

TRATADO DE FRUTICULTURA

para zonas áridas y semiáridas



higuera



alcaparro



nopal

Vol. I ▶ El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal.

Pablo Melgarejo Moreno



AMV. EDICIONES



MUNDI-PRENSA

**TRATADO DE FRUTICULTURA
PARA ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS
Volumen I**

**EL MEDIO ECOLÓGICO, LA HIGUERA,
EL ALCAPARRO Y EL NOPAL**

PABLO MELGAREJO MORENO

Dr. Ingeniero Agrónomo
Catedrático de E. U. de Cultivos Leñosos
Escuela Politécnica Superior de Orihuela
Universidad Miguel Hernández

1ª. Edición - Año 2000



AMV EDICIONES



MUNDI PRENSA

TRATADO DE FRUTICULTURA PARA ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS (Vol. 1)
El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nojal

99 Pablo Melgarejo Moreno
1ª edición, Año 2000

Editan:

A. MADRID VICENTE, EDICIONES
Calle Almansa, 94 - 28040 MADRID (España)
TEL. 91 533 69 26 - Fax: 91 553 02 86
E-mail: amadrid@acta.es
Internet: www.amvediciones.com

MUNDI-PRENSA

Calle Castelló, 37 - 28001 MADRID (España)
TEL. 91 436 37 00 - Fax: 91 575 39 98
E-mail: lilveria@mundiprensa.es
Internet: www.mundiprensa.com

I.S.B.N.: 84-89922-47-0 (A. Madrid Vicente, Ediciones)
I.S.B.N.: 84-7114-910-9 (Mundi-Prensa)
Depósito Legal: MU-1.543/2000
Impresor: PICTOCRAFÍA, S.L.
Carril de la Parada, 3 - 30010 MURCIA

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTA OBRA.

**TRATADO DE FRUTICULTURA
PARA ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS**

**Volumen I
EL MEDIO ECOLÓGICO, LA HIGUERA,
EL ALCAPARRO Y EL NOPAL**

**Volumen II
EL GRANADO, EL ALGARROBO, LA JOJOBA,
EL AZUFAIFO Y LA PALMERA DATILERA**

**Volumen III
LA VID, EL OLIVO Y EL ALMENDRO**

Prólogo

Cuando un “compañero y sin embargo amigo” (el profesor Melgarejo y yo somos ambas cosas desde hace tiempo) te pide que le prologues un libro del que es autor, uno siente al mismo tiempo que la satisfacción por la deferencia que supone, una gran alegría porque siempre prologar un texto profesional de la materia que se conoce, es una actividad gratificante.

En este caso y a pesar de esas sensaciones he leído con detenimiento el libro: siempre lo hago pero en esta ocasión con más interés de lo normal. Y tengo que reconocer, que me pongo a escribir este prólogo, también con más entusiasmo, porque creo sinceramente que se trata de un libro de gran valor profesional y práctico, que ayudará seguro, a todos los interesados en la Fruticultura. El trabajo que el profesor Melgarejo ha realizado y presenta, de análisis y recopilación de textos anteriores; de aportación de experiencia y vivencias propias; de actualización, modernización y puesta al día de conceptos frutícolas básicos; y también de aplicación de todo ello al caso concreto del sudeste español y a un conjunto de especies frutales, siempre minusvaloradas y postergadas frente a las clásicas, nos parece del máximo interés e importancia, y constituye, a nuestro juicio, un paso delante de gran valor entre los textos frutícolas españoles.

El libro, que se presenta como una entrega inicial (a completar posteriormente con otras dos que se referirán a otras especies frutales propias de zonas áridas), tiene dos partes muy claramente diferenciadas. En la primera, se caracteriza de forma enciclopédica, el medio ecológico de estas regiones frutícolas españolas y sus principales factores condicionantes climáticos y edafológicos; nunca antes este tema se ha tratado en español de forma tan amplia, tan moderna y con referencias y datos tan concretos.

Después en la segunda parte de este libro, el autor, incluye auténticas monografías sobre la higuera, el alcaparro y la chumbera, con un gran porcentaje de experiencia propia y consideraciones regionales y locales, aplicadas a estas especies, sobre las que hay poca bibliografía previa fiable en España. ¡Bienvenida la aportación, y que las dos entregas restantes se completen pronto!

Como antes he dicho me satisface firmar esta presentación: felicito al profesor Melgarejo por su ingente trabajo y por su aportación y creo que con su obra, toda la comunidad frutícola española y mediterránea sale beneficiada.

Madrid, junio de 2000

Fernando Gil-Albert Velarde

Catedrático de Arboricultura Frutal de la Universidad Politécnica de Madrid

Prólogo del autor

El presente trabajo constituye un intento de puesta al día de los conocimientos sobre algunas especies frutales subutilizadas y no por ello menos importantes para algunas áreas del Planeta, como son las regiones áridas y semiáridas. Ello no significa que éstas no puedan constituir una alternativa frutal rentable a otros frutales mucho más importantes económicamente. De hecho hoy puede demostrarse que ciertas especies subutilizadas no solamente constituyen una solución parcial para las regiones indicadas, sino que en muchísimas ocasiones pueden competir con los frutales más rentables; para ello basta con prestar la atención necesaria a la elección del material vegetal y a las técnicas de cultivo, manipulación y comercialización adecuadas para cada especie. De las especies tratadas en esta obra, algunas están realmente subutilizadas y, a veces, se les llama inadecuadamente especies frutales menores: *higuera*, *alcaparro*, *nopal*, *palmera datilera*, *granado*, *algarrobo*, *azufaijo* y *jojoba*. Varias requieren gran cantidad de mano de obra, presentando por ello mayores expectativas de futuro, en general, en países subdesarrollados; todas ellas son capaces de adaptarse a las peores condiciones de cultivo. Otras especies tratadas, *vid*, *olivo* y *almendro*, aunque pueden considerarse plantas de gran cultivo, también son capaces de adaptarse a zonas de secano, de suelos calizos, pobres, etc., en las que otros muchos frutales no constituirían una alternativa frutal rentable. Por tanto, los frutales estudiados, aunque no son los únicos, constituyen un grupo de especies capaces de explotación rentable, además de presentar algunas ventajas sociales y ecológicas de gran interés.

Este tratado de fruticultura se ha estructurado en tres volúmenes. El vol. I comprende cuatro capítulos: *El medio ecológico. Factores limitantes para el cultivo frutal; la higuera; el alcaparro y el nopal*. En el primer capítulo se aborda el estudio de distintos índices climáticos, con objeto de definir aquellas áreas que normalmente denominamos áridas y semiáridas abordando, a continuación, los principales factores climáticos y edáficos que determinan el cultivo frutal, con especial hincapié en el área del sudeste español. Esta región es una de las más áridas de España, donde algunos de estos frutales han tenido o pueden tener un gran desarrollo. En los siguientes capítulos se aborda de manera monográfica el estudio del cultivo de la higuera, del alcaparro y del nopal.

El vol. II constará de cinco capítulos dedicados al estudio monográfico de *el granado, el algarrobo, la jojoba, el azufaijo y la palmera datilera*, y en el vol. III se estudiarán los cultivos de *la vid, el olivo y el almendro*.

Índice

CAPÍTULO I.

EL MEDIO ECOLÓGICO. FACTORES LIMITANTES PARA EL CULTIVO FRUTAL.

1. Factores limitantes para la producción frutal	19
2. Clasificación del clima	20
2.1. Índices termopluviométricos	21
2.1.1. Índice de Lang	21
2.1.2. Índice de Martonne	22
2.1.3. Índice de Dantín Cereceda y Revenga	23
2.2. Clasificación climática de Thornthwaite	24
2.3. Clasificación bioclimática UNESCO-FAO	28
2.4. Clasificación agroecológica de Papadakis (1960)	33
2.5. Climatología de algunas provincias del sur y sureste español	41
3. Factores climáticos	47
3.1. Introducción	47
3.2. El período de reposo de los frutales	48
3.3. Temperaturas invernales	50
3.3.1. Efectos de las bajas temperaturas invernales	51
3.3.1.1. Evaluación del riesgo de helada invernal	52
3.3.2. Efectos de las temperaturas elevadas en invierno	52
3.3.3. Necesidad de frío invernal	53
3.3.3.1. Fenómenos que ocasiona la deficiencia de frío invernal	56
3.3.4. Salida del reposo	58
3.3.5. Influencia del patrón en las necesidades de frío	59
3.3.6. Compensadores de frío	59
3.3.6.1. Técnicas de cultivo	60
3.3.6.2. Técnicas de mejora genética	63
3.3.7. Medida del frío invernal	64
3.3.7.1. Horas-frío (hf)	65
3.3.7.2. Unidades de frío (Uf)	70
3.4. Temperaturas primaverales	76
3.4.1. Efectos de las bajas temperaturas primaverales	76
3.4.2. Evaluación del riesgo de heladas primaverales	78
3.4.3. Métodos de defensa contra heladas primaverales	80

3.5. Temperaturas elevadas de primavera. Efectos	85
3.5.1. Necesidades de calor de los frutales.	86
3.6. Temperaturas estivales y otoñales. Efectos	92
3.7. Pluviometría e higrometría.	93
3.8. Luz e insolación	97
3.9. Viento	100
3.10. Granizo y pedrisco	105
3.11. Nieve.	107
4. Factores edáficos	107
4.1. Características físicas del suelo. Factores limitantes	107
4.1.1. Profundidad	107
4.1.2. Textura y permeabilidad.	108
4.1.3. Pendiente	112
4.2. Características químicas del suelo. Factores limitantes	113
4.2.1. Contenido en caliza activa y valor de pH.	113
4.2.2. Clorosis férrica	114
4.2.3. Salinidad.	116
4.2.3.1. Efectos de la salinidad en los frutales.	118
4.2.3.2. Corrección de la salinidad.	121
4.2.4. Fertilidad	123
4.2.5. Calidad del agua de riego.	127

CAPÍTULO II. LA HIGUERA

1. Introducción.	129
2. Referencias históricas	130
3. Origen y sistemática	132
4. Importancia del cultivo	133
5. Morfología	136
5.1. Sistema radicular	137
5.2. Sistema aéreo	137
5.2.1. Copa	137
5.2.2. Tronco y ramas.	137
5.2.3. Yemas	138
5.2.4. Hojas	142
5.2.5. Flores	142
5.2.6. Frutos	147
6. Fisiología.	149

6.1. Reposo y necesidades de frío invernal	149
6.2. Polinización. Desarrollo y maduración de los higos	150
6.3. Otros aspectos del desarrollo de los ramos e higos	152
6.4. Actividad fotosintética	154
6.5. Formación de laticíferos	154
7. Fenología de la higuera	154
8. Patrones y variedades	158
8.1. Patrones	158
8.2. Variedades	158
8.2.1. Variedades tipo Esmima	159
8.2.1.1. Esmima	159
8.2.2. Variedades comunes (partenocárpicas)	160
8.2.2.1. Calabacita	160
8.2.2.2. Cuello de Dama Blanco	161
8.2.2.3. Cuello de Dama Negro	162
8.2.2.4. De Rey	162
8.2.2.5. San Antonio	163
8.2.2.6. La Casta	163
8.2.2.7. Colar	163
8.2.2.8. Hoja Ancha o Flor Ancha	164
8.2.2.9. Goina	164
8.2.2.10. Verdal	164
8.2.2.11. Nazaret	165
8.2.3. Variedades tipo San Pedro	166
8.2.3.1. Tiberio	166
8.2.3.2. Lampaga	166
8.3. Consideraciones sobre mercados, variedades y posibilidades de expansión	166
9. Propagación	167
9.1. Reproducción por semilla	167
9.2. Multiplicación por estaquillas	168
9.3. Injerto	169
9.4. Otros métodos de propagación	170
10. El medio ecológico	170
10.1. Clima	170
10.2. Suelo	171
11. Necesidades de agua y de fertilizantes	173
11.1. Necesidades de agua	173
11.2. Necesidades de fertilizantes	176
12. Plantación	179

12.1. Preparación del terreno	179
12.2. Abonado de fondo	180
12.3. Riego de plantación y otros cuidados	180
13. Cultivo	181
13.1. Labores de cultivo	181
13.2. El no cultivo	182
14. Conducción o poda de la higuera	183
14.1. Poda de formación	183
14.2. Poda de producción	184
14.3. Poda de rejuvenecimiento	188
15. Plagas, enfermedades y fisiopatías	188
15.1. Plagas	189
15.2. Enfermedades	196
15.3. Fisiopatías	200
15.4. Otros accidentes	200
16. Maduración anticipada	200
16.1. Uso de aceites vegetales	201
16.2. Utilización de reguladores del crecimiento	202
17. Recolección	203
17.1. Épocas de recolección	203
17.2. Técnicas de recolección	204
17.3. Rendimientos	205
18. Proceso de manipulación y conservación	206
18.1. Producto fresco	206
18.2. Producto seco	208
19. Composición nutritiva	209
20. Aplicaciones alimentarias, dietéticas, medicinales y otras	211
20.1. Aplicaciones alimentarias	211
20.2. Aplicaciones dietéticas y medicinales	212
20.3. Otras aplicaciones	212
21. Comercialización	212
21.1. Comercio interior	212
21.2. Comercio exterior	213
22. Descriptores de la higuera	213
23. Colecciones europeas de higueras	217

CAPÍTULO III. LA TAPENERA

1. Introducción	225
---------------------------	-----

2. Referencias históricas	227
3. Origen y sistemática	228
3.1. Origen	228
3.2. Sistemática	230
3.3. Nombres que recibe la planta, holón floral y fruto en distintos idiomas	230
4. Morfología y fisiología	231
4.1. Morfología	231
4.1.1. Raíz	231
4.1.2. Tronco y ramas	232
4.1.3. Yemas	233
4.1.4. Hojas	233
4.1.5. Espinas	233
4.1.6. Flores	234
4.1.7. Frutos	235
4.2. Fisiología	236
4.2.1. Crecimiento	236
4.2.2. Floración y fructificación	237
5. Ecología y valor ecológico de la tapenera	238
6. Exigencias climáticas de la tapenera	239
6.1. Exigencias térmicas	239
6.2. Humedad y luminosidad	239
7. Plantación y labores de cultivo	240
7.1. Preparación del terreno y plantación	241
7.1.1. Preparación del terreno	241
7.1.2. Abonado de fondo	241
7.1.3. Marqueo y apertura de hoyos	242
7.1.4. Plantación	242
7.2. Podas	243
7.3. Necesidades nutritivas	245
7.4. Necesidades hídricas	246
8. Propagación de la tapenera	248
8.1. Propagación por semilla	248
8.1.1. Sistemas de siembra	249
8.1.2. Cuidados del semillero	250
8.2. Propagación vegetativa	251
8.2.1. Multiplicación por estaquilla	251
8.2.1.1. Multiplicación por estaquilla leñosa	251
8.2.1.2. Multiplicación por estaquilla herbácea	252
8.2.2. Multiplicación por injerto	253

8.2.2.1. Injerto de plantas jóvenes	253
8.2.2.2. Injerto de plantas adultas	254
9. Patrones y variedades	254
9.1. Patrones	254
9.2. Variedades	254
10. Estudios básicos para la tipificación de tapenera y caracteres exigibles	256
11. Accidentes, plagas y enfermedades	257
11.1. Accidentes	257
11.2. Plagas	257
11.3. Enfermedades	258
12. Recolección	259
12.1. Sistemas de compra-venta del producto	259
12.2. Época de recolección	259
12.3. Método de recolección	260
12.4. Rendimientos	260
12.5. Resumen de normas básicas para la recolección de los distintos órganos	263
13. Aprovechamientos e industrialización	264
13.1. Proceso de elaboración de tápenas y caparrones	265
14. Norma de calidad	269
15. Comercialización	279
15.1. Producción y comercio interior	279
15.2. Comercio exterior	283
15.2.1. Importaciones	284
16. Usos típicos de algunas especies de alcaparra	284
17. Composición química de la alcaparra	287

CAPÍTULO IV.

NOPAL

1. Introducción	297
2. Referencias históricas	299
3. Origen y sistemática	300
3.1. Origen	300
3.2. Sistemática	301
3.3. Nombres que recibe en distintos idiomas	303
4. Morfología y fisiología	303
4.1. Morfología	303
4.1.1. Raíz	303
4.1.2. Tallo	304

4.1.3. Hojas	306
4.1.4. Espinas	307
4.1.5. Areola	307
4.1.6. Flores	308
4.1.7. Fruto	308
4.1.8. Semillas	310
4.2. Fisiología	310
4.2.1. Crecimiento	312
5. Ecología y valor ecológico del nopal	312
6. Plantación y labores de cultivo	314
6.1. Preparación del terreno y plantación	314
6.1.1. Preparación del terreno	314
6.1.2. Ahonado de fondo y de cobertera	314
6.1.3. Marqueo, apertura de hoyos y plantación	315
6.2. Podas	317
6.2.1. Poda de formación	317
6.2.2. Poda de producción	319
6.2.3. Poda de rejuvenecimiento	319
6.3. Necesidades nutritivas	320
6.4. Necesidades hídricas	321
6.5. Laboreo y/o aplicación de herbicidas	322
7. Propagación del nopal	322
7.1. Propagación por semilla	323
7.2. Propagación vegetativa	323
7.2.1. Multiplicación por cladodios completos	323
7.2.2. Multiplicación por fracciones de cladodios	324
7.2.3. Propagación por cultivo de tejidos	325
7.2.4. Propagación por injerto	326
8. Orientaciones productivas y material vegetal utilizado	326
8.1. Producción de frutos	326
8.1.1. Estimación de los gastos de cultivo	328
8.1.2. Adelanto de la cosecha	329
8.1.3. Retraso de la cosecha	329
8.2. Producción de verdura	330
8.2.1. Cultivo al aire libre	330
8.2.2. Cultivo en microtúneles	331
8.3. Producción de forraje	331
8.4. Producción de cochinilla	333
9. Estudios básicos para la tipificación del nopal y caracteres exigibles	334
10. Accidentes, plagas y enfermedades	335

10.1. Accidentes	335
10.2. Plagas	335
10.3. Enfermedades	339
11. Recolección	340
12. Aprovechamientos e industrialización	340
12.1. Productos tradicionales obtenidos del fruto	341
12.2. Productos industriales obtenidos del fruto	341
12.3. Productos industriales obtenidos de los cladodios	341
12.4. Nopal verdura	342
12.5. Producción de forraje	342
12.6. Uso medicinal	342
12.7. Producción de grana o cochinilla	342
12.8. Formación y conservación de suelos	343
13. Comercialización	343
13.1. Producción y comercio interior	344
14. Características tecnológicas de la pulpa y composición química de cladodios	345
15. Descriptores y base de datos de material de nopal en las colecciones europeas participantes en el proyecto de la U.E. RESGEN29-C195	346
15.1. Descriptor list for cactus pear	346
15.2. Base de datos de material vegetal de nopal	349
Glosario	361
Bibliografía	369
Indices	
Tablas	375
Figuras	377
Gráficos	378
Fotografías	378

CAPÍTULO I

EL MEDIO ECOLÓGICO, FACTORES LIMITANTES PARA EL CULTIVO FRUTAL

1. FACTORES LIMITANTES PARA LA PRODUCCIÓN FRUTAL

Son muchos los factores que pueden limitar la producción frutal. Éstos suelen agruparse en tres grandes grupos: climáticos, edáficos y el material vegetal utilizado; cada uno de éstos grupos está determinado a su vez por sus componentes y por las interacciones entre ellos. Así, al referirnos a los factores climáticos podemos citar la temperatura y sus efectos en cada momento del ciclo anual, la iluminación, la pluviometría, etc.; respecto a los factores edáficos hay que considerar el tipo de suelo, la salinidad, la pendiente, etc. y en cuanto al material vegetal no sólo hay que tener en cuenta la calidad de la cosecha y otras características de la variedad sino también al patrón, la interacción entre ambos y la de éstos con el medio.

Por otro lado, a la dificultad para determinar la elección de una zona para realizar una plantación frutal y a la que conlleva la elección de la combinación patrón-injerto, hay que sumar el gran inconveniente que se deriva del hecho de ser una plantación leñosa, en comparación con otra de tipo herbáceo, pues en los años que tarda en alcanzar el estado de plena producción pueden producirse cambios en los gustos de los consumidores o haber aparecido en el mercado nuevas variedades más productivas, de mayor calidad o más precoces/tardías, que desaconsejen seguir cultivando una plantación frutal que todavía no se ha amortizado. Otros factores, como el precio de la tierra o la disponibilidad de agua y su calidad, han de ser considerados a la hora de realizar la inversión; así pues, en ocasiones es mucho más rentable adquirir una finca libre de heladas que otra mucho más barata pero en la que existe un riesgo considerable de heladas.

Los factores citados hasta el momento pueden considerarse como *factores estructurales* o *fijos*, sin embargo existen otros más fácilmente modificables, pero no por ello carentes de peso específico, a los que podemos denominar *variables* o *no estructurales*; entre estos últimos debemos considerar a título orientativo, que no limitativo, los siguientes: programación de las labores culturales, tipo de poda, nutrición hídrica y mineral y sistemas de evaluación y control, cultivo/no cultivo, empleo de maquinaria que facilite las operaciones agrícolas y por tanto reduzca los costes de las mismas, efectos del paso de la maquinaria por la plantación, tipo de tratamientos fitosanitarios, uso de productos hormonales, etc.

Lo expuesto pone claramente de manifiesto la multitud de factores que influyen en los resultados de una explotación frutal y la dificultad con la que se encontrará el fruticultor al tomar decisiones que sin duda le pueden condicionar en los próximos años. Por ello, el establecimiento de una plantación frutal debe ser objeto de un minucioso estudio del medio, del material vegetal, de las técnicas aplicables y de los mercados a los que se destinarán los productos obtenidos.

En el caso de las especies frutales contenidas en este tratado, adaptables a zonas áridas y semiáridas (higuera, granado, alcaparro, jinjolero, jojoba, nopal, palmera datilera, algarrobo, vid, olivo y almendro), donde los problemas de salinidad, la escasez de agua de calidad, la baja fertilidad que en muchas ocasiones presentan estos suelos, el grado de desconocimiento de algunas de las especies estudiadas y técnicas de cultivo más adecuadas para las mismas, etc., hacen que el problema de la elección de la especie a cultivar tenga todavía un grado de dificultad superior que en el caso de especies más cultivadas y conocidas. Sin embargo, estas especies menos conocidas (a excepción de vid, olivo y almendro), a pesar de los inconvenientes citados y a los derivados del desconocimiento de estos productos por grandes sectores de la población, constituyen hoy una verdadera alternativa productiva rentable para muchas zonas del Planeta, además de tener un alto valor ecológico que no puede ser olvidado en estos momentos, ya que el avance de la desertización puede hacer que muchas áreas queden despobladas por falta de una actividad económica; estos frutales son hoy una alternativa viable para estas áreas del Planeta y para otras donde las condiciones edafoclimáticas son mejores pero el coste de la mano de obra no es tan alto como en los países desarrollados. No obstante, el cultivo de estos frutales no sólo debe asociarse a zonas con condiciones edafoclimáticas extremas o a países subdesarrollados, pues en la actualidad hay un resurgir de algunos de ellos en países desarrollados, como es el caso del granado o de la higuera con una determinada orientación productiva, y tanto la selección y mejora del material vegetal, como la aplicación de nuevas técnicas de cultivo o los nuevos tratamientos postcosecha y su industrialización, permiten vislumbrar un nuevo horizonte para su cultivo también en los países de economía más avanzada.

2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMA

Según Hans (Urbano, 1995) "el clima es el conjunto de fenómenos meteorológi-

cos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre”.

Con objeto de evitar confusiones terminológicas, conviene tener en cuenta las diferentes definiciones que sirven para caracterizar un clima o una zona climática. Algunos índices sencillos de obtener como los termopluviométricos de *Lang*, *Martonne* y *Dantín Cereceda y Revenga*, resultan especialmente útiles para determinar la aridez de una determinada zona en función de la temperatura y de la precipitación.

Por otro lado, para caracterizar el clima de una zona, se recurre a distintos métodos como son la *Clasificación climática de Thornthwaite*, la *Clasificación bioclimática UNESCO-FAO* y la *Clasificación agroecológica de Papadakis*.

Para abordar el estudio de caracterización de una zona climática debe tenerse en cuenta que el periodo de análisis de los datos climatológicos ha de ser lo más amplio posible, para que éstos puedan considerarse como normales. De este modo podremos comparar el clima de un año o periodo respecto a la media de un periodo amplio que representa la normalidad. En las páginas siguientes se exponen diferentes métodos que nos permiten clasificar el clima, de modo que podremos relacionar éste con la respuesta de la planta, siendo por tanto un método útil para realizar previsiones sobre la posible respuesta de los cultivos a una determinada zona. Los métodos expuestos han sido extraídos de la obra del profesor Urbano (1995): *Tratado de Fitotecnia General*, la que recomendamos a todos aquellos que deseen profundizar en su estudio; asimismo se expone un ejemplo de cálculo del balance de agua en el suelo siguiendo el método de Thornthwaite y de la caracterización del clima de la zona de Orihuela (Alicante), considerando los datos climatológicos de la Estación Meteorológica Simple de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (Universidad Miguel Hernández de Elche), correspondientes al período 1988-1999.

2.1. ÍNDICES TERMOPLUVIMÉTRICOS

2.1.1. Índice de Lang

El índice de Lang, I_L , se calcula mediante la expresión:

$$I_L = \frac{P}{T}$$

Siendo:

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

La clasificación climática mediante este índice se realiza de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1
Zonas climáticas de Lang

I_L	Zonas climáticas
$0 \leq I_L < 20$	Desiertos
$20 \leq I_L < 40$	Zona árida
$40 \leq I_L < 60$	Zona húmeda de estepa y sabana
$60 \leq I_L < 100$	Zona húmeda de bosques ralos
$100 \leq I_L < 160$	Zona húmeda de bosques densos
$I_L \geq 160$	Zona hiperhúmeda de prados y tundras

2.1.2. Índice de Martonne

Se obtiene mediante la fórmula:

$$I_M = \frac{P}{T + 10}$$

Siendo: P = precipitación media anual en mm.

T = temperatura media anual en °C

La caracterización climática, según el índice de Martonne, se señala en la Tabla 2.

Tabla 2
Zonas climáticas de Martonne

I_M	Zonas climáticas
$0 \leq I_M < 5$	Desiertos
$5 \leq I_M < 10$	Semidesierto
$10 \leq I_M < 20$	Estepas y países secos mediterráneos
$20 \leq I_M < 30$	Regiones del olivo y de los cereales
$30 \leq I_M < 40$	Regiones subhúmedas de prados y bosques
$I_M \geq 40$	Zonas húmedas a muy húmedas

Alumnos de Martonne, posteriormente, vieron que podría tener interés caracterizar un índice de aridez mensual que se calcularía por una fórmula similar a la de Martonne, pero utilizando, lógicamente, valores mensuales. Para que los índices pudieran ser comparables proponen multiplicar la precipitación mensual por 12. Así:

$$\Gamma_M = \frac{12 P}{t + 10}$$

Siendo

P = precipitación media mensual, en mm.

t = temperatura media mensual, en °C.



Fotografía 1. Creación de nuevos suelos de cultivo en el desierto de Tarapacá (Chile).

2.1.3. Índice de Dantín Cereceda y Revenga

Con objeto de destacar la importancia de la aridez de una zona climática, Dantín y Revenga proponen utilizar otro índice termopluviométrico, que definieron por la expresión:

$$I_{DR} = \frac{100 T}{P}$$

Siendo: **T** = temperatura media anual, en °C.

P = precipitación media anual, en mm.

La caracterización climática según el índice de Dantín y Revenga, se indica en la Tabla 3.

Tabla 3
Zonas climáticas de Dantín y Revenga

I_{DR}	Zonas climáticas
$I_{DR} > 4$	Zonas áridas
$4 \geq I_{DR} > 2$	Zonas semiáridas
$I_{DR} \leq 2$	Zonas húmedas y subhúmedas

Aplicando este índice puede observarse que casi todo el Sureste español como parte del Levante, se clasificarían como Zonas Áridas.

2.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE (1948)

La fórmula utilizada para caracterizar un clima, según Thornthwaite, está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, se refieren al *Índice de Humedad* y a la *Eficiencia térmica de la Zona*, respectivamente. Las letras tercera y cuarta, minúsculas, corresponden a la *Variación estacional* de la humedad y a la *Concentración térmica en verano*, respectivamente.

Determinación del Índice de humedad, según Thornthwaite

Es necesario hacer un balance del agua en el que intervengan: Precipitaciones medias mensuales (P); Evapotranspiraciones potenciales medias mensuales (ETP); Reservas de agua del suelo (R); Variación de la reserva de agua (VR); Evapotranspiraciones reales mensuales (ETA). Déficits (D) y Excesos mensuales de agua (E).

Para poder aplicar la fórmula a toda clase de suelos, sin particularizar unas condiciones concretas, se establecen las hipótesis siguientes:

- La reserva del suelo varía entre 0 y 100 mm ($0 \leq R \leq 100$).

- La evapotranspiración real (ETA) corresponde, en los meses en que por falta de humedad no se alcancen las condiciones potenciales, a las precipitaciones del mes sumadas a la reserva del suelo en el mes anterior;

$$ETA_i = P_i + R_{i-1}$$

- En los meses suficientemente húmedos, la evapotranspiración real coincide con la potencial.

$$\text{Si } P_i + R_{i-1} \geq ETP_i, \quad ETA_i = ETP_i$$

- Existe déficit de humedad en los meses en que la evapotranspiración real es inferior a la potencial.

$$D_i = ETP_i - ETA_i$$

– Existe exceso de humedad en los meses en que al acumular agua en las reservas del suelo, éstas superan el valor 100.

$$\text{Si } R_{i-1} + P_i - ETP_i > 100$$

$$E_i = (R_{i-1} + P_i) - (ETP_i + 100)$$

En la Tabla 4 se incluye un balance del agua del suelo siguiendo las hipótesis de Thornthwaite, a partir de los datos climáticos de Orihuela obtenidos de la publicación “Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España”, Elías Castillo *et al.* (1965) (Urbano, 1995)

Se determinan los índices de falta (I_D) y de exceso (I_E) de humedad, relacionando el déficit y el exceso total anual con la ETP anual y expresando los resultados en %. Con los datos de esta zona, expuestos en la Tabla 4, se obtienen los índices citados:

Tabla 4
Balance de agua según Thornthwaite, en Orihuela (Alicante)

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Totales
Precipitación (P)	30,67	29,04	32,68	21,96	21,75	23,52	25,4	42,3	46,38	23,07	19,39	21,90	276,93
Evapotranspiración potencial (ETP)	52,70	31,12	101,68	150,90	164,76	220,30	246,76	218,86	155,10	106,64	70,27	52,48	1.631,0
Reserva de agua (R)	294,31	-536,89	-404,89	533,83	-696,84	-893,52	1.132,7	-1.352,1	-406,22	-191,79	-242,60	-222,78	-6.465,98
Variación de la Reserva (VR)	-22,63	-42,98	-88,00	-128,94	-163,01	-196,68	-244,22	-214,13	-106,22	-43,57	-60,81	-90,18	-1.352,07
Evapotranspiración real (ETA)	30,67	29,04	32,68	21,96	21,75	21,52	2,54	4,53	46,38	23,07	19,39	21,90	276,93
Déficit de agua (D)	22,03	42,08	68,00	128,94	163,01	196,68	244,22	214,33	106,22	83,57	50,81	30,18	1.352,07
Exceso de agua (E)	-418,84	-478,97	-572,89	-752,77	-859,85	-1.150,2	-1.481,9	-1.666,4	-316,44	-375,36	-395,41	-402,96	-9.218,05
Drenaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Unidades en mm.

$$I_D = \frac{D}{ETP} \times 100 = \frac{1.352,07}{1.631} \times 100 = 82,89\%$$

$$I_E = \frac{E}{ETP} \times 100 = \frac{0}{1.631} \times 100 = 0\%$$

El índice de humedad de Thornthwaite se determina por la expresión:

$$I_h = I_E - 0,6 I_D$$

Aplicado a los datos que venimos considerando:

$$I_h = 0 - 0,6 \times 82,89 = -49,73$$

La caracterización de los tipos climáticos y la sigla que sirve para representarlos en la fórmula de Thornthwaite, se indica en la Tabla 5.

En consecuencia, el clima de Orihuela a partir de los datos analizados corresponde a clima árido, con índice de humedad $I_h = -49.73$ y sigla E.

El clima del Sureste y parte de Levante español, según el índice de humedad de Thornthwaite corresponde al tipo árido.

Tabla 5
Tipos climáticos y siglas correspondientes al índice de humedad de Thornthwaite

I_h	Tipo climático	Sigla
$I_h \geq 100$	Perhúmedo	A
$100 > I_h \geq 80$		B ₄
$80 > I_h \geq 60$		B ₃
$80 > I_h \geq 40$	Húmedo	B ₂
$40 > I_h \geq 20$		B ₁
$20 > I_h \geq 0$	Subhúmedo	C ₂
$0 > I_h > -20$	Seco-subhúmedo	C ₁
$-20 > I_h \geq -40$	Semiárido	D
$I_h < -40$	Árido	E

Tabla 6
Eficacia térmica según Thornthwaite

ETP anual (cm)	Tipo climático	Sigla
$ETP \geq 100$	Megatérmico	A'
$114 > ETP \geq 99,7$		B' ₄
$99,7 > ETP \geq 85,5$		B' ₃
$85,5 > ETP \geq 71,2$	Mesotérmico	B' ₂
$71,2 > ETP \geq 57$		B' ₁
$57 > ETP \geq 42,7$	Microtérmico	C' ₂
$42,7 > ETP \geq 28,5$		C' ₁
$28,5 > ETP \geq 14,2$	Tundra	D'
$ETP < 14,2$	Glacial	E'

Determinación de la eficacia térmica

Según Thornthwaite, la evapotranspiración potencial (ETP) es un índice de eficacia térmica. La suma de las evapotranspiraciones potenciales medias mensuales sirve de índice de la eficacia térmica del clima considerado.

Los tipos climáticos y las siglas que los representan se incluyen en la Tabla 6. Según esta tabla, el clima de Orihuela, de acuerdo con los datos de la Tabla 4, pre-

senta una ETP media anual de 135.91 mm y corresponde a clima megatérmico con sigla A'.

Determinación de la variación estacional de la humedad

Interesa determinar si en los climas húmedos existe período seco, y, viceversa, si en los climas secos existe período húmedo. Asimismo, deberá caracterizarse la estación en que se presenten estos períodos y la intensidad de sequía y humedad, respectivamente.

Para la determinación, se analizan los valores del "Índice de falta de humedad (I_D)" en los climas húmedos (A, B y C_2), y del "Índice de exceso de humedad (I_E)" en los climas secos (C_1 , D y E).

La caracterización de los tipos climáticos y las siglas que los representan se indica la Tabla 7.

Tabla 7
Variación estacional de la humedad, según Thornthwaite

a) Climas húmedos (A, B y C_2)

I_D	Tipos climáticos		Sigla
$16.7 > I_D \geq 0$	Nula o pequeña falta de humedad		r
$33.3 > I_D \geq 16.7$	Moderada falta de humedad.	En verano	s
		En invierno	w
$I_D \geq 33.3$	Gran falta de humedad.	En verano	s_2
		En invierno	w_2

b) Climas secos (C_1 , D y E)

I_E	Tipos climáticos		Sigla
$10 > I_E \geq 0$	Nulo o pequeño exceso de humedad		d
$20 > I_E \geq 10$	Moderado exceso de humedad.	En verano	s
		En invierno	w
$I_E \geq 20$	Gran exceso de humedad.	En verano	s_2
		En invierno	w_2

De acuerdo con estos datos, el clima de Orihuela, que venimos considerando, es tipo E y presenta un índice de exceso de humedad, $I_E = 0$, por lo que es nulo el exceso de humedad en invierno. Su sigla es d.

Determinación de la concentración térmica en verano

Está determinada por la suma de la ETP durante los meses de verano, en relación con la ETP anual, y expresada en %. Si no se dispone de valores diarios, puede

establecerse la parte proporcional de los días de verano correspondientes a junio y septiembre, o bien tomar directamente el mes de éstos que presente mayor eficacia térmica.

Los tipos climáticos y las siglas que los representan se señalan en la Tabla 8.

Tabla 8
Concentración de la eficacia térmica en verano, según Thornthwaite

C_v	Tipos climáticos	Siglas
$C_v < 48$	Baja concentración	a'
$51,9 > C_v \geq 48$	Moderada concentración	b' ₄
$56,3 > C_v \geq 51,9$		b' ₃
$61,6 > C_v \geq 56,3$		b' ₂
$68,0 > C_v \geq 61,6$		b' ₁
$76,3 > C_v \geq 68$	Alta concentración	c' ₂
$88 > C_v \geq 76,3$	Muy alta concentración	c' ₁
$C_v \geq 88$		d'

El clima de Orihuela, según los datos de la Tabla 8, ofrece:

$$\left. \begin{array}{l} \text{ETP}_{\text{junio}} \\ \text{ETP}_{\text{julio}} \\ \text{ETP}_{\text{agosto}} \\ \text{ETP}_{\text{septiembre}} \\ \text{ETP}_{\text{anual}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} = 220,20 \text{ mm} \\ = 246,76 \text{ mm} \\ = 218,86 \text{ mm} \\ = 155,10 \text{ mm} \\ = 1.631 \text{ mm} \end{array} \quad \text{ETP}_{\text{verano}} = 840,92 \text{ mm}$$

$$C_v = \frac{\text{ETP}_{\text{verano}}}{\text{ETP}_{\text{anual}}} \times 100 = 51,56\%$$

Corresponde a "Moderada concentración de la eficacia térmica en verano" y sigla, b'₄. En consecuencia, el clima de Orihuela, de acuerdo con los datos recogidos en las Tablas 5, 6, 7 y 8, puede representarse por la siguiente fórmula climática, según Thornthwaite:

$$E A' d b'_4$$

"Clima árido, megatérmico, con nulo exceso de humedad durante el invierno y moderada concentración de la eficacia térmica durante el verano".

2.3. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO

Los factores climáticos utilizados en esta clasificación son los siguientes:

Temperaturas

Se define un mes cálido cuando su temperatura media es superior a 20 °C. En los meses templados, la temperatura media varía entre 0 y 20 °C y en los meses fríos, la temperatura media es inferior a 0 °C.

Para caracterizar las condiciones térmicas del clima, UNESCO-FAO toman la temperatura media del mes más frío y establecen tres grupos climáticos:

GRUPO 1: *Climas templados, templado-cálidos y cálidos.* –La temperatura media del mes más frío es superior a 0 °C.

GRUPO 2: *Climas templado-fríos y fríos.* –La temperatura media de algunos meses es inferior a 0 °C.

GRUPO 3: *Climas glaciares.* –La temperatura media de todos los meses del año es inferior a 0 °C.

Nuestro clima mediterráneo está encajado dentro del Grupo 1, aunque algunas regiones, por condiciones de altitud generalmente, pueden estar incluidas microclimáticamente en el Grupo 2.

Desde un punto de vista bioclimático (relación de las condiciones climáticas con el desarrollo de la vida vegetal y animal), resulta muy interesante precisar si existe invierno y su rigor, en caso de que exista. Para caracterizarlo, se utiliza la temperatura media de las mínimas del mes más frío. En la Tabla 9 se indican estas condiciones.

Tabla 9
Características del invierno, según UNESCO-FAO

T _m (media de mínimas del mes más frío) °C	Tipo de invierno
$t_m \geq 11$	Sin invierno
$11 > t_m \geq 7$	Con invierno cálido
$7 > t_m \geq 3$	Con invierno suave
$3 > t_m \geq -1$	Con invierno moderado
$-1 > t_m \geq -5$	Con invierno frío
$t_m < -5$	Con invierno muy frío

Aridez

Si la precipitación total durante el mes, expresada en mm, es inferior al doble de la temperatura media, en °C, se dice que estamos en un *mes seco*. Un período seco puede comprender varios meses secos.

Si la precipitación supera el doble de la temperatura, pero no alcanza a tres veces éstas, se trata de un *mes subseco*.

