimitada y en la base queda una pestaña. La púa se prepara con un corte longitudinal oblicuo, formando un bisel con la misma longitud y anchura que el corte del patrón; y en su extremo, al otro lado, se da un pequeño corte inclinado de 0,5-1 cm. El extremo de la púa se introduce en la pestaña del patrón y se hacen coincidir las zonas cambiales. Luego se ata bien sujetándola sobre el patrón sin dejar huecos. Este injerto recibe la denominación de enchapado lateral.

Para cambio de variedad se injertan las ramas gruesas de forma parecida. Se realiza una entalladura profundizando en el leño mediante dos cortes inclinados, de 2 a 3 cm de longitud y separados 3-5 mm en su inicio. La púa se prepara con dos cortes opuestos en bisel formando una cuña, y luego se encaja en el corte de la rama de forma que haya contacto cambial a uno de los lados. Se ata o se clava con una punta el injerto y se protege con cera o mastic. La soldadura se produce con dificultad. Esta variante se denomina injerto de entalladura lateral o injerto lateral simple.

En ramas gruesas se obtienen mejores resultados ensamblando el injerto sólo con cortes en la corteza sin penetrar en el leño, denominándose en este caso el injerto lateral de corteza. Para ello se da un corte de 5-6 cm, inclinado unos 45º; en la parte superior de este corte se da otro corte perpendicular de unos 2 cm hacia arriba y un tercer corte

hacia abajo, formando un triángulo con los anteriores. Se retira con la lengüeta de la navaja el triángulo de corteza formado y se levanta ligeramente la corteza por la parte superior del primer corte inclinado.

La púa se prepara de la misma forma que para un injerto de corona, pero en este caso sin formar la muesca perpendicular en su parte superior. Luego se introduce la púa entre la corteza levantada, golpeándola suavemente en su extremo. Finalmente se ata o se clava con una punta el injerto y se protege con cera o mastic.

En la Figura 5.17 se representan varios injertos laterales.

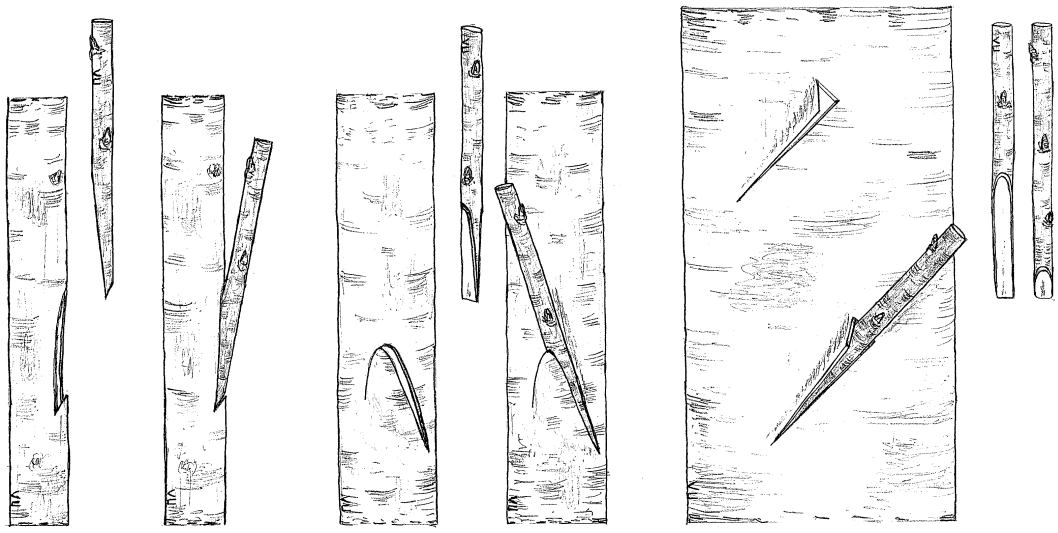


Figura 5.17 Injertos laterales.

7. Injerto puente o de arco.

El injerto puente o de arco es utilizado para la reparación del grandes heridas ocasionadas en el tronco. Es parecido a un injerto lateral pero colocado verticalmente y utilizando una púa muy larga o una vareta según el tamaño de la herida.

Para ello se realizan dos entalladuras, en sentido opuesto, por encima y por debajo de la herida y se coloca la vareta entre ellas, de la misma forma que se describe para el injerto de entalladura lateral. Se colocan varias varetas según la extensión de la herida.

También puede hacerse levantando, exclusivamente, por encima y por debajo de la herida una pequeña tira de corteza, se ensambla entre ellas la vareta cortada en bisel, se

clava la corteza y el extremo de la vareta con una punta, sujetándola al leño, y luego se protege con cera o mastic.

Este injerto también puede servir para paliar la incompatibilidad del injerto haciendo un puente con una nueva variedad compatible entre patrón y la variedad existente.

En la Figura 5.18 se representa un injerto de puente.

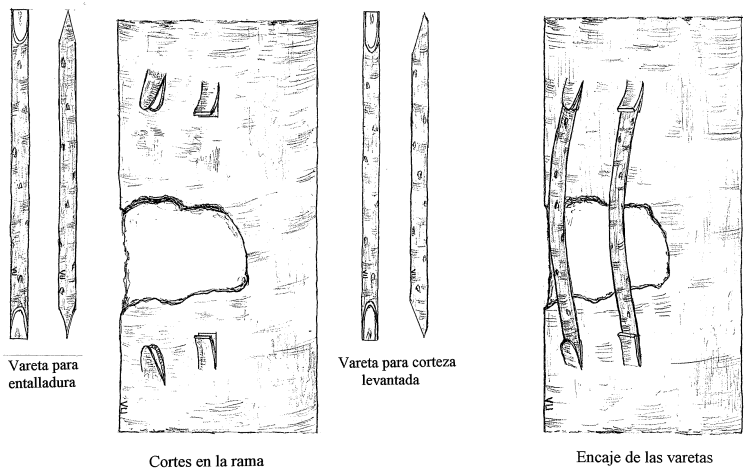


Figura 5.18. Injerto de puente o de arco.

12. Injertos de aproximación

En los injertos de aproximación el ramo, o a veces la rama, que aporta el injerto permanece unido a la planta madre hasta que se establece la soldadura. De esta forma se encuentra asegurado el abastecimiento de savia del injerto, por lo que no se corre riesgo de deshidratación.

Cuando los ramos o las raíces de las plantas se ven obligados a permanecer en contacto íntimo, al ir engrosando se producirá una invaginación de las cortezas las cuales terminarán rompiéndose y poniendo en contacto las zonas cambiales de ambas plantas. Luego llega a producirse la soldadura entre ellas dando lugar a un injerto de forma natural.

Los injertos de aproximación no tienen mucha aplicación en Fruticultura. Se emplean en casos excepcionales con la finalidad de salvar árboles en los que el sistema radical ha sido dañado por algún motivo, o bien que el patrón sobre el que se hallan injertados no funciona correctamente. Para ello se injertan nuevos patrones al tronco del

árbol que se desea recuperar. En sistemas de formación antiguos se utilizaban estos injertos para soldar ramas y mantener una cierta estructura en el árbol.

Estos injertos se realizan, preferentemente, a la salida del invierno cuando los materiales usados están entrando en actividad.

A continuación se describen, brevemente, los tipos más conocidos de injertos de aproximación.

1. Injerto de aproximación de empalme.

Consiste en soldar dos ramos o troncos poniéndolos en contacto íntimo. Para que la soldadura sea rápida deben ponerse en contacto las zonas cambiales de los dos materiales a injertar.

Existen varias formas de dar los cortes para dejar al descubierto el cambium y que haya coincidencia entre las dos partes a injertar. Las más sencillas de ejecutar son las siguientes:

Si los materiales tienen el mismo grosor se corta en cada uno una rebanada plana de corteza con algo de leño, de unos 4-5 cm, formando dos superficies ovaladas iguales; luego se juntan haciendo coincidir la zonas cambiales y se atan con cinta de tela o cuerda. Finalmente se protege el injerto con cera o mastic. En la Figura 5.19 se representa la forma de realizar este injerto de empalme.

Si los materiales tienen diferente tamaño se procede de la siguiente manera: en el material más grueso se hacen dos cortes longitudinales inclinados, de unos 8-10 cm formando una ranura ligeramente mas ancha que el grosor del material más fino; luego, en el material fino se hace un corte longitudinal plano de la misma longitud que los cortes anteriores y se incrusta sobre la ranura hecha en el material grueso haciendo coincidir las zonas cambiales, se clava o se ata fuertemente y se protege con cera o mastic.

2. Injerto de aproximación de puente o apuntalamiento

El injerto de aproximación de puente se emplea para suplantar el sistema radical de un árbol debido a su mala adaptación al suelo o por encontrarse dañado y para vigorizar árboles con incompatibilidad en el injerto. En árboles dañados por heladas en la zona del cuello también se puede hacer un puente mediante varetas injertadas en la raíz y en la parte superior no dañada del tronco, lo que sería un injerto de arco y no de aproximación.

Con el injerto de apuntalamiento se pueden revigorizar árboles viejos o salvar árboles que por algún motivo resulten valiosos. El empleo en plantaciones frutales para solucionar problemas existentes con el patrón es costoso y los resultados no son uniformes ni inmediatos, por lo que, en general, es preferible arrancar la plantación y establecer un nuevo cultivo.

Para realizar este injerto se deben plantar antes dos o más patrones junto al árbol a injertar. Es conveniente que estén bien enraizados antes de injertar. El ensamble del patrón sobre el tronco del árbol a injertar puede hacerse de diferentes formas.

La más usual consiste en dar dos cortes longitudinales paralelos en la corteza del tronco, de unos 5 cm, a una separación similar al grosor del patrón; luego se retira la corteza dejando una lengüeta en la parte superior. En el patrón se da un corte longitudinal de la misma longitud en su extremo, penetrando ligeramente en el leño, y otro pequeño corte (1 cm) en el lado opuesto del extremo. El extremo del patrón se introduce en la lengüeta dejada en la corteza y se encaja sobre la ranura del tronco haciendo coincidir las zonas cambiales, se clava o se ata y se protege con mastic.

El ensamble también se puede realizar dando un corte en el tronco de forma oblicua, extrayendo la corteza y algo de leño. En el patrón de da un corte longitudinal del mismo tamaño a la altura coincidente con el corte realizado en el tronco. Luego se incrusta lateralmente el patrón en la ranura realizada en el tronco, haciendo coincidir las zonas cambiales. De esta forma no se suprime la copa del patrón hasta después de producida la soldadura.

En la Figura 5.19 se representan estas dos formas de realizar un injerto de aproximación de puente o apuntalamiento.

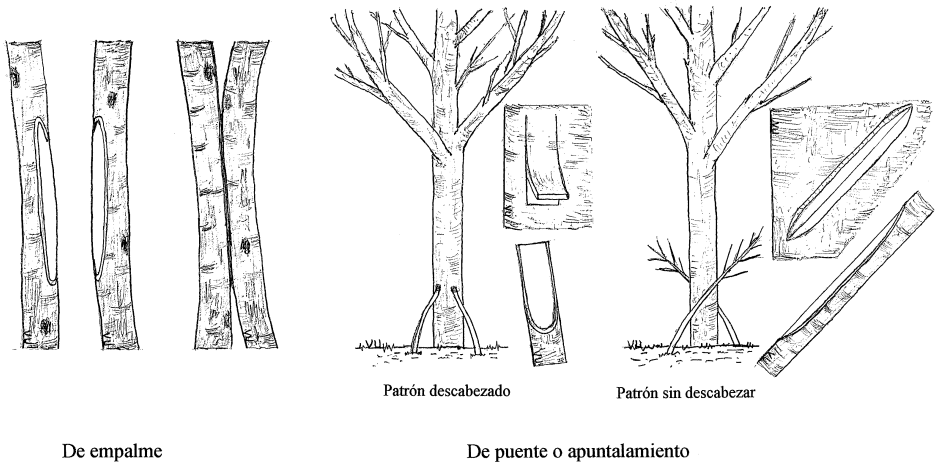


Figura 5.19. Injertos de aproximación.

13. Injerto doble o intermediario

El injerto doble o injerto intermediario consiste en injertar sobre un patrón dos materiales vegetales diferentes, uno sobre el otro.

Su empleo tiene como principal finalidad el evitar los problemas de incompatibilidad localizada que se presentan entre un determinado patrón y la variedad que interesa. Para ello se interpone una porción de material de otra variedad compatible con el patrón y con la variedad productiva.

También puede utilizarse el doble injerto con otras finalidades, como son:

- Tener mayor resistencia en el tronco de los árboles a las heladas invernales en zonas muy frías. Para ello se injerta primero la variedad más resistente y luego sobre ésta se hace un injerto alto, a 50 cm o más, con la variedad productiva. De la misma forma se puede conseguir una mayor resistencia a enfermedades de la zona del cuello.

- Incidir sobre el vigor que el patrón infiere a la variedad productiva. Al injertar como intermediario una porción de una variedad enanizante se logra reducir el vigor de la variedad respecto al vigor que presentaría injertada directamente sobre el patrón. Esta influencia dependerá de la longitud del intermediario. Por ejemplo, se consigue reducir el vigor de una variedad de peral injertada sobre un patrón de peral injertando un intermediario de membrillero entre ambos. De la misma forma, en manzano, si se injerta como intermediario una variedad enanizante (por ejemplo M-27 o M-9) se podría utilizar un patrón más vigoroso o que tenga un mejor anclaje o mejor adaptación al suelo, sin que su vigor se manifieste tan acusadamente sobre la variedad productiva a utilizar.

El injerto para cambio de variedad en un árbol adulto es también otra forma de sobreinjerto.

13.1. Tipos de injerto doble

El injerto doble o intermediario se puede hacer de diferentes maneras, dependiendo de la porción de material utilizado y del tipo de injerto empleado. Además, los injertos se pueden realizar simultáneamente o en diferente época.

Para evitar la incompatibilidad localizada, si el grado es bajo, puede ser suficiente la utilización de un pequeño escudete sin yema que se hace soldar al patrón junto con el escudete de una yema de la variedad, de esta forma la variedad contacta parcialmente con el intermediario y se evita la incompatibilidad. En otros casos es preciso que la variedad no tenga contacto con el patrón y suelde totalmente sobre el intermediario. Lo que puede hacerse injertando a la vez los dos materiales, o bien injertando sobre otro material anteriormente injertado que actúa de intermediario.

Los injertos dobles con otras finalidades se realizan, en general, empleando plantones del intermediario sobre los que se injerta la variedad deseada.

A continuación se describen los tipos de injerto doble más utilizados:

1. Injerto simultáneo de doble escudete.

Consiste en realizar la vez el injerto del intermediario y de la variedad mediante un injerto en T, empleando escudetes de corteza o de corteza con astilla. Según el contacto sea parcial o total presenta dos formas:

a) Injerto de dos escudetes con contacto parcial.

El escudete intermediario se toma de corteza sin yema y se coloca en la parte inferior del corte en T dado al patrón. Encima de él se coloca en contacto un escudete con yema de la variedad, para ello el corte dado por debajo de la yema debe ser recto y del mismo tamaño que el corte del intermediario. A continuación se ata el injerto.

En la Figura 5.20 se representa este tipo de injerto.

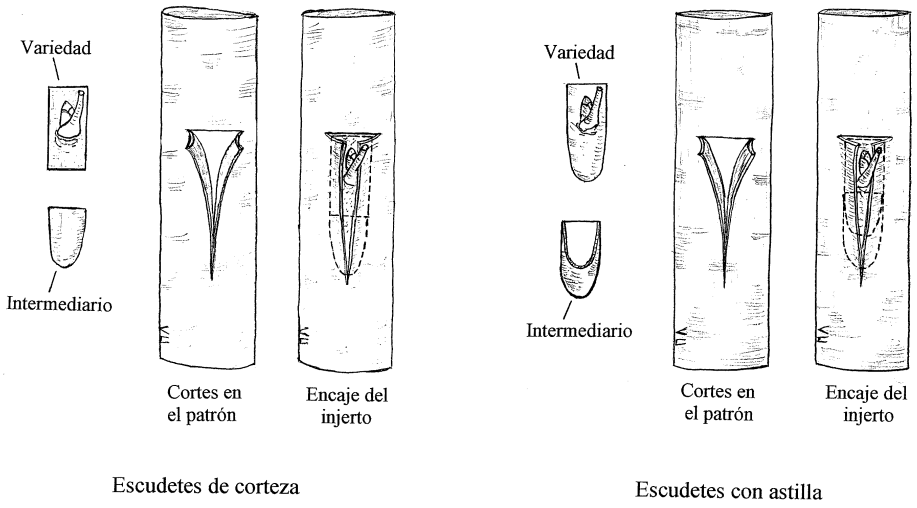


Figura 5.20. Doble injerto de escudete con contacto parcial.

El escudete intermediario también se puede tomar con una pequeña porción de astilla, dando primero el corte superior de forma inclinada y luego un segundo corte, también inclinado, hasta llegar al primero y extraer el escudete. Si la vareta tiene mucha actividad saltará fácilmente la corteza de la porción extraída, dificultando la operación. La variedad se extrae mediante otro escudete que encaja sobre el intermediario, según se representa en la Figura 5.20.

b) Injerto de dos escudetes con contacto total.

El escudete de la variedad encaja totalmente sobre el escudete del intermediario, de mayor tamaño y tomado con astilla.

Se procede cortando primero en la vareta del intermediario un pequeño escudete, con forma ovalada, extrayendo la corteza con una fina astilla. Luego, penetrando unos 2 mm por debajo de éste, se extrae un escudete con astilla de tamaño, aproximadamente, el doble del primero. Este escudete intermediario se coloca en el corte en T del patrón.

De la vareta de la variedad se extrae un escudete con yema, con la misma forma que la porción extraída del intermediario. Luego se coloca en la T sobre el intermediario, haciendo coincidir las zonas cambiales y se ata el injerto. En la figura 5.21 se representa la forma de extraer los escudetes y el encaje del injerto.

Este doble escudete puede ser sustituido por un injerto de doble placa (o parche) en aquellos casos en que se utiliza este último tipo de injerto.

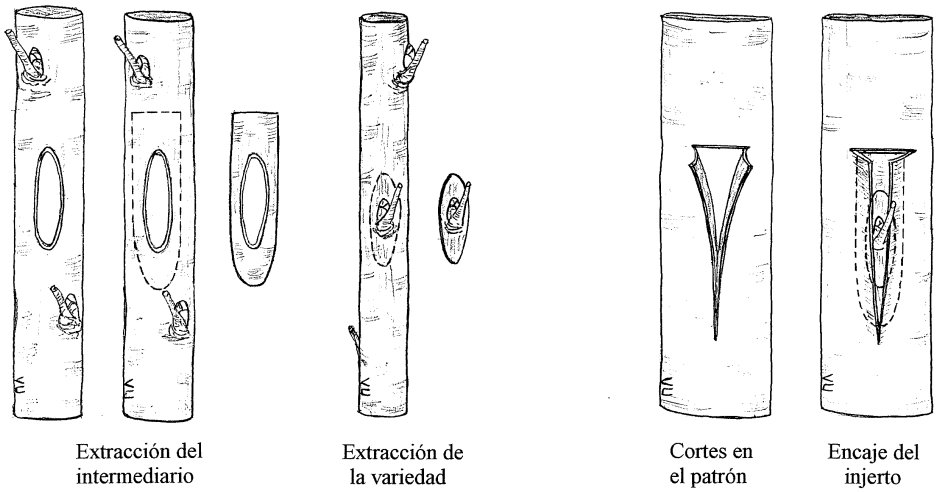


Figura 5.21. Doble injerto de escudete con contacto total.

2. Injerto simultáneo de doble "chip".

Consiste en realizar un injerto de "chip" sobre otro "chip" de tamaño mayor y ensamblarlos sobre un patrón, según se representa en la Figura 5.22.

La vareta utilizada para extraer el intermediario debe ser gruesa. Sobre esta vareta se hace primero una muesca de un pequeño "chip", y luego, profundizando unos 3 mm por debajo de este corte, se extrae con otro corte un "chip" de aproximadamente el doble de tamaño.

En la vareta de la variedad se extrae un pequeño "chip" con la yema, de forma que encaje sobre el intermediario. En el patrón se realiza una muesca grande para encajar el "chip" del intermediario, el cual lleva ensamblado el "chip" con la yema de la variedad. Finalmente se ata el injerto, procurando que no se muevan las porciones durante el proceso y que permanezcan en contacto todas las zonas cambiales.

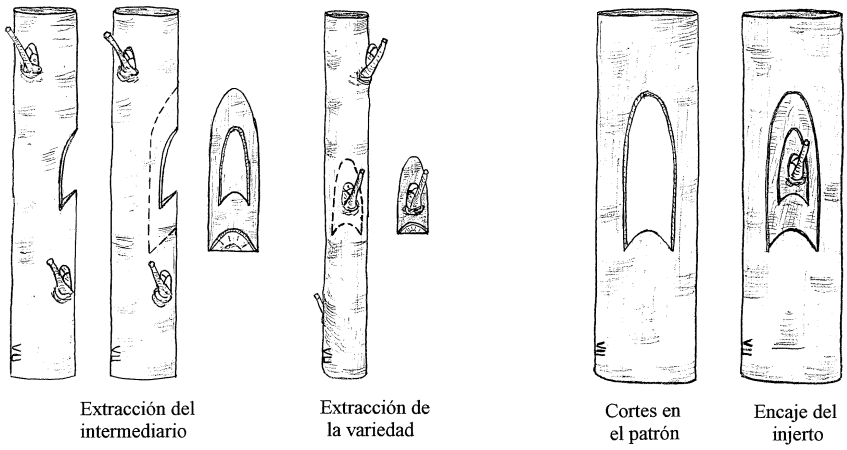


Figura 5.22. Doble injerto de "chip".