En consecuencia:

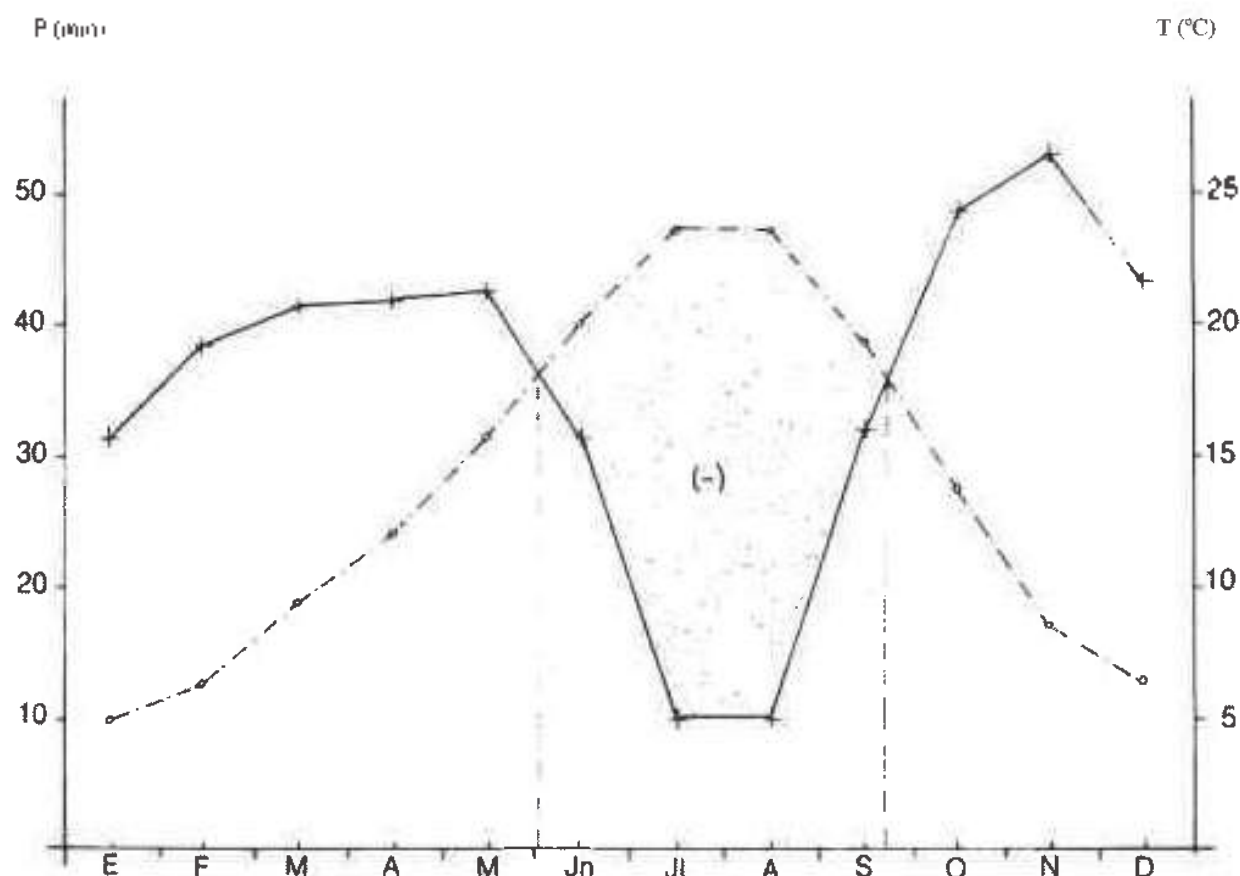
- Mes seco: $P < 2T$
- Mes subseco: $2T \leq P < 3T$

Para determinar gráficamente la existencia y duración de los períodos secos, se utilizan los *diagramas ombrotérmicos* de Gausson (Figura 1). Sobre un diagrama cartesiano se llevan en abscisas los meses del año y en ordenadas las precipitaciones y temperaturas medias mensuales, en mm y °C, respectivamente. Tomando la precaución de hacer la escala de las temperaturas doble que la de las precipitaciones, la comparación de las curvas térmica y pluviométrica proporciona directamente los períodos secos, según el criterio $P \leq 2T$.

Si la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica, no hay ningún período seco y el clima se define como *oxérico*. En otras condiciones, las curvas pueden cortarse determinando uno o dos períodos secos y los climas se definen como *monoxéricos* y *bioxéricos* (ver Figura 2). Los datos expuestos y el diagrama de la figura 1 corresponden al clima de Madrid.

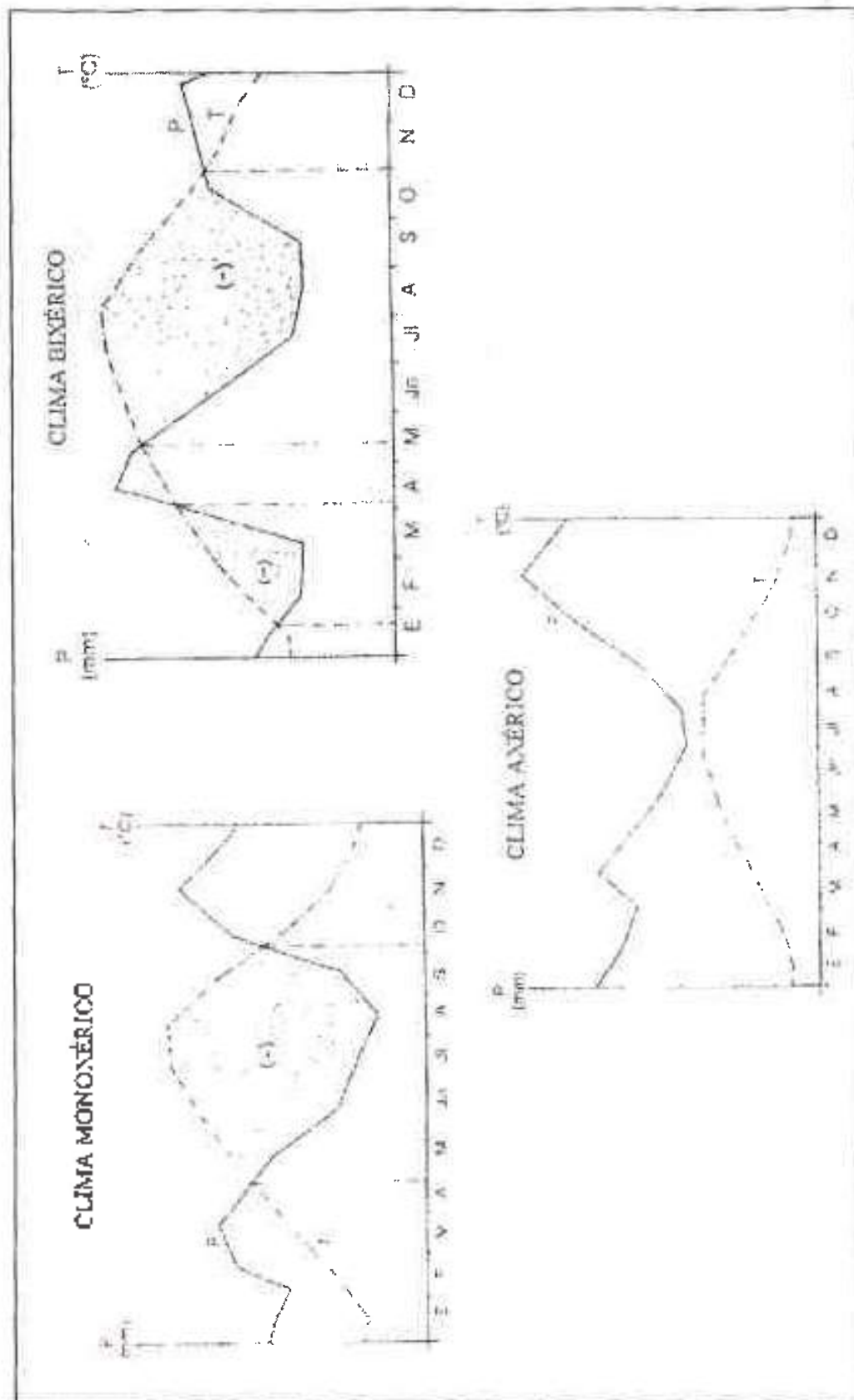
	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
T (°C)	4,9	6,4	9,4	12,1	15,7	20,2	23,7	23,6	19,3	13,8	8,6	6,5
P (mm)	31,3	38,5	41,2	41,6	42,5	32,0	9,8	9,9	33,3	48,4	54,1	44,7

Figura 1
Diagrama ombrotérmico correspondiente a Madrid



Fuente: Urbano, 1995.

Figura 2
Diagramas ombrotérmicos y tipos climáticos



Fuente: Urbain, 1995.

Índices xerotérmicos

Para caracterizar la intensidad de la sequía, se utilizan los índices xerotérmicos. El índice xerotérmico mensual (X_m) señala el número de días del mes que pueden considerarse biológicamente secos. Para ello se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Días sin lluvia.
- Los días de niebla y rocío se consideran medio secos.
- La humedad relativa inferior al 40% se considera día seco para las plantas, y si ésta alcanza el 100%, sólo es medio seco. Para valores intermedios se utilizará la escala de la Tabla 10.

Tabla 10
Valores de la humedad relativa media diaria y coeficiente de sequía

H_r (%)	F	H_r (%)	f
< 40	1	$80 \leq H_r < 90$	0,7
$40 \leq H_r < 60$	0,9	$90 \leq H_r < 100$	0,6
$60 \leq H_r < 80$	0,8	$H_r = 100$	0,5

$$X_m = \left[N - \left(P + \frac{b}{2} \right) \right] f$$

El valor del índice xerotérmico mensual se calcula por la expresión:

Siendo

N = número de días del mes

P = número de días de lluvia durante el mes

b = número de días de niebla + rocío durante el mes

f = factor que depende de la humedad relativa media diaria (Tabla 10)

El índice xerotérmico de un período seco (IP_s) es la suma de los índices mensuales correspondientes a la duración del período seco. Se obtendrá a partir del diagrama ombrotérmico sumando los índices xerotérmicos de los meses completos que alcance el período de aridez y la parte proporcional de los meses primero y último de aridez, estimada gráficamente sobre el diagrama ombrotérmico.

$$IP_s = \sum X_m$$

Lógicamente, en climas axéricos: $IP_s = 0$. En climas monoxéricos sólo hay un

IP_x , y en los bixéricos habrá dos índices xerotérmicos, cada uno correspondiente a un período seco. En este caso, el índice xerotérmico anual o total es la suma de los dos.

Clasificación climática

De acuerdo con las consideraciones anteriores (temperaturas, aridez e índices xerotérmicos), se propone la clasificación climática que aparece en la Tabla 11.

Tabla 11
Clasificación climática reducida, según UNESCO-FAO

Tipo climático según la temperatura	Tipo climático según la aridez	Valor del índice xerotérmico anual $IP_x = X$	Clasificación	
Grupo 1.º: CÁLIDO, TEMPLADO- CALIDO Y TEMPLADO	MONOXÉRICO	$150 < X \leq 200$	Xeromediterráneo	
		$125 < X \leq 150$	Termomediterráneo acentuado	
		$100 < X \leq 125$	Termomediterráneo atenuado	
		$75 < X \leq 100$	Mesomediterráneo acentuado	
		$40 < X \leq 75$	Mesomediterráneo atenuado	
		$0 < X \leq 40$	Submediterráneo	
		AXÉRICO	$X = 0$	Templado con período subseco ($2T < P \leq 3T$) Templado cálido ($10 < T \leq 15^\circ\text{C}$) Templado medio ($0 < T \leq 10^\circ\text{C}$)
		BIXÉRICO	$150 < X \leq 200$	Bixérico templado acentuado
			$100 < X \leq 150$	Bixérico templado medio
			$40 < X \leq 100$	Bixérico templado atenuado
		$0 < X \leq 40$	Bixérico templado de transición	
Grupo 2.º:	Meses de sequía más heladas			
TEMPLADO-FRÍO Y FRÍO	11 a 12	-	Desértico frío	
	9 a 10	-	Subdesértico frío	
	5 a 8	-	Estepario frío	
	2 a 4	-	Subaxérico frío	
	1	-	Axérico frío	
Grupo 3.º: GLACIAL	-	.	Glacial	

2.4. CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS (1960)

Papadakis considera que no son los valores absolutos que alcancen los factores climáticos los representativos de una clasificación agroclimática, sino las respuestas de los distintos cultivos. Por ello propone una clasificación agroecológica en la que se utilizan fundamentalmente índices obtenidos a partir de valores extremos de los factores meteorológicos, ya que éstos son más representativos a la hora de estimar las respuestas de los cultivos.

La clasificación agroecológica de Papadakis se apoya en las siguientes caracterizaciones:

- Rigor en invierno.
- Calor en verano.
- Régimen estacional de humedad.
- Coeficiente anual de humedad.

A cada una de las características anteriores se les asigna una sigla representativa y, con las cuatro, se compone la fórmula climática de Papadakis. Por ejemplo, al clima de Madrid corresponde la fórmula AvM Me Xs, que explicamos a continuación.

Rigor del invierno

Toma una serie de cultivos indicadores en función de sus exigencias térmicas y su respuesta ante las heladas. Los tipos climáticos son:

Ecuatorial (Ec): No existen heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío es superior a 18 °C.

Tropical (Tp): No existen heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío varía entre 8 y 18 °C.

Citrus (Ci): Hay heladas y la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío varía entre -2,5 y 7 °C.

Avena (Av): Corresponde a una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, variable entre -10 y -2,5 °C.

Triticum (Ti): La temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío varía entre -10 y -29 °C.

Primavera (Pr): La temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío es inferior a -29 °C.

En el tipo climático Pr, el invierno es tan riguroso que no permite el cultivo de trigo de otoño. El tipo Ti permite el cultivo de trigo de siembra otoñal, pero no el de la avena. El tipo Av permite el cultivo de avena, pero no el de los cítricos. El tipo Ci permite el cultivo del naranjo, pero en condiciones marginales, ya que hay heladas.

En el Tabla 12 se incluyen los diferentes tipos y subtipos climáticos en función del rigor del invierno, señalándose las escalas de valores para cada uno de ellos en función de las temperaturas.

Tabla 12
Tipos y subtipos climáticos, según el rigor del invierno (Papadakis)
 (Urbano, 1995)

TIPO	Temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío	Temperatura media de las mínimas del mes más frío	Temperatura media de las máximas del mes más frío
<i>Ecuatorial</i>			
Ec	Mayor de 7°	Mayor de 18°	
<i>Tropical</i>			
Tp (cálido)	Idem	13 a 18°	Mayor de 21°
tP (medio)	Idem	8 a 13°	Idem
Tp (fresco)	Idem		Menor de 21°
<i>Citrus</i>			
Ct (tropical)	7 a -2,5°	Mayor de 8°	Mayor de 21°
Ci	Idem		10 a 21°
<i>Avena</i>			
Av (cálido)	-2,5 a -10°	Mayor de -4°	Mayor de 10°
av (fresco)	Mayor de -10°		5 a 10°
<i>Triticum</i>			
Tv (trigo-avena)	-16 a -29°		Mayor de 5°
Ti (cálido)	Mayor de -29°		0 a 5°
Ti (fresco)	Idem		Menor de 0°
<i>Primavera</i>			
Pr (más cálido)	Menor de -29°		Mayor de -17,8°
pr (más fresco)	Idem		Menor de -17,8°

Calor de verano

De nuevo, se toman una serie de plantas indicadoras en función de sus exigencias térmicas para llegar a la madurez fisiológica. Los tipos climáticos son:

Algodón (G): Período libre de heladas superior a 4,5 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido, superior a 25°C.

Cafeto (C): Ausencia total de heladas. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido, superior a 21°C.

Arroz (O): Período libre de heladas superior a 4 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido, superior a 21-25°C.

Maíz (M): Período libre de heladas superior a 4,5 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido, superior a 21°C.

Triticum (T): Período libre de heladas superior a 4,5 meses (Triticum cálido) o a 2,5 meses (Triticum menos cálido) y temperatura media de las máximas del semestre más cálido, inferior a 21°C.

Polar cálido (P): Período libre de heladas inferior a 2,5 meses y temperatura media de las máximas de los cuatro meses más calurosos, superior a 10°C.

Por salirse fuera del interés de esta obra, no consideramos los siguientes tipos climáticos: *Polar frío* (p), *Frígido* (F) y *Andino-Alpino* (A).

El tipo P es demasiado frío para que madure el trigo, pero permite el desarrollo de bosques y praderas (taiga). El tipo T permite la maduración del trigo, pero no la del maíz. El tipo M permite la maduración del maíz, pero no la del algodón.

Los tipos y subtipos climáticos correspondientes al calor del verano aparecen la Tabla 13.

Tabla 13
Tipos y subtipos climáticos de verano (Papadakis)

TIPO	Duración de la estación libre de heladas (mínima disponible o media), en meses	Media de la media de las máximas de los n meses más cálidos	Media de las máximas del mes más cálido	Medias de las mínimas del mes más cálido	Media de las medias de las mínimas de los dos meses más cálidos
<i>Gossypium</i> (algodón)					
G (más cálido)	Mínima > 4,5	>25°, n= 6	> 33,5°		
g (menos cálido)	Idem	Idem	< 33,5°	> 20°	
Café C	Mínima 12	> 21°, n= 6	Idem	< 20°	
<i>Oryza</i> (arroz)					
O	Mínima > 4	21° a 25°, n= 6			
<i>Maíz</i>					
M	Disponible > 4,5	> 21°, n= 6			
<i>Triticum</i>					
T (más cálido)	Idem	< 21°, n= 6			
t (menos cálido)	Disponible 2,5 a 4,5	> 17°, n= 4			
<i>Polar cálido</i> (taiga)					
P	Disponible < 2,5	> 10°, n= 4			5°

Fuente: Urbano, 1995

Clases térmicas

Combinando los tipos correspondientes al rigor del invierno y calor del verano se obtienen las siguientes clases térmicas, que caracterizan los tipos climáticos convencionales establecidos por los climatólogos.

- Climas Ecuatoriales: EcG.
- Climas Tropicales: TpM; TpG.
- Climas Subtropicales: CiG.
- Climas Tierra Templada: TpT.

Climas Marítimos: CiM; CiT; AvT; AvP; TP.

Climas Continentales: AvG; TiG; PrM; PrT; PrP.

Climas Templados: TiM; AvM; TiT.

Por razones obvias no se consideran las clases térmicas correspondientes a los climas Andino, Tierra Fría, Pampeano-Patagoniano, Polar y Alpino, que aparecen en la clasificación de Papadakis, pero que carecen de interés para nosotros.

Caracterización hídrica

Se considera que la lluvia durante el mes es suficiente, cuando la precipitación supera a cinco veces la tensión máxima de vapor (T_v) correspondiente a la temperatura media del mes.

Calcula los excedentes de humedad sumando las diferencias $P - 5T_v$, de los meses húmedos ($P > 5T_v$) y los déficits de humedad sumando las diferencias $5T_v - P$, de los meses secos ($P < 5T_v$). La suma algebraica es el valor anual.

Más tarde, siguiendo las ideas de Meyer (1926), Papadakis introduce el concepto de *necesidades de agua*, para lo que considera que una vegetación mesofítica necesita, por mes, una cantidad de agua igual al déficit de saturación multiplicado por 20.

Necesidad mensual (N) = Déficit de Saturación (DS) X 20.

- Define el *coeficiente de humedad* o *índice hídrico mensual* por la relación

$$I_h = \frac{\text{Agua disponible}}{\text{Necesidades}} = \frac{\text{Lluvia mensual} + \text{Reserva del suelo}}{\text{DS} \times 20}$$

Las reservas del suelo se determinan siguiendo el criterio establecido por Thornthwaite en los balances de humedad: $0 \leq R \leq 100$

- Análogamente define el *coeficiente de humedad anual* por la relación entre la lluvia total recibida y las necesidades de la vegetación.

$$I_h = \frac{\text{Precipitación anual}}{\text{Necesidades anuales}}$$

- La caracterización climática y las siglas que se utilizan para su representación se indican en la Tabla 14.

Tabla 14
Caracterización climática y siglas correspondientes
al índice hídrico anual (I_h) de Papadakis

Sigla	Caracterización climática	I_h
D	Desértico	< 0,09
XX	Polixerofítico	0,09 – 0,22
Xs	Xerofítico seco	0,22 – 0,44
Xh	Xerofítico húmedo	0,44 – 0,66
Ms	Mesofítico seco	0,66 – 0,88
Mh	Mesofítico húmedo	0,88 – 1,32
H	Higrofítico	1,32 – 2,64
III	Poligrofítico	> 2,64

El régimen estacional de humedad se caracteriza por los siguientes criterios:

a) Un mes es húmedo cuando su coeficiente de humedad corregido (lluvia + reserva del suelo) es > 1 .

b) Un mes es seco cuando su coeficiente de humedad no corregidos (solamente lluvia) es $< 0,5$.

c) Un mes es intermedio cuando el coeficiente de humedad no corregido varía entre 0,5 y 1.

Tipos climáticos: De acuerdo con la distribución de meses húmedos y secos, Papadakis propone los tipos climáticos que se incluyen la Tabla 15.

Tabla 15
Tipos climáticos según el régimen de humedad (Papadakis)

Regímenes fundamentales	
HU, Hu (<i>húmedo</i>)	No hay ningún mes seco. Índice de humedad anual mayor de 1. Ln (agua de lavado) mayor del 20% de la ETP anual
ME, Me, me (<i>mediterráneo</i>)	Ni húmedo ni desértico; P invernal mayor que P estival. Si el verano es G, julio deberá ser seco. Latitud mayor que 20°, en caso contrario monzónico.
MO, Mo, mo (<i>monzónico</i>)	Ni húmedo, ni desértico. Índices de humedad julio-agosto mayor que abril-mayo. Julio o agosto deberán ser húmedos si lo son dos meses de invierno. En caso contrario, el régimen es de estepa o isohigro-semiárido.
St (<i>estepario</i>)	Ni mediterráneo, ni monzónico, ni húmedo. Primavera no seca (la precipitación combinada de los 3 meses de primavera cubre más de la ETP correspondiente). Latitud mayor de 20°; en caso contrario el régimen es monzónico.
da, dc, di, do (<i>desértico</i>)	Todos los meses con temperaturas medias de las máximas mayores de 15° son secos. Índice anual de humedad menor de 0,22.
si (<i>isohigro-semiárido</i>)	Demasiado seco para estepario; demasiado húmedo para desértico. Ni mediterráneo ni monzónico.

Resumen

Como consecuencia de las consideraciones anteriores, la clasificación agroclimática de Papadakis para las provincias del Sureste español sería:

Tabla 16
Clasificación agroclimática (Papadakis)

	Tipo de invierno	Tipo de verano	Régimen térmico	Régimen de humedad	Lluvia lavado	Ind. anual de humedad	Tipo climático
Murcia (Vistabella)	Ci	g	Su	Me	10'2	0'26	Mediterráneo marítimo
Almería	Ci	g	Su	Me	12'1	0'23	Mediterráneo subtropical
Albacete (Los Llanos)	Av	M	TE	Me	55'9	0'42	Mediterráneo templado
Alicante	Ci	U	MA	Me	13'5	0'32	Mediterráneo marítimo

Fuente: MAPA, 1986.

Las exigencias climáticas de algunos de los cultivos tratados en esta obra, según el Atlas Agroclimático Nacional de España (MAPA, 1986), se indican en la siguiente Tabla.

Tabla 17
Exigencias climáticas de los cultivos

Cultivo	Tipo Invierno	Tipo Verano	Régimen Humedad	Observaciones
Granado	Ci, o más suaves			Tan resistentes a heladas como los Citrus. Muy poco exigente en frío. Menos que Prunus Salicina. Se cultiva en toda la cuenca mediterránea. En secoano es poco productivo y los frutos son de baja calidad. No le perjudican los climas más cálidos. Es más, los frutos mejoran en calidad.
Higuera	Av, o más suaves	g, o más cálido	Sin riego, con Me, o más húmedos. Con riego, me o desértico	Más resistente al invierno que el olivo. El verano debe ser seco. Es resistente a la sequía.
Palmera datilera	Ec, Tp, (P, Ci, Ci	G (casi sin lluvias)	Da, de, di	Es el más resistente a la sequía de todos los cultivos.
Almendro	Av, o más suaves	M, o más cálidos	Me, o riego	Menos resistente al invierno que el Melocotonero. Sus exigencias en frío parecen también más bajas. Florece muy temprano y lo dañan las heladas tardías. Es resistente a la sequía, por lo que se puede cultivar en climas con régimen Mediterráneo seco, sin riego.
Vid	Ta, o más suaves	M, o más cálidos	Me, o riego	Exigencias en frío análogas a las del trigo. Las heladas tardías le causan daños. El verano no debe ser húmedo. Cuando el clima no es semárido no necesita riego, pero este incrementa la cosecha.
Olivo	av, o más suaves	O, es suficiente	Sin riego con Me o más húmedos. Con riego, me o desértico	Más resistente al invierno que los cítricos, pero menos que la avena, exige una MAM > Más resistente al invierno que los Cítricos, pero menos que la avena, exige una MAM > -7°C Exigencias en frío bajas, pero inviernos Citrus tropical (Ci) o Tropical cálido (Tpt) son demasiado cálidos. En verano Amro. (O) es suficientemente cálido para cubrir sus exigencias en calor. Resistente a la sequía.

2.5. CLIMATOLOGÍA DE ALGUNAS PROVINCIAS DEL SUR Y SURESTE ESPAÑOL

A continuación se exponen los datos climatológicos de las provincias de Albacete, Alicante, Almería, Málaga y Murcia, recopiladas por Tabuenca (1965) de distintas publicaciones.

La precipitación media mensual, humedad relativa media, número de días despejados, nubosos y cubiertos, temperaturas medias mensuales y temperaturas mínimas y máximas absolutas, proceden del Calendario Meteoro-Fenológico, Madrid 1946 y corresponden al período 1901-1930.

La duración media del período libre de heladas y frecuencia de la fecha de la última helada proceden del Calendario Meteoro-Fenológico, Madrid 1956 y corresponden al período 1901-1950.

El número de días con temperaturas máximas elevadas de junio a septiembre se ha tomado del trabajo de J. Laorden "Frecuencia de temperaturas diarias en España" publicado por el Patronato Juan de la Cierva del C.S.I.C., y se refieren a un período de 20 años que no es el mismo para todas las localidades.

El número de horas de frío invernal se ha calculado a partir de la temperatura media del período 1901-1930 según los métodos dados por Weinberger (1956) y Mota (1957).

No debe olvidarse que en ocasiones el microclima de algunas zonas más o menos amplias no queda reflejado en los datos que se expresan, pudiendo resultar su consideración del máximo interés y transcendencia agronómica.

Tabla 18
Datos agroclimáticos observatorio de Albacete. (Altitud: 700 m)

	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación media mensual mm	28	21	33	40	43	31	15	6	17	32	35	20
Humedad relativa media %	74	68	61	56	50	43	36	38	52	62	73	78
Nº de días despejados	10	8	8	9	9	12	20	18	11	11	8	10
Nº de días nubosos	13	11	15	13	17	13	10	12	15	14	13	12
Nº de días cubiertos	8	7	8	6	5	3	1	1	4	6	9	9
Temperaturas medias mensuales	4,6	6,2	8,6	11,5	15,5	20,1	23,9	24,4	19,5	14,2	8,7	5,6
Temperaturas máximas absolutas	19,5	26,2	28,5	30,1	36,8	38,8	39,8	41,8	38,4	23,0	26,0	21,1
Temperaturas mínimas absolutas	-12,9	-11,5	-8,2	-5,0	-2,0	4,0	6,4	7,3	2,2	-1,1	-5,6	-11,5
Frecuencia en % de fechas												
última helada	18	19	3	0	0	0	-	-	-	-	-	0
Fechas más frecuentes												
última helada	2ª decena de febrero											
Duración medio del periodo												
libre de heladas	216 días											
Nº aproximado de horas de frío invernal	Más de 1.250 (Weinberger). 1.935 (Mota)											
Temperatura máxima igual o superior a												
	41°	40°	39°	38°	37°	36°	35°	34°	33°	32°	31°	30°
Nº de días con temperaturas máximas elevadas de junio a septiembre	-	0,2	0,8	1,9	4,65	8,65	14,3	23,7	34,1	46,5	57,4	67,7

Tabla 19
Datos agroclimáticos observatorio de Alicante. (Altitud: 82 m)

	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación media mensual: mm	20	18	30	37	25	16	6	5	54	40	56	28
Humedad relativa media %	71	70	71	72	74	74	73	72	72	73	71	71
Nº de días despejados	15	12	12	12	14	18	21	20	15	14	12	14
Nº de días nubosos	12	12	14	13	13	10	9	10	12	13	12	12
Nº de días cubiertos	4	4	5	5	4	2	1	1	3	4	6	5
Temperaturas medias mensuales	11,2	12,0	13,3	15,3	18,2	21,6	24,3	25,3	22,9	19,4	15,2	12,3
Temperaturas máximas absolutas	25,5	26,9	30,6	30,6	34,2	40,6	39,2	40,6	35,8	35,9	28,0	26,6
Temperaturas mínimas absolutas	-1,0	-2,2	1,0	2,8	6,8	9,0	14,2	15,2	11,0	7,6	2,2	-1,6
Frecuencia en % de fechas												
última helada	14	12	0	0	0	0	-	-	-	-	-	5
Fechas más frecuentes												
última helada	2º decena de enero											
Duración media del período												
libre de heladas	363 días											
Nº aproximado de horas												
de frío invernal	630 (Weinberger) 490 (Mata)											
Temperatura máxima igual o superior a												
	41°	40°	39°	38°	37°	36°	35°	34°	33°	32°	31°	30°
Nº de días con temperaturas máximas elevadas de junio a septiembre	Sin datos											

Tabla 20
Datos agroclimáticos observatorio de Málaga. (Altitud: 33 m)

	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación media mensual mm	48	53	76	78	20	16	1	0	30	73	96	64
Humedad relativa media %	67	56	67	64	54	62	61	63	67	70	70	69
Nº de días despejados	9	7	7	8	9	13	20	17	11	7	7	6
Nº de días nublados	17	16	18	18	19	15	11	14	17	20	17	19
Nº de días cubiertos	5	5	6	4	3	2	0	0	2	4	6	4
Temperaturas medias mensuales	12,1	12,8	13,8	16,1	19,0	22,2	24,5	25,4	23,1	19,5	15,5	12,9
Temperaturas máximas absolutas	23,2	26,0	28,8	30,8	32,8	36,0	39,0	40,6	36,2	32,6	27,3	24,0
Temperaturas mínimas absolutas	2,0	-0,9	2,2	1,4	5,2	10,4	11,7	12,8	8,5	7,8	5,0	1,4
Frecuencia en % de fechas												
última helada	6	3	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0
Fechas más frecuentes												
última helada	Ninguna											
Duración media del periodo												
libre de heladas	364,95 días											
Nº aproximado de horas												
de frío invernal	510 (Wimbergert)			415 (Mouat)								
Temperatura máxima igual o superior a												
	41°	40°	39°	38°	37°	36°	35°	34°	33°	32°	31°	30°
Nº de días con temperaturas máximas elevadas de junio a septiembre	Sin datos											

Tabla 21
Datos agroclimáticos observatorio de Murcia. (Altitud: 59 m)

	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación media mensual mm	16	22	25	31	31	13	3	2	36	37	50	23
Humedad relativa media %	72	68	67	56	64	59	59	63	69	71	74	74
Nº de días despejados	13	10	10	9	10	15	20	18	11	10	10	12
Nº de días nubosos	11	11	14	15	15	12	10	12	13	14	12	12
Nº de días cubiertos	7	7	7	6	6	3	1	1	6	7	8	7
Temperaturas medias mensuales	10,2	11,7	13,6	15,8	19,1	22,8	25,7	26,3	23,1	18,8	14,1	11,1
Temperaturas máximas absolutas	25,0	28,0	31,6	33,3	40,7	41,3	44,0	44,7	38,6	36,7	30,2	26,3
Temperaturas mínimas absolutas	-5,0	-4,4	-1,2	1,9	5,0	8,5	12,2	14,4	9,0	2,0	-0,2	2,8
Frecuencia en % de fechas												
última helada	21	5,3	21	0	0	0	-	-	-	-	-	0
Fechas más frecuentes:												
última helada	1ª decena de febrero											
Duración media del período												
libre de heladas	325 días											
Nº aproximado de horas												
de frío invernal	740 (Weinberger)			590 (Mota)								
	Temperatura máxima igual o superior a											
	41°	40°	39°	38°	37°	36°	35°	34°	33°	32°	31°	30°
Nº de días con temperaturas máximas elevadas de junio a septiembre			1,9	3,7	6,8	11,4	16,4	25,9	37,3	51,2	66,4	81,9

Tabla 22
Datos agroclimáticos observatorio de Almería. (Altitud: 7 m)

	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación media mensual mm	15	22	20	25	30	10	0	2	16	22	39	18
Humedad relativa media %	69	68	65	66	64	67	65	68	68	70	72	70
Nº de días despejados	5	5	6	5	7	9	16	15	8	5	4	7
Nº de días nubosos	22	19	21	22	22	20	15	15	21	23	25	21
Nº de días ventosos	4	4	4	3	2	1	0	1	1	3	3	3
Temperaturas medias mensuales	12,6	13,3	14,3	16,2	19,4	22,3	25,1	26,4	24,0	20,8	15,6	11,2
Temperaturas máximas absolutas	23,6	24,7	24,2	28,2	32,8	34,2	42,0	39,8	35,4	33,0	25,8	24,2
Temperaturas mínimas absolutas	4,4	3,6	4,8	7,0	9,2	11,8	15,0	15,0	13,0	10,0	6,9	1,0
Frecuencia en % de fechas												
última helada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fechas más frecuentes												
última helada	ninguna											
Duración media del periodo												
libre de heladas	365 días											
Nº aproximado de horas												
de frío invernal	520 (Weinberger)			390 (Mora)								
	Temperatura máxima igual o superior a											
	41°	40°	39°	38°	37°	36°	35°	34°	33°	32°	31°	30°
Nº de días con temperaturas máximas elevadas de junio a septiembre	-	-	0,15	0,3	0,75	1,5	3,3	6,3	10,2	17,4	25,2	36,5

3. FACTORES CLIMÁTICOS

3.1. INTRODUCCIÓN

El estudio del clima y de los factores que lo determinan puede considerarse, desde un punto de vista físico, como un problema sencillo, siempre que se disponga de los medios adecuados para ello. Sin embargo, cuando éste se pretende utilizar para obtener información acerca del comportamiento agronómico de una especie frutal, el problema es bastante más complejo y no siempre es posible obtener respuestas tras el citado estudio, ya que existen dificultades de distinta índole que impiden que podamos utilizar la información de manera adecuada. Así la existencia de microclimas frente a la escasez de estaciones meteorológicas pone de manifiesto, claramente, la dificultad de poder predecir el comportamiento de un frutal en determinadas zonas de las que no tenemos informaciones suficientemente fiables: en estos casos, informaciones adicionales como la que pueden dar los conocedores del lugar concreto o la existencia de plantaciones frutales próximas pueden ser de gran ayuda para estimar el comportamiento de la especie que deseamos establecer en ese lugar.

Teniendo en cuenta la dificultad para interpretar el comportamiento agronómico de una variedad en una zona determinada, han de tomarse algunas precauciones entre las que no debe olvidarse el rigor en las informaciones obtenidas para realizar el estudio climático. Así, los datos climáticos deben corresponder a un periodo mínimo de 10 años; la estación meteorológica utilizada debe estar en un lugar que represente a la finca, pues de lo contrario puede haber diferencias notables que pueden incluso llegar a anular la bondad del estudio; debe tenerse muy en cuenta la información y experiencia local, haciendo al mismo tiempo consideraciones que incluyan aspectos como la orografía de la finca, su altitud respecto a la estación climatológica más próxima, la orientación, vientos dominantes, existencia de barreras naturales, etc.

La temperatura es, normalmente, el factor climatológico que más influye en el desarrollo de una especie frutal, por lo que su estudio resulta siempre fundamental. Sin embargo, en ocasiones, algunos modelos matemáticos que intentan interpretar el comportamiento de un frutal tomando únicamente la variable temperatura, resultan totalmente inadecuados cuando alguna de las demás variables tiene un comportamiento notablemente distinto del que presentaba en la zona para la que se obtuvo el "modelo": así por ejemplo la fórmula que nos permite determinar la acumulación de "horas frío", puede ser utilizada para una determinada área reducida, e interpretar los resultados obtenidos para una misma variedad frutal, pero cuando deseamos utilizar esa misma fórmula en otra área la interpretación puede ser diferente, ya que pretendemos conocer el comportamiento fisiológico de la planta a través de una sola variable, la temperatura, cuando en realidad hay otras que también influyen.

Entre los factores climáticos más importantes que debemos tener en cuenta son: temperaturas, lluvias, humedad ambiental, insolación, vientos, tormentas y nieve.

3.2. EL PERIODO DE REPOSO DE LOS FRUTALES

En los climas templados o templado-cálidos como el del Sureste y Levante español, el ritmo de crecimiento estacional de los frutales está condicionado fundamentalmente por las temperaturas, pudiendo distinguirse durante su ciclo anual dos periodos claramente distintos:

a. *El periodo de actividad vegetativa*: que empieza al final del invierno o al principio de la primavera con el inicio de la actividad vegetativa y que termina en otoño con el cese aparente de toda actividad, cayendo las hojas en los frutales caducifolios y permaneciendo vestidos los perennes pero sin mostrar ningún tipo de crecimiento.

b. *El periodo de reposo*: que se inicia a finales de otoño y acaba al finalizar el invierno o principios de primavera, con el comienzo de la actividad vegetativa de la planta, caracterizándose porque durante él no muestra actividad aparente alguna, si bien algunos procesos fisiológicos como la respiración continúan realizándose aunque de forma poco intensa.

El periodo de reposo, en los diversos frutales, empieza un tiempo después de haber cesado el crecimiento de verano (Tabuenca, 1965); y cuando se produce la caída de las hojas las yemas están en un estado de profundo reposo del que no salen hasta que han experimentado suficiente cantidad de frío invernal (Black, 1953).

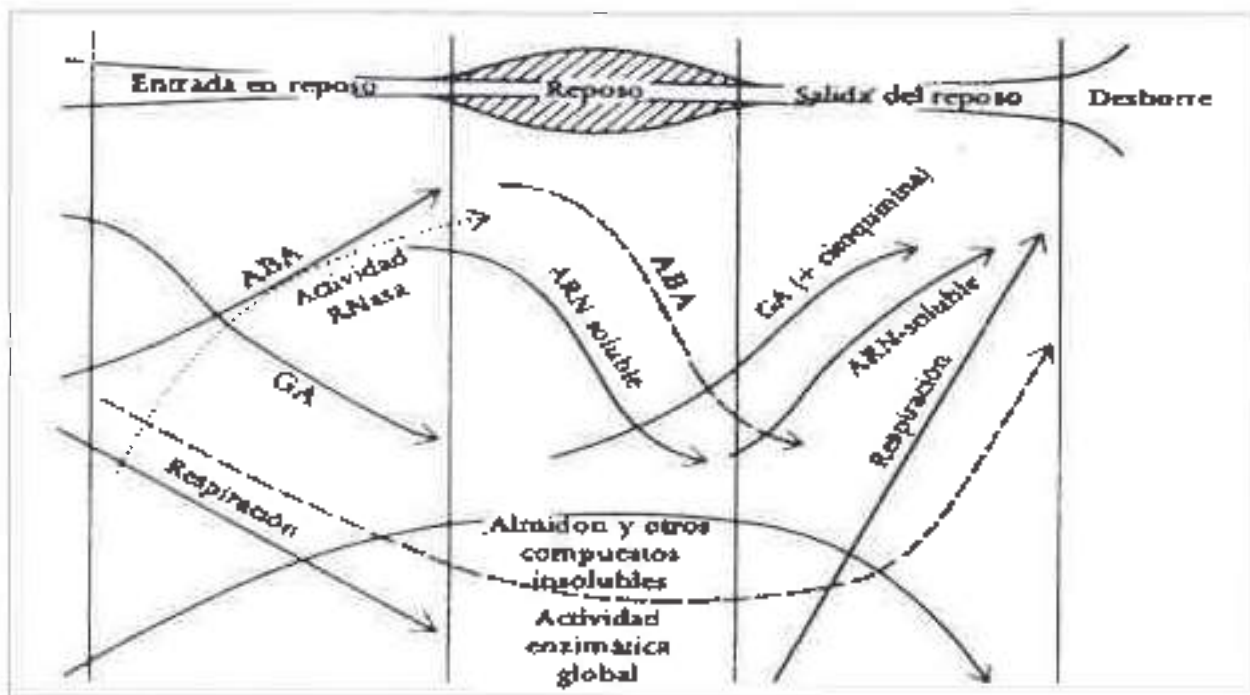
En la actualidad es aceptado por la mayor parte de los fisiólogos que el mecanismo directo que regula los procesos de actividad/reposo es un balance, en el interior del vegetal, entre promotores e inhibidores del crecimiento (Calderón, 1980). Parece ser que los factores externos al árbol, en especial los climáticos, influyen de manera notable sobre la fisiología de éste, dictándole instrucciones sobre la síntesis de sustancias promotoras o inhibidoras; cuando las cantidades de promotores son altas, los árboles son inducidos a crecer, mientras que si la predominancia es de inhibidores se induce al descanso (Calderón, 1980). El papel regulador del ABA en el reposo de yemas y semillas parece ligado al cambio de los niveles de GA y otros promotores, que se elevan marcadamente cuando se han cubierto las necesidades de frío y ha terminado el periodo de reposo (Westwood, 1982).

El acortamiento de la longitud del día al final del verano desencadena el cese del crecimiento en muchas especies. Los periodos de entrada en reposo, reposo y salida del reposo están acompañados de cambios en reguladores endógenos de crecimiento y en el metabolismo (Westwood, 1982), como puede verse en las figuras siguientes según Lavee (1973), donde se explica cómo durante la entrada en reposo se produce un incremento de los inhibidores al mismo tiempo que se reduce la concentración de promotores del crecimiento; el proceso inverso ocurre durante la salida del reposo, lo que permite la brotación cuando además se dan condiciones de temperatura y humedad favorables.

Factores externos tales como temperatura, radiación solar, humedad ambiente y edáfica, fotoperíodo, niveles de fertilización, labores de cultivo, etc., pueden influir, y de hecho influyen, en el mecanismo que determina la caída de las hojas y la entrada en reposo de los árboles, pero su intervención no es del todo conocida en muchos

de los casos. Se considera que el *periodo de reposo* comienza en los árboles desde el momento en que se detiene el crecimiento vegetativo anual, aún antes del desprendimiento de las hojas. A partir de ese momento las distintas actividades fisiológicas van disminuyendo hasta parar casi totalmente. Esta detención es casi total en la parte aérea pero parece ser que no tiene lugar de manera tan acentuada en la parte subterránea, en la que el crecimiento y otras funciones continúan presentándose aunque a ritmo menor (Calderón, 1980). En efecto, la actividad del sistema radicular se prolonga durante 2-3 semanas después de la parada otoñal y se inicia 2-3 semanas antes del desborre (Gil-Albert, 1989a).

Figura 3
Descripción esquemática de la actividad metabólica en relación con el estado de reposo (Lavee, 1973)



Fuente: Westwood, 1982

Las especies caducifolias proceden de climas con estaciones definidas, siendo el periodo de reposo un mecanismo de defensa a las bajas temperaturas invernales. Aquellas se defienden de éstas mediante el agostamiento y endurecimiento de su madera a medida que se acercan al otoño y mediante la caída de las hojas, estado fenológico que nos muestra la entrada en reposo de la planta.

Algunos términos utilizados frecuentemente como sinónimos de reposo presentan matices diferenciales que conviene aclarar. Así, el término *latencia* (Westwood, 1992) es el término general utilizado para denotar el periodo de inactividad, distinguiéndose varias clases según la causa que la produce:

1. Quiescencia:

Cuando las yemas permanecen latentes a causa de condiciones externas desfavorables al crecimiento (por ejemplo, temperatura, agua disponible, fotoperíodo).

2. Inhibición por correlación:

Cuando las yemas no crecen por la acción inhibitoria de otra parte de la planta (por ejemplo, latencia de yemas laterales debido a la dominancia del brote terminal o dominancia apical).

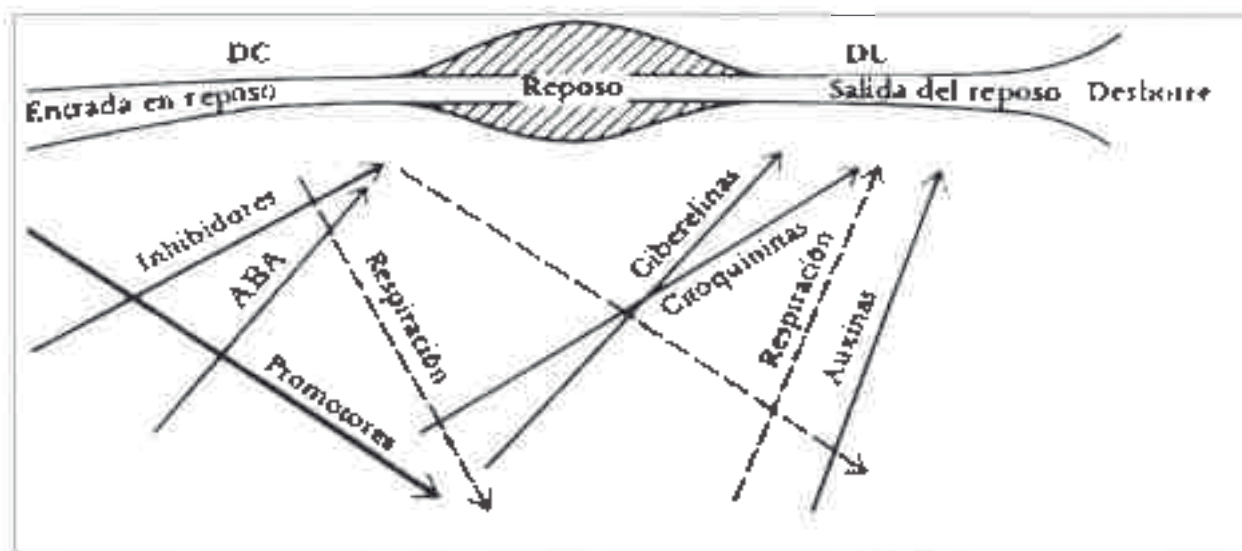
3. Reposo:

Cuando las yemas están latentes o causa de condiciones fisiológicas internas que impiden el crecimiento incluso si las condiciones externas son favorables al mismo. Temperaturas bajas por encima de 0 °C conducen a la salida del reposo.

4. Entrada en reposo:

La transición de quiescencia a reposo profundo en otoño.

Figura 4
Descripción esquemática de los cambios de reguladores de crecimiento en relación con el estado de reposo



Fuente: Lavee, 1973 (Westwood, 1982).

3.3. TEMPERATURAS INVERNALES

Desde una perspectiva agronómica, las temperaturas consideradas como invernales no siempre corresponden a las que se producen durante el periodo de invierno, sino que con este término se hace referencia a las que se producen en el periodo en el que las plantas están en reposo invernal. En España, el periodo de reposo invernal abarca, normalmente, desde mediados de noviembre hasta primeros de marzo (Gil-Albert, 1998); este periodo puede reducirse en algunas zonas más cálidas, comprendiendo sólo desde mediados de diciembre a mediados de febrero, mientras que en otras zonas más frías puede alargarse hasta primeros de abril.

En general, las plantas cultivadas en un área se encuentran adaptadas a la misma. Sin embargo en ocasiones pueden producirse valores extremos tanto de temperaturas positivas como negativas (muy altos o muy bajos) que podrían acarrear efectos

negativos a la planta y que sean muy distintos: así las bajas temperaturas pueden producir heladas en distintos órganos, provocando incluso su muerte, mientras que las altas temperaturas en ese periodo provocan efectos también negativos que pueden concluir incluso con la caída de yemas de flor.

3.3.1. Efectos de las bajas temperaturas invernales

Cuando la temperatura desciende de 0 °C, las plantas pueden sufrir daños por heladas. Cada especie frutal presenta una resistencia al frío determinada genéticamente; sin embargo otros factores de tipo fisiológico, nutricional o ambiental también influyen en la resistencia final de la planta al frío.

La sensibilidad mostrada por las plantas, según sea de hoja caduca o perenne es claramente distinta; así las especies de hoja caduca presentan mayor resistencia que las de hoja perenne y dentro de las de hoja perenne parece que aquellos cuyos frutos maduran en invierno presentan mayor sensibilidad.

Los daños producidos por la helada, además de por los factores indicados, dependerán también de la intensidad, y de duración de ésta y del estado fenológico en que se encuentre la planta. Asimismo, los diferentes órganos presentan una resistencia diferente al frío.

Las raíces son más sensibles al frío, sin embargo raramente se hielan debido al efecto aislante de la capa de suelo que tienen sobre ellas.

Las yemas de flor, más sensibles al frío que los ramos, alcanzan la resistencia al frío antes que la madera, por lo que heladas tempranas, por ejemplo en noviembre, pueden afectar a la madera (Gil-Albert, 1998), lo que indica la influencia del proceso de maduración y endurecimiento de la madera sobre la resistencia a este factor; se recomienda leer la obra referenciada del profesor Gil-Albert para tener una mayor información sobre el efecto del frío invernal en los frutales.

En el área del sudeste español no suelen darse heladas invernales en los frutales objeto de estudio. Algunos de ellos, como el granado, están perfectamente adaptados al clima de esta zona y no sufren heladas invernales, pudiendo aguantar en otras zonas de cultivo temperaturas de -18 y -20 °C; otros como la higuera pueden aguantar sin helarse hasta -23 °C; sin embargo, el alcornoque que en invierno queda reducido a un muñón de cepa, es más sensible al frío y en zonas donde se producen temperaturas negativas durante más de 5 ó 6 horas conviene cubrir la cepa con tierra para impedir que se produzcan heladas, práctica similar al aporcado otoñal que se realiza a las viñas en la Meseta Central de España y otras zonas; el algarrobo, de hoja perenne, también puede sufrir daños por heladas invernales cuando la temperatura alcanza los -4 ó -5 °C (Tous y Batlle, 1990; Davis, 1994). En general en España, los daños producidos por heladas invernales son escasos, y en particular en el Levante y Sudeste españoles, donde los inviernos son benignos, con algunas olas de frío ocasionales en las que se pueden dar temperaturas de -5 a -8 °C que pueden provocar daños, especialmente en los frutales de hoja perenne como los cítricos o el algarrobo. En estos climas son muy superiores los daños por falta de frío invernal en los frutales, que los daños por exceso de frío invernal.

3.3.1.1. Evaluación del riesgo de helada invernal

La evaluación del riesgo de helada es uno de los estudios básicos previos a la plantación frutal. De ésta se deducirá qué especies o variedades no deben elegirse para esa nueva plantación, pudiendo establecerse, tras el conocimiento del comportamiento del material vegetal, qué variedad o variedades presentan mayor probabilidad de soportar el rigor del invierno. Para ello deberá disponerse de la mejor información climática, durante un periodo no inferior a 10 años; la **temperatura mínima diaria** es el parámetro esencial para realizar este estudio; deberá conocerse la fecha y duración de cada temperatura bajo cero.

Como no siempre se dispone del parámetro indicado con la precisión que se requiere, se puede recurrir, en su caso, a otros que nos darán una idea bastante próxima a la realidad conociendo lo que ocurre en las ocasiones similares, como son:

- Temperaturas medias en los meses de reposo,
- Temperaturas, medias de mínimas, del periodo de reposo
- Temperaturas mínimas absolutas en el periodo de reposo y fecha en que se produjeron.

3.3.2. Efectos de las temperaturas elevadas en invierno

Los diversos factores climáticos (lluvias, heladas, vientos, granizos, etc.) son considerados desde siempre factores limitantes de primer orden para el cultivo frutal. Sin embargo, con la gran expansión frutícola de los últimos 50 años, en España (1950-2000) se han puesto de manifiesto algunos problemas de adaptación climática, fundamentalmente en las zonas donde se han realizado nuevas plantaciones, ya que son zonas generalmente cálidas, en las que no se han hecho ensayos previos de adaptación varietal, ni estudios climáticos tan precisos que permitieran evitar algunos de los problemas que posteriormente se han planteado. Así, Gil-Albert (1965, 1989b) denuncia que: "Las nuevas plantaciones en zonas cálidas (Extremadura, Andalucía, Costa Mediterránea, etc.) de frutales de pepita o de variedades extranjeras de frutales de hueso acartean, casi siempre, el problema de la insuficiencia del reposo invernal de estas especies o variedades, insuficiencia ocasionada por inviernos con pocas horas de temperaturas relativamente bajas ($\leq 7^{\circ}\text{C}$)". Ésto se ha podido comprobar en numerosos años y zonas; un ejemplo reciente lo tenemos en el año 1995, en el que la falta de frío invernal provocó cuantiosos daños económicos en numerosas plantaciones frutales situadas en el Sudeste, especialmente en la Región de Murcia.

Como consecuencia de la importancia que han adquirido los problemas relacionados con la falta de frío durante el *reposo invernal*, especialmente en las nuevas zonas de expansión frutícola, multitud de investigadores en diversos países se han dedicado a su estudio. Trabajos en otros países sobre diversos aspectos de este problema, han ido desvelándolo. Entre estos trabajos destacan los siguientes: Chandler (1925), Chandler *et al.* (1934, 1937, 1953), Black (1936, 1953), Weinberger (1950,

1967), Crossa-Raynaud (1955-1961), Mota (1957), Fregoni (1959), Brevighieri (1960), Baldini (1956, 1961), Sannier (1960), Bidabé (1963). Más recientemente Erez y Lavee (1971), Richardson et al. (1974), Gilreath *et al.* (1981), Shalhout *et al.* (1983) y por último Hauagge y Cumming (1991), Gerreiro *et al.* (1991) Seif y Hassan (1992) y Nitransky (1993) han contribuido, con sus investigaciones, a tener otra visión diferente de la medida del *reposo invernal*.

En España múltiples trabajos han ayudado a aclarar este problema, como son los de Gil-Albert (1965, 1989b), muy especialmente los de Tabuenca (1964, 1966, 1967, 1968, 1971a, 1971b, 1979a, 1979b, 1980, 1983, 1984, 1985), y también Sánchez-Capuchino (1966, 1967) y Martínez (1979) obteniéndose un mayor conocimiento de las exigencias en frío invernal durante el período de reposo de algunas variedades nacionales, lo que ha permitido utilizar estos conocimientos para la elección de variedades en las nuevas plantaciones. En los últimos años son muy pocos los esfuerzos llevados a cabo en nuestro país en esta dirección. Encontramos los trabajos de investigación de Fernández-Escobar *et al.* (1987) sobre tratamientos químicos para la salida del reposo y el de Rodríguez *et al.* (1987) sobre comportamiento, obtención y selección de material vegetal en frutales caducifolios (centro de Murcia), o el bibliográfico de Egea (1989) sobre modelos para medir el *reposo invernal*.

3.3.3. Necesidad de frío invernal

Es sabido que los frutales caducifolios necesitan sufrir durante el período de reposo la acción o efecto fisiológico de las bajas temperaturas durante un tiempo más o menos prolongado que depende de la intensidad de las mismas, de la variedad, etc., para que éstos puedan brotar y florecer de manera normal a finales de invierno o principios de primavera, una vez se den las condiciones favorables para el crecimiento.

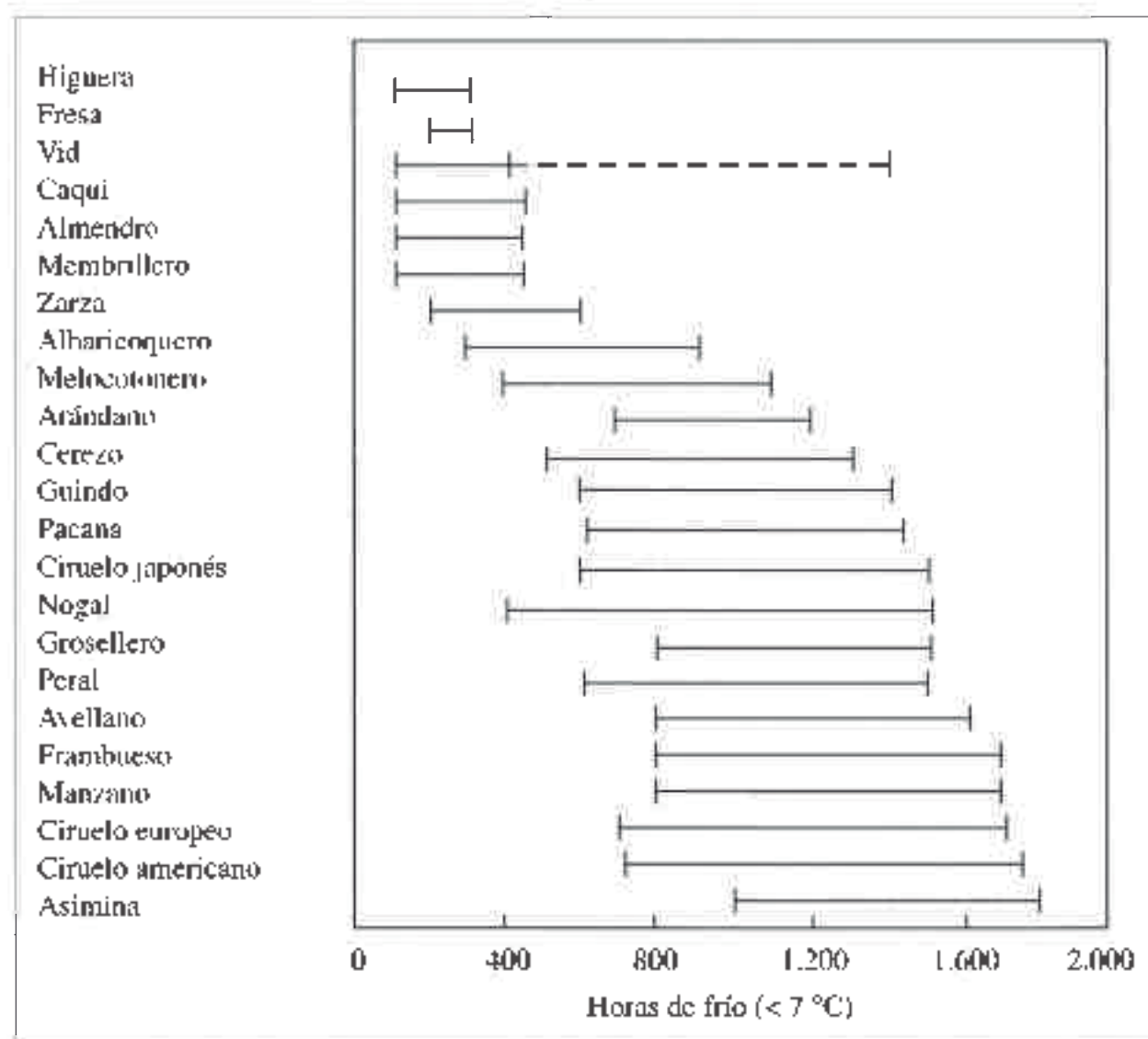
Las necesidades de frío invernal se han medido tradicionalmente a través del concepto de *horas-frío*, definiéndose éstas como el número de horas que pasa la planta, durante el período de reposo invernal, a temperaturas inferiores a una umbral, comprendida entre 4 y 12 °C para distintos autores y según la especie y ecología de la zona de estudio, siendo frecuente que esta temperatura umbral se fije en 7 °C.

Aunque las distintas especies presentan diferencias en sus necesidades de frío invernal, en muchas ocasiones existen mayores diferencias entre las variedades de una misma especie que entre algunas variedades pertenecientes a distintas especies. Por ello no resulta adecuado hablar de las necesidades de frío de la especie, sino de las necesidades de frío de una variedad concreta. Las necesidades de horas-frío para distintas especies, pueden ser en ocasiones, no obstante, una referencia útil, por lo que a continuación exponemos una gráfica con las exigencias aproximadas de frío para salir del reposo de distintas especies.

Baldini, (1961) (Tabuenca, 1965), indica que las necesidades de frío invernal

entre las especies de hueso son diferentes, siendo melocotonero, albaricoquero y cerezo más exigentes que ciruelo; y entre los frutales de pepita, el membrillero es menos exigente que peral y manzano. Igualmente, del estudio realizado en las comunidades de Valencia, Murcia y Baleares por Sánchez-Capuchino (1967) puede deducirse que, por especies, las necesidades de frío invernal ordenadas de menores a mayores necesidades, en general son: Almendro < Albaricoquero < Melocotonero, dentro de los frutales de hueso. Aunque en este estudio se muestra claramente que las necesidades intervarietales dentro de una misma especie, y según los daños producidos por la falta de horas-frío, son en muchas ocasiones más importantes que las diferencias entre variedades de distintas especies.

Figura 5
Necesidades de horas-frío según especies



Fuente: Westwood, 1962.

Así, en el melocotonero la variedad Flordasun presenta requerimientos del orden

de 300 a 350 horas-frío, mientras que la variedad May Flower los tiene del orden de 1.000 a 1.300. Igualmente, en el manzano, la variedad Winter Banana necesita solamente de 400 a 450 horas-frío, siendo las necesidades de la variedad Northern Spy de 1.200 horas-frío aproximadamente (Calderón, 1980). Del mismo modo también puede decirse que una misma variedad puede tener distintas necesidades de frío para salir del reposo en zonas distintas, lo que pone de manifiesto la influencia de otros factores distintos de la temperatura para salir del reposo.

Ciertas variedades muestran una gran labilidad respecto a sus necesidades de horas-frío, vegetando aceptablemente en un amplio intervalo de valores de horas-frío disponibles, así por ejemplo el ciruelo Golden Japan o el peral Blanquilla de Aranjuez se cultivan en España en regiones con variaciones en horas-frío entre 200 y 750 horas (Gil-Albert, 1989b). Este mismo autor afirma a continuación que, de cualquier modo, hoy puede afirmarse que, salvo en el caso de variedades muy exigentes, siempre que en una zona frutícola se producen más de 500 horas-frío, los problemas son de poca importancia, y solamente por debajo de esta cifra hay que tener cuidado de ajustar las necesidades de las variedades con las disponibilidades locales. Este aspecto queda corroborado por los trabajos de Rodríguez y col. (1987) sobre el comportamiento de variedades de melocotonero y ciruelo en el Campo de Cartagena (Murcia), en una zona donde las horas-frío acumuladas ($\leq 7^{\circ}\text{C}$) en el periodo de reposo se sitúan entorno a las 200 horas anuales. La valoración de daños por falta de frío invernal en variedades de melocotonero en esta zona así como el comportamiento general de algunas especies frutales frente al déficit de frío invernal pueden verse en la obra "El frío invernal factor limitante para el cultivo frutal" (Melgarejo, 1996), en la que además se exponen tablas con las necesidades de frío invernal de numerosas variedades frutales.

Finalmente hay que resaltar que otros parámetros ambientales, distintos de las bajas temperaturas, pueden tener una influencia sobre la salida del reposo invernal de los frutales de hoja caduca, aunque sean las temperaturas y el régimen de éstas el factor que mayor peso específico parece tener en el proceso, ya que no todas las temperaturas por debajo de 7°C tienen el mismo efecto, incluso pueden contrarrestar horas-frío cuando superan un determinado nivel durante el periodo de reposo. La influencia ambiental se manifiesta claramente al constatar que una misma variedad puede tener distintas necesidades de frío en distintas regiones o ecologías. Así, variedades de melocotonero que exigen de 700-900 horas-frío para salir del reposo en el Valle del Ebro, tan sólo requieren unas 350 horas para ello en el Valle del Guadalquivir; sin embargo la medida es válida cuando las condiciones de temperatura son análogas a las de la zona donde se han evaluado las necesidades de frío de una variedad determinada (Fernández-Escobar, 1988).

Por último también resulta interesante indicar que la acción de las bajas temperaturas invernales para romper el periodo de reposo tiene un efecto puramente local sobre cada yema del árbol, no transmitiéndose éste de una parte a otra de él (Calderón, 1980).

Respecto a las especies frutales analizadas en este trabajo, al ser menos importantes, tener menores requerimientos de frío invernal y al estar generalmente implan-

tadas en zonas donde cubren sus necesidades de frío, no hay apenas referencias bibliográficas. Si observamos la Figura 9, podemos ver que de las especies estudiadas en este trabajo, únicamente aparece la higuera, la vid y el almendro, indicándose que sus necesidades de frío invernal se sitúan entre 100 y 300 h; este rango, aunque estrecho, no deja de ser amplio para la especie, no existiendo estudios acerca del comportamiento varietal. Al respecto, la evidencia demuestra que las variedades de higueras cultivadas en el Sureste español, algunos años no cubren sus necesidades de frío invernal, ya que la aplicación sistemática de productos compensadores de frío invernal en este cultivo han demostrado ser eficientes para este fin y también han demostrado que en otros años, en los que se cubren las necesidades de frío de manera natural, su efecto es inapreciable. Lo expuesto pone de manifiesto la importancia de estudiar las necesidades de frío de las variedades de estas especies si se desea predecir su comportamiento en las distintas áreas de cultivo.

3.3.3.1 Fenómenos que ocasiona la deficiencia de frío invernal

Si las necesidades de frío invernal de cada de árbol no son satisfechas, se presentarán en la siguiente época de crecimiento desórdenes fisiológicos más o menos importantes, que serán función del déficit de frío que la planta haya sufrido, aunque otros factores como la insolación, heladas invernales, etc., pueden disminuir o aumentar los daños propios atribuibles a este déficit de frío en los inviernos templados. Cuando las especies frutales se cultivan en zonas templadas, de inviernos suaves, a las que no están totalmente adaptadas o cuando aún estando adaptadas en ellas se produce un invierno anormalmente suave, en los frutales de hoja caduca se pueden presentar los siguientes síntomas típicos como consecuencia de la falta de frío invernal, estudiados por distintos investigadores en multitud de variedades y que se pueden resumir del siguiente modo (Tabuenca, 1965; Gil-Albert, 1989b, y otros):

a) Retraso en la apertura de las yemas: Es el efecto menos grave de los que se pueden producir, pudiendo incluso en ocasiones llegar a ser beneficioso para variedades ubicadas en zonas donde las heladas primaverales podrían dañar la floración o la brotación.

Sin embargo cuando estos retrasos en la apertura de las yemas son excesivos o se produce un desfase entre las brotaciones de las yemas de madera y las de flor, su efecto puede ser perjudicial con mayor o menor gravedad. En este sentido, Chandler y Brown, (1952) (Tabuenca, 1965), citan ejemplos de floración en manzano a últimos de julio después de inviernos excesivamente templados en algunas zonas de California. Por otro lado, considerando que normalmente la apertura de las yemas de madera se realiza con posterioridad a la apertura de las de flor, cuando el retraso en la apertura de las yemas de madera es importante, habiéndose producido la floración, puede llegarse a un agotamiento de las reservas, antes de que la nueva foliación sea capaz de aportar los nutrientes necesarios a los frutos recién cuajados. Por último, un retraso en la apertura de las yemas de flor puede afectar tanto a la polinización, si se utilizan variedades distintas en la parcela, como provocar un cambio

en el orden de floración entre las variedades de una zona, como provocar un retraso en la maduración de los frutos respecto a su época normal con lo que incluso su valor comercial podría devaluarse notablemente por entrar en competencia con otras variedades.

b) Brotación irregular y dispersa: Cuando la deficiencia de frío es mayor que en el caso anterior, los retrasos en la apertura de las yemas pueden ir acompañados de irregularidades, pudiendo originarse una brotación irregular y dispersa, tanto en las yemas de flor como en las de madera, debido a las diferentes necesidades de frío de las distintas yemas, según su naturaleza y situación. Resulta normal que las yemas de flor tengan menores necesidades de frío que las de madera, y dentro de éstas que las terminales abran antes que las laterales, según Eggert (1951), Black (1953) y Fregoni (1959) (Tabuenca, 1965) y que tanto las yemas de flor como las de madera, situadas en ramos débiles, abran antes que las que se encuentren en ramos vigorosos, según Reinecke (1936) y Chandler y Brown (1951) (Tabuenca, 1965).

También las irregularidades de crecimiento son más evidentes en manzano y peral que en melocotonero y albaricoquero, ya que en los últimos un tanto por ciento elevado de yemas de flor cae como consecuencia de la falta de frío invernal según Black (1953) (Tabuenca, 1965).

Finalmente, tanto por las experiencias de los autores citados como por las de otros, puede decirse que resulta característico de los periodos de reposo prolongado por inviernos templados: *que se aumenten las diferencias entre floración y foliación, que la brotación sea irregular y que dentro de un mismo árbol se puedan encontrar yemas de flor y de madera sin abrir, yemas de flor en distintos estados, frutos recién cuajados y frutos con cierto grado de desarrollo, yemas de madera que han iniciado la brotación así como brotes en los que las hojas ya están en estado de desarrollo avanzado.*

c) Caída de yemas: Es el efecto más grave que puede provocar la falta de frío en los inviernos suaves. Son más sensibles a esta caída melocotoneros y albaricoqueros en los que puede llegar a caer el 100% de las yemas de flor, en menor grado resultan afectados ciruelos japoneses y europeos y por último el peral y, aún menos, manzano (Tabuenca, 1965). Esta caída de yemas no siempre resulta totalmente explicada por la suavidad del invierno, apuntando algunos autores la existencia de otros factores que pueden producir este fenómeno como son las heladas que tienen lugar en el invierno cuando las yemas comienzan a salir de la latencia, las altas temperaturas durante el periodo de reposo, o las altas temperaturas en el periodo de reposo junto con altas humedades. El estado nutricional adecuado o inadecuado puede mejorar o agravar el problema de la caída de yemas: la sequía en otoño o a finales de invierno o la defoliación por el ataque de plagas o enfermedades pueden agravar también el problema de la caída de yemas.

A pesar de la gravedad que en sí supone la caída de las yemas, si un 10-20% de las yemas de flor persisten y cuajan en buenas condiciones, la producción puede llegar a ser tan rentable o más que con porcentajes de cuajado superiores en árboles más pequeños en otras zonas (Gil-Albert, 1989b).

d) Otras anomalías de crecimiento provocadas por la falta de frío invernal:

Distintos autores también han encontrado diferentes anomalías de crecimiento provocadas por la falta de frío invernal como el aborto del estilo, alteraciones en el desarrollo del polen, deformaciones de hojas, aparición de pistilos múltiples que originan frutos múltiples, "chamuscado" de yemas (que mueren antes de desarrollarse el brote), etc. (Tabuenca, 1965).

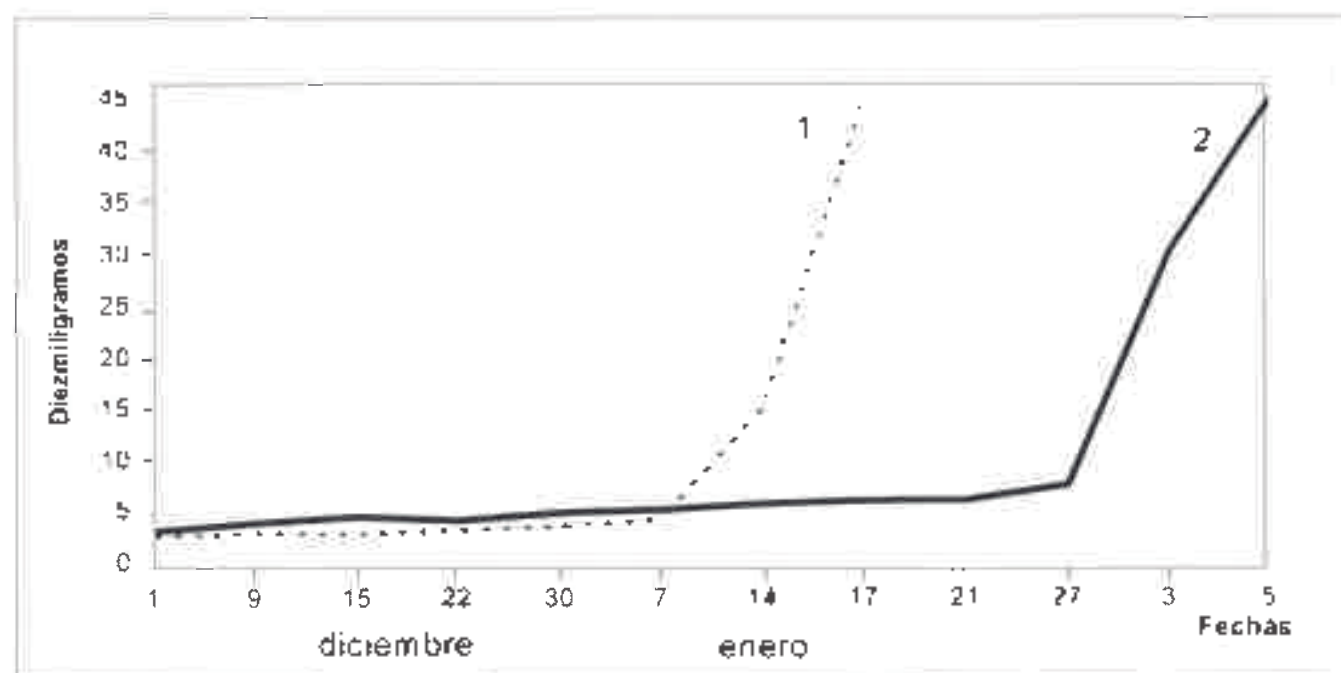
3.3.4. Salida del reposo

Para que el árbol frutal de hoja caduca brote con normalidad en primavera, se requiere:

1. Que hayan sido satisfechas sus necesidades de frío invernal.
2. Que se presenten condiciones favorables al crecimiento.

Como métodos que permiten determinar el momento en que los frutales han superado las necesidades de frío invernal pueden utilizarse la relación entre promotores e inhibidores del crecimiento, el incremento del porcentaje de floración y el incremento del peso seco de las yemas de flor. Este último método es el más utilizado por su mayor exactitud frente al segundo y facilidad de realización frente al primero cuando se trata de laboratorios modestos; en la gráfica siguiente puede verse la variación del peso seco en yemas de albaricoquero:

Gráfico 1
Variación del peso seco en yemas de albaricoquero



Fuente: Martínez, 1979. 1- Fenómenos; 2- Valenciano-L.

Una vez que la planta ha superado su periodo de reposo, puede iniciar la brotación, pudiéndose encontrar en estado quiescente durante un periodo de tiempo más

o menos prolongado hasta que se den unas condiciones mínimas necesarias para el crecimiento. De entre los distintos factores que determinan este crecimiento, la temperatura es el que mayor influencia relativa tiene.

Distintos autores han intentado establecer fórmulas que permitieran determinar el tiempo que debe transcurrir desde la salida del reposo hasta la plena floración de las distintas especies y variedades. Este aspecto puede resultar de interés, no sólo para saber en que fecha probable tendremos la plena floración, sino también para conocer si en una zona determinada y para una variedad concreta existen posibilidades de heladas primaverales por una brotación demasiado temprana.

3.3.5 Influencia del patrón en las necesidades de frío

En ocasiones, las necesidades de frío de los árboles no están exclusivamente dadas por la variedad sino que éstas pueden estar más o menos influenciadas por las del patrón y la manifestación de la influencia de éste puede ser más o menos clara.

Parece ser que hay cierta influencia del patrón sobre las necesidades de frío de la variedad, relacionada con el vigor del mismo. Es decir, las necesidades de frío de los árboles no están exclusivamente dadas por *la variedad* (o parte aérea de ellos), sino que están influenciadas por el patrón, debido a la interacción que establece con la variedad que sobre él se ha injertado, según Hatton y Grubb, 1926 (Tabuenca, 1971, 1979).

Como el patrón, tiene una composición genética propia, también tendrá sus propias necesidades de frío y desarrollo (influenciado por las temperaturas). Estas necesidades de frío pueden ser transmitidas a la parte aérea (variedad), como muchas otras interrelaciones que existen, a través de la unión entre patrón y variedad, como indica Chandler, 1960 (Tabuenca, 1971, 1979).

Por otro lado, Tabuenca (1971) indica que el patrón no tenía influencia sobre la época de salida del reposo invernal de variedades de manzano en el Valle del Ebro, pero pudiera tenerla en zonas con inviernos más benignos tal como encontraron Griggs e Iwakiri en 1969 en California. Asimismo, en el Valle del Ebro, la influencia fue clara sobre variedades de almendra, mientras que apenas se notó sobre variedades de melocotonero (Tabuenca, 1979).

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, podemos postular que las altas necesidades de frío de una determinada variedad podrían ser compensadas mediante la utilización de un patrón de muy escasas necesidades, con lo cual se haría factible su cultivo en regiones de inviernos benignos.

3.3.6. Compensadores de frío

Aunque la mejor solución para que no haya déficit de frío invernal es la elección de árboles cuyas exigencias estén adaptadas a la zona de cultivo, existen técnicas

que pueden paliar en alguna medida su falta. Las técnicas utilizables pueden clasificarse en:

- Técnicas de cultivo.
- Técnicas de mejora genética.

Estas técnicas se resumen a continuación de acuerdo con Calderón (1980), aunque algunas no se utilicen en nuestras zonas frutícolas, ponen de manifiesto la posibilidad de actuar mediante distintas técnicas de cultivo para compensar la falta de frío invernal que en ocasiones provoca pérdidas económicas muy considerables en las regiones de inviernos suaves.

3.3.6.1 Técnicas de cultivo

a) Encalado total de los árboles:

La gran radiación solar, provocada por ausencia de nubosidad, contribuye de manera importante a contrarrestar el efecto del frío producido. En lugares de inviernos frecuentemente nublados, aún obteniéndose las mismas temperaturas para el conteo de horas-frío, éstas tienen un efecto mayor, por lo que la sombra que las nubes producen es beneficiosa.

Puede decirse, entonces, que la sombra ejerce el efecto de reducir las necesidades de frío, pero al no ser posible producirla artificialmente de manera práctica, puede ser suplantada mediante la realización de aspersiones, a toda la parte aérea del árbol, de agua con cal, de manera que éste quede totalmente blanco. El color blanco reflejará la radiación solar, con lo que el calentamiento de las yemas será menor y su temperatura se mantendrá más constante. Igualmente, la capa de cal sobre las yemas hará el efecto de aislante.

Este procedimiento, que no es caro, y sí factible, produce resultados bastante buenos, con la ventaja adicional de que puede determinar un retraso en la brotación, que puede ser de gran importancia en aquellas regiones en las que se presenten heladas primaverales, aunque no es utilizado en la fruticultura española.

b) Suspensión temprana del riego:

Se ha comprobado en numerosas ocasiones que los árboles que más tardan en entrar en reposo y continúan creciendo fuera de época, son también los que en primavera más tardíamente efectúan la brotación, como si tuvieran mayores necesidades de frío. Esta respuesta de la planta a la entrada tardía en reposo, puede ser aprovechada para lograr un retraso en la brotación que pueda salvarla de los efectos de las heladas primaverales.

Por otro lado, en regiones donde las heladas primaverales no sean de tener, el retraso en la brotación representa uno de los efectos negativos de la falta de frío, por lo que puede resultar indeseable. La suspensión temprana del riego, una vez realizada la cosecha, es un factor que determina una rápida entrada al reposo, y por lo tanto, una más pronta salida de él y una floración más precoz.

c) Evitar la fertilización nitrogenada tardía:

La fertilización nitrogenada tiene efectos semejantes al riego en la continuación del

período de crecimiento, por lo que se consideran válidas las consideraciones hechas en el apartado anterior.

d) Poda:

La poda de despunte, como se sabe, rompe el fenómeno de dominancia apical, con lo cual se favorece la brotación de yemas laterales que se encontraban parcialmente inhibidas por las terminales.

La poda ha sido siempre considerada como de efectos estimulantes para la brotación siendo, en cierta forma, complementaria de las horas-frío o unidades de frío practicada fuera del período de heladas tardías de primavera.

Si la poda se efectúa al final del período vegetativo, debe realizarse lo más tarde posible, cuando ya no hay posibilidades de brotaciones, por haber entrado en reposo, ya que así se evitará una brotación tardía con especial sensibilidad a los fríos invernales.

No obstante, en la actualidad, cuando es posible predecir que no se van a cubrir las necesidades de frío de los frutales de una zona, la poda ya suele estar efectuada. Por tanto, de usarse como medida para paliar los efectos negativos de la falta de frío deberá tenerse en cuenta con antelación suficiente.

e) Arqueado de ramas:

Este procedimiento tiene un efecto estimulador de las yemas laterales, que se encontraban inhibidas por la dominancia apical. Por medio de él se puede lograr la brotación de gran cantidad de yemas laterales que normalmente quedarían inhibidas, síntoma clásico de la deficiencia de frío.

f) Aspersión de agua:

Cuando la temperatura tiende a elevarse mucho en inviernos muy soleados las aspersiones de agua, que mojen las yemas, constituyen un excelente método para evitar el efecto negativo de la elevación de la temperatura en las yemas durante el día.

Se ha concluido, de muchas experiencias, la ventaja de mojar periódicamente las yemas para obtener una mejor brotación primaveral, consecuencia de un mayor aprovechamiento del frío.

Este método sería utilizable en plantaciones en las que el sistema de riego sea el de aspersión, sistema muy raramente utilizado en la fruticultura española.

g) Defoliación:

En aquellas ocasiones en que las temperaturas templadas del otoño hayan propiciado un crecimiento continuo de las yemas terminales e impedido una completa caída de hojas, hay necesidad de hacer entrar a los árboles en reposo, para que asimismo salgan antes de él, y de manera homogénea.