3. Sobreinjerto en distintas épocas.

Consiste en injertar sobre la brotación de un primer injerto, que hace de intermediario, un segundo injerto de la variedad productiva. También se pueden injertar yemas sobre los ramos de una planta madre del intermediario y luego extraer púas que porten estas yemas e injertarlas sobre un patrón.

Se utilizan las técnicas de injerto de yema o de púa, o ambas combinadas. Las formas de realizar este doble injerto son numerosas pero el método más usual es el sobreinjerto en un plantón en desarrollo. Este método presenta diferentes variantes según se representa, esquemáticamente, en la Figura 5.23.

1) Sobreinjerto de yema en un plantón.

Una opción consiste en injertar en verano un injerto en T o "chip" sobre un plantón de intermediario, el cual ha brotado ese año de un injerto realizado el año anterior en verano. Se precisa un año más para obtener un plantón con intermediario.

También puede injertarse en "chip", en la primavera, un plantón de intermediario desarrollado el año anterior.

Otra opción sería realizar un injerto de junio sobre un plantón en desarrollo del intermediario. Este plantón puede proceder de un injerto realizado en el verano anterior o bien ser un plantón injertado en taller con un injerto de púa y plantado ese mismo año, obteniendo, en este último caso, el plantón con intermediario en un solo año.

2) Sobreinjerto de púa en un plantón.

Consiste en injertar en la primavera una púa de la variedad productiva sobre un plantón de un año del intermediario. Se injerta en el momento en que en plantón inicia su segunda brotación. Es utilizado para producir árboles con injerto alto, aportando el tronco el intermediario, para lograr así resistencia al frío.

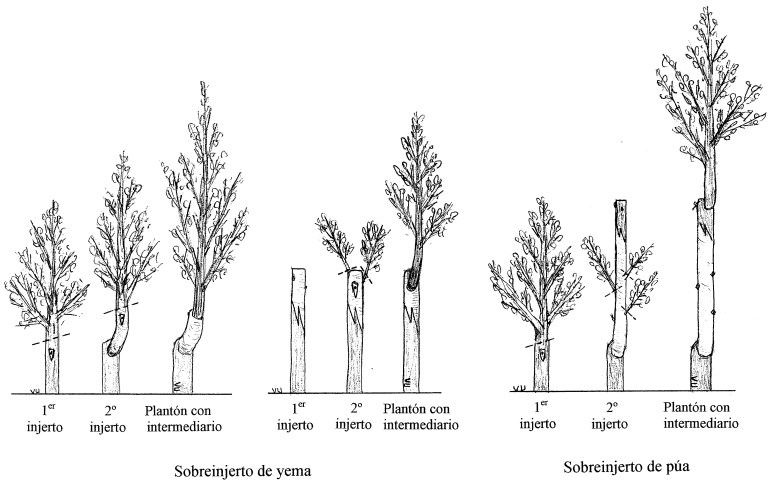


Figura 5.23. Sobreinjerto en un plantón.

14. Microinjerto

El microinjerto, propiamente dicho, consiste en injertar *in vitro* una pequeñísima porción, de unas décimas de milímetro, de un ápice meristemático sobre el tallo decapitado de una plántula joven procedente de cultivo de embriones o de una planta obtenida también *in vitro*.

Este injerto se realiza con la ayuda de un microscopio estereoscópico en una cabina de flujo de aire laminar, en condiciones asépticas.

En algunos textos también se incluye en la denominación de microinjerto a los injertos herbáceos de ápices de pequeño tamaño (aproximadamente de 0,5 a 2 cm), realizados mediante hendidura plena sobre plantas cultivadas *in vitro*, o *ex vitro* con control ambiental. En algún un caso también se incluyen en dicha denominación a los injertos herbáceos de yema realizados con pequeñas porciones (1 cm) sobre patrones jóvenes poco lignificados y cultivados en contenedor en invernadero.

No obstante, debería reservarse la denominación de microinjerto sólo para los casos en que se utilicen para el injerto porciones muy pequeñas (desde décimas de milímetro a 1 mm) y su desarrollo se lleve a cabo mediante cultivo *in vitro*.

La técnica del microinjerto, con porciones inferiores a 0,5 mm, se utiliza solamente para sanear material vegetal y producir plantas libres de virus. Fue puesta a punto en cítricos y ha sido extendida a otras especies. También ha sido experimentada para rejuvenecer plantas adultas, al injertar un meristemo repetidamente sobre patrones en fase juvenil; se logra así la reversión del meristemo de la fase adulta a la fase juvenil, aumentando la capacidad de enraizamiento del material producido.

El microinjerto precisa un instrumental delicado, se realiza en condiciones estériles para evitar la contaminación de microorganismos, y se debe tratar el material con un antioxidante (DIECA), para no perjudicar a la soldadura.

El microinjerto para obtener plantas libres de virus se realiza sobre un patrón germinado *in vitro*, en el que a los pocos días de germinar se decapita la plúmula y se suprimen parte de sus raíces. En el extremo del tallo se realiza una incisión en T invertida de 1 mm, sin llegar a la médula.

La porción de meristemo (generalmente de 0,1-0,3 mm de longitud, con 2-3 primordios) se extrae con un bisturí de un ápice en crecimiento y se introduce en la T realizada en el patrón. También puede colocarse directamente la porción de meristemo encima del tallo cortado. Esta operación es muy delicada, requiere una gran destreza y, sobre todo, rapidez para evitar la desecación del material y reducir las oxidaciones.

La planta injertada se cultiva *in vitro*, observándose el crecimiento del injerto al cabo de 3-4 semanas. A las 6-8 semanas ya pueden repicarse las plantas a un sustrato y seguir un proceso de endurecimiento.

En la Figura 5.24 se representa, esquemáticamente, la forma de proceder en este tipo de microinjerto.

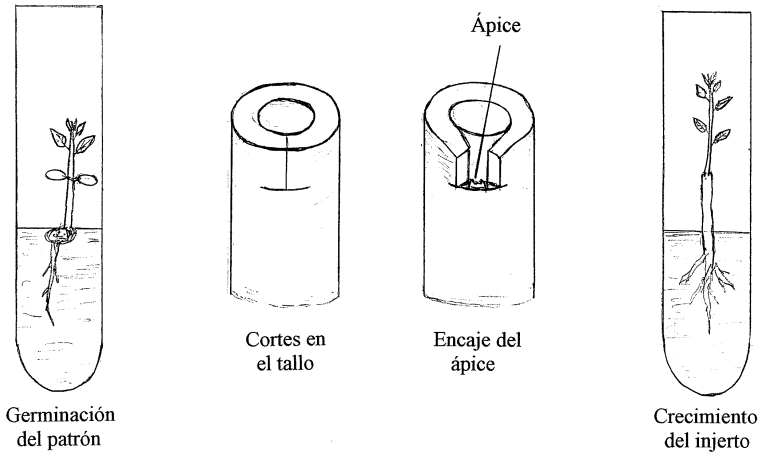


Figura 5.24. Microinjerto de ápices.

El microinjerto puede llegar a tener aplicación en la producción viverística pero precisaría el empleo de ápices de mayor tamaño (varios mm) para realizarlo sin tanta dificultad y riesgo. Este injerto se llevaría a cabo *in vitro*, empleando patrones y ápices procedentes de micropropagación. Se lograría así la producción de plantones *in vitro*, aunque con el inconveniente de las posibles mutaciones y reversión a juvenilidad que conlleva la micropropagación.

Mayores posibilidades de explotación tiene la realización de pequeños injertos de ápices de un tamaño de 0,5-1 cm, llevados a cabo *in vitro*, o *ex vitro* en ambiente aséptico controlado, aunque como ya se ha citado no se considerarían microinjertos.

15. Bibliografía (Capítulo 5. Injerto)

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:

Acerete, A. 1949. *Cría de frutales.* Publicaciones de la Estación Experimental de Aula Dei. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza. 341 pp., [87 - 120].

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [53 - 74].

Boffelli, E.; Sirtori, G. 1995. *Guía fotográfica de los injertos.* Editorial de Vecchi. Barcelona. 158 pp.

Brazanti, C.E.; Ricci, A. 2001. *Manuale di frutticoltura.* Edagricole. 405 pp., [77 - 93].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte.* Limusa. México. 759 pp., [579 - 734].

Carrera, M. 1993. *Incompatibilidad del injerto del peral sobre membrillero.* Hortofruticultura. N.º 10: 56 - 58.

Collado, J.M. 2001 *El injerto de cítricos en campo (I y II).* Comunidad Valenciana Agrária. N.º 18: 11 - 22 y N.º 19: 8 - 17.

Cupido, A.; Barba, M. 1988. *Microinnesto 'in vitro' per la produzione di piante virus-esenti.* Rivista di Frutticoltura. N.º 5: 25 - 28.

De Picaza, J. 1949 (2ªed.). *Arboricultura frutal.* Baselizalde. Elorrio (Vizcaya). 185 pp., [103 - 145].

Errea, P. 1994. *La compatibilidad del injerto en frutales de hueso.* Hortofruticultura. N.º 2: 53 - 56.

Garner, R.J. 1983. *Manual del injertador.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 338 pp.

Hartmann, H.T.; Beutel, J. A. 1981. *Propagation of temperate-zone fruits plans.* Division of Agricultural Sciences. University of California. Oakland. 63 pp., [15 - 47].

Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* CECSA. México. 760 pp., [365 - 493].

Larrea, A. 1966. *Injerto de la vid.* Ministerio de Agricultura. Madrid. 105 pp.

Loussert, R. 1992. *Los agrios.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 pp., [92 - 97, 130 - 134].

Macdonald, B. 1986. *Plant propagation for nursery growers. Vol I.* Timber Press. Portlan, Oregon (USA). 669 pp., [177 - 203, 443 - 507].

Martínez Zaporta, F. 1964. *Fruticultura. Fundamentos y Prácticas.* INIA. Ministerio de Agricultura. Madrid. 1.003 pp., [370 - 389].

Musacchi, S. 1994. *Aspetti biochimici della disaffinità d'innesto.* Rivista di Frutticoltura. N.º 3, 73 - 79.

Navarro, L. 1979. *Microinjerto de ápices caulinares 'in vitro' para la obtención de plantas libres de virus.* Boletín del Servicio de Plagas. Ministerio de Agricultura. Madrid. N.º 5: 127 - 148.

Neri, D. 1990. *Micropropagación y técnica viverística. Técnicas de injerto con material proveniente de cultivos 'in vitro'.* Hortofruticultura. N.º 3: 70 - 73.

Preka, P.; Cherubini, S. 2001. *Tecniche di innesto erbaceo per la propagazione di piante arboree da frutto.* Rivista di Frutticoltura. N.º 5: 39 - 41.

Priego. J.M. 1923. *Arboricultura general.* Artes Gráficas Mateu. Madrid. 544 pp., [168 - 212].

Rigau, A. 1978 (6ª ed.). *Injerto de los frutales.* Editorial Sintes Barcelona. 126 pp.

Sala, J.; López, M.T. 1977. *Injerto doble de corteza*. Hojas Divulgadoras, nº 5-6/77. Ministerio de Agricultura. Madrid. 19pp.

Valli, R. y Schiavi, S. 1989. *Coltivazioni Arboree*. Edizioni Agricole. Bologna. 432 pp., [66 - 82].

Vozmediano, J. 1982. *Fruticultura. Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. Serie Técnica. S.G.T. Ministerio de Agricultura. Madrid. 521 pp., [271 - 302].

Actividades prácticas recomendadas

Capítulo 5. Injerto

1 [Campo]. Observar y reconocer en el vivero del Campo de Prácticas diferentes plantas injertadas con injertos de yema en diferentes épocas, y con injertos de púa.

2 [Laboratorio-taller]. Cortar con la navaja o seccionar con la sierra y observar cómo se ha producido la soldadura en injertos de yema y de púa, en diferentes estados de desarrollo.

3 [Campo]. Recolectar varetas de diferentes plantas madres de injertos del vivero del Campo de Prácticas y prepararlas para su conservación. Observar las diferencias existentes respecto al número de yemas útiles.

4 [Campo]. Observar y analizar en el vivero del Campo de Prácticas factores que hayan influido en la soldadura y el éxito de diferentes injertos. Prestar especial atención al tipo de injerto, al estado de los materiales y a la bondad de su ejecución.

5 [Campo]. Observar y analizar en el vivero y plantaciones del Campo de Prácticas el comportamiento de injertos entre especies del mismo género y entre géneros diferentes. Prestar especial atención a las diferencias existentes en el punto de injerto

6 [Campo]. Observar en el vivero y plantaciones del Campo de Prácticas diferentes casos de incompatibilidad localizada y translocada y analizar sus síntomas.

7 [Laboratorio]. Observar y reconocer sobre material seco conservado de injertos la incompatibilidad localizada y la translocada. Clasificar el grado de incompatibilidad localizada que se manifiesta en plantones de peral sobre membrillero, seccionados longitudinalmente por el punto de injerto.

8 [Campo]. Observar y analizar en una plantación experimental de manzano el comportamiento de una variedad injertada sobre diferentes patrones (vigor, fructificación, etc.).

9 [Laboratorio]. Reconocer y analizar las características de diferentes materiales de atado y protección de los injertos (cintas de plástico, rafia, cuerdas, parches, parafina, mastic, pastas de protección, etc.).

10 [Campo]. En el vivero del Campo de Prácticas, controlar y realizar el mantenimiento de los bloques de plantones asignados. Poner especial cuidado en las actividades: corte de las cintas, descabezado del patrón, eliminación de rebrotes, protección fitosanitaria y arranque del plantón.

11 [Laboratorio-taller]. Practicar sobre material desechable la ejecución de injertos de yema con corteza (en T o de escudete, T invertida, placa, etc.). Según la época, utilizar ramos cortados en campo o de plantas cultivadas en invernadero para mantenerlos en actividad.

12 [Laboratorio-taller]. Practicar sobre material desechable la ejecución de injertos de "chip". Según la época, utilizar material proveniente de campo o ramos conservados en cámara.

13 [Laboratorio-taller]. Practicar sobre material desechable la ejecución de injertos de hendidura plena, inglés y omega. Utilizar material conservado en cámara (patrones y varetas).

14 [Laboratorio-taller]. Practicar sobre material desechable la ejecución de injertos de hendidura doble, incrustación, corona y lateral. Según la época y necesidades, utilizar ramas cortadas en campo o bien conservadas en cámara, y varetas conservadas en cámara.

15 [Campo]. Injertar en el vivero, a finales de mayo, patrones de melocotonero y de híbrido AxM con variedades de melocotonero y nectarina. Extraer las varetas de las plantas madres de injertos. Realizar el tronchado y corte del patrón y controlar el crecimiento del injerto.

16 [Campo]. Injertar en el vivero, en verano, patrones de membrillero y de manzano, con variedades de peral y manzano, respectivamente, utilizando injertos en T y "chip". Extraer las varetas de las plantas madres de injertos. Injertar también patrones de cerezo Santa Lucía y de ciruelo utilizando injerto en T, con variedades de cerezo y ciruelo, respectivamente. Extraer las varetas de las plantas madres de injertos. Analizar la dificultad de los diferentes injertos (práctica condicionada por el calendario académico).

17 [Taller-campo]. Injertar a la salida del invierno patrones de peral y de manzano, procedentes de acodo, con injertos de hendidura plena, inglés y omega, extraídos de varetas conservadas en cámara. Plantarlos en el vivero y controlar el desarrollo posterior.

18 [Taller-campo]. Injertar a la salida del invierno estacas de vid con injertos de púa de tipo inglés (manual) y omega (realizado a máquina), a partir de sarmientos conservados en cámara. Estratificar el material y, posteriormente, plantarlo en el vivero. Controlar su desarrollo.

19 [Campo]. Realizar el cambio de variedad mediante injerto de corona y de incrustación en los árboles de peral y manzano del Campo de Prácticas destinados al efecto. Proteger los injertos con mastic en caliente, preparado en el campo. Controlar el desarrollo de los injertos.

20 [Campo]. En el vivero del Campo de Prácticas, realizar en primavera injertos dobles (sobreinjerto) sobre plantones de peral desarrollados el año anterior, utilizando varetas conservadas en cámara (practicar con injertos de yema y de púa).

Realizar en verano, sobre patrones de membrillero, injertos dobles simultáneos de doble escudete, con contacto parcial y total, y de doble "chip"; extrayendo las varetas de las plantas madres de injerto de variedades de peral.

Cuestionario de evaluación

Capítulo 5. Injerto

1. ¿Para qué se utiliza el injerto en la producción frutal?

2. ¿Cuál es el proceso de unión del injerto?

3. ¿Cómo se tipifican los injertos respecto a la porción del material empleado y respecto la época de injertado?

4. ¿Qué características deben tener las plantas madres de injertos de frutales y cuál es su sistema de formación?

5. ¿Qué operaciones y cuidados requiere la recolección de las varetas de injertos y cómo se conservan?

6. ¿Cómo influye el estado de los materiales y la época de ejecución en la unión del injerto?

7. ¿Qué condiciones del medio influyen en la unión del injerto y a qué es debida su influencia?

8. ¿Qué afinidad botánica existe entre injertos de especies del mismo género y entre injertos de géneros de la misma familia? Citar ejemplos sobre casos usuales.

9. ¿Qué se entiende por incompatibilidad del injerto y cuáles son los síntomas más frecuentes por los que se manifiesta?

10. ¿Qué diferencias existen entre la incompatibilidad localizada y la translocada en el injerto?

11. ¿Cuál es la principal influencia que ejerce el patrón sobre la variedad injertada? ¿Ejerce influencia dicha variedad sobre el desarrollo del patrón?

12. ¿Qué materiales se emplean para el atado y la protección de los injertos?

13. ¿Qué cuidados se precisan para favorecer la soldadura y el posterior crecimiento del injerto?

14. ¿En qué consisten los injertos de yema y en qué épocas pueden realizarse?

15. ¿Para qué se utiliza el injerto en T o de escudete, qué variantes presenta y en qué épocas se realiza?

16. ¿En qué consiste el injerto de placa o parche y qué diferencias presenta respecto al injerto en I? En qué casos se utilizan?

17. ¿Para qué se utiliza el injerto de "chip" y qué ventajas e inconvenientes presenta respecto al injerto de escudete o en T? ¿En qué se diferencia el injerto de "chip" del injerto a la mallorquina?

18. ¿En qué consisten los injertos de púa y en qué épocas pueden realizarse?

19. ¿Para qué se utiliza el injerto de hendidura y qué variantes presenta?

20. ¿En qué consiste el injerto inglés, cuál es su principal aplicación y en qué época se realiza? ¿Qué similitud presenta respecto a los injertos omega y dentado?

21. ¿Para qué se utilizan los injertos de corona y de incrustación y cuáles son sus principales diferencias? ¿En qué época se realizan y qué variantes tienen?

22. ¿En qué consiste el injerto lateral o de costado, para qué se utiliza y qué variantes presenta?

23. ¿En qué consisten los injertos de aproximación? ¿Para qué se emplea el injerto de aproximación de puente o apuntalamiento y qué variantes presenta?

24. ¿Para qué se utiliza el injerto doble o intermediario? ¿Qué tipos existen y cuáles son las ventajas e inconvenientes de unos respecto a otros?

25. ¿En qué consiste el microinjerto y que aplicación tiene?

6

MICROPROPAGACIÓN Y OTROS MÉTODOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA

1. Aspectos básicos de la micropropagación.

2 Factores que influyen en la micropropagación.

3. Fases del proceso de micropropagación.

4. Producción de planta por micropropagación

5. Otros métodos de propagación vegetativa.

6. Bibliografía.

Actividades prácticas y cuestionario de evaluación.

1. Aspectos básicos de la micropropagación

La micropropagación es una técnica de propagación vegetativa consistente en obtener nuevas plantas mediante el cultivo *in vitro* de pequeñas porciones de material vegetal. Por eso a la micropropagación se le denomina también, genéricamente, propagación *in vitro*. La técnica de micropropagación fue puesta a punto el siglo pasado, en los años 50, para la obtención de plantas libres de virus mediante el cultivo de meristemos. Unas dos décadas antes ya se habían realizado con éxito cultivos de ápices radicales.

A partir de los años 60 la técnica ya se desarrolla para la propagación de plantas hortícolas y ornamentales. En los años 70 se utiliza en frutales, tanto para sanear variedades virosadas como para la propagación del material libre de virus con finalidad comercial.

La micropropagación se basa en una característica esencial de los vegetales, que es la totipotencialidad de sus células. En teoría, cualquier célula vegetal es capaz de producir una planta completa a través de un proceso diferenciador; pero su dificultad y la falta de un conocimiento total de los requerimientos de este proceso obliga a la utilización de tejidos u órganos como material de base para la iniciación de la micropropagación. Esto no supone un inconveniente para la multiplicación de plantas puesto que cuanto más diferenciado sea el órgano empleado se tendrán menos problemas para mantener la estabilidad en la descendencia.

Fundamentalmente, la micropropagación se basa, por lo tanto, en la capacidad de ciertos tejidos para regenerar, a través de un proceso diferenciador, una planta completa. El proceso se lleva a cabo en frascos de cultivo, con un medio nutritivo sintético y en condiciones ambientales controladas.