El reposo forzado puede ser inducido por medio de la defoliación, la cual puede practicarse a mano, o mediante la pulverización con productos defoliantes.

La defoliación química es la más factible y barata. Se realiza mediante aspersión al follaje, todavía verde, de algún producto cáustico que determina su caída. Se ha usado con éxito, no sólo en caducifolios sino también en árboles de hoja perenne, el sulfato de zinc ($Zn SO_4$) al 5% en solución acuosa, lográndose la abscisión de todas las hojas a las 24 horas.

Otros productos como la cianamida de calcio (CaCN_2) en espolvoreo a razón de 20 kg/ha, el sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ al 5% en agua, y el Ethrel [ácido (2-cloroetil) fosfónico] al 1% en solución acuosa, también han dado buenos resultados.

La defoliación forzada constituye un método interesante para el tratamiento de árboles caducifolios en regiones de inviernos templados. Esta defoliación puede representar la crisis o "stress" que se necesita para que el frutal presente en su momento una floración espontánea y una brotación regular. Sin embargo, en algunas ocasiones, no hay que aferrarse forzosamente a conseguir este stress únicamente mediante la defoliación, ya que a veces puede resultar difícil de conseguir. Puede cambiarse por otro, como el resultante de una marcada época de sequía y una ayuda de la defoliación química.

El reposo que la sequía y la defoliación es capaz de provocar en el árbol puede llegar a sustituir completamente al reposo normal del invierno, en algunas zonas de clima subtropical con falta de horas-frío por otro reposo llamado "de sequía", lo que permite "elegir" la época del año más adecuada para que los árboles realicen el reposo. Experimentos de este tipo han sido realizados por distintos investigadores en Méjico y Perú, según indica Calderón, en el caso concreto de la variedad de melocotonero Anna. Esta variedad tiene una floración distribuida a lo largo del año de forma natural pero se ha conseguido homogeneizarla, concentrándola en una sola época, gracias a la aplicación sobre el follaje de productos como el Alar a una concentración de 5.000 a 6.000 p.p.m. El Alar produce sobre los brotes el efecto de detener el crecimiento vegetativo e inducir una diferenciación floral uniforme.

h) Riegos ligeros durante el invierno:

Es una práctica común dejar de regar desde antes de la caída de las hojas y no hacerlo hasta la primavera. Si la técnica es buena para que el árbol entre rápidamente en reposo, la falta drástica de agua perjudica al sistema radicular del árbol influyendo negativamente en la brotación de las yemas.

Se ha observado que, manteniéndose semejantes las demás condiciones, el riego ligero en invierno ayuda notablemente a la salida del reposo de los frutales, mientras que en los que durante el invierno se someten a un estado de sequía se agudizan los problemas del reposo prolongado.

i) Corrección de la deficiencia de zinc:

La deficiencia en zinc puede afectar negativamente a la correcta brotación. Se ha constatado su desfavorable acción al impedir la apertura inicial de las yemas en la parte superior de la copa.

Con la aplicación de sulfato de zinc, o cualquier otro corrector de esta deficiencia, se puede obtener mayor grado de brotación y foliación. La aspersión con Zineb, proporciona buenos resultados.

j) Empleo de productos químicos compensadores de frío:

A partir de los años veinte, tras su descubrimiento casual en California, comienzan a utilizarse emulsiones de aceites como compensadores del frío invernal. Erez en 1973 (Calderón, 1983) emplea una combinación de productos utilizados secuencialmente: aceite parafínico, DNOC, tiourea y nitrato potásico, obteniendo excelentes resultados en cuanto a la apertura de yemas laterales que, generalmente, perma-

necían dormidas, llegando a obtener más del 74 % de brotación, lo que equivale prácticamente a la normalidad; el trabajo lo realizó sobre la variedad de manzana Golden Delicious, estimándose que el efecto compensador de frío de estos productos está entre 200 y 300 horas-frío. Este mismo autor considera que la época de aplicación, para obtener la mayor eficiencia, está comprendida entre 3 y 6 semanas antes del momento normal en que se realiza la brotación.

La gran apertura de yemas laterales provocada por el tratamiento combinado, con 8% de aceite parafínico, determinó la obtención al siguiente año de gran cantidad de ramas de producción (lamburdas, brindillas coronadas, dardos), en claro contraste con algunos de los otros tratamientos y muy especialmente con el testigo, que se observó desnudo de ramificación, con grandes espacios vacíos e improductivos típicos de la insuficiencia de frío.

Más recientemente, en la cuenca del Guadalquivir, Fernández-Escobar y Martín (1987) realizan un interesante estudio sobre el empleo de nitrato potásico (al 1 y al 5%), tiourea (al 0.25 y al 1.5%) y cianamida de hidrógeno (0.1 a 0.9 M) como compensadores de frío sobre la variedad de melocotonero Sprincrest, en laboratorio.

Respecto a la aplicación de tiourea, según nuestra experiencia, deben tomarse precauciones para su empleo en melocotonero por su toxicidad y poca eficiencia a dosis bajas.

Por otro lado, la cianamida de hidrógeno se está utilizando en toda nuestra zona, como el producto más seguro a la dosis de 20 l/ha del producto comercial (cianamida de hidrógeno 52% LE) en el cultivo del melocotonero. También se recomienda esta misma formulación (De Liñan, 1995), en melocotón, nectarina, albaricoquero, cerezo y ciruelo, a la dosis indicada; en manzano y peral a 25 l/ha; en Kiwi a 4-5 l/ha y en parral y vid 3-4 l/ha. En los frutales de hueso las dosis por hectárea citadas se diluyen en 1.000 l de agua, aplicándose de forma que no alcance el punto de goteo, en kiwi se diluyen en 600 l, en parral y vid en 800-1.000 l en parrales en espaldera y en 300-400 l en plantaciones bajas. La aplicación en frutales debe realizarse 30-45 días antes del hinchado de las yemas y en parral y vid 45-60 días antes. Algunas variedades de melocotonero y nectarina, como May Belle y May Fire, son sensibles a este producto, por lo que se recomienda, si no se tiene experiencia en su aplicación en plantaciones de melocotonero y de nectarina, o de otros frutales consultar con los servicios técnicos del fabricante: Agrevo.

3.3.6.2. Técnicas de mejora genética

A pesar de la existencia de todos los métodos citados de efectos compensadores de frío, es claro que ninguno de ellos puede ofrecer, en definitiva, tan buenos resultados como pudiera proporcionar un adecuado programa de hibridaciones y de selecciones que llegara a obtener material genético, clones de las diversas especies caducifolias, con buenas características comerciales y que a la vez tuvieran muy escasas necesidades de frío invernal.

Este tipo de labor ya ha sido realizada, en cierto modo, en algunos países, tales como Estados Unidos, Israel, República de Sudáfrica y Brasil, en los cuales se han

creado nuevas variedades especialmente adaptadas a regiones subtropicales y cálidas. Gran número de las variedades de melocotonero hoy recomendadas para esta clase de zonas productoras proviene de esos países.

Anteriormente ya se expuso el efecto que el patrón puede ejercer sobre la parte aérea. La elección acertada del patrón, con bajos requerimientos de frío invernal, que cumpla con el resto de requisitos exigibles para la variedad y zona concreta es, sin duda, un factor determinante que puede incluso evitar la aplicación de técnicas como las anteriores.

Tabla 23
Efecto de la aplicación de aceite mineral, DNOC, Tiourea (TU)
nitrate de potasio en la floración, foliación y fructificación
en manzano Golden Delicious, de 3 años de edad, en Videira (Brasil)

Tratamiento	Número de botones florales por árbol	Apertura de botones terminales	Apertura de yemas laterales	Fecha de plena floración	Número de frutos por árbol		Peso promedio de los frutos (g)
					Total	Después del aclareo	
Control	1'4 a**	28'0 a	4'5 a	16/XI	23'5	8'0 a	122'2
8% oil + 0'12% DNOC	45'0 cd	108'0 b	44'7 c	4/XI	53'2	24'5 bc	154'1
5% oil* + 0'2% DNOC	28'0 bc	94'5 b	65'2 d	5/XI	29'1	15'7 ab	142'0
10% KNO ₃ + 2% TU	19'0 ab	97'4 b	14'7 b	10/XI	86'9	21'6 ab	166'6
10% KNO ₃ + 2% TU + 5% oil + 0'12% DNOC	65'2 d	85'1 b	65'7 d	3/XI	56'0	30'2 c	136'6
10% KNO ₃ + 2% TU + 8% oil + 0'12% DNOC	35'5 c	94'3 b	74'4 dc	5/XI	44'7	20'5 cb	166'6

Fuente: Calderán, 1983.

3.3.7. Medida del frío invernal

Aunque es evidente que un proceso fisiológico tan complejo como el reposo invernal no puede depender exclusivamente de un sólo factor climático, desde un punto de vista práctico y desde los primeros análisis del problema, se ha pretendido vincular la duración del reposo con las temperaturas por debajo de un determinado

umbral (Gil-Albert, 1989b). Otros factores como la propia oscilación térmica a lo largo del día y durante el invierno, la radiación solar, la iluminación, la humedad del suelo y del aire, el tipo de suelo, etc., pueden ser considerados como factores ecológicos que influyen también en la salida del reposo de los frutales (Calderón, 1980). Sin embargo desde un punto de vista práctico parece razonable, mientras no se postule un modelo que integre la influencia de un mayor número de estos factores, utilizar la variable temperatura como el factor más adecuado para medir cuándo se han cubierto las necesidades de frío invernal de un determinado frutal; sin embargo, los valores obtenidos para una determinada zona y especie habrá que corregirlos en otras ecologías con objeto de tener en cuenta la influencia de los demás factores ecológicos antes citados.

Como unidades de medida del frío invernal han sido utilizadas, primero las *horas-frío*, y más recientemente las *unidades frío*.

3.3.7.1. Horas-frío (hf)

Las horas-frío se definen como *el número de horas que pasa la planta, durante el periodo de reposo invernal, a temperaturas iguales o inferiores a una umbral*, siendo frecuente que esta temperatura umbral se fije en 7 °C. Este umbral, ha sido considerado, en otras ocasiones, dependiendo de la zona y de la especie, entre 4 y 10 °C.

Uno de los primeros problemas que se plantean cuando se quieren realizar conteos de horas-frío es: *¿A partir de qué fecha iniciamos el conteo de las horas que pasan los frutales por debajo del umbral fijado y hasta que fecha hemos de seguir contabilizando?* La respuesta no es siempre fácil, tomándose, generalmente, como fecha para el inicio del conteo el estado fenológico de "caída de hojas", aunque se sabe que en este momento la planta ya puede estar en reposo y por tanto acumulando frío para la salida del mismo: también puede tomarse como fecha de inicio del reposo y por tanto para el inicio del conteo el 1 de noviembre o la fecha media de la primera helada (Gil-Albert, 1989b). Por otro lado, el conteo de horas-frío finaliza cuando la planta ha cubierto sus necesidades de frío invernal, pero la determinación de esta fecha también puede conducirnos a cierto error, sobre todo si esperamos a ver síntomas externos como el desborre, ya que éste se producirá un tiempo después de haberse cubierto las necesidades de frío; por tanto, otros métodos como el rápido incremento de peso seco que sufren las yemas tras cubrir sus necesidades de frío invernal resultan adecuados para marcar la fecha final del reposo. Esta fecha se sitúa (Gil-Albert, 1989b), admitiendo un cierto error, en las diversas zonas frutícolas:

- El 1 de febrero en zonas templado-cálidas.
- El 15 de febrero en zonas templadas.
- El 1 de marzo en zonas frías continentales.

Una vez determinada la fecha de inicio y de fin del conteo, son varios los métodos que pueden utilizarse para el conteo de las horas-frío, aunque estas determinaciones deben realizarse para un número de años suficientemente grande, en cuyo

caso además puede determinarse la probabilidad de que un determinado número de horas-frío se produzcan en la zona estudiada.

a) Correlación de Weimberger

Weimberger (1956) establece una correlación entre las horas-frío y la temperatura media de las medias de los meses de diciembre y enero. De la correlación establecida resulta la tabla siguiente, en la que entrando con la temperatura media de los meses indicados se puede estimar el valor de las horas-frío correspondientes. Weinberger estudió las horas-frío para las temperaturas desde 13'2 a 6'3 °C, pero Muñoz Santamaría (Calderón, 1980) extrapoló e interpoló la curva original para obtener valores de horas-frío entre 0 y 4'6 °C.

Tabla 24
Correlación de Weimberger

t	13'2	12'3	11'4	10'6	9'8	9'0	8'3	7'6	6'9	6'3
horas < 7°C	450	550	650	750	850	950	1.050	1.150	1.250	1.350

t = Media de las temperaturas de los meses de diciembre y enero. Fuente: Weimberger (1956).

Aunque el cálculo resulta simple, los resultados son solamente una primera aproximación y marcadamente erróneos en las zonas mediterráneas o templado-cálidas de alta insolación (Gil-Albert, 1989b).

b) Método de Mota

Estudia la correlación entre las horas-frío y la temperatura media de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

$$Y = 485'1 - 28'52 X$$

donde:

Y = Número mensual de horas bajo 7 °C.

X = Temperatura media mensual del mes considerado.

Por tanto aplicando el valor de la temperatura media de cada mes en la fórmula anterior y sumando los resultados correspondientes para cada temperatura se obtienen las horas-frío de ese periodo.

El método de Mota (1957) resulta todavía inexacto en zonas templado-cálidas (Gil-Albert, 1989b). Cuando en el cálculo un valor de Y resulta negativo, la acumulación de horas-frío se considera interrumpida.

Tabuenca (1964) adaptó esta fórmula a las condiciones del Valle del Ebro, obteniendo:

$$Y = 700'4 - 48'6 X$$

donde:

Y = Número mensual de horas bajo 7 °C.

X = Temperatura media mensual del mes considerado.

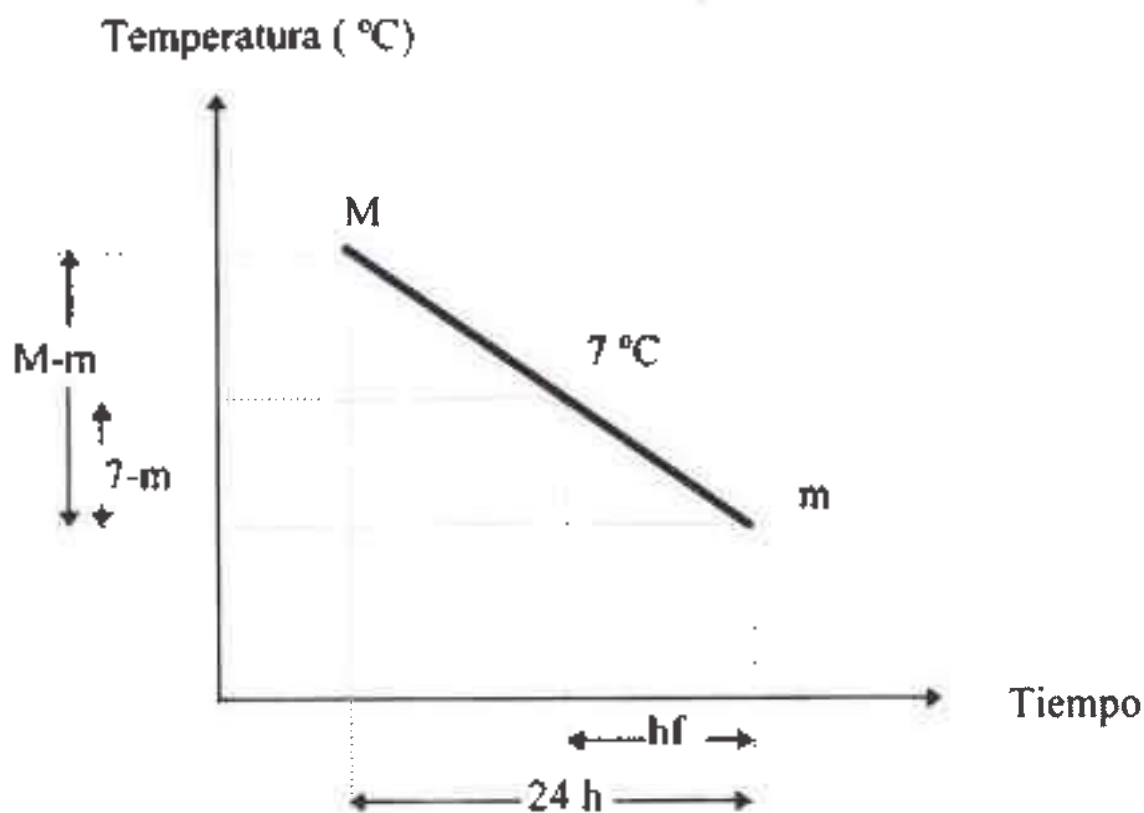
c) *Bandas termográficas*

Este método está basado en la utilización de las bandas termográficas para determinar las horas-frío. Es un método bastante tedioso, además de la dificultad que existe en bastantes ocasiones de disponer de los termogramas. Sin embargo, es un método preciso para el conteo de las horas-frío.

Cuando se utiliza este método ha de tenerse en cuenta que los periodos en los que la temperatura mínima es inferior a la umbral considerada, darían horas-frío negativas, por lo que se despreciarían.

d) *Método de Crossa-Raynaud*

Figura 6
Representación del método de Crossa-Raynaud



Por semejanza de triángulos, tendremos:

$$\frac{hf}{24} = \frac{7 - m}{M - m}$$

de donde

$$hf = 24 \frac{7 - m}{M - m}$$

siendo:

hf = horas-frío (horas por debajo de 7 °C).

M = Temperatura máxima de un periodo de un día (°C).

m = Temperatura mínima de un periodo de un día (°C).

La fórmula fue obtenida en una zona templado-cálida (Tunicia) y supone que la temperatura es una función lineal del tiempo. Si observamos un termograma podemos ver que la temperatura no varía de modo exactamente lineal respecto al tiempo, por lo que la expresión anterior debe ser corregida con un factor corrector que compense el error cometido. Fue Sánchez-Capuchino (1965) quien determinó dicho factor para el Levante español, $K=1.5$, quedando la fórmula para nuestra zona como sigue:

$$hf = K \left[24 \frac{7 - m}{M - m} \right] = 36 \frac{7 - m}{M - m}$$

Como observaciones a la fórmula anterior, podemos indicar las siguientes:

- El valor de K no es siempre constante, incluso para regiones relativamente pequeñas, como la Región de Murcia donde hemos comprobado que éste varía entre 0.98 para la estación meteorológica de Totana "Presa del Paretón" y 1.90 para la de Aguilas-"Diputación".

- En los días o periodos en que m sea mayor que 7 se obtendrían valores negativos de hf , por lo que los mismos no deben contabilizarse.

- El método considera que todas las temperaturas por debajo de 7 °C producen el mismo efecto y que las inmediatamente superiores a ese umbral no tienen ninguno. Ambos extremos no parecen razonables.

- Es un método de cálculo sencillo y de fácil aplicación.

e) Método Bidabé

Este método supone que la temperatura tiene una acción exponencial sobre la acumulación de frío en las plantas. Bidabé (1963) introdujo el concepto de Q_{10} para cuantificar la acción de la temperatura sobre las yemas, definiendo esta acción por:

$$aT = Q_{10}^{t/10}, \text{ donde:}$$

aT = Acción de la temperatura a t °C.

Q_{10} = Constante característica de la planta; corresponde a la razón de la progresión geométrica de acción de la temperatura, por cada 10 °C.

t = Temperatura en °C.

Bidabé (1965) indica que se puede establecer una ley de acción exponencial inversa, por analogía con la ley anterior sobre la acción de la temperatura en la evolución de las yemas, para evaluar la acción del frío:

$$aF = Q_{10}^{-t/10}, \text{ donde:}$$

aF = Acción del frío a t °C.

La acción a 0 °C se considera que es igual a 1.

La acción diaria del frío, según este autor, puede establecerse a partir de las temperaturas máxima (M) y mínima (m) diarias, como sigue:

$$aF = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10})$$

Bidabé indica que Q_{10} varía entre 2.5 y 3.5 para distintas variedades de manzano estudiadas en d'Angers (Francia). Los valores de Q_{10} , se deben obtener para cada variedad y zona.

Este método se ha mostrado más preciso que los anteriores y ha resultado útil para zonas climáticas muy diferentes, pero su empleo es muy limitado (Fernández-Escobar, 1988).

f) Método Sharpe

Este método (Calderón, 1980) está basado en una correlación entre las temperaturas medias mensuales de invierno, usándose los datos de noviembre, diciembre, enero y febrero, y el número de horas-frío acumuladas. El método, obtenido en Florida (EE.UU.) por Sharpe utiliza una tabla en la que para cada temperatura se obtiene el dato de horas-frío del mes, y cuando la temperatura media mensual no coincide con la de la tabla se pueden realizar interpolaciones para determinar el número de horas-frío.

Tabla 25
Método Sharpe

Temperatura media mensual en °C	Horas-frío acumuladas en el mes
7.8	395
8.9	353
10.0	311
11.1	270
12.2	230
13.3	190
14.4	152
15.6	115
16.7	79
17.8	47
18.9	23
20	0

Fuente: Calderón, 1980.

Puede observarse como este método considera que por encima de una temperatura media de 20 °C no hay acumulación de horas-frío.

3.3.7.2. Unidades de frío (UF)

Los métodos expuestos anteriormente para el cálculo de las horas-frío suponen que un frutal debe estar una hora, por debajo de un determinado umbral de temperatura, para almacenar una hora frío, asumiendo que todas las temperaturas por debajo del umbral considerado tienen el mismo efecto y que las inmediatamente superiores al mismo tienen un efecto nulo. Para salvar esta incoherencia se recurre a un nuevo modo de medir el frío invernal necesario para salir de la latencia en los frutales de hoja caduca: "*Las Unidades-Frío (Uf)*" o "*Chill Unit*" en la literatura inglesa.

a) Modelo Utah

Este modelo, ideado por Richardson *et al.* (1974) en la universidad de Utah (EE.UU.) establece que todas las temperaturas no tienen el mismo efecto fisiológico para que los frutales salgan del reposo invernal. Una unidad de frío equivaldría a una hora de exposición a 6 °C. Una hora con temperaturas comprendidas entre 2.5 y 9.1 °C equivale a una unidad frío (máxima eficiencia), mientras que las temperaturas comprendidas de 2.5-1.4 °C y entre 9.2-15.9 °C tienen un efecto inferior y las superiores a 16 °C contrarrestan unidades de frío acumuladas. La conversión de temperaturas en unidades de frío es la siguiente:

Tabla 26
Modelo Utah

Temperatura (°C)	Unidades de frío
< 1.4	0
1.5-2.4	0.5
2.5-9.1	1
9.2-12.4	0.5
12.5-15.9	0
16.0-18.0	-0.5
> 18	-1

Fuente: Richardson *et al.* (1974).

Vemos como este modelo se eliminan las incoherencias observadas para el modelo de horas-frío, en cuanto al efecto que ejercen las distintas temperaturas para la salida del reposo invernal.

Anteriormente, Erez y Lavee (1971), trabajando en condiciones de temperatura controlada, indicaron que la temperatura más eficiente para la acumulación de frío invernal es de 6 °C, mientras la temperatura de 10 °C era la mitad de eficiente que la de 6 °C y que cuando la temperatura era de 21 °C alternada con bajas temperaturas se conseguía anular el efecto de las bajas temperaturas.

El modelo fue estudiado para determinar de forma rápida y precisa el fin del *período de reposo* de dos cultivares de melocotonero (Redhaven y Elberta) para poder estimar a continuación la fecha en que ocurriría la plena floración. La determinación de los índices se realizó por estudios de correlación entre las temperaturas registradas en termógrafo y la presencia de ácido giberélico en las yemas.

Se pensó la necesidad de plantear un nuevo concepto: *Horas Grado de Crecimiento* ("Growing Degree Hours" o GDH) (Richardson *et al.*, 1974). La cuantificación de las *horas grado de crecimiento* se realiza sumando las horas en que la temperatura es superior a 4.5 °C a partir del momento en que termina el reposo hasta el momento de plena floración. Este concepto, junto con el de *Unidades de Calor* será expuesto más adelante.

La conversión de los datos diarios de temperatura, hora por hora, a unidades frío es un trabajo sumamente complicado que necesitaría el uso de un ordenador. Así fue realizado el trabajo original, pero para su uso ordinario fue ideado un método de conversión más fácil y rápido (Calderón, 1980). Este método está basado en el uso de los datos de temperaturas máximas y mínimas a intervalos de 12 horas, con los cuales se hacen curvas, conectándose los puntos con líneas rectas; cada línea es dividida en 11 segmentos iguales, representando la extremidad de cada uno de ellos la temperatura de cada hora (Richardson *et al.*, 1974).

El conteo de las *Uf* debe iniciarse en otoño, a partir del día en que exista la más elevada contribución negativa, debiendo ser suspendido el registro a finales del invierno, cuando de manera normal las unidades frío que cada día son negativas (Richardson *et al.*, 1974). A partir del momento en que finaliza la contabilización de *Uf* y por tanto del reposo invernal (en aquellos que hayan alcanzado las *Uf* necesarias), puede medirse la cantidad de calor necesaria para determinar la fecha de floración, para lo cual se calcula el número de *horas grado de crecimiento* acumuladas, sumando el total de horas con temperatura mayor a 4.5 °C.

Las aplicaciones del concepto de unidades-frío (Richardson *et al.*, 1974), pueden resumirse de la siguiente manera:

Una vez conocidas las unidades-frío para completar el reposo invernal de un cultivar establecido y que se conocen las temperaturas máximas y mínimas diarias para una región determinada, el momento del fin del reposo puede ser estimado. Con ello un fruticultor puede:

1. *Determinar si habrá suficiente acumulación de unidades-frío que permita hacer prosperar una variedad específica de melocotonero en una región determinada.*
2. *Determinar cuándo la acumulación de energía en forma de horas grado de crecimiento (GDH) llega a ser efectiva para determinar el desarrollo de las yemas.*
3. *Determinar el momento en que pueden realizarse algunas prácticas de cultivo tales como las aspersiones para retrasar la floración.*
4. *Determinar el momento en que los árboles iniciarán su crecimiento al existir temperaturas favorables, y empezarán a perder su resistencia a las bajas temperaturas.*

Este nuevo concepto de *Uf* fue estudiado e ideado especialmente para el melo-

cotonero, pero puede ser utilizado para otros frutales, en alguno de los cuales será necesario determinar los índices de ponderación del valor de las temperaturas. Hoy en día este método no es muy empleado, salvo casos aislados de trabajos de investigación, pero debido a una mayor precisión y a un más amplio criterio en la valoración del frío, sobre todo a temperaturas más altas de 7'2 °C, se estima que en el futuro tendrá gran utilización, una vez que se lleven a cabo los estudios necesarios sobre diversas especies y se obtenga un procedimiento fácil que permita la utilización de él en todos los países del mundo a nivel regional (Calderón, 1980).

Sin embargo, este modelo, que aún mantiene una importante vigencia en zonas de inviernos relativamente fríos, pronto empezó a ser cuestionado en cuanto a su efectividad en zonas de inviernos suaves (Egea, 1989).

b) Modelo de bajas necesidades

Gilreath y Buchanan (1981) proponen el "Modelo de Bajas Necesidades", desarrollado para nectarina, cuya equivalencia entre temperatura y unidades de frío se indica a continuación. Este modelo fue desarrollado en la universidad de Florida, donde los inviernos son más suaves que en Utah.

Tabla 27
Modelo de bajas necesidades

Temperatura (°C)	Unidades de frío
-1'0	0
1'8	0'5
8'0	1'0
14'0	0'5
17'0	0
19'5	-0'5
21'5	-1

Fuente: Gilreath y Buchanan, 1981.

Puede observarse como la máxima efectividad se obtiene para la temperatura de 8 °C.

c) Modelo Carolina del Norte

Shaltout y Unrath (1983) proporcionan un modelo similar al anterior pero incorporando un mayor efecto negativo de las temperaturas superiores a 21 °C. Este modelo desarrollado en la universidad del estado de Carolina del Norte (EE.UU.) para variedades de manzano y conocido como "Modelo Carolina del Norte", se expone a continuación:

Tabla 28
Modelo Carolina del Norte

Temperatura (°C)	Unidades de frío
-1'1	0'0
1'6	0'5
7'2	1'0
13'0	0'5
16'5	0'0
19'0	-0'5
20'7	-1'0
22'1	-1'5
23'3	-2'0

Fuente: Shalouf y Urrath, 1983.

Este modelo considera que la máxima efectividad para la salida del reposo invernal se obtiene para la temperatura de 7'2 °C.

d) Modelo Dinámico

Los modelos expuestos hasta el momento estudian e interpretan el efecto de las bajas temperaturas sobre la salida del reposo en los frutales caducifolios, sin considerar la influencia de las temperaturas moderadas que se alternan con éstas durante el periodo diurno. Erez y Couvillon (1979a, 1979b, 1987 y 1988) trabajan reproduciendo artificialmente el ciclo diario natural, estudiando el efecto de la luz y la influencia de las temperaturas moderadas que se producen durante el día en combinación con las temperaturas más bajas que se producen durante la noche. Se combinan distintos ciclos de "temperaturas bajas" con "temperaturas moderadas" y se establece un nuevo modelo que recibe el nombre de "Modelo Dinámico".

A continuación se exponen los resultados más interesantes aportados por estos autores:

1º) La efectividad para la ruptura del reposo de temperaturas tales como 0, 4 ó 6 °C es muy diferente, siendo notablemente más elevada para 6 que para 0 °C; sin embargo se ha comprobado que cuando se someten las plantas a estas temperaturas durante 16 horas diarias y las restantes 8 horas del día a temperaturas de 15 °C la efectividad de todos los ciclos es la misma. Esto puede significar que aún siendo similar la eficiencia de cada una de estas bajas temperaturas para satisfacer las necesidades de frío, sea necesario el concurso de temperaturas moderadas para hacerla efectiva (Erez y Couvillon, 1987).

2º) Para un mismo número total de unidades de frío acumuladas, la salida del reposo se produce en mayor medida cuando éstas se han producido combinadas en ciclos diarios con temperaturas moderadas (por ejemplo 16 horas a 4 °C y 8 horas a 15 °C). Así una temperatura de 15 °C que no tiene por sí misma eficacia para la ruptura del reposo, acentúa de forma apreciable la eficiencia de las temperaturas frías (Erez y Couvillon, 1987).

Aunque en menor medida, se sigue contrarrestando parte del frío acumulado, en un ciclo de 3 días (2d - 1d). Sin embargo en ciclos de 9 días (6d - 3d) la cantidad de frío contrarrestada es muy pequeña. Se concluyó que sólo puede ser contrarrestado el frío acumulado en las últimas 20-40 horas antes de la aplicación de las temperaturas elevadas.

3°) Períodos largos de elevada temperatura sólo son eficaces para contrarrestar frío acumulado si se producen en una época en que menos del 50% de las necesidades de frío han sido satisfechas y en ese supuesto estos períodos deben ser más largos de 7 días. En cualquier caso, el efecto producido es mucho más suave que cuando se aplican en ciclos cortos.

Los resultados experimentales de tan amplio trabajo de investigación llevó a estos investigadores, siguiendo el esquema propuesto por Gregory y Purvis en 1952 para la vernalización de los cereales, a formular para la salida del reposo un mecanismo similar que consiste en una reacción en dos etapas, la primera de las cuales es reversible, no ocurriendo lo mismo con la segunda (Erez y Couvillon, 1987). El esquema es:



En donde A representa el estado de reposo invernal; B es el producto de la exposición de A a bajas temperaturas, que puede retornar a A dependiendo de la temperatura y C es el producto de B, que se fija con temperaturas moderadas y no es reversible, representando un avance hacia la salida del reposo.

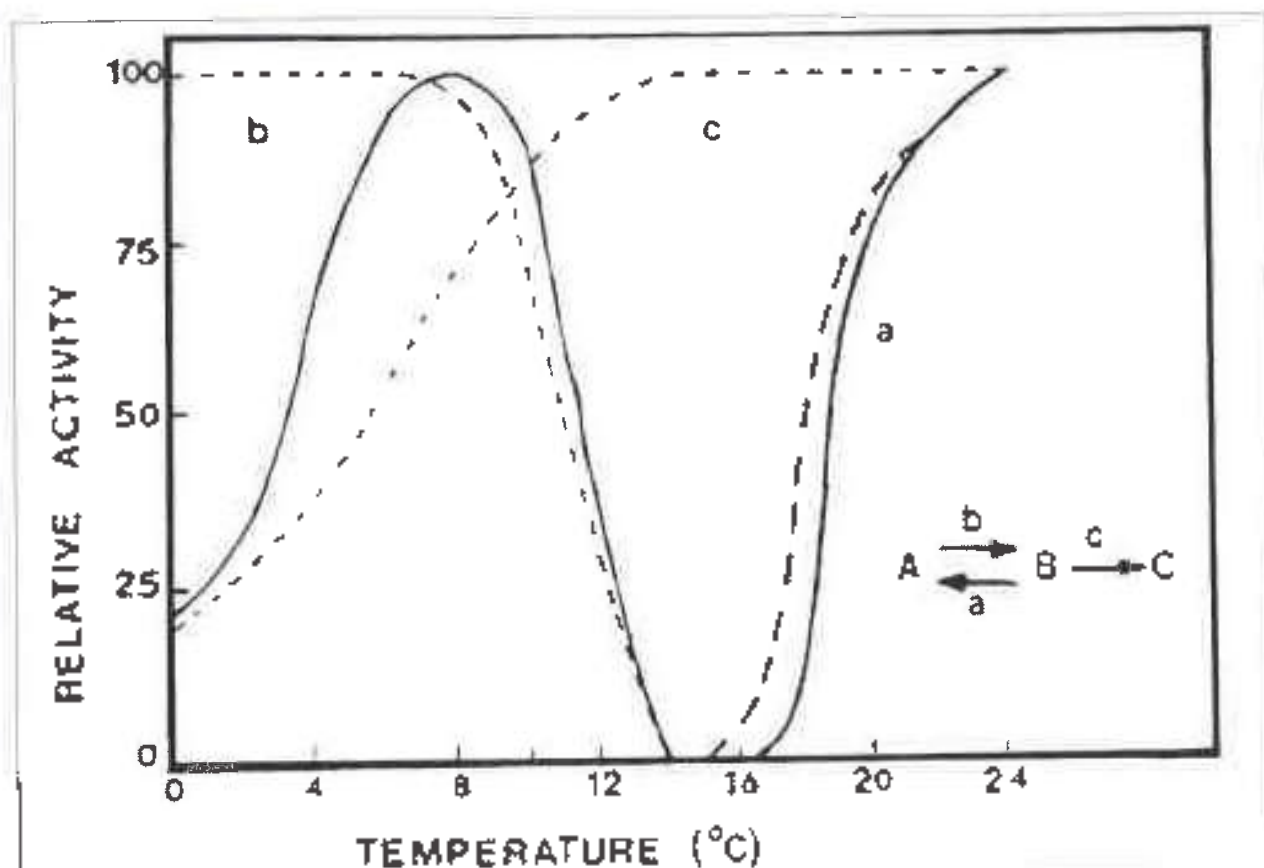
a: La reacción negativa al frío (favorecida por altas temperaturas, $\geq 16^{\circ}\text{C}$ y hasta 24°C); puede contrarrestar los efectos del frío acumulado.

b: La reacción al frío (favorecida por las bajas temperaturas, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ y hasta 13°C).

c: La reacción de conversión de B a C a temperaturas moderadas (que se fija por el efecto del frío, entre 13 y 15°C).

En la Gráfica 2. se representa el efecto de las tres reacciones:

Gráfico 2
Respuesta de la curva de temperatura a las tres reacciones propuestas



Fuente: Erez y Couvillon, 1987.

Como se observa en el gráfico la máxima eficiencia del frío durante el periodo de reposo invernal, para la salida del reposo, corresponde a 8 °C.

De la gráfica anterior puede deducirse la siguiente tabla de equivalencias Temperaturas/Unidades de frío:

Tabla 29
Equivalencias temperaturas/unidades-frío (Erez y Couvillón)

Temperatura (°C)	Unidades de frío
≤ 0,0	0,20
2,0	0,30
4,0	0,65
6,0	0,90
8,0	1,00
10,0	0,80
12,0	0,40
14,0	0,00
16,0	0,00
≥ 20,0	-0,70

Fuente: Erez y Couvillon, 1987.

Como se observa en la tabla expuesta, a la temperatura de 16 °C no le corresponde un valor negativo de UF, como ocurre en el modelo Utah, e incluso temperaturas de 20 °C tienen un efecto negativo menor que en el modelo anterior.

Comparando las tablas de temperatura/UF correspondientes a los dos modelos expuestos se deduce que el "modelo" Erez-Couvillon dará un resultado numérico mayor que el modelo Utah, tras el cálculo de las unidades de frío, para una misma zona y período: el primero fue obtenido para zonas más cálidas que el segundo.

Estas últimas observaciones realizadas del efecto que tiene la temperatura sobre las yemas durante el reposo invernal, han inducido a idear un nuevo modelo que sería capaz de explicar tales efectos.

El análisis matemático para explicar la reacción de dos etapas antes citada, fue elaborado por Fishman *et al.* (1987a, 1987b). Este análisis condujo a Fishman a establecer un nuevo modelo denominado **Modelo Dinámico**.

3.4. TEMPERATURAS PRIMAVERALES

En nuestro clima las especies frutales, una vez concluido su periodo de reposo, inician su actividad vegetativa a finales de invierno o principios de primavera. Las temperaturas que se produzcan durante este periodo en el que se inicia la actividad pueden ser determinantes, siendo sus efectos distintos según el estado de la planta. Cuando son demasiado bajas pueden producir heladas, retrasos en la floración, polinización deficiente, etc. Sin embargo, cuando en esta época se dan temperaturas demasiado altas sin que se hayan cubierto las necesidades de frío invernal puede producirse una brotación irregular, e incluso pueden producirse heladas como consecuencia de una brotación anticipada, si después bajan las temperaturas. Para abordar con mayor detalle es estudio del efecto de las temperaturas primaverales, la presión de éstas y los métodos de defensa, se recomienda la lectura de "Tratado de arboricultura frutal. Vol. II: la ecología del árbol frutal", del profesor Gil-Albert (1998), donde estos temas se tratan con gran detalle y precisión.

3.4.1. Efectos de las bajas temperaturas primaverales

En primavera, coincidiendo con la salida del reposo invernal, las temperaturas se van suavizando, de modo que en determinadas zonas el riesgo de heladas es prácticamente nulo, como ocurre en determinadas zonas costeras del Sudeste, y en el resto el riesgo va disminuyendo conforme se suceden los días. Al comienzo de la brotación la planta es más sensible a heladas, por lo que las temperaturas inferiores a 0 °C pueden provocar daños variables en función de la intensidad y duración.

Las heladas primaverales son más frecuentes en climas templados y mediterráneos, siendo las más temidas por los fruticultores.

Las yemas de flor son más sensibles que las de madera; en la flor el ovario, los

óvulos y la base del estilo se congelan, necrosan y mueren, con temperaturas de -1 ó -2 °C durante más de media hora (Gil-Albert, 1989).

En las yemas florales, la sensibilidad al frío aumenta a medida que se suceden los estados fenológicos, alcanzando la máxima sensibilidad en el estado de fruto recién cuajado, produciéndose un aumento de la resistencia a medida que el fruto crece, ya que el embrión queda cada vez más aislado del frío, soportando hasta -4 ó -6 °C (Gil Albert, 1988).

En ocasiones, las brotaciones jóvenes pueden morir con temperaturas inferiores a 0 °C, produciéndose de nuevo la brotación, si la helada no ha afectado al ramo y yemas, sin que ello traiga consecuencias graves si no se repite la helada.

En general las especies de clima templado-frío, como peral, manzano, cerezo o ciruelo europeo son más resistentes al frío primaveral, mientras que las de clima templado-cálido, mediterráneo o cálido, como melocotonero, albaricoquero, ciruelo japonés, almendro, granado, higuera o alcaparro, resultan más sensibles a estas heladas, ya que sus necesidades de frío invernal son menores, salen antes del período de reposo invernal y pueden brotar antes que las primeras, siendo entonces más sensibles al frío primaveral.