A la porción de tejido (o de órgano) aislado de la planta para ser cultivado *in vitro* se le denomina explanto.

En la micropropagación de frutales se parte, normalmente, de un meristemo obtenido del ápice de un tallo o de una yema axilar. A partir de este meristemo se estimula la generación de yemas que den lugar a nuevos brotes, los cuales se separan y se colocan en frascos de cultivo nuevos. Repitiendo el proceso varias veces se obtiene rápidamente un número elevado de brotes que aumenta en progresión geométrica. Luego, enraizando estos brotes se obtienen nuevas plantas.

Dependiendo del tipo de explanto de partida y de la composición del medio de cultivo, sobre todo de los fitorreguladores aplicados (citoquinina) se generan dos tipos de yemas: axilares, originadas en el crecimiento natural del meristemo vegetativo, y adventicias, producidas a partir de tejidos desorganizados, principalmente callo.

Las citoquininas del medio de cultivo provocan la supresión de la dominancia apical y favorecen la formación de una roseta de yemas axilares. Luego, estas yemas dan lugar a brotes genéticamente idénticos al de partida, excepto que se haya producido una mutación en ellos.

La formación de yemas adventicias incrementa la producción de brotes pero estos presentan más capacidad de mutación dando lugar a variabilidad genética en las plantas producidas. Además, los brotes procedentes de yemas adventicias tienen tendencia a manifestar juvenilidad.

La propagación *in vitro* también comprende otras técnicas de obtención de plantas, como el microinjerto, comentado en el capítulo anterior, y el cultivo de embriones.

El cultivo de embriones requiere aislar el embrión del resto de tejidos de la semilla y colocarlo para su desarrollo en un frasco de cultivo con un medio nutritivo adecuado. Si los embriones empleados son normales, originados sexualmente, el tipo de propagación será sexual; pero si son embriones formados adventiciamente (embriones nucelares) la propagación será vegetativa, originando plantas genéticamente iguales a la planta madre que produjo las semillas.

Existen otras técnicas de cultivo *in vitro*, como el cultivo de granos de polen para obtener plantas haploides y otros cultivos celulares utilizados en investigación: cultivo de callo, protoplastos, células aisladas, etc.

1.1. Características generales de la micropropagación

Con la micropropagación se obtienen plantas clonales idénticas a la planta madre de partida, salvo posibles mutaciones ocurridas en el proceso, por lo que es un tipo de propagación asexual o vegetativa.

Esta técnica se utiliza principalmente para la producción de patrones, aunque en algún caso se obtienen por micropropagación plantas de variedades autoenraizadas.

Los frutales se multiplican por micropropagación sin mayores dificultades que otras especies. El aspecto más determinante del éxito es la adecuación del medio de cultivo empleado y superar la fase inicial de establecimiento del cultivo.

La micropropagación tiene unos requerimientos de instalaciones mucho más complejas y costosas que las otras técnicas de propagación, además la manipulación del material vegetal es mucho más sofisticada y requiere personal muy especializado. Como contrapartida se obtiene un número muy elevado de plantas en un espacio muy reducido, su proceso es relativamente corto y se desarrolla en un medio controlado, por lo que puede programarse la producción sin depender de la época y de las condiciones de campo, excepto en la fase final al pasar del invernadero al vivero o a la plantación frutal.

Las plantas que presentan dificultades de propagación, debido sobre todo a la falta de enraizamiento, pueden multiplicarse más fácilmente mediante micropropagación, al presentar el material vegetal empleado mayores aptitudes para la organogénesis, por lo que mejora considerablemente el enraizamiento. A las ventajas también debe añadirse que el cultivo mantiene mejores garantías sanitarias al desarrollarse en condiciones asépticas.

Como aspectos negativos también cabe citar que en la micropropagación hay mayor riesgo de que se produzcan mutaciones, lo que origina variabilidad en el material propagado. Además de las mutaciones espontáneas que pueden producirse en todo material, las condiciones tan artificiales del medio de cultivo y, sobre todo, la acción de las hormonas empleadas (citoquininas y auxinas) incrementan las mutaciones. Este riesgo aumenta en los tejidos menos organizados y con alta inestabilidad mitótica (callo). El material vegetal empleado para la micropropagación es también mucho más susceptible a la aplicación de agentes mutágenos físicos y químicos, lo que puede utilizarse en mejora genética.

Otro aspecto negativo de la micropropagación es la reversión que puede tener el material a la fase juvenil en cultivos que permanecen largo tiempo en proliferación y, sobre todo, en brotes adventicios producidos a partir de callo, lo que da lugar a que las plantas producidas presenten espinosidad y otros caracteres juveniles.

1.2. Instalaciones y materiales necesarios

Las instalaciones necesarias para la micropropagación son complejas y costosas. Se requiere un laboratorio para la manipulación del material vegetal, cámara climática para

el desarrollo del cultivo *in vitro*, e invernadero y umbráculo para el desarrollo de la planta producida hasta su implantación en campo.

El laboratorio debe estar dotado de un equipamiento bastante completo: cabina de flujo laminar, autoclave, cámara frigorífica, lavadora de cristalería, destilador, microscopio estereoscópico, balanza de precisión, pH-metro, agitador magnético, filtro millipore, pipetas volumétricas, mechero Bunsen, etc.

El laboratorio de mantenerse libre de contaminaciones y los utensilios deben esterilizarse en el autoclave antes de su utilización. El material vegetal debe ser preparado y desinfectado antes de su introducción en el proceso y, posteriormente, toda la manipulación de explantos y los trasvases de brotes para proliferación o enraizamiento deben hacerse en condiciones de asepsia en cabinas de flujo de aire laminar, para evitar contaminaciones de hongos o bacterias.

El cultivo de plantas se realiza en frascos esterilizados de vidrio o, actualmente, de plástico, de diferente tamaño según las necesidades, y con tapa que permita el intercambio de gases. El medio de cultivo en los frascos se compone de sales minerales y de compuestos orgánicos, y como agente gelificante se utiliza agar, normalmente. Los frascos con los cultivos se disponen en estanterías en cámaras climáticas, con control de temperatura, humedad e iluminación.

Después del cultivo *in vitro* las jóvenes plantas pasan a un invernadero, repicadas en bandejas o pequeños contenedores con un sustrato compuesto por mezcla de turba perlita, arena etc., de forma similar al sustrato empleado en el estaquillado herbáceo. Se mantienen dentro de un túnel de plástico con control de humedad mediante un sistema de nebulización, hasta su adaptación a las condiciones exteriores. Posteriormente, las plantas se repican a bolsas o contenedores de mayor tamaño y se pasan a un invernadero sin protección, y luego a un umbráculo para someterlas a un proceso final de aclimatación o endurecimiento. En estas etapas se precisa del equipamiento habitual en un invernadero para el riego y el manejo de los cultivos.

2. Factores que influyen en la micropropagación

Sobre el éxito de la micropropagación influyen, principalmente, las características del material vegetal, las condiciones de esterilización, el medio nutritivo y las condiciones ambientales. Además, tienen influencia otros factores relacionados con el manejo del cultivo.

a) Material vegetal.

La influencia del material vegetal viene dada por la capacidad organogénica de cada especie y variedad y por las características del material de partida. Normalmente se parte de meristemos de ápices caulinares o de yemas axilares.

La cantidad de tejido que acompaña al meristemo influye sobre su nutrición y protección, pero a mayor cantidad de explanto mayor será la posibilidad de introducir patógenos en el cultivo.

Otro aspecto que tiene influencia es el estado en que se encuentra la planta originaria. Si procede del campo la presencia de patógenos será mayor que en el caso de proceder de un medio controlado. Siempre es aconsejable partir de plantas preacondicionadas y en crecimiento activo.

Asimismo, el material que presenta juvenilidad mostrará diferencias en su comportamiento respecto al material adulto. Habrá un mejor enraizamiento si el material inicial proviene de una planta en estado juvenil.

b) Condiciones de esterilización.

Las condiciones de esterilidad del laboratorio de micropropagación tienen una importancia fundamental debido a que todos los medios de cultivo contienen nutrientes que facilitan el crecimiento de muchas bacterias y hongos.

Las esporas y otras estructuras reproductivas de los microorganismos serán las causantes de la contaminación de los cultivos, originando con su invasión la destrucción del cultivo, o bien las toxinas que pueden generar perjudican su crecimiento.

El material vegetal debe desinfectarse superficialmente antes de iniciar el cultivo *in vitro*, y todo el manejo de los explantos debe hacerse en condiciones asépticas, en cámara de flujo de aire laminar situada en una zona protegida.

Además, deben esterilizarse los frascos de cultivo y los instrumentos utilizados en un autoclave a una temperatura de 121 ºC durante 15 minutos.

El medio de cultivo también debe esterilizarse en autoclave, pero evitando la degradación de ciertos componentes y la caramelización de los azucares. Las sustancias termolábiles del medio de cultivo, como vitaminas, reguladores de crecimiento, etc. deben esterilizarse mediante un microfiltro (millipore) que retiene microorganismos, y luego añadirlas al medio esterilizado cuando su temperatura no sea superior a 60 ºC.

c) Medio nutritivo.

El medio de cultivo suministra los nutrientes y los reguladores de crecimiento necesarios, por lo que también será determinante para el resultado del proceso.

El medio de cultivo básico se compone de sales minerales y de compuestos orgánicos, cuya concentración varía según la fase desarrollo. Como aglutinante de estos compuestos se utiliza agar que al quedar solidificado sirve de soporte a las plantas, manteniendo su polaridad y la aireación de los tejidos, a la vez que permite la absorción de agua y nutrientes.

El medio de referencia más utilizado en frutales es el propuesto en 1962 por Murashige y Skook (medio MS), cuyas sales inorgánicas se usan como medio de cultivo básico en casi todas las especies con bastante éxito. Este medio va siendo modificado para adaptarlo y mejorarlo según las necesidades de las diferentes especies y variedades.

Fundamentalmente, el medio de cultivo comprende los siguientes componentes disueltos en agua:

- Sales minerales conteniendo los macro y micro elementos esenciales (N, P, K, S, Mg, Ca, etc.).
- Vitaminas, principalmente tiamina e inositol.
- Aminoácidos, principalmente glicina, y otras sustancias como piridoxina, acido nicotínico, fenoles, carbón activo, etc.
- Sacarosa, en una alta concentración al ser la fuente de carbono y energía. También se suele aportar glucosa.
- Fitorreguladores, principalmente auxinas (IBA, ANA, AIA) y citoquininas (benciladenina), y con menor importancia giberelinas.
- Agar, a concentraciones de 5-7 g/l, como agente gelificante más utilizado.

d) Condiciones ambientales.

Los principales factores ambientales que influyen sobre el cultivo son: la temperatura, la luz y la humedad atmosférica.