Los daños provocados por las heladas primaverales son función del estado fenológico, de la intensidad y de la duración. Pueden afectar tanto a yemas cerradas (más resistentes) como a yemas abiertas (más sensibles) y cuando afecta a los órganos florales o al embrión se produce la caída de la flor o del fruto recién cuajado. A las 24-48 horas de la helada pueden apreciarse los daños, bien externamente o bien mediante cortes que muestran el necrosamiento de los órganos dañados. Estos daños podemos resumirlos del siguiente modo:

a) Daños antes del desborre: provocan la caída de la flor, tras su apertura; la flor había quedado estéril.

b) Necrosis de la yema antes de la apertura: se seca y cae.

c) Necrosis de algunas partes de la flor como el ovario o el estilo: la flor queda estéril.

d) Necrosis del embrión: el fruto recién cuajado se necrosa y cae.

e) En frutos más desarrollados o con frío menos intenso que no llega a afectar al embrión, los daños que sólo se producen en superficie, provocan grietas o manchas pardas que pueden afectar tanto a la superficie o al mesocarpo; estos frutos pueden alcanzar la madurez quedando depreciados comercialmente en mayor o menor grado.

En la tabla siguiente se indica la sensibilidad de algunas especies y variedades frutícolas, según el estado fenológico en que se encuentran; en ella se indican las temperaturas soportadas como máximo durante media hora.

Tabla 30
Temperaturas soportadas como máximo durante media hora
por las diversas especies frutales (Saunier, 1960) (° C)

ESPECIE	ESTADO DE DESARROLLO		
	Botones cerrados mostrando color	Plena floración	Frutos jóvenes
Melocotonero	-3'9	-2'5	-1'6
Manzano	-3'9	-2'2	-1'6
Cerezo	-3'9	-2'2	-1'1
Peral (1)	-3'9	-1'7	-1'1
Peral (2)	-4'4	-2'2	-1'1
Ciruelo japonés	-3'9	-2'2	-1'1
Ciruelo	-5'0	-2'8	-1'1
Alhacornoque	-3'9	-2'2	-0'5
Almendro	-3'3	-2'7	-1'1
Viña	-1'1	-1'1	-0'5
Nogal	-1'1	-1'1	-1'1

Fuente: GJ Albert (1988); (1): Variedades sensibles: Mantecosa Bose, Mantecosa Anjou, Conferencia; (2): Variedades resistentes: Mantecosa Clairgeau, Mantecosa Hardy, Passa Crasana, Williams, Duquesa de Angulema.

Desgraciadamente no conocemos estudios de resistencia de los distintos órganos al frío primaveral; sin embargo, en la zona del Sureste español, no suelen producirse heladas primaverales en granados, higueras, palmeras datileras, chumberas, algarrobos y azufalcos siempre que estén cultivados en la zona tradicional de cultivo. Los problemas de heladas en esta área comienzan cuando estos frutales se plantan en otras zonas a las que no están totalmente adaptados, habiéndose observado que en estas nuevas zonas donde existe riesgo de helada primaveral, el granado es más sensible que la higuera.

3.4.2. Evaluación del riesgo de heladas primaverales

La evaluación del riesgo de heladas primaverales es en la práctica un gran problema, de difícil solución si no se conoce con precisión la climatología de la zona durante al menos un período de 10-15 años unido además al conocimiento detallado de los estados fenológicos, especialmente de aquellos en que los órganos son más sensibles al frío, de las especies y variedades que se desean cultivar en una zona determinada. De lo expuesto se deduce la gran dificultad existente para evaluar el riesgo de heladas, especialmente si las especies y variedades a implantar todavía no existen en la zona en la que se pretende evaluar ese riesgo; en este caso, sólo la experiencia del fruticultor o técnico que planifica la nueva plantación, por comparación con zonas de climatología similar donde se cultivan las variedades que se desea plantar, pueden dar una respuesta fiable sobre el riesgo de heladas.

El conocimiento de la climatología de la zona nos permitirá conocer las fechas más probables de heladas primaverales, sabiendo las temperaturas que se producen en este período y la duración de las temperaturas negativas. Esta información, unida al conocimiento de los estados fenológicos de las variedades que deseamos plantar en la zona elegida, nos permitirán realizar la elección de la variedad o variedades con menor riesgo de helada.

Debe tenerse en cuenta que aunque las temperaturas primaverales son más suaves que las invernales, la reactivación de la planta hace que sus órganos en desarrollo, no lignificados, presenten mayor sensibilidad al frío, de modo que temperaturas del orden de -0.5 a -5°C , que no serían problema en invierno, pueden provocar graves daños en primavera tras la congelación del agua en el interior de las células, provocando su rotura y muerte.

Respecto al material vegetal empleado en la plantación y de cuya elección adecuada puede depender el éxito o fracaso frente a este fenómeno meteorológico, de tenerse en cuenta que aunque existen diferencias genéticas entre especies y variedades para un mismo estado fenológico, éstas no suelen ser mayores de 1 ó 2 $^{\circ}\text{C}$, por lo que este aspecto en sí mismo no supone una garantía frente al riesgo de helada. Sin embargo, si existen diferencias en cuanto al momento en que se produce un determinado estado fenológico, de modo que, por ejemplo la fecha de floración puede diferir unos 50-60 días entre diferentes especies (almendro-manzano) y 10-20 días entre variedades: estas diferencias en los periodos de mayor sensibilidad pueden determinar que una variedad pueda sufrir daños o no en una determinada zona, y conjugando este aspecto con la resistencia intrínseca de las distintas variedades, se puede obtener un resultado satisfactorio que permitiría el cultivo frutal en una zona, con un riesgo mínimo o nulo de heladas primaverales. Estos aspectos unidos a los métodos de predicción de la helada y a los de defensa contra la misma, que analizaremos a continuación, nos darán mayor grado de seguridad frente a este factor climático.

La previsión de las heladas primaverales puede realizarse con algunas horas de antelación, pudiéndose en estos casos tomar algunas medidas para evitar o paliar sus efectos. Los expertos saben cuando se va a producir una helada teniendo en cuenta la evolución de la temperatura del día y si el cielo está o no despejado; un método objetivo para predecir la helada con alguna anticipación es la instalación de psicrómetros que permiten conocer la temperatura seca y húmeda del aire. La interpretación de esta predicción se fundamenta en el hecho de que cuando el aire está seco, habrá mayor evaporación de agua, desde el suelo y plantas al aire, ya que el vapor de agua se mueve desde las zonas con mayor presión de vapor a las de menor, siendo tanto mayor la diferencia de temperaturas entre ambos termómetros cuanto mayor sea la diferencia de presión. El termómetro húmedo marcará una temperatura más baja que el seco y cuanto mayor sea la temperatura entre ambos, mayor será la evaporación (más seco estará el ambiente).

Tomando como referencia la humedad de saturación del aire a 0°C (punto crítico), la cual es de 3.7 g de vapor de agua/kg de aire seco, cuando el contenido en vapor de agua sea superior a esta cantidad, condensará antes de llegar a 0°C , for-

mando niebla o rocío, que desprenderá calor, disminuyendo la irradiación; la temperatura a la que se produce la condensación se llama punto de rocío (pr) y su valor determina la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener el aire a una temperatura determinada. Cuanto mayor es el pr, mayor será la presión de vapor de agua y mayor contenido en vapor de agua tendrá el aire independientemente de la temperatura del momento. Conforme se va secando el aire, el pr puede descender por debajo de 0 °C y como tiene menos cantidad de vapor de agua, menor cantidad puede condensar, aumentando el riesgo de helada, ya que en la condensación se cede menos calor a la atmósfera (calor latente de evaporación).

Estos psicrómetros llevan incorporada una gráfica que en función de las condiciones locales medias, delimitan las diferencias de lectura entre los dos termómetros que conllevan un riesgo de helada.

No obstante, no debe olvidarse que para que las lecturas sean fiables, los termómetros han de serlo y que éstos deben colocarse, tanto en la plantación colocados a alturas diferentes que sean representativas del árbol, junto a los árboles y protegidos de la radiación directa y de la condensación de agua, como en el exterior de la misma para comprobar la eficacia de la instalación de defensa (Gil-Albert, 1988).

Podemos decir que a una temperatura determinada el aire no podrá contener más de una cantidad de agua en estado de vapor, que será inferior a un nivel máximo denominado de saturación; por ejemplo 5 g de vapor de agua/kg de aire seco a 4°C (ver ábaco psicrométrico). Cuando el contenido de vapor de agua en ese aire es menor que esa cantidad máxima, por ejemplo 4 g/kg, entonces el aire no está saturado y se caracteriza por su humedad relativa o relación entre el peso o presión de vapor de agua existente y el vapor de agua al nivel de saturación, es decir, en este caso tendría una humedad relativa $4/5 = 80\%$. La presión de vapor y por tanto el contenido en vapor de agua en el aire será más alta a medida que la temperatura sea más elevada. En el ejemplo puesto, la masa de aire no saturada ($4/5 = 80\%$), llevada a una temperatura inferior puede alcanzar el nivel de saturación sin necesidad de ver modificada su presión de vapor de agua, y a partir de ese punto parte del vapor de agua se condensará; la temperatura a partir de la cual se produce esta condensación se denomina punto de rocío del ambiente considerando (1 °C en este caso).

3.4.3. Métodos de defensa contra heladas primaverales

Antes de estudiar los métodos de defensa contra las heladas parece conveniente saber cómo se producen y la posibilidad de actuar para evitar sus daños. Las heladas se clasifican en tres tipos: de convección, de irradiación y de evaporación.

a) **Heladas de convección:** Se producen por la llegada de masas de aire a temperatura inferior a 0°C. Suelen producir daños importantes.

b) **Heladas de irradiación:** Se producen como consecuencia de la pérdida de calor durante la noche por irradiación de suelo y plantas. La pérdida de calor es más intensa en noches despejadas, sin viento y con baja humedad. Cuando se produce

este tipo de heladas, el aire se estratifica y puede formarse la denominada capa de inversión, que tiene una altura entre 10 y 15 m aproximadamente.

c) **Heladas de evaporación:** Se producen al evaporarse el agua que cubre el suelo y vegetales, cuando el ambiente es frío y seco. Las masas de suelo y vegetal ceden calor para la evaporación, enfriándose ellas; la presencia de aire incrementa el riesgo de helada.

Los métodos de defensa pueden clasificarse en Indirectos y Directos (Gil-Albert, 1988):

- | | | |
|---------------|---|---|
| A) Indirectos | { | <ul style="list-style-type: none"> a) Uso de especies y variedades resistentes. b) Emplazamientos adecuados. c) Uso de técnicas de cultivo adecuadas. |
| B) Directos | { | <ul style="list-style-type: none"> a) Pantallas protectoras. b) Uso de ventiladores. c) Calentamiento. d) Riego por aspersión. e) Tratamientos químicos. |

A. MÉTODOS INDIRECTOS:

a) **Uso de especies y variedades resistentes:** Se recurre a materiales vegetales resistentes, teniendo en cuenta tanto su resistencia genética al frío en el estado fenológico en que son más sensibles (cuajado del fruto), eligiendo además aquellas variedades cuyas fechas de floración no coincidan con el periodo de heladas y que presenten otras peculiaridades morfológicas o fisiológicas, de modo que con la suma de todos estos factores se reduzcan los riesgos de helada.

Las diferencias entre especies suelen ser pequeñas (1-2°C), mientras que las diferencias en la fecha de floración suele tener mayor importancia (hasta 50-60 días), y algunas peculiaridades morfológicas o fisiológicas como la presencia de flores cleistógamas (Melocorón GF-305), o simplemente péndulas, y sobre todo la mayor capacidad partenocárpica (Peral William's y Limonera) son también factores a tener muy en cuenta (Gil-Albert, 1988).

b) **Emplazamientos adecuados:** La orografía de la zona suele tener poca importancia cuando se trata de heladas de convección; sin embargo, en el caso de las heladas de irradiación y de evaporación, los factores topográficos y microclimáticos pueden ser decisivos para agravar o reducir los riesgos de helada.

Así por ejemplo los fondos de los valles, las zonas encajonadas, las umbrías y las llanuras, donde con facilidad se puede formar la capa de inversión térmica favorecen las heladas por irradiación; igualmente las zonas húmedas, poco aireadas, favorecen las heladas de evaporación que aunque menos intensas, también suelen ser peligrosas.

c) **Uso de técnicas de cultivo adecuadas:** La situación más favorable se consi-

gue con un terreno alisado y compactado, y cuando la vegetación no existe, esto se puede conseguir mediante labor de grada o de cultivador seguida de un pase de rulo, antes del periodo de heladas, pudiendo recurrir a tratamientos herbicidas para mantener el suelo libre de vegetación. En terrenos mullidos y con vegetación aumenta el riesgo de helada (se pueden obtener hasta 4°C y más de diferencia) (Gil-Albert, 1988). Igualmente cuando el suelo está húmedo irradia menos calor que cuando está seco, aunque esta situación puede favorecer la helada por evaporación si las condiciones la propician.

Por otro lado, algunas técnicas de cultivo como las podas tardías pueden retrasar en unos días la brotación, así como la falta de agua, mientras otras como la poda o nutrición adecuadas permiten a la planta una recuperación más rápida tras una helada. Por último, los riesgos y abonados tardíos (otoño) pueden aumentar el riesgo de helada por dificultar el proceso de lignificación durante la entrada en reposo.

B. MÉTODOS DIRECTOS:

Se trata de métodos que pretenden mantener la temperatura de la plantación por encima de la temperatura de helada o bien retrasar los estados fenológicos próximos a la plena floración.

a) **Pantallas protectoras:** Se fundamenta en la observación de que con el cielo nublado no se producen heladas, ya que la energía irradiada por suelo y plantas es reflejada hacia el suelo por esta pantalla natural. Entre ellas se citan:

- Formación de nubes de humo mediante la quema de productos diversos.

- Formación de nieblas artificiales: por reacción de productos químicos que se mezclan con el vapor de agua atmosférico.

Estos métodos son poco efectivos, dejando de obtenerse buenos resultados cuando la temperatura desciende de los -2 ó -3°C.

b) **Uso de ventiladores:** Este método consiste en el uso de ventiladores móviles o fijos (torres de viento), y sólo son eficaces en el caso de heladas por inversión térmica. El ventilador permite mezclar el aire frío de las capas bajas con el aire más caliente de las capas altas (10-15 m) obteniéndose una mezcla más cálida. El uso de helicópteros para conseguir este objetivo es más efectivo, ya que pueden cubrir mayor superficie de terreno.

El método es poco eficaz y con él se pueden conseguir aumentos de 1 a 3 °C.

d) **Calentamiento:** Consiste en calentar el aire que circunda la plantación, mediante el uso de focos caloríficos de distinta índole. La eficacia depende del tipo de foco calorífico y del número de focos instalados por unidad de superficie. Es el método más eficaz y teóricamente no habría helada si se dispone del número de focos y de combustible o fluido energético suficiente.

Como focos caloríficos suelen usarse estufas o quemadores de: carbón, bujías de madera, gasóleo, aceites, fuel, propano, gas natural, etc. en otras ocasiones se fabrican "bujías" o candelas de ceras con otros productos químicos. Estos sistemas se pueden automatizar con cierta facilidad, lo que facilita su uso.

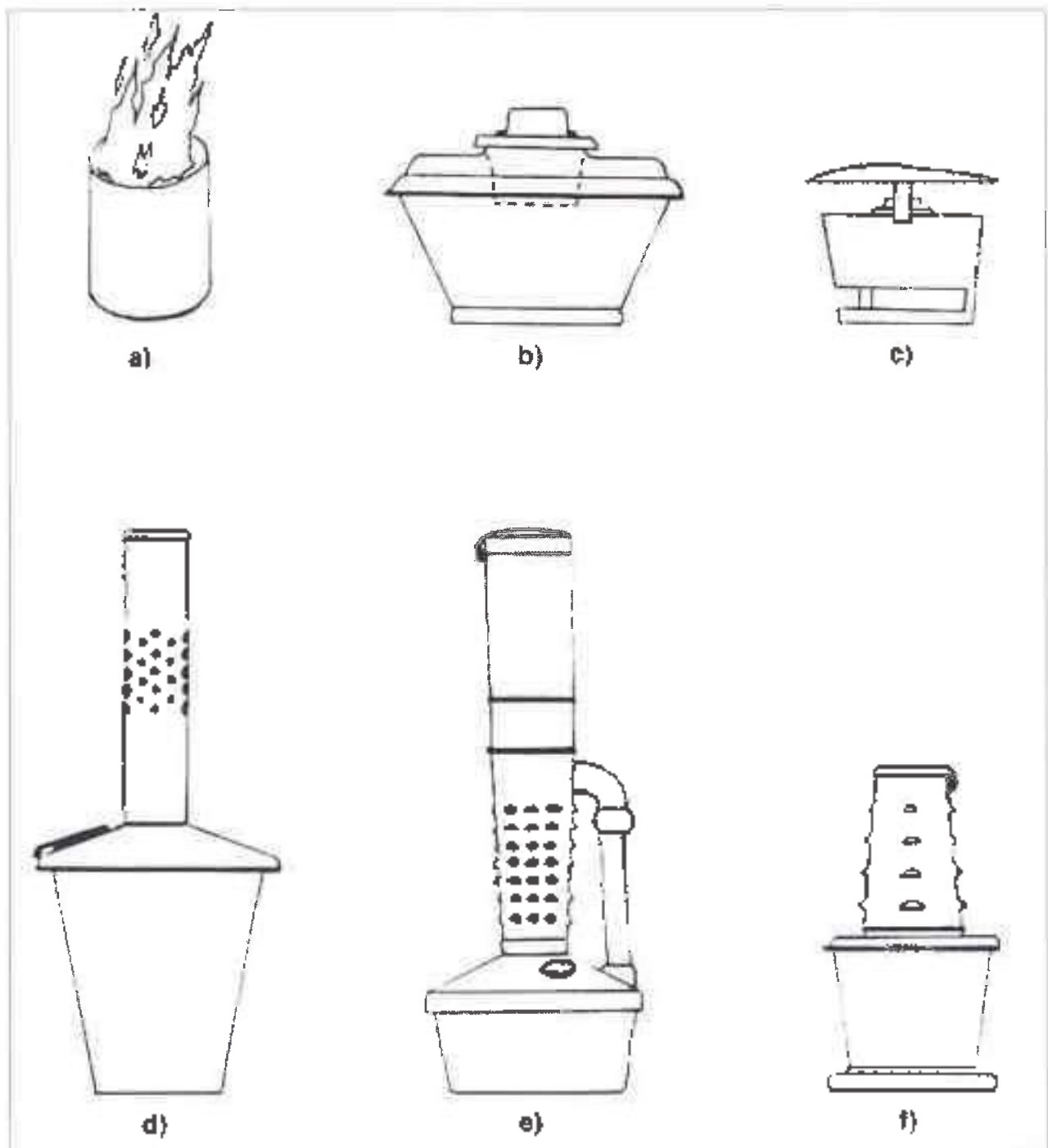


Fotografía 2. Torre de viento con estufa.

Las torres de viento citadas en el apartado anterior también pueden estar asociadas a un foco calorífico como una estufa, aumentando su eficacia.

La eficacia de la defensa es mayor cuanto más grande es el número de focos caloríficos que suele estar comprendido entre 400/ha si se trata de fuegos libres y de 150/ha si se trata de aparatos con chimenea y retorno, debiendo doblarse el número de focos en los bordes de la parcela para compensar las entradas de aire frío que se producen por ellas debido al calentamiento interno de la parcela (Gil-Albert, 1988).

Gráfico 3
Diferentes tipos de estufas anti-heladas



Fuente: Gil-Albert, 1998. a): vela de combustible sólido, b): estufa de 20 litros de llama libre; c): estufa de 15 litros de llama libre; d): estufa de 50 litros de chimenea; e): estufa de 30 litros de chimenea con retorno; f): estufa de 30 litros de chimenea antibumos.

d) Riego por aspersión: El método se basa en que 1kg de agua desprende al congelarse 80 kcal (Calor latente de solidificación del agua). De este modo se pueden mantener los tejidos por encima de 0°C.

Según Gil-Albert (1988) es suficiente con aportar una precipitación de 2 mm/h (20m³/h-ha) para evitar daños en heladas de hasta -6°C, pero la necesidad de elegir



Fotografía 3 Estufas y torres de viento para protección contra heladas (Fuente: Baldini, 1992).

equipos de aspersión comerciales y la de compensar las pérdidas de calor por evaporación de parte del agua si el ambiente es seco, obliga a duplicar, y a veces triplicar la precipitación aportada, que en muchos casos puede llegar a 6 mm/h (60 m³/ha). Para ello, se necesita un caudal instantáneo de 10-15 l/s-ha, además de otros problemas adicionales como excesivo peso de hielo sobre las ramas o encharcamientos peligrosos si se producen heladas durante varias noches seguidas.

El sistema es de fácil instalación y debe ponerse en marcha cuando se alcanzan 0'5 °C bajando y hasta que se superen los 1'5 °C en ascenso.

Los costes de amortización pueden reducirse si el sistema se utiliza también para riego. Este sistema y el de calentamiento son los dos más seguros.

d) **Tratamientos químicos:** Algunos productos como el DNOC pueden conseguir un retraso de la floración de una semana.

De mayor interés resultan los productos estimuladores de la pertencarpía, como el ácido giberélico, de modo que hoy el cultivo de la pera Blanquilla de Aranjuez en el Valle del Ebro resulta casi inconcebible sin el tratamiento en floración con ácido giberélico (Gil-Albert, 1988).

3.5. TEMPERATURAS ELEVADAS DE PRIMAVERA, EFECTOS

Una vez que las plantas de clima templado han cubierto sus necesidades de frío

invernal, si las condiciones ambientales son favorables iniciarán la brotación. El período de floración requiere una cierta acumulación de calor; si las temperaturas son altas, la floración se producirá antes y si son más bajas se producirá más tarde, siempre que las necesidades de reposo invernal estén cubiertas.

Las temperaturas primaverales son determinantes para que se produzca la floración de manera normal; en función de éstas, podemos resumir algunos hechos conocidos y recogidos en la bibliografía frutícola (Tabuenca y Herrero, 1966; Vozmediano, 1982; Gil-Albert, 1988; Fernández Escobar, 1988; Melgarejo, 1996):

– Inviernos fríos seguidos de primaveras templadas originan un período de floración óptimo.

– Inviernos suaves seguidos de primaveras frías alargan el período de floración, haciéndola más irregular y dispersa.

– En la mayoría de los frutales, el proceso de germinación del polen se inhibe a temperaturas iguales o inferiores a 5°C y alcanza el óptimo entre 15 y 21°C, disminuyendo considerablemente cuando se superan los 26°C.

– Cuando en la polinización intervienen las abejas, debe tenerse en cuenta que éstas tienen una actividad polinizadora óptima entre 15 y 25°C y que su actividad se reduce notablemente por debajo de 10°C. Este aspecto puede resultar determinante, ya que el período de polinización efectivo suele oscilar entre 2 y 6 días, por lo que si los estigmas son receptivos y se producen varios días con bajas temperaturas o con bajas temperaturas y viento, estos insectos no vuelan y las posibilidades de polinización quedarán muy reducidas.

– El crecimiento del tubo polínico a temperaturas inferiores a 10°C es demasiado lento, y puede que en esta situación no llegue a alcanzar el ovario antes de que los óvulos degeneren (48-120 horas); cuando las temperaturas alcanzan los 15-25°C, el desarrollo del tubo polínico es adecuado para atravesar el pistilo antes de que degeneren los óvulos.

– Temperaturas entre 15 y 25°C, con humedad relativa comprendida entre el 60-70%, días soleados y con aire en calma son circunstancias idóneas para la floración. Humedades relativas altas producen un apelmazamiento del polen que dificulta su transporte por el viento.

– Temperaturas excesivamente elevadas, acompañadas de baja humedad en ambiente y suelo pueden provocar la abscisión de la flor y del fruto recién cuajado.

En resumen tanto las temperaturas demasiado bajas como las altas, durante el período de floración y cuajado del fruto, pueden provocar una reducción de la cosecha a diferencia de cuando las temperaturas primaverales son las adecuadas para la especie, en ellas cabe esperar una buena cosecha.

3.5.1. Necesidades de calor de los frutales

Muchos son los investigadores que han trabajado para conocer las necesidades de calor que tienen los frutales para alcanzar la plena floración tras la interrupción del período de reposo.

Se sabe que las plantas no brotarán hasta que las temperaturas no superen su cero vegetativo, midiéndose el calor acumulado mediante la integral térmica de la especie considerada. Sin embargo, esta forma de medir la acumulación de calor no resulta muy adecuada debido a que no todas las temperaturas que se producen durante el día tienen el mismo efecto.

Los métodos propuestos por los distintos autores para determinar el tiempo que ha de transcurrir para alcanzar la plena floración desde una fecha dada, consisten en contabilizar la acumulación de calor que se produce por encima de una temperatura determinada. Esta temperatura a partir de la cual se contabiliza la acumulación de calor varía, según las especies, zonas y autores, entre 4 y 10°C. Siguiendo esta metodología, aquellos valores para los que el coeficiente de variación es mínimo darán la mejor apreciación de la época de floración (Tabuenca, 1965). No obstante, al igual que en el método de la integral térmica, esta forma de operar también considera que todas las temperaturas por encima de una dada producen el mismo efecto, lo cual puede conducir a errores más o menos importantes, dependiendo del régimen de temperaturas de la zona y del periodo considerado, ya que a medida que avanzamos hacia la primavera las temperaturas van subiendo, pudiéndose llegar en verano a temperaturas tan altas que, al igual que las muy bajas impidan el desarrollo.

En la tabla siguiente pueden verse los resultados obtenidos por Tabuenca y Hertero (1966) para la zona de Zaragoza, utilizando esta forma de contabilizar el calor acumulado.

Tabla 31
Número de días hasta floración plena con temperatura media superior a una dada

Especie	Floración plena	Temperatura media superior a	Número de días con temperatura media superior a la dada	Contados a partir de
Albaricoquero	Primera variedad	7 °C	22 ± 3	1 de febrero
	Media de la especie	7 °C	28 ± 4	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	35 ± 4	1 de febrero
Cerezo	Primera variedad	7 °C	48 ± 4	1 de enero
	Media de la especie	7 °C	46 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	9 °C	46 ± 2	1 de febrero
Ciruelo japonés	Primera variedad	7 °C	31 ± 3	16 de enero
	Media de la especie	7 °C	37 ± 3	16 de enero
	Última variedad	9 °C	38 ± 4	1 de febrero
Ciruelo europeo	Primera variedad	7 °C	41 ± 4	16 de febrero
	Media de la especie	7 °C	42 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	9 °C	52 ± 4	1 de febrero
Manzano	Primera variedad	7 °C	49 ± 3	1 de febrero
	Media de la especie	7 °C	60 ± 2	1 de febrero
	Última variedad	9 °C	76 ± 5	1 de febrero
Melocotonero	Primera variedad	4 °C	37 ± 3	1 de febrero
	Media de la especie	6 °C	40 ± 3	1 de febrero
	Última variedad	7 °C	42 ± 3	1 de febrero
Peral	Primera variedad	7 °C	44 ± 5	16 de enero
	Media de la especie	7 °C	43 ± 4	1 de febrero
	Última variedad	9 °C	41 ± 4	1 de febrero

Fuente: Tabusica y Ferrero (1966).

Otros métodos que permiten calcular los días que han de transcurrir desde la salida del reposo hasta la plena floración son: *las unidades de calor acumuladas hasta la floración, método Bidabé, los grados día de crecimiento y la correlación entre la temperatura y la época de floración*. Estos se describen brevemente a continuación.

a) **Unidades de calor acumuladas hasta la floración:** "Número de grados acumulados, durante un periodo, obtenidos como un sumatorio de las diferencias entre la temperatura media diaria y una umbral", variable según autores y especies.

$$U_c = \sum (T_m - t),$$

donde:

U_c = Unidades de calor (°C), acumuladas en el periodo considerado.

\sum = Sumatorio extendido al número de días considerado.

T_m = Temperatura media diaria (°C).

t = Temperatura umbral considerada (°C). Esta temperatura suele tomarse entre 4.5 y 6°C.

Este método considera que, con independencia de la temperatura alcanzada o del momento en que ocurra, el aumento de 1 °C produce el mismo efecto.

Los mejores resultados, en los experimentos realizados por Tabuenca y Herrero (1966) en Zaragoza, se obtienen para la temperatura umbral de 6 °C, para distintos frutales tal como se expresa en la tabla siguiente.

Tabla 32
*Unidades de calor acumuladas hasta la floración
para una temperatura umbral de 6 °C*

Especie	Floración plena	Unidades de calor acumuladas	Contadas a partir de
Albaricoquero	Primera variedad	82	1 de febrero
	Media de la especie	108	1 de febrero
	Última variedad	119	15 de febrero
Cerezo	Primera variedad	186	1 de enero
	Media de la especie	223	1 de febrero
	Última variedad	291	1 de febrero
Ciruelo japonés	Primera variedad	115	16 de enero
	Media de la especie	140	16 de enero
	Última variedad	170	1 de febrero
Ciruelo europeo	Primera variedad	135	1 de febrero
	Media de la especie	197	1 de febrero
	Última variedad	261	1 de febrero
Manzano	Primera variedad	231	1 de febrero
	Media de la especie	305	1 de febrero
	Última variedad	445	1 de febrero
Melocotonero	Primera variedad	134	16 de enero
	Media de la especie	151	1 de febrero
	Última variedad	194	1 de febrero
Peral	Primera variedad	187	16 de enero
	Media de la especie	207	1 de febrero
	Última variedad	262	1 de febrero

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

b) **Método Bidabé:** El método generaliza la ley de Van't Hoff Arrhenius, estableciendo una analogía entre una reacción química y el desarrollo fenológico de las yemas, considerando una acción exponencial de la temperatura, de manera que al aumentar la temperatura 10°C la velocidad de crecimiento de las yemas de flor se multiplica por un coeficiente (Q_{10}) que se determina experimentalmente. Bidabé (1963) trabajando con manzano indica que al aumentar 10°C la temperatura, la velocidad de crecimiento de los botones florales se multiplica por un valor que va de 2'5 a 3'5, según variedades, introduciendo la notación de Q_{10} para cuantificar la acción de la temperatura sobre el desarrollo de las yemas de flor.

La acción diaria de la temperatura (ADT), se calcula de acuerdo con la expresión siguiente:

$$ADT = 1/2 (Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10}), \text{ donde:}$$

M y **m** son las temperaturas máxima y mínima diarias, respectivamente.

La suma de las acciones diarias necesarias para la floración de algunas especies frutales, el coeficiente Q_{10} y las fechas iniciales del cálculo, estudiadas por Tabuenca y Herrero (1966) en la Estación Experimental de Aula Dei, se recogen en la tabla siguiente:

Tabla 33
Suma de las acciones diarias para los diferentes valores de Q_{10}

Especie	Floración plena	Q_{10}	Suma de acciones diarias	Contadas a partir de
Albaricoquero	Primera variedad	4	328	1 de febrero
	Media de la especie	3	271	1 de febrero
	Última variedad	2.5	263	1 de febrero
Cerezo	Primera variedad	3.5	422	15 de febrero
	Media de la especie	3.5	506	15 de febrero
	Última variedad	2	313	1 de febrero
Ciruelo japonés	Primera variedad	2.5	288	1 de enero
	Media de la especie	3	254	16 de enero
	Última variedad	3	377	1 de febrero
Ciruelo europeo	Primera variedad	3	250	15 de febrero
	Media de la especie	3	349	15 de febrero
	Última variedad	2.5	401	1 de febrero
Manzano	Primera variedad	3	482	1 de febrero
	Media de la especie	2.5	459	1 de febrero
	Última variedad	2	434	1 de febrero
Melocotonero	Primera variedad	2	154	1 de febrero
	Media de la especie	2	160	1 de febrero
	Última variedad	2	232	1 de febrero
Peral	Primera variedad	3	362	1 de enero
	Media de la especie	3	439	1 de febrero
	Última variedad	2	288	1 de febrero

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

c) Correlación entre la temperatura y la floración: Los polinomios, utilizados en muchas ocasiones para relacionar dos variables, calculando los coeficientes correspondientes, también han sido utilizados como método para correlacionar la fecha de floración con la temperatura. Así, Tabuenca y Herrero (1966) calcularon los coeficientes de correlación entre la fecha de floración y la temperatura máxima media de algunos periodos de tiempo. En la tabla siguiente se exponen las ecuaciones y los periodos de tiempo considerados para cada una de las especies estudiadas.

Tabla 34
Relación entre la temperatura y la época de floración

Especie	Ecuación	Periodo
Albaricoquero	$y = 62.9 - 3.2 t$	15 de febrero a 15 de marzo
Cerezo	$y = 93.4 - 3.7 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Ciruelo japonés	$y = 57.4 - 3.1 t$	16 de enero a 15 de marzo
Ciruelo europeo	$y = 87.5 - 3.6 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Manzano	$y = 112 - 4 t$	15 de febrero a 31 de marzo
Melocotonero	$y = 52.1 - 2.1 t$	15 de febrero a 28 de febrero
Peral	$y = 81.9 - 3.3 t$	1 de febrero a 31 de marzo

Fuente: Tabuenca y Hemero (1966).

En todos los métodos recogidos y que se han empleado para estudiar la fecha de floración en relación con la temperatura, es de considerable importancia fijar la fecha en que se han de empezar a contar las integrales térmicas, pues en distintas localidades y años puede variar dependiendo del momento en que finaliza el periodo de reposo invernal (Tabuenca, 1965).

d) **Horas grado de crecimiento (GDH):** Una hora grado de crecimiento Celsius (GDH°C) se define como una hora a una temperatura 1°C por encima de la temperatura base de 4.5°C. Dichas unidades se calculan restando 4.5°C a cada temperatura media horaria (T_{mh}) en el intervalo comprendido entre 4.5 y 25°C. Todas las temperatura por encima de 25°C se asume que son iguales a 25°C; así la mayor acumulación para cualquier hora por encima de ésta es 20.5 GDH. Para todas las temperaturas medias horarias inferiores a 4.5°C se tomará $T_{mh} = 4.5°C$, por lo que la menor acumulación será de 0 GDH (Richardson, 1975). Este modelo se conoce también con el nombre de *modelo Utah*:

$$GDH = \sum_1^{24} (T_{mh} - 4.5)$$

donde:

\sum_1^{24} = Sumatorio desde la primera hora del día, $h = 1$, hasta la número 24, $h = 24$, de las diferencias entre las temperaturas medias horarias y la temperatura base de 4.5°C, durante cada día del periodo considerado.

T_{mh} = Temperatura media horaria (°C).

En otras zonas y para otras variedades puede tomarse otra temperatura base, por ejemplo 10°C en vez de 4.5°C (Buchanan, 1977) resultando:

$$GDH = \sum_1^{24} \left(\frac{25}{10} t_{mh} - 10 \right)$$

También, el límite superior de temperatura, podrá ser distinto de 25°C.

3.6. TEMPERATURAS ESTIVALES Y OTOÑALES. EFECTOS

Al referirnos a las temperaturas estivales y otoñales, estamos considerando el periodo de tiempo comprendido desde finales de primavera (cuando ya se ha producido la floración) hasta el otoño (cuando se produce la caída de la hoja), es decir el periodo durante el que se produce el crecimiento vegetativo, el crecimiento de la fruta y su recolección. De acuerdo con Gil-Albert (1988), dado que cuando cae la hoja el crecimiento ya ha cesado (noviembre o diciembre), para analizar este periodo deben considerarse los datos climáticos del periodo comprendido entre mayo y septiembre. Las temperaturas que se produzcan durante este periodo serán determinantes para el crecimiento del árbol, de la fruta y para su maduración.

Los estudios sobre las condiciones climáticas óptimas para las distintas especies y variedades no son lo suficientemente precisos y en ocasiones se adoptan medidas por comparación con los datos climáticos de otras zonas para decidir sobre la implantación de una especie en una nueva zona de cultivo.

El periodo libre de heladas debe ser lo suficientemente amplio como para que se produzca el desarrollo y maduración de los frutos y así, de estudios realizados en EE UU., referenciados por distintos autores (Vozmediano, 1982; Fernández Escobar, 1988), se estima que con un periodo libre de heladas superior a 90 días no se encuentra limitado el cultivo frutal en general.

Para el estudio de las temperaturas estivales se han de tener en cuenta las limitaciones propias de la especie y de la variedad. Así, deberá considerarse cuál es el cero vegetativo, la temperatura óptima de crecimiento, la temperatura máxima de crecimiento, la temperatura máxima a partir de la cual se producen daños en la planta y frutos y las temperaturas solas o acompañadas de otros fenómenos (como la humedad relativa), que pueden causar daños en determinados momentos o periodos del desarrollo de la planta y del fruto. Así por ejemplo, variedades de recolección tardía pueden no llegar a madurar convenientemente en climas donde la temperatura descienda por debajo de un nivel a finales del periodo de madurez: esto puede ocurrirle a especies como el granado que necesitan relativamente altas temperaturas durante el periodo de madurez, pudiendo madurar bien por ejemplo en la zona del sudeste español, mientras que en climas algo más frescos no maduran convenientemente o al menos se obtiene una pérdida de calidad y por tanto de valor comercial. En otras ocasiones, el contraste entre las temperaturas diurnas y nocturnas es más favorable que la existencia de temperaturas prácticamente constantes, ya que éstas influyen sobre la formación-destrucción de los pigmentos que determinan el color de los frutos, como ocurre en los cítricos.

Por otro lado, las altas temperaturas estivales, especialmente si van acompañadas de vientos secos, pueden provocar tanto la parada vegetativa como daños directos sobre hojas (deseccación y defoliación) y frutos (maduración acelerada, quemaduras y deshidratación). Cuando las altas temperaturas alcanzan valores superiores a 32°C se puede producir la parada vegetativa de verano, según la especie, y cuando son todavía superiores o se producen olas de calor se pueden producir los daños indicados anteriormente. Las altas temperaturas resultan especialmente dañinas para

los frutos cuando éstos están recién cuajados (con viento seco pueden deshidratarse y caer) y en épocas próximas a la madurez (pueden producirse deshidrataciones interiores y exteriores, maduración acelerada, caída e incluso alterar su capacidad de conservación frigorífica, haciéndolos más sensibles).

Por tanto, como índices que permiten valorar el comportamiento de una especie frutal, cuya fisiología conocemos, en una determinada zona, tenemos:

a) Temperatura media desde el periodo de plena floración hasta el periodo de reposo.

b) Duración del periodo libre de heladas.

c) Temperaturas máximas absolutas que se producen durante el periodo mayo-septiembre y su frecuencia.

d) Periodos en los que se producen olas de calor (temperaturas superiores a 36-38°C) si éstas vienen acompañadas de vientos secos y duración de éstos.

e) Temperaturas mínimas y calor acumulado en la zona, en caso que la falta de calor sea un factor limitante en la zona para el desarrollo y fructificación adecuados de una especie exigente en calor, como por ejemplo la tapenera o la palmera datilera. En estos casos la información anterior debe completarse con el cálculo del calor acumulado en el periodo floración-reposo.

3.7. PLUVIOMETRÍA E HIGROMETRÍA

La humedad del suelo es un factor limitante del crecimiento y de la producción. La falta de agua no solo puede comprometer la cantidad y calidad de la cosecha, sino que incluso puede provocar la muerte de la planta.

Cuando existe un déficit de humedad en el suelo se reduce la actividad fotosintética y el periodo de crecimiento activo, y cuando ese déficit se produce en ciertos periodos críticos (durante el periodo de actividad vegetativa), sus consecuencias pueden llegar a ser catastróficas dependiendo del periodo en que se produzca, de la duración del mismo, así como de la especie, la variedad y de la combinación patrón/injerto; los efectos del déficit de agua en el suelo pueden agravarse por otros factores como la existencia de vientos secos, plagas, etc.

El déficit de humedad en el suelo suele ser muy importante en las regiones áridas y semiáridas, y en muchas ocasiones esta situación puede verse agravada por la mala calidad de las aguas y por un mayor contenido salino en el suelo como consecuencia de que en estas áreas se produce una mayor evaporación, al tiempo que el drenaje natural suele estar limitado, bien por la escasez de lluvias o bien porque cuando éstas se producen suelen ser torrenciales, ocasionando arrastres de suelo e infiltraciones relativamente bajas.

Las diferentes especies, variedades y combinaciones injerto/patrón utilizadas, presentan diferencias notables de comportamiento frente a la sequía y a la falta de humedad prolongada en el suelo, lo que limita la utilización de algunas de ellas en distintas zonas climáticas en las que, aun gozando de buen clima para el cultivo frutal, en general, la disponibilidad de agua y su calidad están limitadas. La falta de

agua de lluvia suele paliarse o cubrirse mediante el riego y la cantidad de agua a aportar será tanto mayor cuanto menor sea la lluvia recibida. Así, en algunas áreas del Sureste español, con pluviometría comprendida entre 150 mm y 300 mm anuales, e incluso menos en algunas zonas, la cantidad de agua que hay que aportar mediante el riego en los diferentes frutales tratados en este trabajo es diferente; a continuación se exponen algunas cifras orientativas:

- El **granado**, en las provincias de Alicante y Murcia, con pluviometría comprendida entre los 150 y los 300 mm de lluvia al año (1.500 a 3.000 m³/ha-año), la cantidad de agua que se aporta mediante el riego para realizar un cultivo satisfactorio oscila entre 5.000-5.500 m³/ha-año en riego por inundación y los 3.500-4.500 m³/ha-año en riego por goteo, aunque en periodos de sequía las cantidades anteriores se pueden reducir notablemente, aunque a costa de un menor desarrollo y cosecha. Esta planta puede vegetar con lluvias de 150 mm/año, durante varios años consecutivos.

- La **higuera**, frutal considerado tradicionalmente de secano, puede cultivarse en la mayoría de climas y suelos, aunque cuando la falta de agua es importante la planta produce hojas más pequeñas y reduce su producción, pudiendo llegar a anularse en condiciones de extrema sequía. Con cantidades de agua de lluvia entre 600 y 700 mm anuales se suele obtener una buena producción, mientras que en zonas más secas como las provincias de Alicante y Murcia, citadas anteriormente, su productividad es baja, precisando entonces marcos de plantación más amplios. Cuando su cultivo se intensifica y se desea obtener una gran producción y calidad, en las citadas condiciones, debe recurrirse al riego en los periodos críticos para conseguir estos objetivos. Aunque la cantidad de agua aportada puede ser menor que la indicada en granado, existen dos épocas donde hay que regar: en primavera-verano, cuando está próxima la cosecha de brevas y en verano, cuando está próxima la cosecha de higos. Su resistencia a la salinidad es similar a la del granado.

- La **tapenera**, cultivada tradicionalmente en secano e incluso utilizada como planta silvestre para aprovechar los distintos órganos (tallos, táperas y caparrones), sin ningún tipo de cuidado, en condiciones de extrema aridez y en algunos casos casi sin suelo. Es una planta cuyas necesidades de agua son mínimas, y aunque agradece el riego los excesos de agua pueden afectarle gravemente. Presenta un sistema radicular con gran poder de absorción pudiendo incluso acumular agua en el mismo. En zonas áridas con precipitación inferior a 100 mm anuales y una evaporación de 1.300 mm anuales, su cultivo comercial puede desarrollarse con cantidades de agua aportadas en riegos que pueden cifrarse en unos 500-700 m³/ha-año en riego localizado, para una densidad de unas 625 plantas/ha. Su resistencia a la salinidad puede calificarse de extraordinaria.

- La **jojoba**, especie originaria del desierto de Sonora (Méjico), puede vivir desde el nivel del mar hasta los 1.500 m.s.n.m., con tal de que existan temperaturas cálidas, en general, ya que se han descrito genotipos que pueden tolerar hasta -9,5°C. Soporta las altas temperaturas del desierto y alcanza producciones óptimas con unos 400 mm de lluvia al año en Arizona, aunque puede desarrollarse perfectamente con 90 mm de lluvia, como ocurre en algunas poblaciones salvajes de California (Botti, 1997). En regiones con una precipitación prácticamente nula puede cultivarse en

riego por goteo con unos 3.000-4.000 m³/ha-año, para una densidad de plantación de unas 1.200 plantas/ha. Su resistencia a la salinidad es extraordinaria.

– La **palmera datilera**, planta que puede vivir en condiciones tan extremas como las de los desiertos y que curiosamente puede tolerar el encharcamiento prolongado. Sus necesidades de agua son muy pequeñas para vegetar; sin embargo, para dar producciones de calidad necesita algún riego en esas zonas áridas en las que la pluviometría es inferior a los 100 mm. Presenta una resistencia a la salinidad extraordinaria. En los palmerales existentes en el Sureste español, las plantas se sitúan delimitando caminos, delimitando parcelas o junto a acequias, siendo por ello el riego recibido marginal y siempre dependiente del cultivo que se establezca en las parcelas delimitadas por las palmeras; este riego, no especialmente dirigido a cubrir específicamente las necesidades de la palmera suele ser suficiente para obtener una producción adecuada. En otros casos, si la lluvia es escasa conviene regar, especialmente en verano.

– El **algarrobo**, es una planta tradicionalmente cultivada en secano, pudiéndose utilizar en las zonas más áridas del Sureste y Levante español. Es una planta muy resistente a la sequía, aunque para obtener una buena cosecha se requiere una pluviometría de unos 500 mm anuales, precisando aportaciones anuales cuando la pluviometría es inferior a los 350 mm, si se desea mantener el nivel productivo. Presenta una alta resistencia a la salinidad.

– La **chumbera**, planta también muy resistente a la sequía prolongada. Sin embargo para obtener producciones adecuadas de higos chumbus o de forraje, según la orientación, necesita aportaciones de agua mediante riego en zonas donde la pluviometría es inferior a los 200-300 mm anuales.

– El **jnjolero**, especie tolerante a la sequía como el granado. Al igual que éste, en climas como los del Sureste español, requiere aportaciones de agua similares o inferiores a las indicadas para el granado. Su resistencia a la salinidad es similar a la mostrada por la chumbera, superior a la que presenta el granado e inferior a la de la palmera datilera.

Otros frutales no tratados en este volumen, también son cultivados en condiciones de extrema sequía con buen comportamiento y respuesta ante el riego mínimo, como son el pistachero, el olivo, el almendro y la vid, entre otros. Los tres últimos, de gran importancia económica en España, serán abordados en el tercer volumen de esta obra.

Algunos de los frutales tratados en esta obra (granado, higuera, tapenera, jojoba, palmera datilera, algarrobo, nopal y jnjolero), considerados habitualmente como subutilizados y muy adecuados para su uso en zonas áridas y semiáridas, presentan la ventaja de poder soportar la escasez de humedad en el suelo y de tolerar altas concentraciones salinas. Sin embargo la pluviometría no sólo es un factor limitante cuando se produce en cantidades tan pequeñas que no permite cubrir las necesidades de las plantas, sino que en otras ocasiones también puede ser un factor limitante cuando se produce en exceso, o cuando se produce en épocas que puede afectar negativamente a algún proceso fundamental como la polinización; aunque esta circunstancia no es característica de las regiones áridas o semiáridas que se caracteri-

zan por la escasez de lluvias. La lluvia y la alta humedad ambiental, pueden dificultar la producción de las plantas antes de la fructificación o después de ella, debido a:

- Pueden impedir el vuelo de las abejas en el periodo de polinización.

- Pueden provocar el apelmazamiento del polen y también arrastrar el polen hacia el suelo; en ambos casos se dificulta o impide la polinización, y si el periodo de lluvias se prolonga puede peligrar la cosecha. Cuando la humedad ambiental es muy baja se puede producir la desecación de un porcentaje de pistilos de modo que puede quedar comprometida la cosecha.

- La lluvia puede arrastrar el polen depositado sobre las anteras, antes de que se produzca su germinación, e incluso puede provocar daños irreparables en las mismas flores cuando es intensa.

La lluvia puede suavizar la temperatura, haciendo más lento el proceso de germinación del polen.

- La lluvia en la época de madurez puede provocar el agrietado o rajado de los frutos, por una excesiva absorción de agua a través del sistema radicular o de la epidermis, especialmente después de un periodo de sequía o cuando se trabaja con altas presiones osmóticas en la zona de raíces absorbentes (en este caso se recomienda seguir regando y abonando si el sistema de riego es por goteo). Este efecto sobre el fruto es especialmente importante en las especies citadas (aunque afecta a otras muchas), pues su periodo de madurez coincide con las lluvias de final de verano y otoño; resultan especialmente sensibles, entre los frutales tratados, el granado y la higuera, en general, aunque existen variedades más sensibles que otras; se pueden producir pérdidas de cosecha comercializable superiores al 40% en ambas especies; asimismo el rajado es importante en los dátiles; en otras ocasiones el rajado no es tan importante, afectando sólo a la epidermis y produciendo pequeñas grietas que luego suberifican (efecto conocido como *russeting*), permitiendo la comercialización del fruto pero depreciando su aspecto; también se da en las dos especies citadas.

- Favorecen el desarrollo de enfermedades fúngicas y bacterianas. Así la alta humedad junto al tronco puede provocar el *escaldado del tronco* en granado (provocado por *Phytophthora spp.*); en alcaparro los hongos pueden afectar al cuello de la raíz y provocar la muerte de la planta; en higos se produce su pudrición.

La humedad elevada favorece el desarrollo de algunas plagas como *Ceratitis capitata* Wied, que puede afectar a brevas e higos y con daños despreciables a las granadas, se multiplica en el periodo estival con temperaturas óptimas entre 16 y 32°C y humedad de 75-85%.

- El exceso de humedad en el suelo también puede provocar asfixia radicular, aunque no es frecuente en las zonas áridas o semiáridas, dependiendo del tipo de suelo y época del año; así en verano, cuando la planta tiene mayores necesidades de oxígeno por presentar un metabolismo más activo, el encharcamiento durante pocos días puede provocar problemas de asfixia; este fenómeno también se produce cuando existe una capa freática alta, impidiéndose el desarrollo de las plantas y mostrándose los síntomas típicos. Entre los frutales citados, hemos observado asfixia radicular en granado, como consecuencia de capas freáticas altas en zonas de

saladares y problemas de encharcamiento en higueras en zonas más lluviosas que la del Sureste como Cáceres, en higueras de secano tras las lluvias primaverales.

Para una mayor información sobre los efectos de la lluvia y la humedad, se recomienda la lectura de distintas obras generales de fruticultura, entre las que destacan las de Martínez-Zaporta (1964), Westwood (1982) y la del profesor Gil-Albert (1988): Tratado de Arboricultura Frutal. La siguiente tabla muestra la pluviometría anual en diversas regiones españolas (Gil-Albert, 1998), aunque cabe indicar que la pluviometría en nuestras zonas frutícolas, y especialmente en la zona del Sureste, es muy irregular existiendo años en los que la cantidad de lluvia caída no supera los 180 mm, existiendo áreas de pluviometría todavía inferior.

Tabla 35
Pluviometría media anual en diversas regiones frutícolas españolas

Región	Pluviometría media anual (mm)	Periodo de sequía (precipitación < 100 mm)
Galicia (zona costera)	800-1.200	De 30 a 40 días
Galicia (interior)	800	De 40 a 60 días
Asturias	800-1.200	De 30 a 40 días
Rioja-Navarra	400-800	De 70 a 90 días
Aragón (valle del Ebro)	300-400	De 100 a 120 días
Lérida	350-500	De 60 a 90 días
Cataluña (zona costera)	600-800	De 60 a 90 días
Levante	350-450	Más de 100 días
Murcia	300	Más de 100 días
Andalucía Oriental (costa)	200-400	200 días
Andalucía Occidental (costa)	450-550	De 100 a 150 días
Andalucía (interior)	400-600	De 120 a 180 días
Extremadura	500-600	De 100 a 150 días
La Mancha	400	De 100 a 150 días
La Meseta	400-600	De 100 a 150 días
Islas Canarias	200-300	200 días

Fuente: Gil-Albert, 1998.

3.8. LUZ E INSOLACIÓN

Los frutales adaptados a las condiciones de zonas áridas o semiáridas, se desarrollan mejor en zonas de alta insolación y luminosas, que en zonas de baja insolación y en las umbrías. Las plantas que crecen en zonas de sombra tienen dificultades para florecer y fructificar, mientras que las que lo hacen en zonas soleadas crecen y fructifican más abundantemente, dando además frutos de mayor calidad, por ello cuando se realiza la poda de los frutales se intenta renovar la madera y hacer que la luz llegue hasta el interior de la copa. Lo expuesto es debido, como se sabe,

a que la luz es necesaria para que se realice la fotosíntesis, proceso fundamental para su nutrición, influyendo también en la respiración, la transpiración, la inducción y la diferenciación floral.

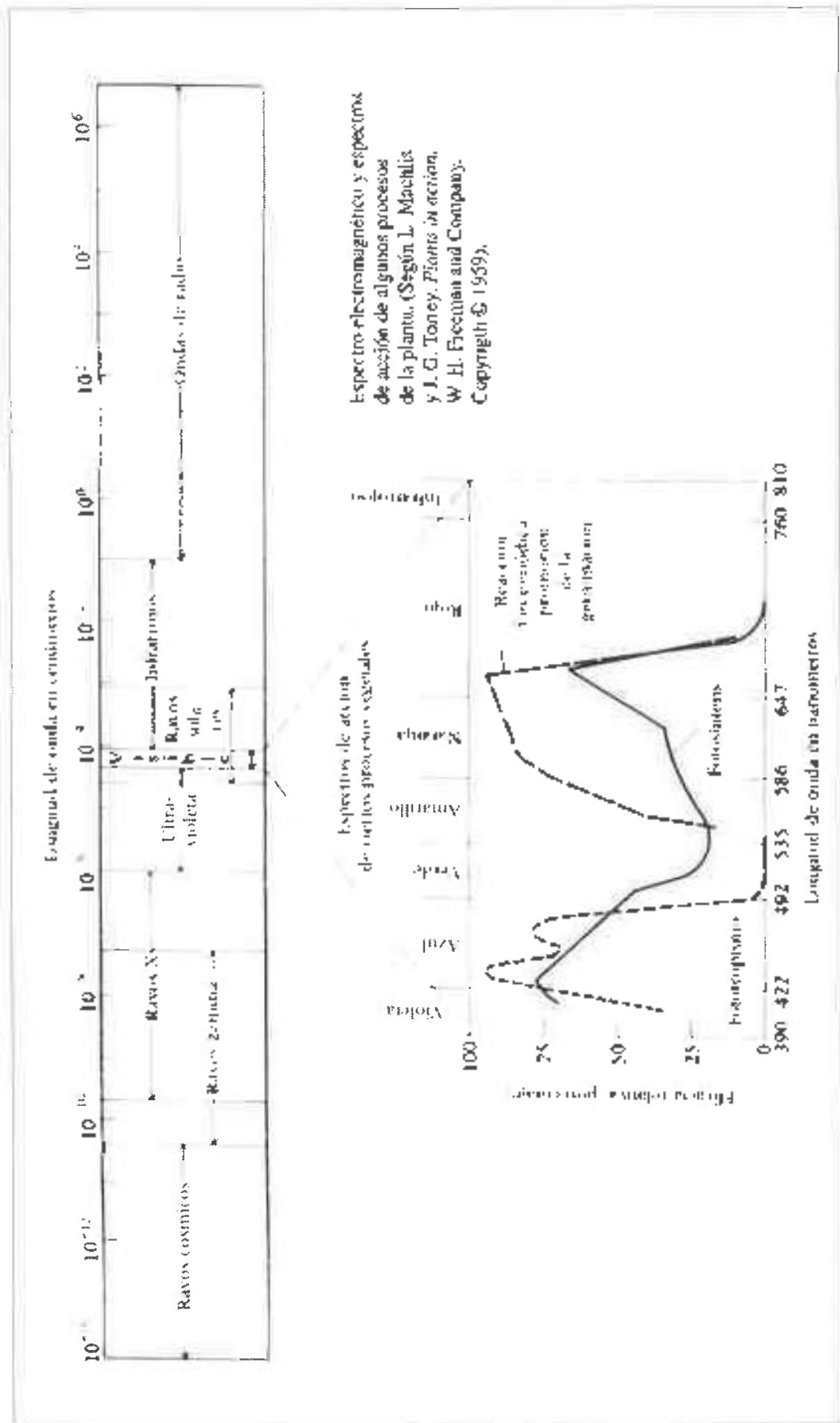
La luz intensa, en la que exista una elevada proporción de radiación ultravioleta tiende a originar enanismo, mientras que las bajas intensidades de luz, en la que la mayoría de la radiación sea roja, da un crecimiento en longitud, y la ausencia de luz origina etiolación (Westwood, 1982).

En las especies frutales (Fernández Escobar, 1988), el nivel de saturación de las hojas se encuentra alrededor de los $800 \mu\text{Em}^{-2} \text{ s}^{-1}$, de manera que una intensidad luminosa inferior a ese valor puede limitar la actividad fotosintética y, por consiguiente, la producción. La intensidad luminosa de un día soleado es aproximadamente de unos $2.000 \mu\text{Em}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de la que tan sólo el 40% aproximadamente sería aprovechada por los árboles, por lo que no parece que exista una limitación para el cultivo de las especies frutales; la limitación de la producción, según este autor, puede estar causada por el sombreamiento entre árboles próximos y entre ramas de un mismo árbol, y en estos casos, la elección de un marco de plantación adecuado y la práctica de la poda de fructificación racional solucionarían el problema. Siendo: $\mu\text{E} = \text{micro-Enstein} = 0'0022 \times 10^{17}$ fotones (cuantos).

La insolación excesiva puede provocar daños en el tronco y ramas de árboles jóvenes, que son más sensibles a este factor; estos daños coinciden siempre con temperaturas elevadas y ambiente seco. Además en la vegetación tierna, estos factores pueden provocar desecaciones en ramos, quemaduras en las hojas y caída de las mismas. En los frutales objeto de estudio, no suelen utilizarse medios de protección de tronco y ramas como es el encalado con cal apagada, que es un procedimiento tradicional muy eficaz; aunque en ocasiones se utilizan plásticos protectores del tronco contra los roedores, que a su vez pueden constituir una protección eficaz contra las quemaduras. En la región natural del Sureste español se aprecian daños por quemaduras del sol en tronco y ramas de higueras cuando son jóvenes o cuando han sido fuertemente podadas; asimismo, en este frutal la alta insolación con temperaturas elevadas causa el llamado golpe de sol en los frutos, acelerando su maduración y caída.

En el granado la insolación excesiva provoca graves daños en los frutos. Se trata de una quemadura en la piel del fruto, conocida con el nombre de *albardado*; los daños pueden provocar pérdidas de más del 40% de la cosecha. En casos graves la corteza queda carbonizada externamente, se agrieta y adquiere un brillo metálico; internamente, las semillas pierden el color y el sabor; no se presenta en las caras norte y este ni en el interior del árbol donde las hojas protegen a los frutos de la radiación directa. Los daños se incrementan con baja humedad en el aire y en el suelo. En este mismo frutal, los frutos del interior quedan blanquecinos externamente, sin alcanzar el color rojo característico, aunque sí lo alcanzan internamente, siendo menos valorados por el consumidor poco experto, ya que incluso están más sabrosos; esta falta de color está directamente relacionada con la falta de iluminación, y las soluciones para reducir este efecto se tratarán en el capítulo específico dedicado a esta especie. A su vez, el granado requiere bastante calor en verano para madurar adecuadamente y dar frutos de la máxima calidad, aspecto que ha de tenerse muy en cuenta a la hora de establecer una nueva plantación.

Figura 7
Espectro electromagnético y espectros de acción de algunos procesos de la planta



Espectro electromagnético y espectros de acción de algunos procesos de la planta. (Según L. Machlis y J. G. Toney. *Plants in action*. W. H. Freeman and Company. Copyright © 1959).

Fuente: Westwood. 1962.

El jinjolero es una especie que como el granado resiste las bajas temperaturas invernales y, al igual que éste, tiene pocas necesidades de frío invernal, pero su fruto no madura en zonas de veranos cortos o fríos, por lo que requiere para su cultivo bastante calor en verano, prefiriendo los valles de interior que sean cálidos.

En la chumbera, la orientación de los cladodios resulta fundamental para obtener una buena producción, de modo que deben evitarse las zonas sombreadas o de poca insolación y eliminar aquellos cladodios que produzcan sombras al resto de palas mediante la poda de producción.

En general en la región del Sureste y Levante no se producen problemas por falta de insolación, salvo que las técnicas de poda no se utilicen adecuadamente, siendo más frecuentes los problemas por exceso de insolación, para los cuales conviene adoptar medidas de protección para tronco y ramas en árboles jóvenes o incluso para todo el árbol (mallas protectoras individuales o para toda la plantación: invernaáculos) para proteger los frutos y la planta, tanto de la radiación solar como de otros meteoros y plagas.

3.9. VIENTO

El viento moderado puede ser un factor beneficioso para la plantación frutal por reducir el riesgo de heladas y por reducir el riesgo de desarrollo de enfermedades fúngicas al reducir el grado higrométrico, en situaciones de elevada humedad. Sin embargo, la presencia de viento representa la mayoría de las veces un factor de riesgo cuyas consecuencias pueden calificarse de graves dependiendo de su velocidad y frecuencia.

Los **efectos negativos** causados por el viento podemos clasificarlos en mecánicos y fisiológicos.

Entre los **efectos mecánicos**, asociados a vientos de cierta intensidad, podemos citar los siguientes:

- Dificulta la formación de árboles jóvenes, provocando deformaciones en la copa e inclinación del tronco. Esto provoca un desequilibrio en la copa y dificultades en la realización posterior de la poda, pudiendo retrasar incluso la entrada en producción, además de los inconvenientes que pueden representar los troncos inclinados. Esta situación se da en los casos en los que existen vientos dominantes.

- Daños en flores, frutos, hojas, ramos y ramas. Se pueden producir roturas y lesiones en estos órganos, cuyo alcance depende de la intensidad del viento. Además del daño mecánico, las hojas reducen su tamaño y su eficiencia fotosintética. Cuando los daños se producen en ramas importantes o tronco, las heridas son de gran superficie, irregulares y astilladas, lo que dificulta su saneamiento y cicatrización, favoreciendo los desequilibrios y la decrepitud del árbol. En plantaciones jóvenes, no suficientemente ancladas al suelo y especialmente cuando el viento se produce tras fuertes lluvias, se puede producir con facilidad el volcado total del árbol; y cuando los vientos son muy fuertes, incluso su arranque. En árboles bien anclados, adultos, los vientos huracanados pueden retorcer totalmente la copa y tronco,

destrozando la madera de éste y de ramas principales, provocando daños prácticamente irreparables.

– Caída de frutos. Este efecto se acentúa especialmente en el caso de frutos grandes y cuando están maduros o próximos a la madurez.

– Rozadura de frutos. El simple balanceo de los frutos por el viento produce rozaduras con las ramas, hojas, espigas y entre ellos. Este efecto es particularmente grave en el caso de especies con espigas y es conocido con el nombre de *rameado*; se producen heridas en la epidermis que posteriormente suberifican dejando cicatrices en la piel que los deprecian comercialmente.

– Dificultad en la realización de labores de cultivo. Con vientos de cierta intensidad algunas operaciones como la aplicación de productos fitosanitarios no deben realizarse, mientras que otras resultan muy dificultosa o incluso peligrosas: poda, recolección, laboreo, etc., siendo a veces recomendable posponerlas.

Antes de realizar una plantación conviene conocer las características de los vientos en la zona: velocidad, dirección y frecuencia. Esto nos permitirá conocer la posible incidencia negativa de los vientos, la conveniencia de establecer barreras cortavientos o de contratar un seguro agrícola combinado. En la tabla siguiente se muestran, a título orientativo, los efectos genéricos producidos por el viento en función de su velocidad, según Grace (1977).

Tabla 36
Efectos producidos por la velocidad del viento

Descripción	Velocidad a una altura de 10 m en campo abierto		Efectos
	m/s	Km/h	
Calma	0-0.2	<1	Calma. El humo asciende verticalmente.
Aire ligero	0.3-0.15	1-5	Dirección mostrada por el humo pero no por la veleta.
Brisa ligera	1.6-3.3	6-11	El viento se siente en la cara. Las veletas son movidas por el viento.
Brisa suave	3.4-5.4	12-19	Hojas y ramas pequeñas en constante movimiento. El viento extiende ligeramente las banderas.
Brisa moderada	5.5-7.9	20-28	Ascienden el polvo y los papeles sueltos.
Brisa recia	8.0-10.7	29-38	Los árboles pequeños comienzan a balancearse
Brisa fuerte	10.8-13.8	39-49	Ramas grandes en movimiento. Se escuchan silbidos en los cables telegráficos. Los paraguas se usan con dificultad.
Casi ventarrón	13.9-17.1	50-61	Todos los árboles en movimiento. Se camina con dificultad en contra del viento.
Ventarrón	17.2-20.7	52-74	Rotura de ramas pequeñas.
Fuerte ventarrón	20.8-24.4	75-88	Pequeños daños estructurales.
Vendaval	24.28.4	89-102	Árboles arrancados. Daños estructurales de consideración.
Vendaval violento	28.5-32.6	103-117	Muy raramente experimentados. Daños extensos.
Huracán	>32.7	>118	

Fuente: Fernández Escobar (1988). Tomado de Grace (1977).

Entre los **efectos fisiológicos**, asociados a vientos de cierta intensidad, podemos citar los siguientes:

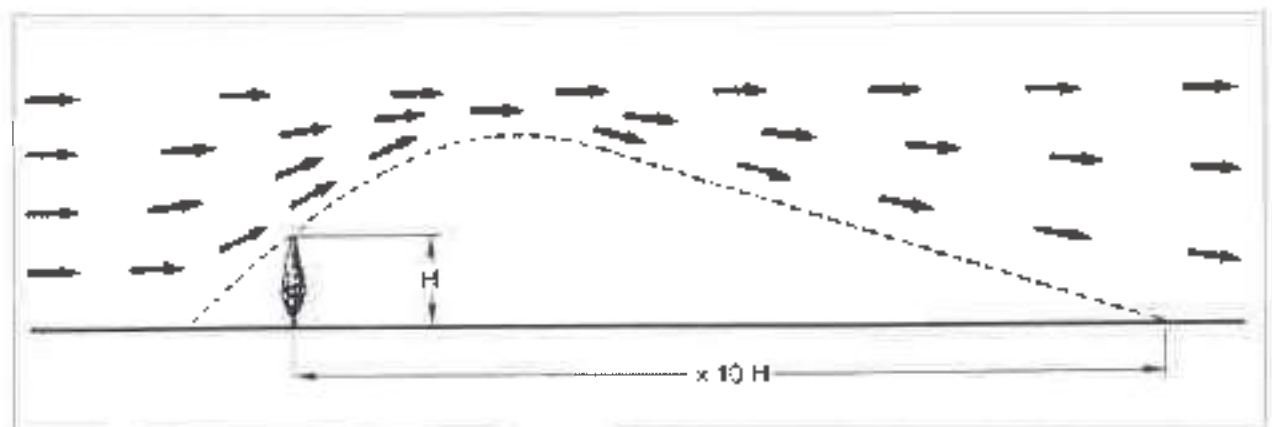
- Dificultad de polinización mediante las abejas, ya que estas reducen su actividad con vientos superiores a 10 Km/h e incluso no vuelan cuando superan los 20 Km/h.
- Deseccación de estilos con vientos cálidos.
- Deshidratación de brotes y hojas tiernas, especialmente si las condiciones ambientales son secas y los vientos tienen cierta intensidad. En casos graves puede afectar a las hojas adultas provocando que se sequen y caigan.
- En zonas costeras, los vientos llevan agua salina, que al depositarse sobre las hojas puede producir efectos de toxicidad.

Entre las medidas utilizadas para reducir los efectos negativos ocasionados por el viento se citan:

- **Barreras cortavientos:** pueden ser naturales o inertes y se disponen en la dirección normal al viento dominante. Éstas tienen diferente eficacia dependiendo de su permeabilidad y de su altura. Así, las barreras semipermeables de altura h defienden una franja de anchura igual a 15 ó 20 veces su altura, mientras que las barreras impermeables son menos eficaces, por provocar remolinos tras ellas, y defienden una anchura de 10-12 veces su altura, siendo en todos los casos sus principales inconvenientes la pérdida de superficie agrícola útil (por los espacios que hay que dejar entre la barrera y los frutales) y el coste de instalación (Gil-Albert, 1998).

Figura 8

Esquema indicativo de los límites de eficacia de una barrera cortavientos



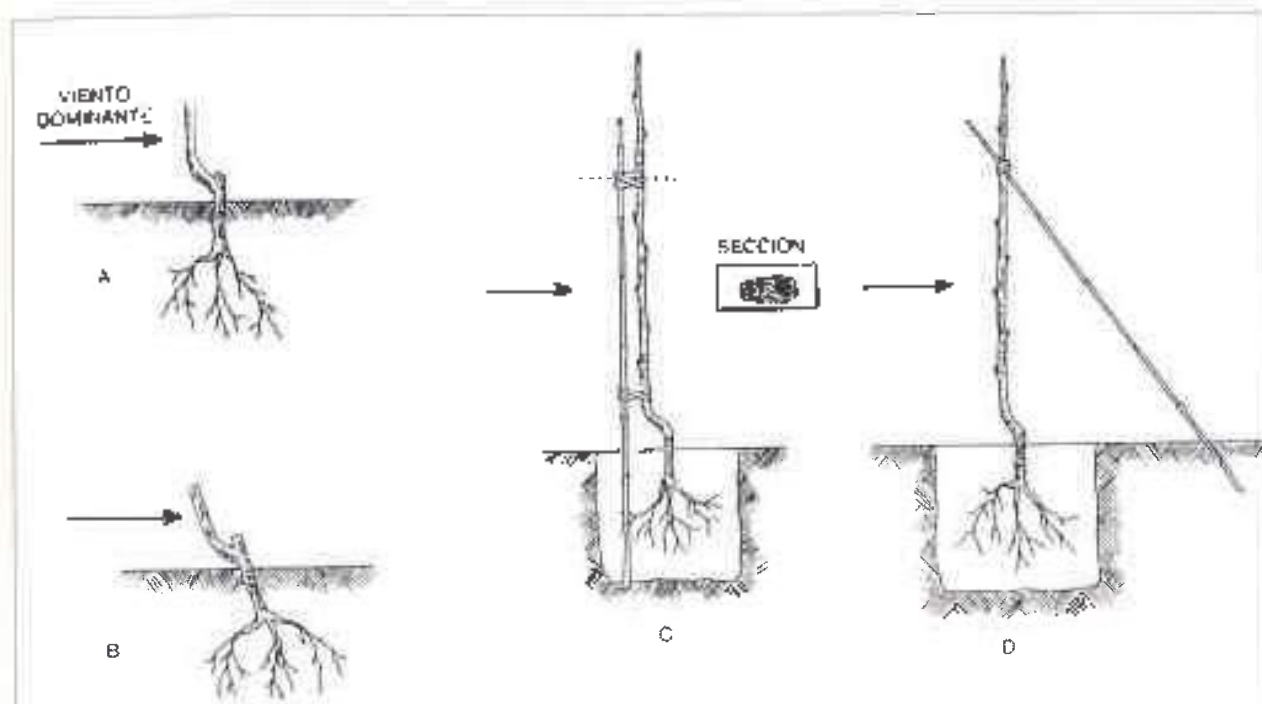
Fuente: Baldini, 1992. La protección se extiende hasta una distancia de casi 10 veces la altura de la barrera

Las ventajas de las barreras cortavientos son evidentes, destacando el aumento de la producción que puede llegar hasta el 50% sobre las parcelas sin protección como consecuencia de que con ellas se pueden evitar o reducir notablemente los daños mecánicos y fisiológicos indicados anteriormente, al tiempo que se reduce la ETP.

En las plantaciones jóvenes, donde los vientos dominantes pueden provocar los

efectos antes indicados, se recomienda la colocación de tutores rectos o inclinados, que ayudan al árbol a soportar el empuje del viento y también se pueden plantar los árboles inclinados para compensar el efecto del viento. En todos los casos, si el árbol está injertado o si se injerta en campo, el injerto debe orientarse en la dirección del viento dominante porque así presenta mayor resistencia a la rotura.

Figura 9
Formas de compensar los efectos del viento



Fuente: Gil-Albert (1996).

A continuación se expone un resumen acerca de las características exigidas a las especies utilizadas como barreras cortavientos y usos de las mismas, según Gil-Albert (1998). Estas deben ser: de crecimiento rápido; de porte fusiforme y gran altura; rústicas, vigorosas y bien adaptadas; con sistema radicular no demasiado invasor; de madera no quebradiza y, a ser posible, con aprovechamiento industrial; y de vegetación no excesivamente densa. En el caso de vientos salinos, los cortavientos deben ser de hoja perenne, mientras que si es este el caso, para frutales suele ser mejor una barrera de especies caducifolias o una formada por caducifolias de gran altura y perennes que cierre la zona más baja de la barrera.

En la región del Sureste, raramente se utilizan cortavientos en las especies abordadas en este trabajo, quizás porque siempre se les ha considerado muy rústicas; sin embargo en la mayoría de ellas se producen daños, como en el resto de frutales; a continuación citamos los más comunes:

Granado: rozadura de frutos con ramas y espinas; pinchazos de espinas en frutos que pueden ocasionar podredumbres posteriores; rozados de hojas con ramas provocando roturas y caídas. Rotura de ramas. Caída de flores. Caída de hojas.

Higuera: rozadura de frutos con hojas, quedando marcados e incluso depreciados

comercialmente. Caída de hojas. Rotura de ramas y a veces volcado de árboles en plantaciones jóvenes, por la resistencia al viento que presenta debido al rápido crecimiento de la copa de la especie; se suele aporcar el tronco para evitar el vuelco.

Jinjolero: rozadura de frutos con ramas y espinas y pinchazos en frutos. Caída de flores. Caída de hojas.

Tabla 37
Especies utilizadas como cortavientos

Nombre vulgar	Especies Utilizadas	Características: deben estar adaptadas a cada región
Chopos	<i>Populus alba</i> ; <i>P. nigra</i> ; <i>P. alba</i> "holandesa"; <i>P. nigra italica</i> , <i>P. nigra delhiense</i> .	Suelen dar buen resultado: su madera es aprovechable: tienen bastante sensibilidad al frío y son exigentes en agua
Abedul	<i>Betula alba</i> Cass. y <i>B. Alba Ehrh.</i>	Utilizados como los chopos en regiones húmedas y de clima suave. Sensibles al frío, pero aún más al calor y a la sequía.
Aliso	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaener	Añalga a los antenores y sensible al frío y al ambiente seco.
Eucaliptus	<i>Eucaliptus globulus</i> Labell y <i>E. Rostratus</i> Schlecht.	Muy utilizados por su gran altura, de rápido crecimiento y aprovechable por su madera. Muy sensibles al frío, tremendamente invasores, competivos y de madera frágil
Taray, Taraje. Tamarindo	<i>Tamarix gallica</i>	Especie muy rústica y resistente al frío, al calor, y sobre todo a la salinidad. Vegeta en cualquier tipo de suelos y llega a formar masas compactas, pero de no demasiada altura, para un cortavientos. Muy usado en zonas marítimas y arenosas.
Transparente	<i>Mycopium tenuifolium</i> C. Muster.	Especie muy resistente a la salinidad y al calor, pero sensible al frío. Forma setos muy buenos en zonas marítimas. No alcanza demasiada altura.
Ciprés	<i>Cupressus sempervirens</i> L.; <i>C. arizonica</i> E.L. Greene; <i>C. nurocarpa</i> Hartweg.	Varias especies. De hoja perenne, alcanza buena altura, como todas las coníferas, es de muy lento crecimiento los primeros años.
Chamaecyparis	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> Parl.	Usado en zonas húmedas. No resiste la sequía ni ambientes cálidos. Alcanza buena altura.
Cupressocyparis Leylandii		Más vigorosa y de más rápido crecimiento que las anteriores. No resiste la sequía ni ambientes cálidos.
Thuja	<i>Thuja occidentalis</i> L.: la más rústica; <i>T. plicata</i> : no resiste el frío ni la sequía.	Resiste mejor el calor y la salinidad que el <i>Chamaecyparis</i> . Es de menor crecimiento en altura y muy lento desarrollo. Forma setos muy compactos.
Arquiste	<i>Leguminos japonicum</i>	Especie rústica y resistente al frío: No alcanza demasiada talla, pero da setos compactos de rápido crecimiento. Es sensible a la sequía.
Falso laurel	<i>Prunus laurocerasus</i> L.	Muy rústica y resistente al frío. No alcanza demasiada altura y forma setos muy compactos y exuberantes.
Laurel	<i>Lawsonia nobilis</i> L.	Muy rústica, aunque exige en humedad: forma setos compactos.
Caña	<i>Arundo donax</i> L.	Muy rústica y resistente a la sequía. Forma barreras no muy altas, pero aprovechables periódicamente. Es muy invasora y origina un alto riesgo de incendios en otoño.
Caña bambú	<i>Bambusa arundinifolia</i> Willd	Muy rústica, pero exigente en humedad y sensible al frío y a la sequía. Forma barreras más altas que la caña común, también aprovechables por corta periódica, pero es de lenta implantación, muy invasora y de difícil eliminación
Olivo	<i>Olea europaea</i> L.	De muy lento crecimiento y de poca altura, pero forma barreras muy rústicas y resistentes a la sequía. Menos competitiva que otras especies de follaje poco denso, idoneo para barreras permeables. Es poco resistente al frío

Fuente: Gil-Alba (1998)

3.10. GRANIZO Y PEDRISCO

Granizo y pedrisco constituyen dos meteoros que se producen como consecuencia de la congelación del agua en algunas tormentas, que se producen con mayor frecuencia en la primavera y verano: cuando estos fenómenos van acompañados por vientos son todavía más peligrosos pues en estos casos pueden adquirir gran velocidad impactando sobre el suelo y la vegetación.

El impacto de estos puede destruir el follaje, ramos, ramas y frutos, pudiendo provocar pérdidas del 100% de la cosecha e incluso de la cosecha de varios años si los daños sobre la madera son graves. En estos casos conviene sanear el árbol mediante una poda de rejuvenecimiento, además de realizar tratamientos para evitar el desarrollo de enfermedades criptogámicas y bacterianas que agravarían más el desastre, pudiendo incluso perderse la plantación en casos extremos.

Aun teniendo en cuenta que estos fenómenos se producen con cierta aleatoriedad, pudiendo afectar a zonas muy reducidas o muy extensas, también de modo bastante aleatorio, si que se conoce en qué zonas se da con más frecuencia, por lo que dada la gravedad de los daños que provoca, este aspecto debe tenerse muy en cuenta y en el caso de zonas donde la frecuencia es alta conviene incluso desistir de realizar plantación frutal alguna, y en todo caso realizar plantaciones herbáceas anuales, en las cuales las pérdidas solo pueden afectar a la cosechas de un año. Por tanto el granizo y el pedrisco son factores limitantes de primer orden.

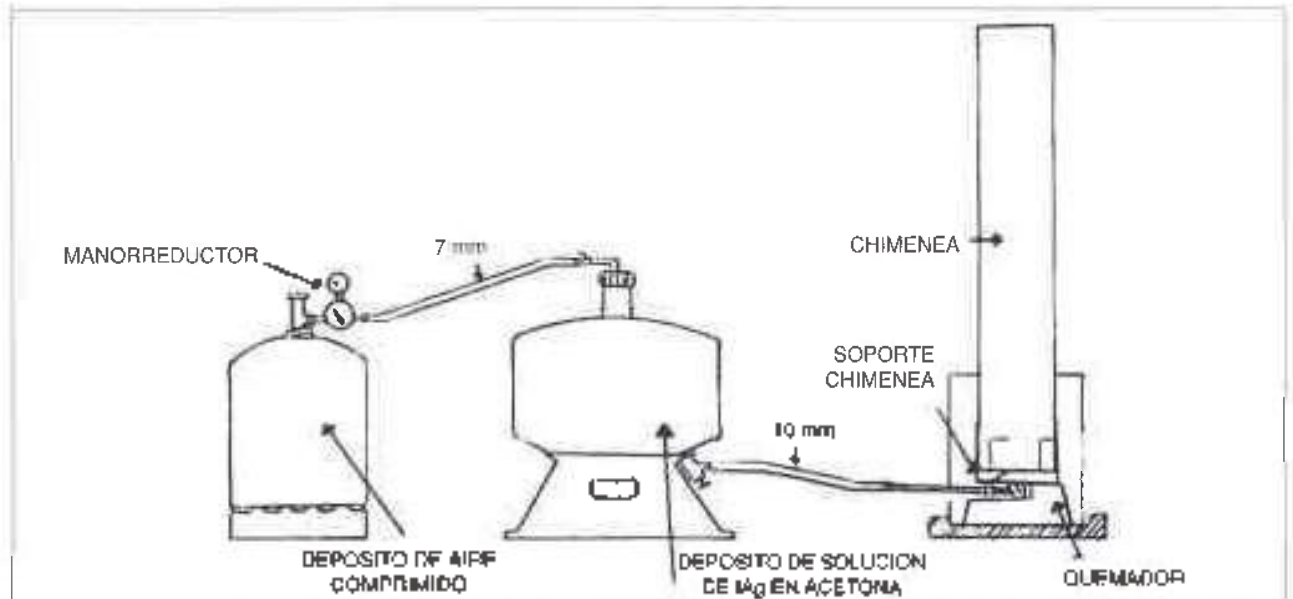
Los métodos de defensa están basados en adoptar medidas que eviten los daños, pues una vez que se producen los daños son irreparables. Entre los métodos más investigados se encuentran los que persiguen formas mayor número de núcleos de congelación, de modo artificial, para obtener granizos más pequeños, que caigan a menor velocidad y que incluso puedan deshacerse antes de producir el impacto sobre los árboles y por otro lado (cada vez más usados cuando la plantación es más rentable) se utilizan mallas plásticas que evitan el impacto directo sobre el árbol, con una luz de malla inferior a 7 mm, y en ocasiones con mallas de 7 a 10 hilos por cm, que resultan de gran interés para prevenir los efectos negativos del viento o las quemaduras del sol en los frutos que resultan sensibles, entre otras ventajas.