La temperatura más utilizada en las salas de cultivo se sitúa en torno a los 23-25 ºC y puede ser algo más elevada en plantas tropicales. En ciertos casos puede ser favorable una alternancia de temperaturas diurnas más cálidas con nocturnas más frescas.

Las bajas temperaturas frenan el crecimiento en las plantas de forma natural. A temperaturas de 2-5 °C se conservan los cultivos durante largo tiempo, precisando un subcultivo, aproximadamente, cada 6 meses.

La luz es necesaria para que la morfogénesis y el crecimiento de los brotes se produzca de forma normal. Además la luz es necesaria para la fotosíntesis de las plantas producidas. Normalmente se requieren intensidades de 1.000 a 3.000 Lux. Los brotes requieren en la fase de proliferación más intensidad luminosa que durante el enraizamiento. El espectro luminoso también tiene influencia, dando buenos resultados la luz de espectro completo, aunque con tubos fluorescentes de luz blanca también se obtiene un buen crecimiento.

El fotoperiodo también tiene influencia y de forma general se utilizan 16 horas de luz seguidas de 8 horas de oscuridad.

Respecto a la humedad relativa, al estar cerrados los frascos de cultivo se mantiene en su interior un ambiente próximo a la saturación, favorable para el crecimiento de los brotes. No obstante, los frascos deben permitir un cierto intercambio gaseoso con el exterior.

Estas condiciones ambientales en que se desarrollan los cultivos hacen que las plantas tengan que aclimatarse posteriormente para poder ser trasplantadas al exterior. El paso del medio *in vitro* a un medio *ex vitro* (o *in vivo*) es una de las etapas críticas del proceso y unas condiciones ambientales no adecuadas pueden originar la mortandad de numerosas plantas.

e) Otros factores.

Sobre el proceso de micropropagación inciden otros aspectos relacionados con la planta y con su manejo que condicionan los resultados obtenidos.

Las hormonas tienen una gran influencia en el desarrollo de los diferentes procesos de la micropropagación, por lo que conseguir el equilibrio más adecuado para cada especie y variedad será un factor muy influyente en el éxito del cultivo.

Algunas especies difíciles de enraizar necesitan estar un período relativamente largo en el medio de proliferación antes de su paso al medio de enraizamiento. La concentración alta de citoquinina en el inicio de la proliferación puede tener un efecto inhibitorio de la rizogénesis posterior.

En ocasiones se producen desórdenes morfológicos y fisiológicos que repercuten sobre el crecimiento de los cultivos. Estas alteraciones suelen solucionarse cambiando las plantas a otro medio de cultivo o modificando las condiciones ambientales.

También pueden aparecer contaminaciones tardías por bacterias que es preciso tratar con antibióticos si se quiere salvar el cultivo.

Es necesario llevar un control exhaustivo del proceso y de las incidencias ocurridas para poder diagnosticar y solucionar los posibles problemas que puedan aparecer.

3. Fases del proceso de micropropagación

La producción de planta mediante la micropropagación comprende varias fases con diferentes necesidades, según su estado de desarrollo. En primer lugar se requiere un período para el establecimiento del cultivo *in vitro*, luego se procede a la multiplicación de las plantas y finalmente se necesita adaptar las plantas producidas a las condiciones exteriores. En la Figura 6.1 se representan, esquemáticamente, las diferentes fases del proceso.

3.1. Fases del cultivo *in vitro*

El cultivo *in vitro* del material comprende las siguientes fases características:

1. Establecimiento del cultivo.

El inicio del cultivo es la fase más crítica y difícil del proceso. Los explantos deben ser tomados de plantas acondicionadas para ello, que tengan un crecimiento activo y que se mantengan en buen estado sanitario.

Antes de introducir las plantas en el medio de cultivo se deben lavar bien y desinfectar en una solución de hipoclorito de calcio (concentración de cloro activo de 5 g/l) mediante una inmersión de unos 30 minutos; también se emplea hipoclorito de sodio. Deben añadirse unas gotas de un agente humectante (Tween 20) para mejorar la penetración del agente desinfectante en la cutícula de la epidermis del material. Es conveniente sumergir antes el material en etanol, durante 20-30 segundos, para eliminar las ceras de la cutícula. Luego se debe lavar varias veces el material con agua esterilizada para eliminar los restos del desinfectante.

A continuación se corta el explanto con un bisturí hasta tener la porción deseada, se introduce en un tubo de ensayo con el medio de cultivo, se tapa y se coloca en la cámara de cultivo. Cuando se logra tener cultivos en crecimiento y sin contaminar finaliza la fase de introducción.

2. Fase de multiplicación

Los explantos sanos obtenidos son colocados en frascos en la cámara de cultivo para la iniciación de brotes axilares. El ritmo de proliferación de brotes depende de la especie, del tiempo de permanencia y de la concentración de citoquinina.

Cada proliferación se va dividiendo y traspasando a otros recipientes con el mismo medio de cultivo (subcultivos), de esta forma se tiene un efecto multiplicador de la producción. Luego, parte de esta producción se destina ya a la obtención de planta, según la planificación del vivero. Para mantener la tasa de crecimiento es preciso realizar subcultivos puesto que con las proliferaciones no habría espacio suficiente en el frasco y, además, los nutrientes del medio de cultivo se agotan y se acumulan residuos y exudados que pueden inhibir el crecimiento de las plantas. Cada subcultivo tiene una duración aproximada de 4-5 semanas y se producen unos 10 brotes de media.

Los nuevos brotes originados provienen de las yemas axilares formadas en un meristemo apical, pero también pueden originarse a partir de yemas adventicias, formadas principalmente a partir de callo.

3. Fase de elongación.

Las rosetas proliferadas destinadas a la obtención de planta se traspasan a otros frascos para alargar los brotes, o bien se dejan en el mismo frasco modificando el medio de cultivo. El alargamiento se facilita con giberelinas. Esta fase dura unas 2-3 semanas y los brotes deberán alcanzar una longitud mínima de 2 cm.

Al final de la multiplicación el medio de cultivo está casi agotado y suele ser suficiente el añadir sobre este medio de cultivo un medio líquido que favorezca la elongación. Para simplificar las manipulaciones, incluso puede añadirse finalmente un medio de inducción de rizogénesis y después separar los brotes enraizados.

4. Fase de enraizamiento.

Los brotes producidos, una vez cortados, se manejan como pequeñas estaquillas herbáceas. El enraizamiento puede realizarse *in vitro* o *ex vitro* en un túnel de enraizamiento en el invernadero.

Para el enraizamiento *in vitro* se colocan los brotes en frascos con un medio de cultivo enriquecido en auxinas (generalmente IBA a concentración de 1 a 3 mg/l) y una concentración muy baja o nula de citoquininas. Al cabo de 1-2 semanas aparecen los primordios de raíces y cuando tienen 15-20 mm, aproximadamente a las 3-4 semanas, se pasan a un cultivo en sustrato.

El enraizamiento *ex vitro* se lleva a cabo en invernadero, en un túnel con nebulización. Los brotes se tratan con auxinas, bien por inmersión de su base en una solución o mediante imprimación en polvo. Luego se colocan sobre un sustrato que permita retener la humedad y mantener una buena aireación; se utiliza mezcla de turba y perlita con otros productos como fibra de coco, corteza de pino, etc. Para su manejo se emplean bandejas de alvéolos o, más frecuentemente, pequeños pots que facilitan su repicado después del enraizamiento. El enraizamiento *ex vitro* simplifica bastante el proceso y las plantas producidas se aclimatan más fácilmente.

5. Trasplante.

Las plantas enraizadas *in vitro* se trasplantan a un sustrato, en bandejas o contenedores, y se disponen bajo nebulización en un túnel de plástico, dentro de un invernadero. Las plantas se mantienen con una alta humedad relativa para evitar su desecación.

En algunos casos las raíces formadas *in vitro* no son funcionales y perecen cuando la planta es trasplantada a un sustrato.

Las plantas enraizadas *ex vitro* se repican, después de enraizadas, a contenedores de mayor tamaño, manteniéndolas también en el túnel con nebulización en sus primeras etapas.

3.2. Fases de la aclimatación

Tanto las plantas enraizadas *in vitro* como las enraizadas *ex vitro* deben pasar por un periodo de aclimatación en invernadero para prepararlas gradualmente a las condiciones exteriores de campo.

En ocasiones es necesario dar a las plantas un tratamiento de frío a 5 °C, durante varias semanas, para romper la dormición.

La primera fase de la aclimatación se realiza en el túnel de plástico con nebulización, manteniendo las plantas trasplantadas con una alta humedad relativa. Luego se van exponiendo, gradualmente, a períodos con baja humedad para estimular su adaptación a las condiciones exteriores. Asimismo, las plantas alcanzan una actividad fotosintética normal.

Al cabo de unas 4-6 semanas, según el medio de enraizamiento, las plantas pueden ser pasadas a la segunda fase de aclimatación, manteniéndolas en el invernadero ya sin la protección del túnel de plástico. Según van creciendo las plantas se trasplantan a recipientes de mayor tamaño y se mantienen en condiciones ambientales menos forzadas, tanto de humedad como de temperatura. Esta aclimatación puede durar unas 6-8 semanas.

Finalmente suelen pasarse las plantas a un umbráculo en espera de ser trasplantadas al vivero en el campo.

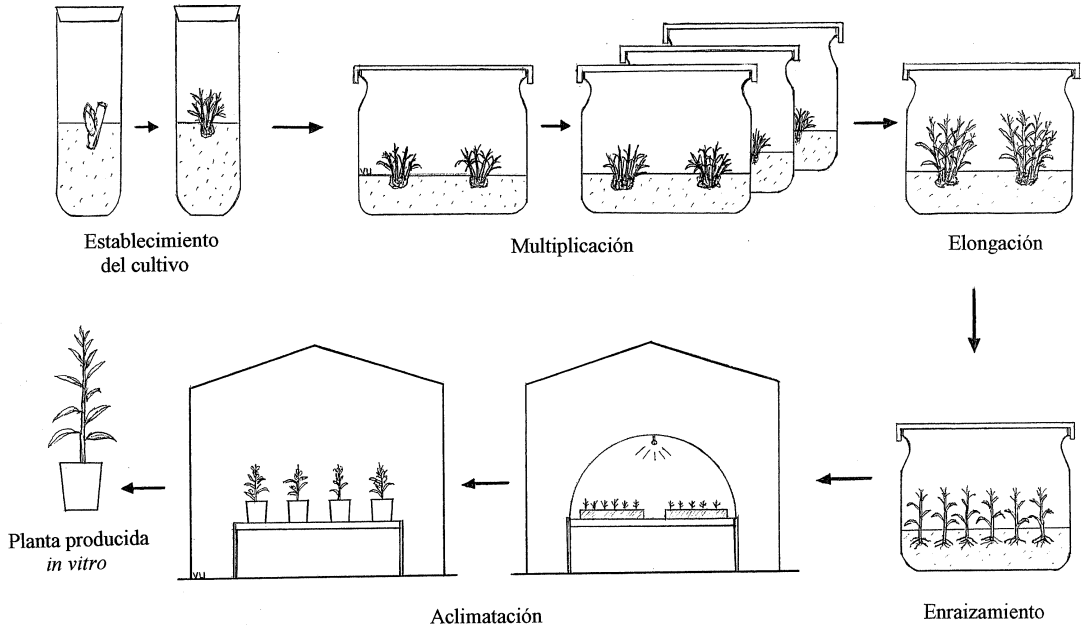


Figura 6.1. Esquema del proceso de micropropagación.