A continuación se exponen los métodos de defensa basados en el aumento de mayor número de núcleos de congelación: como agentes nucleadores se puede utilizar el yoduro de plata (es el más antiguo y más usado), el yoduro de plomo (más barato, más contaminante y menos degradable) y el ácido sulfónico (más moderno y de buenos resultados). La "siembra" de núcleos de congelación puede hacerse a nivel del suelo o a una altura superior a 2.000 m; en el primer caso se emplean quemadores y generadores especiales, mientras que en el segundo se emplean cohetes o aviones; en todos los casos debe tenerse en cuenta que los núcleos deben formarse antes que el granizo, para lo cual hace falta una red de estos dispositivos, que esté coordinada y que cuente con el apoyo de los servicios meteorológicos para activar el dispositivo en el momento oportuno.

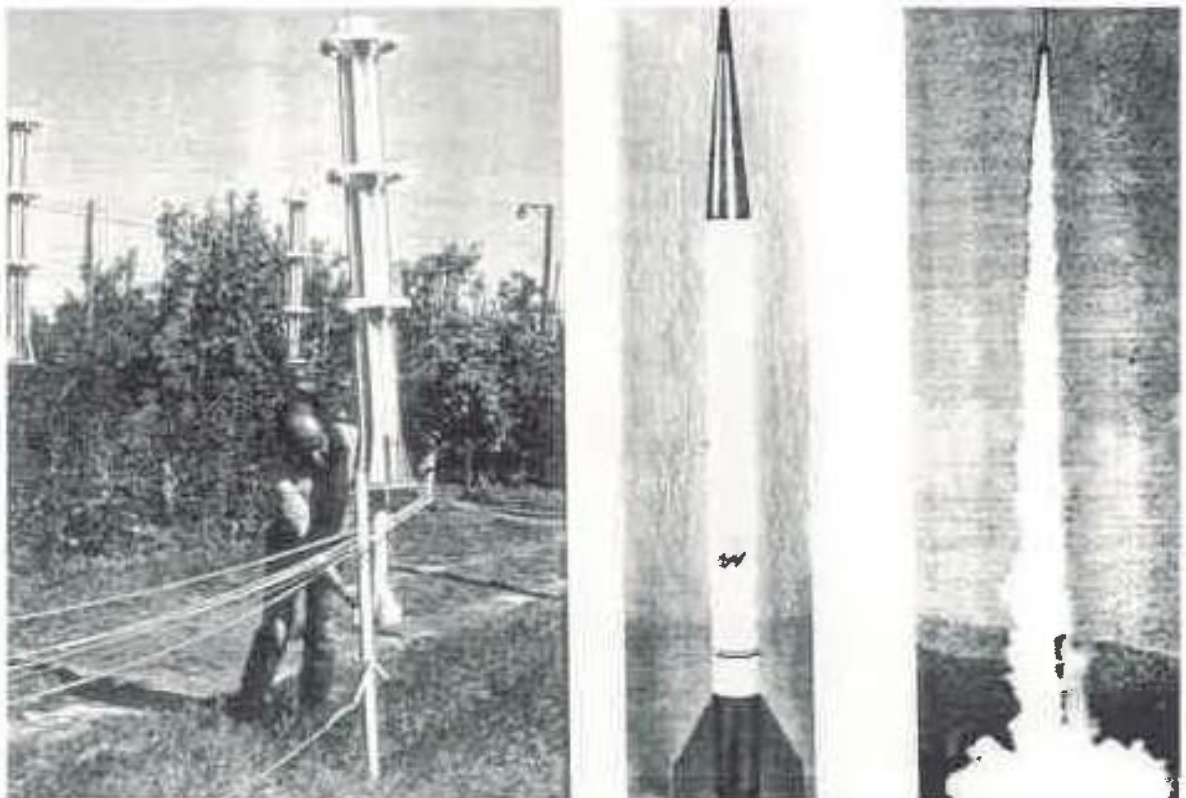
- a) **Quemadores de carbón activado:** cubren de 10 a 20 Km².
- b) **Generadores de yoduro de plata:** cubren hasta 50 Km².

- c) **Cohetes:** más costosos.
 - d) **Empleo de aviones:** Es el método más moderno y sofisticado. Requiere mayores medios económicos y de apoyo para lograr su mayor efectividad.
- Para mayor detalle sobre los métodos citados se recomienda la lectura del Tratado de Arboricultura Frutal, Vol. II (Gil-Albert, 1998).

Figura 10
Generador de yoduro de plata



Fuente: Gil-Albert (1998)



Fotografía 4. Rampas de lanzamiento de cohetes antigranizo, detalle de cohete y despegue de cohete (Fuente: Baldini, 1992).

3.11. NIEVE

En las regiones frutícolas españolas la nieve no es un fenómeno frecuente, no obstante cuando se produce suele ocasionar más beneficios que perjuicios: sin embargo, en ocasiones puede provocar graves daños, como congelaciones que pueden provocar la muerte y roturas de ramas por acumulación de peso (en árboles de hoja perenne).

En el Sureste español, que es la zona donde centramos el presente trabajo no se conocen daños por nieve, ya que muy raramente se produce, siendo entonces de poca importancia y corta duración y, por otro lado los frutales objeto de estudio suelen situarse en zonas libres de heladas y en general muy cálidas, en las provincias de Alicante, Almería y Murcia.

4. FACTORES EDÁFICOS

Las características de un suelo definen la capacidad de éste para realizar el cultivo frutal, pudiendo limitar o afectar al desarrollo radicular y al crecimiento de los árboles. Podemos citar algunas de las más importantes entre características físicas (profundidad, textura, pendiente y permeabilidad) y características químicas (composición en elementos nutrientes, salinidad, contenido en caliza activa y nivel de pH).

Cuando las características citadas alcanzan valores o situaciones no apropiadas para el desarrollo idóneo de las plantas pueden provocar alteraciones fisiológicas conocidas como fisiopatías: *cualquier alteración fisiológica producida por condiciones desfavorables en el medio edáfico*. Entre las más importantes tenemos la asfixia radicular, la clorosis férrica y la salinidad.

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO. FACTORES LIMITANTES

4.1.1. Profundidad

Entendemos por profundidad libre o útil de un suelo, en términos agronómicos, aquella en la que el sistema radicular no encuentra impedimento para su desarrollo.

La profundidad ideal para el cultivo frutal estaría comprendida entre 1 y 2 m, pero en multitud de ocasiones se puede desarrollar el cultivo con profundidades inferiores, aunque en ningún caso ésta debiera ser inferior a 50-70 cm. La determinación de la profundidad es una característica a determinar antes de realizar una plantación, pudiéndose hacer mediante el método clásico de las calicatas, con las que se puede estudiar el perfil y la composición del suelo, debiéndose hacer un número suficiente que sea representativo de la finca o parcela.

La presencia de roca madre, de horizontes salinos, de una capa compacta o de una capa freática puede constituir un problema solucionable técnicamente, aunque

en ocasiones puede que éste no lo sea económicamente, debiendo entonces desistir de realizar la plantación en ese terreno y buscar otro más favorable.

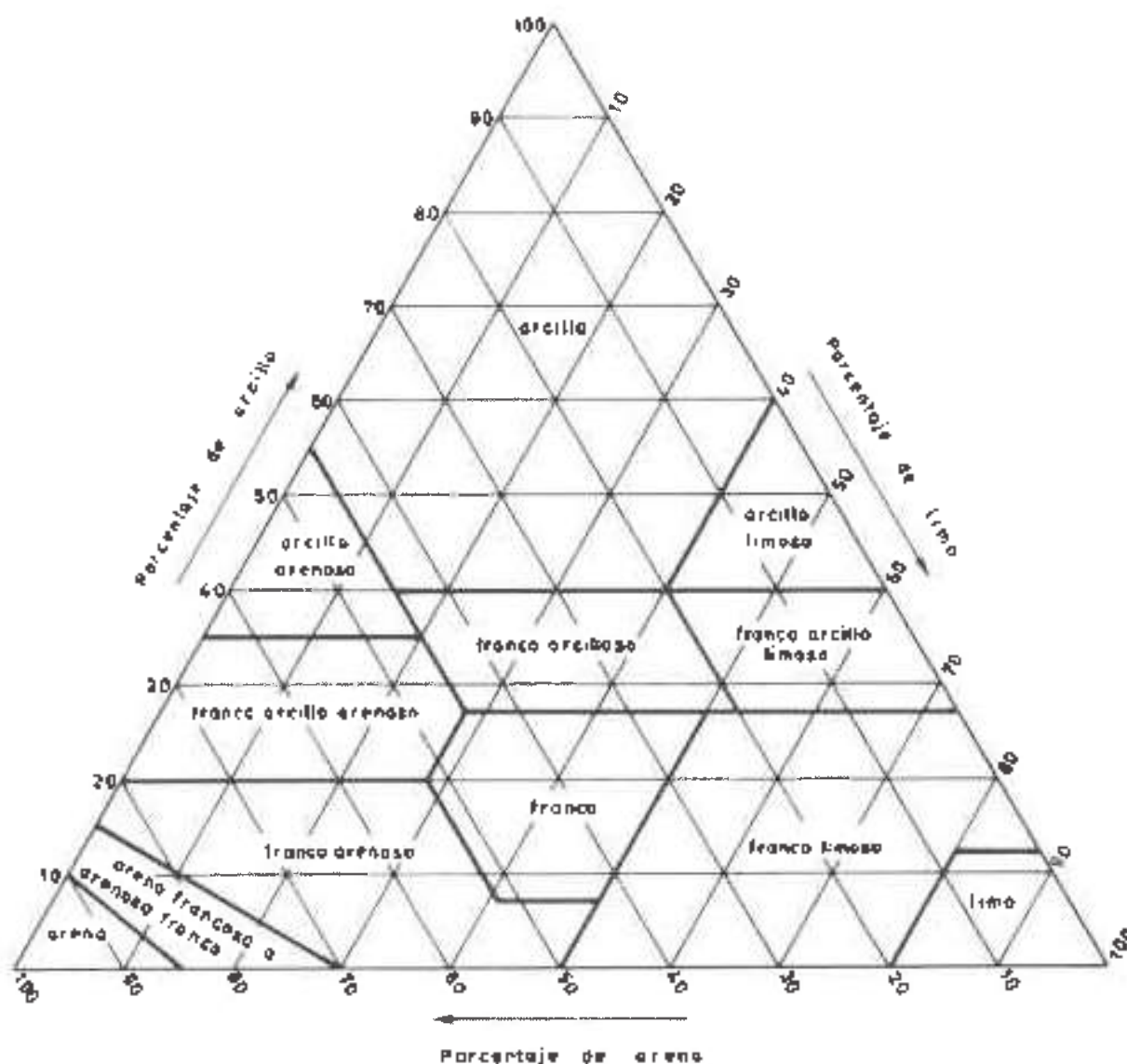
4.1.2. Textura y permeabilidad

La textura del suelo es uno de los factores, junto con la permeabilidad, que mayor influencia puede tener en el desarrollo radicular. En los suelos francos, de textura media, el desarrollo radicular suele ser mayor que en los arcillosos, de textura fina, y que en los de textura gruesa (arenosos). Mientras que en los suelos francos la permeabilidad es buena, de no existir ningún obstáculo, en los arcillosos la permeabilidad puede llegar a ser tan reducida que existan problemas para la adecuada aireación del sistema radicular, pudiéndose producir problemas de asfixia radicular. Por el contrario, en los suelos arenosos la permeabilidad puede llegar a ser excesiva, de modo que el agua se pierde pronto y con ella los nutrientes, por lo que en ellos la falta de agua es más perjudicial también que en los francos; son suelos generalmente pobres en los que también puede verse limitado el crecimiento por falta de agua y nutrientes.

Los suelos arcillosos, más ricos y con mayor poder de retención, suelen aumentar el contenido en sólidos solubles y la acidez de los frutos, originando un retraso de la madurez (por inducir un mayor incremento relativo de los ácidos sobre los azúcares), resultando adecuados para variedades tardías, mientras que los suelos arenosos, más pobres y con menor poder de retención suelen dar frutos de zumo menos denso, con menor contenido en sólidos solubles, pero en los que al mismo tiempo se produce una disminución relativa mayor de la acidez, por lo que los frutos alcanzan antes el estándar de madurez, siendo por tanto adecuados para el cultivo de variedades tempranas, ya que potencian esta característica, al tiempo que aumentan el tamaño del fruto respecto a los arcillosos.

La permeabilidad, expresada como la velocidad de infiltración del agua en el suelo (cm/h), es un parámetro de gran valor para conocer el comportamiento de los frutales, y su determinación en laboratorio es sencilla. Valores de la permeabilidad comprendidos entre 10 y 30 cm/h se consideran adecuados para el cultivo frutal, no siendo aconsejable en los suelos con infiltración menor de 5 cm/h ni en los que sobrepasen los 40 cm/h (Rebour, 1971); valores inferiores a 5 cm/h son propios de suelos arcillosos y pesados en los que cabe esperar problemas de asfixia radicular por falta de aireación, al encontrarse los macro y microporos del suelo demasiado tiempo llenos de agua y, por tanto, con poco oxígeno para la respiración del sistema radicular, dependiendo los efectos de la actividad metabólica de la planta y de la duración del exceso de agua; valores superiores a 40 cm/h son propios de suelos demasiado arenosos, en los que la retención del agua es muy escasa, produciéndose problemas de lavado de nutrientes, siendo por tanto poco fértiles para el cultivo frutal, y manifestando problemas de falta de agua. La mayoría de autores actuales consideran una infiltración adecuada la comprendida entre 10 y 25 cm/h (Gil-Albert, 1998).

Figura N° 11
Triángulo de texturas



Gran número de especies no suelen soportar, durante el periodo de actividad vegetativa, encharcamientos o humedad por encima de la capacidad de campo durante más de 10-15 días, siendo los daños más graves a medida que la temperatura sea más alta. El primer síntoma externo de la asfixia es la clorosis, seguida por una depresión de la vegetación, pudiéndose producir la defoliación y muerte de la planta si las condiciones de anaerobiosis se prolongan demasiado tiempo durante el periodo de actividad vegetativa, ya que en el periodo de reposo los efectos son menos perniciosos por ser las necesidades de oxígeno de la planta muy pequeñas.

La falta de permeabilidad en un suelo puede deberse a distintas causas como son: textura demasiado fina, existencia de una capa impermeable, existencia de suela de labor, existencia de una capa freática o bien puede producirse una degradación de la estructura por haberse salinizado, convirtiéndose finalmente en un suelo poco permeable.

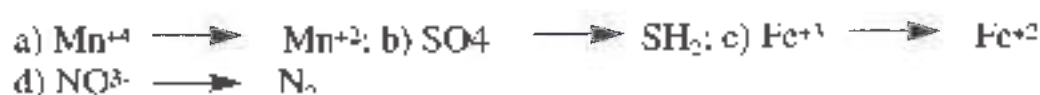
Cuando el problema se debe a la existencia de suela de labor, se resuelve fácilmente mediante una labor de subsolado, mientras que la existencia de una capa freática alta se suele resolver instalando un sistema de drenaje. Cuando la falta de permeabilidad se debe a la degradación de la estructura como consecuencia de un exceso de sales, la solución se obtiene estableciendo coeficientes de lavado adecuados, para disolver y eliminar las sales en profundidad, así como con la aportación de materia orgánica para mejorar la estructura del suelo.

Cuando existe una capa freática alta, las raíces no pueden desarrollarse en profundidad y tienden a crecer hacia la superficie del suelo, donde existe mayor cantidad de oxígeno y, como consecuencia, en esas zonas más próximas a la superficie se puede realizar todavía el crecimiento. El sistema radicular estará poco desarrollado, manifestándose este problema en la parte aérea. Cuando la existencia de una capa freática alta es permanente, la solución consiste en el establecimiento de un sistema de drenaje, pero cuando el suelo presenta una permeabilidad baja y se producen lluvias que provocan el encharcamiento, el uso de especies y patrones adecuados puede ayudar a soportar este problema durante los días que ocasionalmente se produce.

El uso de mesetas, sobre las que se realiza la plantación, permite también el cultivo en zonas con capas freáticas altas, ya que de este modo se consigue una mayor altura de suelo por encima de la capa freática, al tiempo que se obtiene un suelo más rico en minerales y materia orgánica y más aireado en la zona de desarrollo radicular, razones por las que este sistema se está utilizando cada día con más frecuencia aunque la capa freática no sea el factor limitante.

Efectos que produce la aireación insuficiente:

- Disminución en la absorción del agua y elementos nutritivos.
- Efecto de toxicidad: se producen productos tóxicos como metano (CH_4), ácido sulfhídrico (SH_2), hidrógeno (H_2), manganeso (Mn), hierro (Fe) y otros.
- Supresión del transporte de fitohormonas desde la raíz al tallo: Ej. Citoquininas.
- Aumento de la susceptibilidad de la planta a los ataques de microorganismos patógenos (debido al debilitamiento de las raíces). Ej. ataques de *Phytophthora spp.*
- Acentuación de los problemas de salinidad y de clorosis férrica: La deficiencia de O_2 produce una disminución de la absorción de sales minerales, pero también reduce drásticamente la absorción de H_2O , por lo que los nutrientes minerales, especialmente Cl^- y Na^+ en los órganos de la planta pueden alcanzar concentraciones superiores a las registradas en suelos bien aireados. En cuanto a la clorosis férrica, la existencia de condiciones anaerobias facilitan la reducción del Fe^{+3} (insoluble) a Fe^{+2} (soluble), pero al detenerse el proceso de absorción activa del hierro se produce una deficiencia en la planta.
- Transformaciones en el medio edáfico: Tienen lugar reacciones de reducción (debido a la falta de O_2) como:



Además, las condiciones anaerobias inhiben las reacciones de nitrificación:



y la descomposición de la materia orgánica origina productos como CO_2 , CH_4 , H_2 y ácidos orgánicos como acético, fórmico, láctico, etc.

Los síntomas de asfixia radicular son: clorosis en los nervios principales y secundarios, marchitamiento de hojas y otros órganos, sistema radicular poco desarrollado y con tendencia a desarrollarse próximo a la superficie del suelo.



Fotografía 5. Plantación en mesetas y protección con plástico negro.

La aireación del suelo puede mejorarse mediante:

- 1. Mejorando la estructura del suelo aportando enmiendas orgánicas o abonos verdes.
- 2. Implantando el sistema de no cultivo, mediante el que se puede eliminar la suela de labor y conseguir un incremento en el contenido en materia orgánica.
- 3. Realizando una labor profunda de subsolado cuando existe una capa compacta, labor que se recomienda completar en dos años.
- 4. Realizando mesetas y efectuando la plantación sobre ellas.
- 5. Aportando el agua de riego por mitades alternas, cuando el sistema es de inundación.
- 6. Realizando zanjas que se rellenan de materiales orgánicos o grava.
- 7. Aplicando productos químicos acondicionadores del suelo. Entre éstos se citan el Krilium (sal sódica del poliacrilonitrilo hidrolizado), VAMA (polímero del



Fotografía 6. *Plantación en mesetas y protección con plástico blanco.*

acetato de vinilo y ácido maleico). IBMA II (polímero del del isobuteno y la sal amónica de la monoamida del ácido maleico), etc. Estos productos mejoran la estructura del suelo y pretenden imitar el efecto mejorante de la misma que tiene la materia orgánica, y todos ellos tienen en común la propiedad de ser polímeros polielectrolíticos (Primo y Carrasco, 1973; Pomares, 1980).

En España se comercializa actualmente como producto oxigenante el peróxido de calcio 70% Gr. (se presenta en gránulos para mezclar con turba u otros sustratos: en contacto con el agua libera oxígeno y desprende calor, favoreciendo el desarrollo radicular y vegetativo; dosis: 3-5 kg/100 l de turba). Otros productos utilizados en el mercado español y que tienen un efecto desalinizante, mejorando la estructura y la permeabilidad, serán citados en el apartado de Salinidad.

4.1.3. Pendiente

En suelos con pendiente, ésta puede constituir un factor limitante, ya que las lluvias y la escorrentía pueden dejar al descubierto las raíces, y en el mejor de los casos, la distribución de la humedad no es uniforme produciéndose problemas de encharcamiento en las partes más hondas. En algunos casos suele optarse por la construcción de terrazas que permitan el cultivo en un plano horizontal, ya que incluso puede resultar imposible el riego por inundación, salvo que se haga por surcos siguiendo la curvas de nivel, siendo al mismo tiempo de difícil realización el resto de labores agrícolas (poda, recolección etc.); en caso de terrenos con pendiente, en los que el coste de abancalamiento es muy alto, la instalación de un riego localizado constitu-

ve una solución razonable, aunque el resto de inconvenientes persisten y son proporcionales a la pendiente del terreno, por lo que en estas situaciones deberá plantearse la alternativa de cultivar en otro terreno con menor pendiente.

4.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO. FACTORES LIMITANTES

4.2.1. Contenido en caliza activa y valor de pH

El calcio es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, provocando acciones de gran trascendencia como las siguientes:

- Reemplazo de los iones Al^+ , H^+ y Na^+ , mejorando la estructura del suelo.

Eleva el pH, reduciendo la solubilidad de los microelementos (salvo molibdeno), y hace más eficiente el aprovechamiento del potasio.

- Mejora la actividad biológica y puede formar compuestos insolubles con el fósforo.

- Su exceso puede provocar la denominada clorosis férrica.

- Su déficit puede provocar una carencia que se puede manifestar mediante: floración débil, falta de solidez de la madera, etc.

Lo normal es que en los suelos frutícolas no falte calcio, y que más bien al contrario, y especialmente en la región del Sureste español, el exceso de carbonato cálcico es en algunos suelos un factor limitante para el cultivo de algunas especies y variedades. Como parámetro para medir el contenido en calcio de un suelo suele utilizarse la caliza activa, parámetro que hace referencia al grado de finura del carbonato cálcico, con elevada capacidad de reacción. Es posible encontrar suelos con alto contenido en carbonato cálcico sin que generen problemas de clorosis férrica, mientras que cuando el contenido en caliza activa sobrepasa cierto nivel, dependiendo de la especie y variedad, puede manifestarse dicha enfermedad fisiológica. Por lo general las especies tratadas aquí son bastante resistentes a la caliza activa y aguantan mejor que muchas otras el exceso de este compuesto, y algunas como el alcaparro reciben el calificativo de calcícolas.

Drouineau (1942) comprobó que la fracción de caliza extractable con oxalato amónico (caliza activa) estaba estrechamente correlacionada con el grado de clorosis de la vid. En los cítricos y en otros frutales se ha podido comprobar también esta correlación; sin embargo, se trata de un proceso complejo que todavía no es suficientemente conocido, por lo que deberán proseguir los estudios. Debe tenerse en cuenta que algunos suelos con altos contenidos de CO_3Ca (>40-50%) pueden no producir síntomas de clorosis férrica, mientras que otros con contenidos medios (20-25%) pueden presentar un alto poder clorosante, por tener casi todo el CO_3Ca como caliza activa.

Aunque las especies frutales se adaptan bien en general a un intervalo de pH amplio, que incluye desde valores ligeramente ácidos (6) a ligeramente alcalinos (7.8) (Gil-Albert, 1998) en los casos en que puedan existir suelos de pH ligeramente ácido la situación es más favorable, en general, para la absorción de microele-

mentos, mientras que en los que el pH es ligeramente alcalino o alcalino la situación al respecto se agrava, y esto es lo que suele suceder en los suelos del Sureste; en estos casos, la reducción del pH del suelo puede mejorar la absorción de microelementos y por tanto reducir el poder clorosante del suelo. En suelos con pH alto, las condiciones clorosantes pueden reducirse mediante la aplicación de azufre, que reduce el pH y favorece como consecuencia la absorción del Fe.

Con relación al pH, los suelos pueden ser clasificados en (Martínez-Zaporta, 1964):

- Suelos muy ácidos, con pH inferior a 4'5.
- Fuertemente ácidos, de 4'5 a 5.
- Ácidos, 5 a 6.
- Un poco ácidos, 6 a 7.
- Neutros.
- Ligeramente alcalinos, 7 a 7'5.
- Un poco alcalinos, 7'5 a 8.
- Alcalinos, 8.

Según distintos autores (Martínez-Zaporta, 1964), respecto al pH puede establecerse la siguiente escala con relación a su necesidad de cal:

- Con pH inferior a 5'7 todo suelo podrá calificarse de muy necesitado de cal.
- Entre 5'7 y 6 será simplemente necesitado.
- Entre 6'0 y 6'8 estaría necesitado si no tuviese azotobacter. de 6'8 en adelante desaparecería la necesidad de cal. Y por ello podría decirse que la verdadera neutralidad práctica del suelo no se reduce estrictamente al valor de 7'0, sino que puede admitirse el comprendido entre 6'8 y 7'1. El mecanismo controlador del pH reside en el complejo coloidal del suelo, en el cual, según su naturaleza y condición en la que se encuentre, ejerce una fuerte influencia reguladora del equilibrio sobre la reacción de la solución del suelo.

4.2.2. Clorosis férrica

Con el término clorosis designamos en general a una *enfermedad* consistente en la falta de clorofila en las hojas, quedando éstas de color amarillo; el término clorosis férrica se reserva para designar a aquella clorosis que es producida por la deficiencia de hierro. Asimismo debe tenerse en cuenta que aunque el hierro no forma parte de la clorofila, interviene en su síntesis mediante la activación de los sistemas enzimáticos que catalizan las reacciones conducentes a la formación de este pigmento; al mismo tiempo, el hierro forma parte de los citocromos, enzimas esenciales en los procesos respiratorios, interviniendo asimismo en la actividad fotosintética (Pomares, 1980).

La clorosis férrica puede producirse por las siguientes causas:

- Por la escasa solubilidad del Fe en el suelo. El hierro férrico (Fe^{+3}) tiene una solubilidad de 3 ppb de Fe a pH 4 y por cada unidad de aumento del pH su solubilidad disminuye en una milésima parte, de donde se deduce que a pH bási-

co la solubilidad del Fe^{+3} será prácticamente nula; por otro lado, el hierro ferroso (Fe^{+2}) es bastante soluble, 100 ppm de Fe a pH 8, pero a pH neutro o básico el hierro ferroso se oxida rápidamente a estado férrico en presencia de oxígeno, originándose precipitados de hidróxidos férricos (Pomares, 1980).

– Por su escasa inmovilidad en las plantas y la dificultad de movilización del Fe acumulado en los órganos de reserva.

– Por interferencia de desequilibrios nutritivos en la absorción del Fe y en las funciones que éste desempeña en el metabolismo de la planta.

Los factores que pueden provocar o agravar la deficiencia de Fe en la planta son: la presencia en exceso de caliza activa en el suelo, elevado pH del suelo, exceso de humedad en el suelo (provoca condiciones de asfixia, reductoras y que impiden la absorción por frenar el metabolismo), niveles altos de CO_3H^- en el suelo o en el agua de riego (reduce la absorción del Fe y eleva el pH de la savia reduciendo la solubilidad del Fe), bajas temperaturas (cuando están por debajo del mínimo vital, y persisten durante bastante tiempo, se impide la formación de clorofila), desequilibrios nutritivos (macroelementos: los excesos de N y P y la deficiencia de K y Mg; microelementos: el exceso de Cu, Zn, Mn, Co y otros pueden impedir la absorción del Fe) y otros (enfermedades: virus y hongos, altas temperaturas, elevadas intensidades de luz, empleo de aguas salinas, realización de podas severas).

Algunos frutales, como melocotonero/franco, resultan especialmente sensibles al contenido en caliza activa, mientras que otros, como los claramente calcícolas, presentan una alta resistencia a ésta (vid, alcaparro, higuera, etc.). La siguiente tabla muestra la resistencia diferencial de distintos frutales o combinaciones de ellos, según Sánchez-Capuchino (1986). Dentro del grupo de mayor resistencia pueden añadirse, según demuestra la experiencia en el Sureste español, y de manera genérica, el alcaparro, el algarrobo, la jojoba, el azufaifo, la chumbera y la palmera datilera, por lo que los frutales estudiados en este trabajo puede decirse que se adaptan, a los suelos calizos de esta área en la que los suelos suelen ser ricos en carbonato cálcico.

Tabla 38

Comportamientos medios de determinadas combinaciones injerto/patrón frente a la clorosis férrica

Melocotonero/Melocotonero franco	1
Peral/Membrillero	1-2
Manzano/Manzano franco	3
Cítricos/Naranja amarga	3-4
Ciruelos/Ciruelos	4
Albaricoquero/Albaricoquero franco	4-5
Olivo	4-5
Granado	5
Higuera	5

Se ha establecido una puntuación convencional con los siguientes significados: 1, combinaciones muy sensibles; 2, combinaciones sensibles; 3, combinaciones con cierta resistencia; 4, combinaciones resistentes; 5, muy resistentes.

La presencia de altos contenidos de caliza activa en el suelo conlleva numerosos problemas para el cultivo de frutal y aunque éstos pueden solucionarse en parte mediante la aplicación de productos que mejoran la situación y técnicas de cultivo adecuadas, ello conlleva un gasto de cultivo adicional que reduce la rentabilidad del cultivo. Así por ejemplo en el cultivo del granado, en zonas salinas y con altos contenidos de caliza activa, es frecuente que se produzcan síntomas de clorosis férrica en verano, que de no ser convenientemente tratada afectará negativamente a la precocidad de la maduración y a la cosecha del año siguiente; la adición de quelatos de Fe (6% EDDHA) son una solución eficaz, pero pueden suponer más del 10% de los gastos totales de cultivo en parcelas de riego por inundación, lo que sitúa a estas explotaciones en desventaja frente a otras donde no existe esta limitación. Cuando el sistema de riego es el localizado, se suele añadir una cantidad de ácido nítrico o fosfórico al agua de riego para evitar el riesgo de precipitaciones, reduciéndose el pH entorno 6-6'5; de este modo se obtienen mejores condiciones para la solubilidad del Fe, y la absorción de otros microelementos, siendo mucho menores las cantidades de quelatos a utilizar.

Los suelos de muchas zonas del Sureste son calizos (con contenidos en carbonatos totales de hasta el 60% y en caliza activa de hasta el 25%), con pH comprendido entre 7 y 8, pobres en materia orgánica (<2%) y con un alto poder clorosante.

4.2.3. Salinidad

La salinidad es un problema típico de las regiones áridas y semiáridas, en las que la escasez de lluvias y la intensa evapotranspiración favorecen la acumulación de sales en el suelo. Cuando las sales solubles superan un determinado nivel en el suelo pasan de ser un factor de nutrición, por aportar muchos de los nutrientes necesarios para la planta, a ser un factor limitante para el cultivo frutal. Los síntomas que muestran los frutales cultivados en suelos de elevada salinidad son: clorosis, hojas de menor tamaño, en algunos casos frutos de piel más fina como en los cítricos, o piel de mejor color como en la granada, frutos más dulces, pero lo esencial es la pérdida de capacidad productiva que sufre la planta, siendo mayor cuanto mayor es la salinidad en el suelo, de modo que puede llegarse a obtener una cosecha prácticamente nula, e incluso se puede llegar a la defoliación y muerte de la planta.

El uso de patrones tolerantes a la salinidad tiene gran importancia en las especies frutales en general, pues mediante su uso pueden superarse ciertas situaciones que hacen inviable el cultivo de muchas variedades comerciales. En las regiones áridas y semiáridas, en las que la escasez de lluvia es el denominador común, la utilización de especies tolerantes a la salinidad resulta del máximo interés, ya que en ocasiones este factor limita el cultivo de muchos frutales. En la tabla siguiente, se expone, a título orientativo, la sensibilidad a la salinidad de diferentes frutales, en función del contenido en ClNa en el extracto salino del suelo expresado en g/l (Gil-Albert, 1998).

Tabla 39
Sensibilidad a la salinidad de diferentes especies frutales

<i>Especies de buena tolerancia (2 g/l de ClNa)</i>	
Algarrobo	(<i>Ceratonia siliqua</i>)
Palmera datilera	(<i>Phoenix dactylifera</i>)
Pistacho	(<i>Pistacia vera</i>)
<i>Especies de tolerancia media (entre 1 y 2 g/l de ClNa)</i>	
Olivo	(<i>Olea europea</i>)
Vid	(<i>Vitis vinifera</i>)
Higuera	(<i>Ficus carica</i>)
Granado	(<i>Punica granatum</i>)
<i>Especies sensibles (<1 g/l de ClNa)</i>	
Albaricoquero	(<i>Prunus armeniaca</i>)
Almendro	(<i>Prunus amygdalus</i>)
Membrillero	(<i>Cydonia japonica</i>)
<i>Especies muy sensibles (<0,5 g/l de ClNa)</i>	
Melocotonero	(<i>Prunus persico</i>)
Peral	(<i>Pyrus communis</i>)
Manzano	(<i>Malus pumila</i>)
Ciruelo	(<i>Prunus domestica</i>)
Agrinos	(<i>Citrus sp.</i>)
Níspero	(<i>Eriobotrya japonica</i>)
Pecano	(<i>Caria illinoensis</i>)
Nogal	(<i>Juglans regia</i>)

Fuente: Gil-Albert, 1998.

En el primer grupo de la tabla anterior podría incluirse la jojoba y la tapenera, ya que presentan una altísima resistencia a la salinidad. Además la jojoba presenta gran resistencia al boro.

El contenido total de sales de un suelo puede estimarse a través de la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEes), medida a 25 °C y que suele expresarse en mmhos/cm, μ mmhos/cm o en dS/m. Una clasificación de los suelos puede realizarse mediante este parámetro y el porcentaje de sodio intercambiable, resultando:

CEes <4 mmhos/cm y PSI <15 meq/100 g de suelo: *Suelo no salino no sódico.*

CEes <4 mmhos/cm y PSI >15 meq/100 g de suelo: *Suelo no salino sódico.*

CEes >4 mmhos/cm y PSI <15 meq/100 g de suelo: *Suelo salino no sódico.*

CEes >4 mmhos/cm y PSI >15 meq/100 g de suelo: *Suelo salino sódico.*

En los suelos sódicos se produce la floculación de las arcillas, deteriorándose la estructura del suelo, aspecto que se aprecia con facilidad a simple vista, y produciéndose como consecuencia una reducción de la permeabilidad y una mala aireación del suelo; esto origina problemas añadidos a los que el sodio provoca por su toxicidad específica sobre la mayoría de los frutales.

Tabla 40
Clasificación de los suelos según su porcentaje de sodio intercambiable
(Massaoud, 1971)

Clase	PSI (meq/100 g de suelo)
No sódicos	<7
Ligeramente sódicos	7-10
Medianamente sódicos	15-20
Fuertemente sódicos	20-30
Muy fuertemente sódicos	>30

Fuente: Pizarro, 1996.

Tabla 41
Suelos salinos

Clase	PSI (meq/100 g de suelo)
Ligeramente salinos	2-4
Medianamente salinos	4-8
Fuertemente salinos	8-16
Extremadamente salinos	>16

Fuente: Pizarro, 1996.

4.2.3.1. Efectos de la salinidad en los frutales

Los efectos que la salinidad provoca sobre los frutales pueden clasificarse del siguiente modo:

- a) Efecto general u osmótico.
- b) Toxicidad específica de iones
- c) Desequilibrios nutritivos.
- d) Degradación de la estructura del suelo.

El efecto general de la salinidad es el asociado a un aumento de la presión osmótica de la solución del suelo (π_0), con independencia del tipo de sal existente. El aumento de la presión osmótica conlleva una disminución de la disponibilidad de agua para la planta, ya que:

$$\Psi_s = \Psi_m + \Psi_\pi = \Psi_m - \pi_0$$

donde:

Ψ_s, Ψ_m, Ψ_π : Potencial del agua en el suelo, potencial matricial y potencial osmótico.
 π_0 : Presión osmótica.

Los daños y la intensidad de los mismos, producidos por la salinidad en las plantas dependen de tipo de suelo, condiciones climáticas, características del sistema

de riego (sistema, dosis, frecuencia), de la especie, del patrón y de la variedad utilizados.

Cuando algunos iones como Cl^- , Na^+ , B^{3+} , Li^+ , etc., se acumulan en las plantas en grandes cantidades ejercen un efecto tóxico específico sobre ellas, disminuyendo su crecimiento y producción, independientemente del efecto general osmótico; en estos casos se habla de toxicidad específica por iones. En la tabla siguiente puede apreciarse la toxicidad relativa de los iones más frecuentes, aunque no debe olvidarse que la mineralogía de las sales presenta una gran complejidad y variabilidad espacio-temporal, en función de la temperatura y la humedad del medio en que cristalicen.

Tabla 42
Toxicidad específica de los iones más frecuentes en suelos salinos

Clase	Presencia en los suelos salinos	Salinidad (g/l)	Toxicidad para las plantas
<i>Cloruros:</i>			
Sódico	común	264	+++
Magnésico	común	353	++++
Cálcico	raro	400-500	++
Potásico	baja	elevada	+
<i>Sulfatos:</i>			
Sódico	común	f (t)	++
Magnésico	común	262	++++
Potásico	baja	elevada	+
<i>Carbonato sódico</i>	Suelos sódicos	178	++++
<i>Bicarbonato sódico</i>	Suelos sódicos	262	++++

Fuente: Porta *et al.*, 1999.

En la tabla siguiente puede verse la tolerancia que presentan algunos frutales a la salinidad, referida a disminución del rendimiento de un 0, 10, 25 y 50%, por efecto de la salinidad del suelo en el extracto de pasta saturada (CEs), o del agua de riego (CEar).

Tabla 43
Tolerancia de las plantas a la salinidad. Disminución del rendimiento

Especie y tolerancia	CE Umbral 45/in 25 °C	% Disminu- ción del ren- dimiento por umbral de CE	Disminución del rendimiento en %							
			0%		10		25		50	
			CEs	CEar	CEs	CEar	CEs	CEar	CEs	CEar
Higuera (T)	4'2	---	2'7	1'8	3'8	2'6	5'5	3'7	8'4	5'6
Olivu (T)	4'0	---	2'7	1'8	3'8	2'6	5'5	3'7	8'4	5'6
Granado (T)	4'0	---	2'7	1'8	3'8	2'6	5'5	3'7	8'4	5'6
Manzano (S)	1'0	---	1'7	1'0	2'3	1'6	3'3	2'2	4'8	3'2
Peral (S)	1'0	---	1'7	1'0	2'3	1'6	3'3	2'2	4'8	3'2
Nugal	---	---	1'7	1'0	2'3	1'6	3'3	2'2	4'8	3'2
Melocotonero (S)	3'2	18'8	1'7	1'1	2'2	1'4	2'9	1'9	4'1	2'7
Albaricoquero (S)	1'0	---	1'6	1'1	2'0	1'3	2'6	1'8	3'7	2'5
Viña (S)	1'5	9'5	1'5	1'0	2'5	1'7	4'1	2'7	6'7	4'5
Almendra (S) 1'5	1'5	18'0	1'5	1'0	2'0	1'4	2'8	1'9	4'1	2'7
Ciruelo (S)	1'5	18'2	1'5	1'0	2'1	1'4	2'9	1'9	4'3	2'8
Zarzamora (S)	1'0	18'9	1'5	1'0	2'0	1'3	2'6	1'8	2'8	2'5
Frambuesa (S)	1'0	---	1'0	0'7	1'4	1'0	2'1	1'4	3'2	2'1
Fresal (S)	1'0	33'3	1'0	0'7	1'3	0'9	1'8	1'2	2'5	1'7

Fuente: Porta *et al.*, 1999. T: tolerante; S: sensible.