4. Producción de plantas por micropropagación

La micropropagación se aplica en frutales, principalmente, para la producción de patrones. El primer patrón producido fue el manzano (M-26, M-27, M-7) seguido de

otras especies como híbridos de melocotonero x almendro (GF-677), ciruelo (GF 655-2, San Julián A, Pixi), cerezo Santa Lucía (SL-64), almendro, etc. Luego se extiende a otras especies como el peral y más recientemente a vid y olivo. Actualmente son numerosas las especies y variedades utilizadas como patrones que se multiplican por micropropagación.

En algunos casos concretos también se produce por micropropagación planta de variedades productoras autoenraizadas, como en peral, kiwi y olivo.

En la producción de planta certificada de frutales solo esta autorizada, actualmente, la micropropagación para la producción de patrones, y con ciertas restricciones sobre el número de multiplicaciones, para disminuir los riesgos de mutación y otros inconvenientes.

La micropropagación tiene especial aplicación en las plantas que presentan dificultades de multiplicación con las técnicas tradicionales, por escaso enraizamiento o por otros motivos. En estos casos, aunque la producción en campo sea simple y barata, los bajos rendimientos conseguidos hacen que la micropropagación resulte más competitiva.

Mediante la micropropagación también pueden conservarse los recursos fitogenéticos de frutales en bancos de germoplasma. Las plantas se mantienen en condiciones de crecimiento mínimo para evitar repicados frecuentes. De esta forma la conservación de variedades autóctonas y de genotipos obtenidos en los procesos de mejora genética no requiere tanto espacio como en la implantación de las colecciones en campo; además se reducen los costes de mantenimiento. Aunque ello también conlleva un mayor riesgo y requiere mucha más especialización.

Actualmente, en nuestro País, son varios los viveros especializados que producen planta por micropropagación. La cantidad de planta producida es baja respecto a las otras técnicas de propagación, pero sigue en ligero aumento.

El mayor conocimiento que se tiene de los requerimientos del proceso y del medio de cultivo, junto con la mejora en los medios técnicos, hace que se incorporen a esta producción viverística más especies y que sus posibilidades sean prometedoras. Aunque esta técnica tendrá que competir con la facilidad y el bajo coste que tiene la producción en campo de muchos patrones.

5. Otros métodos de propagación vegetativa

Dentro de la propagación vegetativa, además de las técnicas ya descritas de estaquillado, acodo, injerto y cultivo *in vitro*, existen para determinadas especies frutales métodos específicos que tradicionalmente han sido utilizados y que en algunos casos ya están en desuso.

Estos métodos vienen determinados por las características morfológicas y la capacidad que tienen algunas especies para generar nuevas plantas o rebrotes, una vez establecido su cultivo; por lo que más bien resulta un aprovechamiento secundario de la planta que una técnica de propagación, salvo que éste sea su principal sistema de propagación como, por ejemplo, en la platanera.

Las plantas producidas a partir de rebrotes o división de cepas tendrán las mismas características genéticas que la planta madre que las origina. Pero también portan las posibles enfermedades de la planta madre, especialmente virosis, al provenir de plantaciones, en muchos casos, envejecidas y no controladas, lo que ha sido un gran problema para los frutales propagados tradicionalmente por estos métodos.

Además, en árboles frutales la producción de rebrotes es una característica muy negativa para la producción frutal, ya que son una competencia para el árbol y requieren su eliminación constante; por lo que las variedades que presentan esta característica no son buenas para patrones.

A continuación se comentan brevemente los métodos particulares de propagación por fragmentación más extendidos.

5.1. Aprovechamiento de sierpes

Consiste en obtener nuevas plantas a partir de los brotes originados por las yemas adventicias formadas en las raíces y que salen a la superficie por toda la zona ocupada por el sistema radical, aunque con mayor frecuencia en su mitad más próxima al tronco, según se representa en la Figura 6.2.

Estos brotes reciben los nombres de sierpes o pollizos.

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

etc. Esta característica es más acentuada en unas variedades que en otras y se potencia en los sistemas radicales muy superficiales y con la rotura de raíces por laboreo. El patrón de ciruelo Pollizo de Murcia, considerado como autóctono de la región, era multiplicado, frecuentemente, mediante el aprovechamiento de sierpes o pollizos en plantaciones frutales de ciruelo, de ahí su denominación.

Las sierpes se extraen en el periodo de reposo cortando una pequeña porción de raíz sobre la que se asientan. En muchos casos, estos brotes también emiten raíces en la parte basal enterrada, de forma similar a un acodo.

Este aprovechamiento está hoy día en desuso, excepto para la propagación del endrino (*Prunus spinosa*) por la dificultad que presenta su estaquillado e injerto.

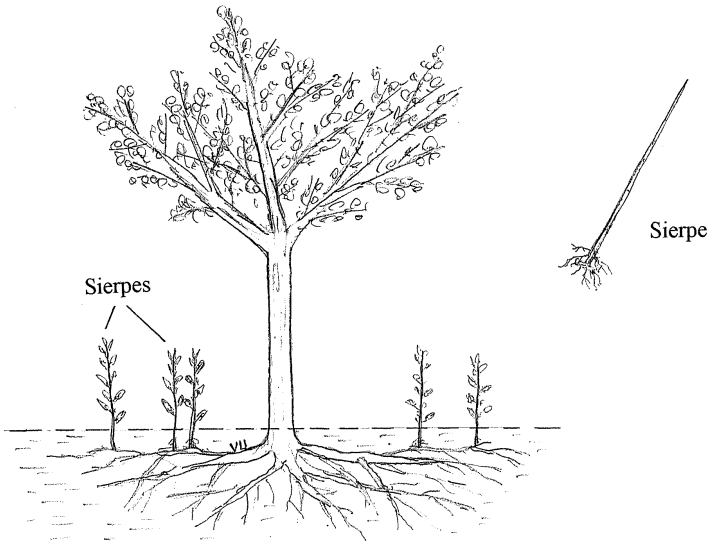


Figura 6.2. Árbol con emisión de sierpes.

5.2. Aprovechamiento de hijuelos

Los hijuelos son brotes enraizados que se han originado a partir de yemas ubicadas en el cuello de la planta. También reciben los nombres de retoños, renuevos y retallos, y en el caso de la platanera se denominan hijos.

El aprovechamiento de hijuelos ha sido muy usado para propagar especies con formas arbustivas, como avellano, granado e higuera, y se sigue utilizando para propagar especies con forma de mata, como grosellero, frambueso y zarzamora. Es el método normal de propagar la platanera y la piña En la Figura 6.3 se representa la producción de hijuelos en avellano y platanera.

Los hijuelos se extraen de la época de reposo. Para ello se desaporca el cuello de la planta y se cortan a ras del tronco los ramos enraizados. Si tienen un buen sistema radical y son vigorosos se pueden implantar directamente en la nueva plantación frutal. Cuando el número de raíces es escaso o los ramos son débiles se implantan en el vivero para desarrollarlos suficientemente.

Con el tiempo, según se van extrayendo hijuelos, el cuello de la planta se ensancha cada vez más. En el caso de matas se pueden arrancar y dividirlas en varios pies, como método de multiplicación, lo que es muy usado en frambueso y grosellero.

En formas arbustivas, como el avellano, los rebrotes nacidos de la base del tronco dan plantas con menor predisposición a originar nuevos retoños que los procedentes de sierpes, y entran antes en producción; por lo que suelen ser preferibles para las nuevas plantaciones.

En la platanera, la ramificación de su rizoma (ñame) origina nuevos hijuelos (hijos) que son utilizados para su propagación (Figura 6.3). Los hijuelos salen del rizoma alrededor de la base del falso tallo originado por las vainas foliares. Cuando la planta ha dado los frutos ("piña") se corta el tallo y se deja en el terreno uno de los hijos producidos, el cual dará lugar a una nueva "piña".

De esta planta se extrae mediante un corte inclinado, la base del anterior tallo y una parte de rizoma, lo que se denomina "plato", que constituye el material de multiplicación. El "plato" puede ser sin hijos, si sólo porta yemas, o bien tener desarrollado un hijo de unos 30-40 cm.

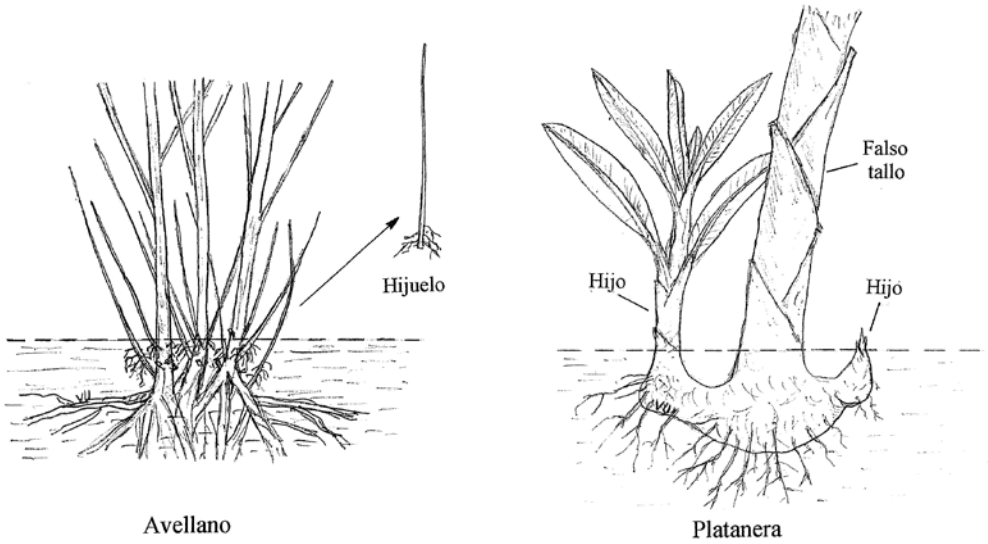


Figura 6.3. Producción de hijuelos.

5.3. Propagación mediante zuecas

Las zuecas son protuberancias desarrolladas en la base del tronco, en la zona de unión de las raíces con el tronco, y contienen masas hiperplásticas u óvulos que forman iniciadores caulinares y radicales, por lo que tienen una gran capacidad para emitir brotes y raíces. Las zuecas también reciben el nombre de óvulos.

La utilización de zuecas ha sido uno de los métodos tradicionales para propagar el olivo, pero está en desuso desde hace años al ser sustituido por el estaquillado semileñoso.

Las zuecas se extraen de la parte basal de los troncos (peana) de olivos viejos. La porción de astilla desprendida puede ser pequeña o grande, de 10 a 25 cm y de 0,5 kg a 5-6 kg, según vaya a ser implantada en vivero o en la plantación definitiva. En general las zuecas portan los rebrotes emitidos en la peana, y si se extraen de la parte enterrada suelen portar raíces. También, separando cada rebrote con un pequeño trozo de zueca en su base y haciendo una estaca con ellos se logra enraizarlas fácilmente en el vivero. Se pueden extraer 4 o 5 zuecas por tronco sin perjudicar al olivo, lo que dependerá del tamaño de la peana.

En la Figura 6.4 se representa una zueca extraída de la peana de un olivo y rebrotes con un trozo de zueca preparados para su enraizamiento.

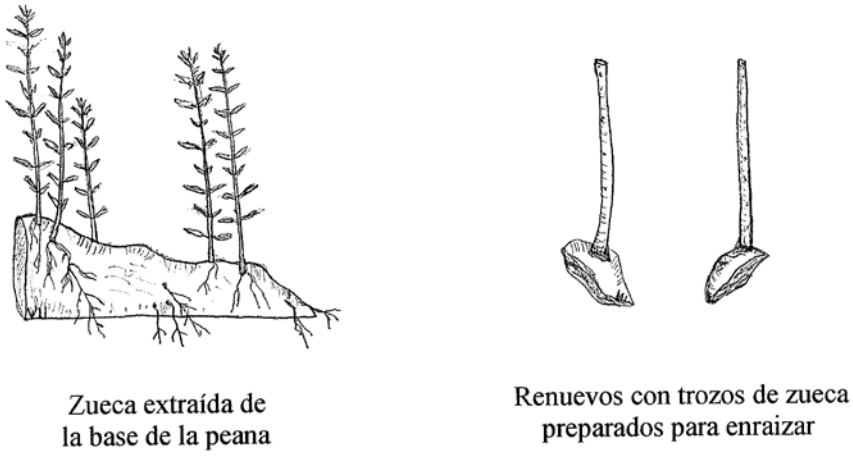


Figura 6.4. Propagación por zuecas en olivo.

6. Bibliografía (Capítulo 6. Micropropagación y otros métodos de propagación vegetativa)

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:

A) Micropropagación

Baldini, E. 1992. *Arboricultura general.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 384 pp., [44-48].

Debergh, P.C.; Zimmerman, R.H. (Eds.). 1991. *Micropropagation. Technology and application.* Kluwer Academic Publishers. Dordrecht (Netherlands). 484 pp., [1 - 93, 231 - 263].

George, E.F. 1996 (2nd Ed.). *Plant propagation by tissue culture.* Exegetics Limited. Edington, Wilts (England). 1361 pp., [1018 - 1086].

Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* CECSA. México. 760 pp., [549 - 622].

Hurtado, D.V.; Merino, M.E. (Eds.). 1987. *Cultivo de tegidos vegetales.* Editorial Trillas. México. 232 pp., [15 - 47, 67 - 85, 133 - 148].

Jones, O. P. 1993. *Propagation of apple in vitro.* En Ahuja, M.R. (Ed.). *Micropropagation of woody plans.* Kluwer Academic Publishers. Dordrecht (Netherlands). 570 pp., [167 - 186].

Leva, A. R.; Petruccelli, R.; Goretti, R. 2002 *La micropropagazione dell'olivo: una biotecnologia per un moderno vivaismo olivicolo.* Frutticoltura, N.º 10: 29-34.

Margara, J. 1984. *Bases de la multiplication vegetative. Les méristèmes et l'organogenèse.* INRA. París. 262 pp., [159 - 163, 187 - 218].

Marín, J.A. 1993. *Micropropagación de especies frutales.* Hortofruticultura, N.º 1-1993: 56 - 72.

Macdonald, B. 1986. *Plant propagation for nursery growers. Vol I.* Timber Press. Portlan, Oregon (USA). 669 pp., [595 - 631].

Negueroles, J. 1978. *Micropropagación de especies frutales.* ITEA, N.º 33: 58 - 64.

Pierik, R.L.M. 1990. *Cultivo in vitro de las plantas superiores.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 326 pp., [29 - 132, 169 - 226].

Porras, A.; Fernández-Aparicio, M. 2002. *Cultivo in vitro de la vid.* Viticultura y Enología Profesional, N.º 79: 37-47.

B) Otros métodos de propagación vegetativa

Alvarez, F.J. 1981. *Cultivo de la platanera.* Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid. 255 pp., [21 - 25, 61 - 69].

Calderón, E. 1983 (2ª ed.). *Fruticultura General, 1ª Parte*. Limusa. México. 759 pp., [541 - 545].

Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* CECSA. México. 760 pp., [515 - 543].

Loussert, R.; Brousse, G. 1980. *El olivo.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 533 pp., [72 - 73, 159 -166].

Paglietta , R. 1986. *El frambueso.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 131 pp., [51 -55].

Actividades prácticas recomendadas
(Capítulo 6. Micropropagación y otros métodos de propagación vegetativa)

1 [Laboratorio]. Con los brotes tomados de las plantas madres de híbrido M x A: GF-677, o de otras plantas, extraer porciones y someterlas a desinfección con hipoclorito de calcio, y después lavarlas. Luego, en la cámara de flujo de aire laminar, cortarlas dejando una pequeña porción e introducirlas en tubos de ensayo con un medio de cultivo previamente facilitado. Finalmente, colocar los tubos en la cámara de cultivo. Una vez brotadas comprobar la eficacia de la desinfección.

2 [Laboratorio]. En la cámara de flujo de aire laminar, a partir de explantos proliferados realizar subcultivos en frascos previamente facilitados ya con el medio de cultivo. Después de su cultivo en cámara climatizada durante 4-5 semanas, determinar la tasa de multiplicación.

3 [Laboratorio]. En la cámara de flujo de aire laminar, a partir de explantos proliferados y elongados, realizar el corte de los brotes y colocarlos en frascos, previamente facilitados, con un medio de enraizamiento. Después pasarlos a la cámara de cultivo y controlar la emisión de raíces.

4 [Laboratorio-invernadero]. Traspasar a un sustrato en bandejas de alvéolos la planta enraizada *in vitro*. Colocar las bandejas en el invernadero en un túnel de plástico con nebulización, reducir gradualmente las condiciones de humedad y controlar su crecimiento.

5 [Invernadero]. Repicar a contenedores individuales la planta producida en la actividad anterior y pasarla a su cultivo sobre mesas en el invernadero. Controlar su crecimiento.

6 [Campo]. En plantas de peral producidas por micropropagación, implantadas en el Campo de Prácticas, observar y analizar la repercusión de los caracteres juveniles que puedan presentar.

7 [Campo]. En las plantaciones del Campo de Prácticas extraer las sierpes producidas por árboles injertados sobre ciruelo o emitidas por las plantas madres de estaquillas. Observar y analizar sus características y prepararlas para su utilización como patrones en el vivero.

8 [Campo]. Arrancar una planta de frambueso rojo del Campo de Prácticas y mediante división separar los diferentes brotes para obtener nuevas plantas.

9 [Campo]. En las plantas de avellano del Campo de Prácticas extraer los rebrotes emitidos. Observar y analizar sus características, y prepararlas para su implantación en el vivero.

10 [Campo]. En una plantación vieja de olivos extraer pequeñas porciones de zuecas de la base de su peana y luego colocarlas en un sustrato en contenedores, en el invernadero. Observar y controlar la producción de raíces y brotes hasta obtener nuevas plantas.

Cuestionario de evaluación

(Capítulo 6. Micropropagación y otros métodos de propagación vegetativa)

1. ¿En qué consiste la micropropagación y cuándo fue puesta a punto esta técnica para los frutales?

2. ¿En qué se basa la micropropagación y para qué se utiliza? ¿Qué aplicación viverística tiene en frutales?

3. ¿Qué características tienen las plantas obtenidas mediante micropropagación?. Citar sus aspectos positivos y negativos

4. ¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes que presenta la micropropagación respecto a las otras técnicas de propagación vegetativa?

5. ¿Qué instalaciones se requieren para la micropropagación? Describir la utilidad de cada una de ellas.

6. ¿Qué condiciones especiales requiere la manipulación de la planta para el cultivo *in vitro*?

7. ¿Qué influencia tienen las condiciones ambientales sobre los resultados de la micropropagación?

8. ¿De qué se compone el medio nutritivo utilizado para el cultivo *in vitro*? ¿Qué tipos de medios de cultivo se emplean durante el proceso?

9. ¿Cuáles son las fases del proceso de micropropagación? Describir los fenómenos fisiológicos fundamentales que se llevan a cabo en cada una de ellas.

10. ¿Qué operaciones se realizan para el establecimiento del cultivo y durante la fase de multiplicación?

11. ¿Cómo se lleva a cabo el enraizamiento de los brotes? Describir los diferentes medios utilizados.

12. ¿Cuáles son las fases de la aclimatación de la planta después del cultivo *in vitro* y cómo se lleva a cabo?

13. ¿En qué consiste el aprovechamiento de sierpes y qué características tiene la planta producida?

14. ¿En qué consiste el aprovechamiento de hijuelos y en qué especies se utiliza?

15. ¿Qué son las zuecas y para qué se utilizan? Describir el proceso de obtención de planta mediante zuecas.

TÍTULOS PUBLICADOS DE LA COLECCIÓN MONOGRAFÍAS DE FRUTICULTURA

N.º 1. Urbina, V. : *Legislación y aspectos básicos sobre planta de vivero de frutales.* 108 págs. 1999.

N.º 2. Urbina, V. : *Viveros de frutales, cítricos y vid*. 182 págs. 1999.

N.º 3. Urbina, V. : *El sistema productivo en explotaciones frutales*. 205 págs. 2000.

N.º 4. Urbina, V. : *Guía para la elaboración de proyectos de explotaciones frutales*. 220 págs. 2000.

N.º 5. Urbina, V. : *Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales.* 211 págs. 2001.

N.º 6. Urbina, V. : *La fructificación de los frutales.* 223 págs. 2002.

N.º 7. Urbina, V. : *Propagación de los frutales.* 252 págs. 2005.

En preparación:

N.º 8. - Urbina, V. : *Prácticas de Fruticultura General*

Paperkite Editorial

Para pedidos o suministros: Copistería Técnica S.A.; Vallcalent, 7-Bajos; 25006 - Lleida
E-mail: copitec@copisteriatecnica.com - Tel.: 973-273232 y 973-702542. - Fax: 973-273863
www.copisteriatecnica.com