Respecto a los desequilibrios nutritivos, recordemos que elevadas concentraciones de un elemento puede reducir o impedir la absorción de otros. Son ejemplos conocidos los siguientes (Pomares, 1980):

<u>Concentraciones altas de:</u>	<u>Pueden inhibir o reducir la absorción de:</u>
Na	Ca y Mg
Ca	Mg y K
K	Mg
Cl ⁻	NO ₃ ⁻
NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²
CO ₃ H ⁻	Fe

Por último, respecto a la degradación de la estructura del suelo, hay que recordar que cuando el Na⁺ se encuentra presente en el suelo en cantidades elevadas (SAR > 15 (meq/l)^{1/2}), gran parte del Ca y del Mg del complejo arcilloso-húmico son reemplazados por el Na, produciendo la dispersión de los coloides (arcilla y humus) con el consiguiente deterioro de la estructura y permeabilidad del suelo. Además en estos suelos sódicos el pH suele ser superior a 8'5, lo que a su vez disminuye la asimilabilidad de algunos elementos nutritivos como P, Fe, Cu, Zn y Mn (Pomares, 1990).

4.2.3.2. Corrección de la salinidad

Dada la repercusión de la salinidad sobre la producción, conviene tener en cuenta la posibilidad de corregir el nivel salino en el suelo cuando éste puede considerarse en exceso y por tanto con repercusión económica. La elección del método de corrección adecuado, tendrá en cuenta cual es el origen del problema para actuar del modo más eficaz. Así aplicaremos los siguientes métodos:

1º. Si la salinidad del suelo se debe a la presencia de una capa freática alta, se deberá crear un sistema de drenaje.

2º. Si las aguas de riego son salinas, se aplicarán grandes dosis para facilitar el lavado de las sales acumuladas. Las necesidades de lavado, LR, para que la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE_{ed}) no exceda de un valor predeterminado, pueden obtenerse del siguiente modo:

$$LR = \frac{V_{ad}}{V_{ar}} = \frac{CE_{ar}}{CE_{ad}}$$

donde:

V_{ad} y V_{ar} son, respectivamente, el volumen de agua de drenaje y de agua de riego (m^3/ha).

CE_{ar} y CE_{ad} son, respectivamente la CE del agua de riego y del agua de drenaje ($mmhos/cm$).

El valor de CE_{ad} se determina por extrapolación de las curvas de tolerancia de las plantas a la salinidad, correspondientes a un descenso del 10%. Si por ejemplo para los cítricos esta $CE_{ad} = 4$ $mmhos/cm$, resultando en este caso:

$$LR = \frac{CE_{ar}}{4}$$

En la práctica se utilizan las siguientes fórmulas para establecer la dosis de lavado, dependiendo del sistema de riego:

a) En riego por inundación y aspersión: $LR = \frac{CE_{ar}}{5CE_{cs} - CE_{ur}}$

b) En riego por goteo: $LR = \frac{CE_{ar}}{2CE_{m\acute{a}x}}$

Siendo $CE_{m\acute{a}x}$ la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo con la que se obtiene una disminución de la cosecha del 100%. En el caso de los agrinos ésta tiene un valor de 8 $mmhos/cm$ y, por tanto, en una plantación con riego por goteo, la dosis de lavado valdría para este caso:

$$LR = \frac{CE_{ar}}{2 \times 8} = \frac{CE_{ar}}{16}$$

La cantidad de agua total a portar, N_T será:

$$N_T = \frac{N}{(1 - I.R)f}$$

donde:

N: necesidades de agua del cultivo (m^3/ha).

f: factor de eficacia del lavado.

El factor I depende de las propiedades físicas del suelo y de su contenido en humedad en el momento del lavado. Puede variar entre 0.25 (25%) en suelo de textura fina, hasta 1 (100%) en suelo de textura gruesa y con riego uniforme: en suelos con textura media puede adoptarse el valor de 0.45 (45%) (Martín de Santa Olalla y de Juan, 1993).

3°. En el caso de suelos sódicos o salino sódicos, además de realizar lavados con agua de buena calidad para disolver y producir el lavado de las sales en profundidad, regando en exceso, se deberá aportar yeso u otros compuestos de calcio para reemplazar al sodio del complejo de cambio. En estos suelos es probable tener una estructura degradada y reducida permeabilidad: para la recuperación de estos suelos se han realizado multitud de ensayos que simulan el lavado de sales por agua de lluvia, utilizando agua destilada en laboratorio, se han realizado ensayos con aguas de buena calidad y se han ensayado productos que mejoran la acción del agua de lavado: estos productos son conocidos como mejorantes o aglomerantes (mejoran la estructura del suelo al reemplazar el sodio por el calcio, se eleva la capacidad de retención de agua, mejoran la permeabilidad y la aireación) o como *desalinizadores* (reducen el contenido en sales con los lavados reduciendo la CE del extracto de saturación). Se trata de productos que contienen sales orgánicas de calcio de diversos ácidos entre los que destacan: glucónico, glutárico, oxálico, sacárico y trihidroxiglutarico (de Liñán, 1997). Según este autor, en los suelos salinos o salinosódicos, o en mezclas con aguas salinas, aportan calcio (Ca^{++}) a la solución del suelo, que se intercambia con el sodio (Na^+), reduciéndose el contenido de éste por lavado: reducen las sales solubles (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3H^- , etc.) con lo que disminuye la conductividad eléctrica; el intercambio Ca/Na , se realiza a través de los ácidos orgánicos que actúan como transportadores o intercambiadores. En suelos ácidos, el calcio se intercambia con los iones H^+ ; los radicales ácido y los carbohidratos, actúan como quelantes; en conjunto se consigue elevar el pH, mejorar la retención de los abonos aportados y, en caso de que la haya, se corrige la carencia de calcio. Entre los productos comercializados se tiene: ácidos alifáticos; ácidos fúlvicos; ácidos polifenólicos + calcio; ácidos polihidroxicarboxílicos + calcio (varias formulaciones); ácidos orgánicos + calcio; ácidos polihidroxifenilcarboxílicos + calcio (varias formulaciones), entre otros: todos ellos suelen contener además de calcio, materia orgánica y varios elementos nutrientes a distintas concentraciones. En un trabajo publicado recientemente (Lopes *et al.*, 2000) se evaluó el efecto del ácido polimaleico en el lavado de tres tipos de suelos con distintos niveles de salinidad, utilizan-

do un testigo y tres dosis de este ácido (5, 10 y 15 l/ha), seguidas de riegos controlados para después recoger el agua de drenaje en la que se midió la conductividad eléctrica y se determinaron los cationes y aniones; para los tres tipos de suelos, las dosis más elevadas del polímero se mostraron más eficientes en el lavado de las sales y del sodio intercambiable, reflejado en una mayor conductividad eléctrica del agua de drenaje. En el suelo de mayor CE del extracto de saturación (40'7 dS/m) con la dosis de 15 l/ha, después del lavado se alcanzó una CE de 2'87 dS/m, existiendo diferencias respecto al testigo para todas las dosis utilizadas; asimismo, en este mismo suelo el SAR antes del lavado fue de 18'48 (meq/l)^{1/2}, existiendo igualmente diferencias significativas para todas las dosis usadas, respecto al testigo.

4°.- En el caso de que se utilice agua de riego de buena calidad, bastará con aportar el agua en exceso necesaria para producir el lavado de sales.

4.2.4. Fertilidad

Podemos definir la fertilidad de un suelo como un atributo positivo del mismo que está determinado por la confluencia de varios factores edafológicos y biológicos que permitirían obtener de ese suelo buenas cosechas y de calidad, si las condiciones climáticas y agronómicas son también favorables para el cultivo. Por tanto a la hora de elegir un suelo para una plantación frutal, este atributo deberá tenerse en cuenta, ya que en buena medida permitirá conseguir los objetivos de rentabilidad económica de la nueva inversión.

Sin embargo, la fertilidad de un suelo no será, en general, un factor limitante para el cultivo frutal y salvo casos extremos de suelos muy pobres o en los que existan problemas de excesiva salinidad u otros, podrá efectuarse el cultivo con normalidad si se aportan los nutrientes necesarios.

Muchos son los factores que determinan la fertilidad de un suelo, aunque algunos tienen mayor peso específico que otros, entre los más importantes cabe destacar: contenido en materia orgánica, relación carbono/nitrógeno, contenido en elementos minerales y características físicas del suelo.

1°. Contenido en materia orgánica (MO)

Un adecuado nivel de MO en el suelo permite la formación de humus y la mineralización de nutrientes que son absorbidos por la planta; el humus junto con la arcilla forman el denominado complejo arcilloso-húmico o adsorbente, considerado la despensa de la planta; en él se retienen los iones nutrientes que después pasan a la solución del suelo desde donde son absorbidos por la planta. Además, la MO permite tener un suelo más esponjoso y aireado, lo que garantiza un mejor desarrollo del sistema radicular.

La *materia orgánica* (MO), tiene gran importancia sobre la propiedades físicas del suelo, ya que el humus (MO más o menos descompuesta) forma parte del complejo arcilloso-húmico, modificando tanto la textura como la estructura del suelo y sus propiedades químicas. La adición de MO a un suelo arcilloso mejora su permeabilidad y

su trabajabilidad, y la adición de MO a un suelo arenoso aumenta su coherencia y su poder retentivo.

El número de microorganismos capaces de transformar la MO está ligado al contenido en ésta, de modo que cuando se realizan estercoladuras el número y la actividad de éstos aumenta; la actividad microbiana se considera imprescindible para la formación del humus y la mejora de las condiciones que éste proporciona.

En general, para el cultivo frutal no se precisa de suelos ricos en MO, pues el exceso puede inducir crecimientos excesivos, la obtención de frutos de poca *condición* y una mayor sensibilidad de las plantas a las enfermedades. En general los niveles más adecuados para el cultivo frutal se encuentran entre el 2 y el 4% en regadío y entre el 1 y el 2% en secano (Gil-Albert, 1998).

Finalmente debe considerarse que además de mejorar las propiedades físicas del suelo, la MO aporta algunos nutrientes al suelo, lo que se deberá tener en cuenta en el programa de fertilización que se establezca; se considera adecuada una aportación de 15-30 kg de estiércol en árboles jóvenes y de 40-80 kg en árboles adultos, lo que representa una aportación de 10-40 t/ha, en riego por inundación; cuando se trate de riego por goteo estos aportes, para la mejora de las condiciones del suelo y nutrición, deben tenerse en cuenta antes de realizar la plantación.

2º Relación carbono/nitrógeno

Nos permite conocer el grado de descomposición de la MO; cuando se realizan aportes importantes de MO debe tenerse en cuenta que el aumento del número de microorganismos y su actividad pueden consumir una parte del N disponible para las plantas, por lo que puede faltar nitrógeno para éstas y producirse una depresión en la plantación; este efecto es conocido como *retrogradación del nitrógeno*, y en este caso deben aportarse cantidades suplementarias de N.

La relación C/N en el humus es de 10/1. Este cociente da idea de la evolución de la transformación; así por ejemplo en la paja de arroz la relación C/N es de 100/1, pero a medida que la paja se va transformando el cociente va disminuyendo hasta alcanzar el valor 10/1.

3º Contenido en elementos minerales

La composición química del suelo no es lo más importante del mismo como ya hemos dicho; sin embargo, si el suelo está bien provisto de los elementos minerales necesarios y en las proporciones adecuadas, menor cantidad de éstos habrá que aportar para obtener buenas cosechas.

Los dieciséis elementos esenciales para la vida de los vegetales son: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo) y Boro (B). Todos ellos son igualmente necesarios para las plantas, variando únicamente las cantidades en que son utilizados por éstas.

De estos dieciséis elementos esenciales, tres de ellos, C, H y O, se encuentran en el aire en abundancia a disposición de la planta. De éstos, C y O son los más abundantes en la materia seca que constituye una planta; por esta razón es por lo

que se considera que el C es el elemento que verdaderamente caracteriza a las sustancias orgánicas.

Descontados los tres anteriores, nos quedan 13 elementos esenciales de los cuales 6 de ellos son necesarios en grandes cantidades, por lo que se les denomina **MACROELEMENTOS**, son Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre. A su vez podemos separar a este grupo en dos:

– *Macroelementos primarios*: Elementos que necesitan la plantas en cantidades relativamente grandes y que suelen escasear en el suelo (al menos alguno de ellos); éstos son: N, P y K.

– *Macroelementos secundarios*: También necesarios en grandes cantidades para las plantas, pero cuya escasez en el suelo no es frecuente; éstos son: Ca, Mg y S.

Descontados los 9 elementos citados nos quedan 7, a los cuales se les denomina **MICROELEMENTOS** u **OLIGOELEMENTOS**: elementos también necesarios para las plantas, pero en cantidades muy pequeñas, a veces trazas. Estos son: Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl y B.

En nuestra zona, el suelo suministra, normalmente sin problemas, Ca, S, Cl, Cu, B, Mo y a veces Mg. Es decir, suministra la cantidad necesaria de los macroelementos secundarios (Ca, Mg y S), aunque a veces puede no suministrar todo el Mg necesario y los microelementos Cl, Cu, B y Mo. De estos, el Cl, S y B también son aportados por la aguas de riego, llegando a sumar en el suelo cantidades tóxicas para los agrios y frutales (produciendo toxicidad por sales). También el agua, a veces puede aportar Na, elemento no necesario par las plantas, pero nocivo por su toxicidad.

Otros microelementos como el Fe, Mn y Zn, también suelen encontrarse en cantidad suficiente en nuestros suelos, pero a veces no están en forma asimilable, provocando grandes trastornos por ser elementos que, aunque necesarios en pequeñas cantidades, tienen un papel central en la nutrición y fisiología vegetal.

El resto de macroelementos N, P y K, también son aportados en parte por el suelo, pero a veces no en la cantidad suficiente y otras veces, a pesar de existir en gran cantidad, pueden encontrarse en forma no asimilable. Así en nuestros suelos calizos se bloquea el P, Fe, Mn, Zn y en otras ocasiones las arcillas los atrapan inmovilizándolos como ocurre con K y N (NH_4^+) o bien se pueden perder con las aguas de drenaje como el N (NO_3^-). Por ello estos elementos deben ser restituidos al suelo, a veces en cantidades muy superiores a las extraídas por las cosechas.

De los macroelementos citados, el Ca, además de ser importante nutricionalmente, desempeña en el suelo un serie de acciones fisico-químicas de gran trascendencia como son:

– Reemplazar fácilmente a los iones H^+ y Na^+ en las *arcillas ácidas* y *sódicas*, transformándolas en *arcillas cálcicas* de condiciones físicas mucho mejores tanto para el cultivo del suelo como para el desarrollo de la vegetación, ya que son más permeables y de mejor estructura, gracias a la facilidad que tiene la arcilla cálcica para flocular en presencia de *electrolitos* (se descomponen por acción de la electricidad) débiles.

– Los compuestos de calcio pueden modificar el pH. Unos son *alcalinizantes*, como carbonatos, óxidos e hidróxidos, y otros son *acidificantes* como los sulfatos.

– El calcio, también puede formar compuestos insolubles con el P. inmovilizando a este elemento.

4º. Características físicas del suelo

Las características edafológicas del suelo, ya estudiadas, como la porosidad, permeabilidad y aireación pueden condicionar notablemente el desarrollo radicular, por lo que constituyen determinan que un suelo pueda expresar su potencial productivo mediante el adecuado desarrollo de las plantas, aunque estrictamente no definen la fertilidad del suelo.

Las tablas siguientes permiten interpretar los niveles de P y otros macroelementos en un suelo, aunque debe considerarse que esta interpretación constituye una guía de partida para proyectar el abonado de fondo y acaso de los primeros años, siendo más útiles los resultados obtenidos de los análisis foliares que deberán realizarse anualmente como método más correcto para conocer las necesidades de la planta.

Tabla 44
Interpretación de los niveles de fósforo en el suelo

Clasificación	Fósforo, Extracción de Olsen (ppm)
Muy alta	> 25
Alta	18 - 25
Media	10 - 17
Baja	5 - 9
Muy baja	< 5

Fuente: Fernández Escobar, 1988 (tomado de Boletín de Suelos, FAO 38/2)

Tabla 45
Interpretación de los niveles de potasio, magnesio y calcio en suelo, en relación con la capacidad de intercambio catiónico

Textura	CIC	Clasificación	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)
Gruesa	Baja	Muy alta	> 100	> 60	> 800
		Alta	60 - 100	25 - 60	500 - 800
		Media	30 - 60	10 - 25	200 - 500
		Baja	15 - 30	5 - 10	100 - 200
		Muy baja	< 15	< 5	< 100
Media	Media	Muy alta	> 300	> 180	> 2.400
		Alta	175 - 300	80 - 180	1.600 - 2.400
		Media	100 - 175	40 - 80	1.000 - 1.600
		Baja	50 - 100	20 - 40	500 - 1.000
		Muy baja	< 50	< 20	< 500
Fina	Alta	Muy alta	> 500	> 300	> 4.000
		Alta	300 - 500	120 - 300	3.000 - 4.000
		Media	150 - 300	60 - 120	2.000 - 3.000
		Baja	75 - 150	30 - 60	1.000 - 2.000
		Muy baja	< 75	< 30	< 1.000

Fuente: Fernández Escobar, 1988 (tomado de Boletín de Suelos, FAO 38/2)

4.2.5. Calidad del agua de riego

Como ya se ha indicado anteriormente, una de las causas de salinización del suelo es el empleo de aguas de mala calidad para el riego. El aumento de la salinidad puede producir la degradación de la estructura, una reducción de la permeabilidad y daños en las plantas por el aumento general de las sales (efecto osmótico) o por la presencia de iones tóxicos (principalmente sodio, cloro y boro), lo que en conjunto conduce a una reducción de la cosecha y de la calidad. Los niveles de salinidad a partir de los cuales cabe esperar efectos negativos son función del tipo de suelo, del clima, del sistema de riego, disponibilidad de agua y de su calidad, del patrón y de la variedad. En la tabla siguiente se expone una interpretación del análisis de calidad del agua de riego considerando distintos parámetros de calidad.

Tabla 46
Interpretación del análisis de calidad del agua de riego

Parámetro de calidad del agua	Buena	Intervalo de calidad Toxicidad en aumento	Mala
<i>Salinidad:</i>			
CE (mmhos/cm) del agua	< 0'75	0'75 - 3	> 3
<i>Permeabilidad:</i>			
CE (mmhos/cm) del agua	> 0'5	0'5 - 2	> 2
RAS ajust. del agua ¹	< 6	6 - 9	> 9
<i>Toxicidad de iones específicos:</i>			
- Por absorción radical:			
Sodio (RAS ajust.)	< 3	3 - 9	> 9
Cloro (meq/l)	< 4	4 - 10	> 10
(mg/l)	< 142	142 - 355	> 355
Boro (mg/l)	0'5	0'5 - 2	2 - 10
- Por absorción foliar (aspersores):			
Sodio (meq/l)	< 3	> 3	---
(mg/l)	< 69	> 69	---
Cloro (meq/l)	< 3	> 3	---
(mg/l)	< 106	> 106	---
<i>Otras toxicidades:</i>			
NO ₃ ⁻ ó NH ₄ ⁺ . N (mg/l)	< 5	5 - 30	> 30
CO ₃ H ⁻ (meq/l)			
sólo con aspersores			
por encima de la copa	< 1'5	1'5 - 8'5	> 8'5
(mg/l)	< 90	90 - 250	> 520
pH	Intervalo normal = 6'5 - 8'4		

Fuente: Fernández Escribana, 1988 (tomado de Ayers, 1983).

(¹) RAS ajustado al incluir carbonatos y bicarbonatos.

CAPÍTULO II

LA HIGUERA

I. INTRODUCCIÓN

La higuera, al igual que otros frutales explotados en zonas áridas, aunque cultivada desde muy antiguo, resulta un frutal agrónomicamente poco conocido. Para refrescar lo expuesto hasta con acudir a las distintas fuentes de información actuales donde veremos que, realmente, nos encontramos ante un frutal prácticamente desconocido desde el punto de vista científico; esta afirmación es todavía más patente cuando buscamos información sobre el cultivo en área del Sureste y Levante, donde es económicamente importante con relación al contexto nacional; los trabajos de investigación serios y continuados son realmente escasos.

Su cultivo se realiza tradicional y fundamentalmente en secano, aunque en la actualidad se está produciendo un incremento en la superficie de regadío dedicada al cultivo de variedades productoras de brevas, con las que se obtiene una mayor rentabilidad económica.

En el contexto nacional español, las principales provincias en las que se cultiva la higuera son: Baleares, Cáceres, Badajoz, Granada, Huelva, Málaga, Murcia, Alicante, Toledo y Ávila. Destacan las provincias extremeñas por la producción de higo seco y derivados y la provincia de Alicante por la producción de brevas. En esta última, el cultivo presenta una evolución creciente durante los últimos años debido, fundamentalmente, al alto valor que adquieren las brevas; su cultivo en los municipios de Elche, Crevillente y Alhatera ocupa un lugar importante. En estas zonas, donde destaca la mala calidad de aguas y su escasez, la higuera, junto al granado, adquiere una importancia relevante en la actualidad, que puede incrementarse en un futuro próximo.

El microclima de algunas zonas de la provincia de Alicante, como ocurre en otras de Murcia y Almería, permite obtener una cosecha precoz y de gran calidad de bre-

vas, por lo que su cotización resulta muy atractiva para los agricultores del Sureste; igualmente, este cultivo presenta gran interés económico para muchas otras regiones de España y del Mundo.

La cultura de los pueblos en los que tradicionalmente se ha cultivado este frutal pone de manifiesto la necesidad de consumir sus frutos en el momento óptimo de madurez. La sabiduría popular indica que este punto, óptimo para el consumo de brevas e higos, se alcanza cuando su piel se agrieta e incluso se producen exudados azucarados; entonces es cuando las infrutescencias de la higuera alcanzan sus mejores características organolépticas, debiendo ser consumidas en este momento si no se destinan al secado para facilitar su conservación en el tiempo. Sin embargo, en otras zonas donde no existe cultura suficiente sobre su cultivo y consumo, el agrietado de la piel es considerado un defecto más que un síntoma indicativo de su grado de madurez, síntoma que ocurre en gran número de variedades.

En la actualidad, el cultivo de la higuera puede considerarse una alternativa frutal rentable, en el que el estudio de las variedades autóctonas y foráneas requiere un esfuerzo investigador importante, dada la escasez de conocimientos sobre el material vegetal y de las técnicas de cultivo más apropiadas en cada situación. Entre los problemas encontrados en el cultivo moderno de la higuera destacan: la orientación de la producción (brevas, higos o ambos), el destino de la producción (consumo en fresco, consumo animal, secado o industrialización; comercio local o exportación a larga distancia), productividad, tamaño del fruto, color, costes de recolección, precocidad de la cosecha de brevas, estudio de las técnicas de cultivo y de las condiciones y embalajes utilizados para su conservación, especialmente cuando se destina al consumo en fresco; asimismo esta fruta presenta posibilidades de aprovechamiento industrial que, aunque conocidas desde antiguo, son motivo de renovadas inquietudes que permiten obtener nuevos productos elaborados para aumentar la oferta y facilitar su comercialización en el tiempo.

2. REFERENCIAS HISTÓRICAS

La bibliografía existente en nuestro país no es muy extensa, por el contrario más bien escasa. No obstante, este frutal, al igual que otros como vid, granado, palmera u olivo son conocidos desde muy antiguo en el área mediterránea.

Puede decirse que es un frutal tan antiguo que son quizá mayor número las referencias históricas a la especie que las científicas. En el tránsito entre el Cretáceo y Terciario (hace unos 65 millones de años) debía existir una gran riqueza de plantas vasculares, en especial angiospermas; en el Terciario (*Paleoceno*, *Eoceno* y *Oligoceno*) predominaba en la tierra un clima (sub)tropical extraordinariamente cálido y uniforme, incluso en las zonas hoy templadas como por ejemplo América del Norte y Europa, preponderando las lauráceas (ej. *Cinamomum*), muráceas (ej. *Artocarpus*, *Ficus*) palmeras y otras, llegando estas floras tropicales hasta lo que hoy es la región ártica de Alaska y Groenlandia (Strasburger, 1986).

Hace unos 10.000 años que la higuera es importante en la región mediterránea

(Rebour, 1985). Los agricultores de entonces no conocían el proceso de la fecundación, pero sabían que para que las higueras dieran frutos había que colocar ramas de los árboles denominados **Cabrahigos** (producen flores masculinas) encima de las higueras. El fenómeno es conocido hoy: las flores de algunas variedades de este frutal no suelen producir polen, aunque algunas son partenocárpicas, por lo que no producen frutos de no ser fecundadas; éstas son fecundadas con el polen de higueras macho denominadas Cabrahigo, cuyo polen es transportado por el véspido *Blastophaga psenes* L. (avispa o mosquito de la higuera); este fenómeno se conoce con el nombre de capricación y al principio era absolutamente necesario, ya que al parecer, originariamente, la planta era dioica (pies masculinos y femeninos separados). Posteriormente evolucionó, apareciendo individuos hermafroditas y también partenocárpicos. La especie fue apreciada y cultivada por las distintas civilizaciones, y fueron los fenicios, griegos y romanos los que contribuyeron más intensamente a su difusión por los países ribereños del Mediterráneo y del Adriático, ya que sus frutos eran considerados fundamentales para la alimentación de estas poblaciones.

Su nombre científico, *Ficus carica* L., deriva de **Caria**, región del Asia Menor que destacaba por sus higos. Su cultivo se extendió después por la Cuenca del Mediterráneo y el resto de Asia y África, llegando a América poco después del descubrimiento, hacia el año 1520 (Prataviera y Godoy, 1985).

Al igual que a otros frutales cultivados en la antigüedad, las distintas civilizaciones le han asignado distintas propiedades, incluso ha tenido la consideración de árbol sagrado.

Columela (30 d. C.) ya indica la inconveniencia de plantar distintas variedades de higuera según la climatología de la zona: "*En los lugares fríos y de otoños entrados en agua, planta higueras precoces, para que recojas el fruto antes de las lluvias; en lugares calurosos, planta higueras de invierno, de fruto tardío. O bien, si quieres hacer tardía una higuera, aunque no lo sea por naturaleza, entonces hazle caer los higuillos o primer fruto, y así echará otro que mantendrá hasta el invierno*".

Similares consideraciones sobre el clima hace también Alonso de Herrera (1513), añadiendo que cuando este frutal se ponga en sitios fríos deberá plantarse en las orientaciones Sur u Oeste. Asimismo, entre otras muchas consideraciones sobre el clima, el suelo y las variedades tempranas y tardías, reflexiona sobre la propagación indicando que este frutal puede obtenerse de dos maneras: de semilla y de estaca. Las que se obtienen de semilla presentan primero el inconveniente de tardar mucho en nacer y segundo, que nunca salen buenos árboles de ella, salvo higueras locas que llaman Cabrahigos, y que para ser fructíferas tienen necesidad de ser injertadas. Entre otras consideraciones sobre la poda y el injerto destacaremos la referente a la polinización, utilizando el término *encabrahigar*, para indicar que las higueras podrán polinizarse utilizando higos de Cabrahigo o higueras locas en los que se engendran unos mosquitos que harán madurar los higos (posiblemente se refiere a la polinización cruzada realizada por el insecto *Blastophaga psenes*); añadiendo que, cuando las higueras son muchas, como podrían faltar Cabrahigos sería mejor plantar higueras locas entre la plantación de higueras buenas y que de ambas formas se obtienen los mismos resulta-

dos. Este autor también describe una buena cantidad de "propiedades" y "remedios curativos" de los higos e higueras.

3. ORIGEN Y SISTEMÁTICA

Según el científico ruso Nicolai Ivanovich Vavilov, la higuera pertenece al Centro IV; Centro de Oriente Próximo, que incluye el interior de Asia Menor, la Transcaucasia, el Irán y las tierras altas del Turkmenistán. A este Centro también pertenecen otros frutales como granado, manzano, peral, membrillero, cerezo, almendro, castaño, etc., entre otras especies vegetales (Sánchez Monge, 1974).

Se conocen más de 750 especies del género *Ficus*, hasta 1.000 según autores (Ciffl, 1994), siendo la higuera cultivada por excelencia la especie *Ficus carica* L.; es una especie diploide; su número somático es $2n = 26$ y su número básico de cromosomas es $n = 13$ (Westwood, 1982).

Su sistemática es la siguiente:

División: Fanerógamas.

Subdivisión: Angiospermas.

Subclase: Arquiclamídeas.

Orden: Urticales.

Familia: Moráceas.

Género: *Ficus*.

Especie: *carica*

Su nombre botánico es *Ficus carica* L.

A la higuera silvestre se le suele denominar con el nombre de **Cabrahigo**.

Los nombres que recibe uno y otro tipo de higuera (cultivada y silvestre), según algunos idiomas son:

Tabla 47
Denominación de la higuera en distintos idiomas

Idioma	Español	Inglés	Francés	Portugués	Alemán	Italiano
II. cultivada	Higuera	Fig Common fig	Figuier	Figueira	Feigenbaum	Fico
II. silvestre	Cabrahigo H. silvestre H. loca Cabrahiguera Otros	Caprifig tree	Caprifiguier Figuier sauvage	Figueira de tocar Baforeim	Bockfeige Geußfeige Ficus carica sylvestris	Fico selvatico Caprafico

Aunque la higuera pertenece a la familia de las moráceas, no se ha podido injertar ni hibridar con la morera (Westwood, 1982).

4. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

Al igual que ocurre con otros cultivos como el olivo, el granado o el almendro, la Cuenca del Mediterráneo es el área donde más se cultiva la higuera. Entre los países productores, destacan Turquía, Argelia, Grecia, Italia y España en el Mediterráneo y Estados Unidos en América.

Podemos estimar que la producción mundial de higos está próxima a 1 millón de toneladas y se concentra, fundamentalmente, en los países de la Cuenca del Mediterráneo y Oriente Medio, donde se obtiene cerca del 90% de la producción de higos. La distribución mundial por zonas y países (Ctifl, 1997) es la siguiente:

Tabla 48
Distribución y producción mundial

País	Producción (miles de t)*	%	País	Producción (miles de t)*	%
Turquía	278	27	Grecia	35	3
Irán	84	8	España	60	6
Siria	44	4	Portugal	15	1
Irak	16	2	Italia	35	3
Libia	13	1	EUROPA	145	14
Cisjordania	12	1	EE.UU.	42	4
ORIENTE MEDIO	446	44	Brasil	24	2
Egipto	115		AMÉRICA	66	6
Argelia	69		MUNDO	1 018	100
Marruecos	50				
Libia	36				
Eúnez	32				
ÁFRICA	301	30			

*. media de 1991, 1992 y 1993.

Según esta misma fuente, las exportaciones representan alrededor de unas 50.000 t de higos secos y unas 10.000 t de higos frescos.

De los países reflejados en la tabla, destaca Turquía que produce unas 300.000 t, destinando la mayor parte al secado, y unas 40.000-50.000 t a la exportación; la variedad predominante es la llamada Kara Yaprak o Sari-Lop. Los higos frescos producidos en este país se destinan fundamentalmente al mercado interior y en menor cantidad a la exportación; la principal variedad para el mercado de fresco es la Bursa Siha-yi (Negra de Bursa), que se recolecta desde mediados de julio hasta octubre.

De los países europeos, España es el principal productor y exportador, cifrándose la producción española en una 60.000 t y, de acuerdo con la Tabla 50, las regiones más importantes son, por orden, Baleares, Extremadura y Andalucía. Estas producen fundamentalmente higos para secado. Otras provincias menos importantes alcanzan un gran valor económico, en comparación con las indicadas, porque en ellas se orien-

ta la producción fundamentalmente a la producción de brevas e higos para fresco, tanto para el mercado nacional como para la exportación. Al mismo tiempo, España importa unas 2 000 t de higos que proceden de Turquía.

La variedad española más utilizada para secado de higos es probablemente la denominada Calabacita, que es la más cultivada en la zona centro (la más importante) de la región extremeña, mientras que para la producción de brevas destinadas al consumo en fresco la variedad más cultivada es la Colar, que se cultiva principalmente en Alhatera (Alicante).

Por otro lado debe tenerse en cuenta que la Unión Europea es deficitaria en higos y tiene que importar unas 25.000 t anuales procedentes de terceros países y sólo exporta unas 6.500 t/año fuera de sus fronteras.

En las tablas siguientes puede verse la información española sobre la evolución del cultivo, superficies y producciones, así como de las importaciones y exportaciones.

Tabla 49
Superficies, rendimiento, producción, valor y comercio exterior

Años	Superficie en plantación regular (miles de ha)	Árboles diseminados (miles)	Rto. de la superficie en producción (g/ha)	Producción (miles de t)	Precio medio percibido por el agricultor (pta/Kg.)	Valor (millones de pta)	Comercio exterior (t)	
							Importaciones	Exportaciones
1930	--	4.612	--	287,4	0,16	46	--	--
1940	--	4 137	--	236,9	0,43	102	--	--
1950	--	4 282	--	194,0	1,29	251	--	--
1960	--	4 243	19,5	191,3	2,04	390	--	2.892
1970	31,4	1.422	23,0	101,9	9,33	951	208	966
1980	23	1 404	15,1	57,3	24,29	1392	5 140	689
1985	20,3	1.273	17,5	50,3	57,41	2.888	1.553	1.127
1990	20,4	1 027	28,9	57,0	76,93	4 385	1.930	1.046
1991	20,2	955	30,7	59,8	107,57	6.433	2.235	1.679
1992	19,7	944	31,8	61,3	91,15	5.587	1.846	2.458
1993	18,2	844	22,2	54,5	84,26	4.592	1.901	3.213
1994	19,1	824	23,3	59,6	134,22	8.000	2.064	3.384
1995	19,8	810	20,9	51,9	152,56	7.918	1 545	3.939
1996 ^P	20,6	826	22,5	61,7	236,65	14.601		

MABA, 1997. Producto: Higos frescos y secos.

La superficie nacional dedicada a este cultivo en plantación regular, en 1995, fue de 19.816 ha (1.242 en regadío y 18.574 en secano), contabilizándose además 810.003 árboles diseminados. En este año, la producción total nacional media se cifró en 51.884 t, con un rendimiento en las plantaciones regulares de 2.004 Kg/ha en secano, 4.061 Kg/ha en regadío y de 14 Kg/árbol en los árboles diseminados.

En el contexto nacional, destacan las siguientes provincias:

Tabla 50

Superficies y producciones en las provincias españolas más importantes (1995)

Provincia	Sup. en Secano (ha)	Sup. en Regadío (ha)	Producción (t)
Baleares	8.366	--	24.291
Cáceres	2.670	--	6.664
Badajoz	3.000	--	4.250
Granada	2.220	25	2.800
Provincia	Sup. en Secano (ha)	Sup. en Regadío (ha)	Producción (t)
Huelva	735	17	746
Málaga	479	23	645
Murcia	445	111	461
Alicante	60	694	2.300
Toledo	315	88	2.394
Ávila	118	107	1.213
Nacional	18.574	1.242	51.884

MAPA, 1997.

En el boletín de información agraria nº 119 de la Comunidad Valenciana, correspondiente al 2º trimestre de 1995 puede verse el importante crecimiento que la higuera ha tenido en la provincia de Alicante, aunque éste es general en el Sureste. En la Tabla 51 se expone la importancia de este cultivo en la Comunidad Valenciana.

Tabla 51

Superficies y producciones, por provincias, en la Comunidad Valenciana (1995)

Provincia	S. secano (ha)	S. regadío (ha)	S. total (ha)	Producción (t)
Alicante	60	694	754	2.300
Castellón	13	1	14	92
Valencia	93	13	106	75
Total Comunidad	166	708	874	2.467

Generalitat Valenciana, 1996.

El principal destino de la fruta producida en España es la obtención de frutos secos, destinándose la fruta fresca tanto a la exportación como al abastecimiento de los principales mercados nacionales como son el de Madrid, Barcelona, Bilbao y Sevilla. En la provincia de Alicante la producción de brevas para su consumo en fresco adquiere un especial interés creciente, destinándose fundamentalmente a la exportación. Los precios de este producto en los mercados internacionales europeos son altos, lo que ha incentivado a los productores de nuestra región a incrementar su cultivo. No obstante, el precio no ha sido el único factor determinante para la expansión de la higuera en esta provincia, ya que otros como sus bajas necesidades de agua (importantísi-

mo en esta zona), su calidad (en muchas ocasiones se utilizan aguas de alto contenido salino para su riego) y el contenido en caliza activa de los suelos (que en muchos casos impide o dificulta el cultivo de otros frutales), también tienen gran importancia en esta zona.

Los municipios de la provincia de Alicante donde mayor importancia alcanza la higuera, como en el caso del granado son, por orden de importancia Elche, Albuera y Crevillente; entre los dos primeros se cultiva más del 70% de la producción provincial, lo que nos da una idea de la importancia que tiene este frutal para esta zona de la provincia (Vega Baja del Segura y del Vinalopó).

Por otro lado, no hay que olvidar que esta fruta seca es fácil de conservar, por lo que representa una importante fuente de energía para la población de muchos países subdesarrollados. Además, en algunos de éstos la irregularidad del clima impide producir las cantidades necesarias de cereales, pero permite el cultivo de este frutal, cuyo cultivo resulta barato debido a su rusticidad y facilidad de adaptación a las condiciones naturales de la Cuenca mediterránea, por lo que forma parte de la dieta básica de algunas regiones de estos países (Rebour, 1985) y es frecuente verlo en cualquier zona (montaña, playa, vegas, etc.), existiendo tradicionalmente al menos un ejemplar cerca de las casas de campo y huerta.

La higuera, además de su importancia económica en el contexto mundial, nacional y provincial, reflejada en las tablas anteriores, presenta un interés especial para la Cuenca Mediterránea en general y, en especial, para las regiones con mayor riesgo de desertización como el Sur, Sureste o Levante, entre otras, ya que no sólo es capaz de producir de manera rentable en estas tierras, sino que puede jugar el papel de planta "pobladora inicial", al igual que el algarrobo, la palmera datilera, el palmito o la chumbera, por ser capaz de enraizar y subsistir en las peores condiciones como son la falta de suelo (en las grietas de las rocas), en zonas salinas, en zonas calizas y en zonas de fuertes vientos, pudiendo colaborar a la creación de ecosistemas que dificulten el avance de la desertificación en estas regiones.

5. MORFOLOGÍA

La higuera es un árbol que puede superar los 10 m altura cuando se encuentra en las mejores condiciones de cultivo, mientras que cuando se encuentra en condiciones desfavorables adopta una forma arbustiva; así ocurre en los lugares donde soplan fuertes vientos o donde el azote de las brisas marinas no permiten su desarrollo normal, como por ejemplo puede verse en la isla de Lanzarote donde este frutal adopta una forma prácticamente rastrera. Su copa es voluminosa, obteniéndose diámetros de la misma que suelen superar a su altura, cuando se desarrollan de forma natural.

El color de su madera, cuando es adulta, es gris claro, presentando tronco y ramas de gran diámetro, de corteza fina y sin rugosidades. Su savia recibe el nombre de *leche*, debido a su color; es amarga y astringente. Este látex es típico del género *Ficus* al que pertenece y se espesa al entrar en contacto con el aire, siendo quizá su máximo exponente el *Ficus elastica* (árbol del caucho o de la goma).

Es un árbol de hoja caduca, en el área mediterránea, que puede conservar frutitos durante el invierno, aún sin hojas, que más tarde, a principios de verano originarán la cosecha de brevas.

5.1. SISTEMA RADICULAR

Su sistema radicular es muy potente, lo que le permite explorar grandes superficies y profundidades y así soportar los largos periodos de sequía a los que frecuentemente se ve sometido en muchas zonas del mundo. Es capaz incluso de sobrevivir en las grietas de las rocas a las que, poco a poco, va agrietando durante su crecimiento. Éste, le permite adaptarse a los peores suelos como son los salinos, semidesérticos, calizos y a los pedregosos y pobres.

Su sistema radicular es fasciculado, no predominando ninguna raíz principal, carece de raíz pivotante. En los suelos donde no se riega explora profundidades mayores en busca de la humedad del subsuelo, mientras que cuando se cultiva y se riega, su sistema radicular es más bien superficial.

Las raíces principales son muy abultadas y superficiales, se abren con facilidad y forman una red que ocupa toda la capa arable en una superficie semejante al doble de la zona de la superficie en proyección horizontal de la copa. Son fibrosas, abundantes y muy frágiles; el 80% de ellas se encuentra a profundidades entre 20 y 45 cm (Flores, 1990).

5.2. SISTEMA AÉREO

5.2.1. Copa

La copa es globosa, con tendencia a alcanzar mayor diámetro que altura, presentando un aspecto típico que la hace inconfundible, aunque como ya indicamos, según las condiciones del medio, puede adoptar variadas formas.

5.2.2. Tronco y ramas

Por su tendencia basítona y a formarse como arbusto rastrero incluso, frente a algunas condiciones adversas, su tronco suele ser corto y, en condiciones naturales, suele formar varios tallos que nacen desde la inserción del tronco con las raíces. Éstos, aunque al principio crecen como chupones, verticalmente, se ramifican con facilidad; los chupones deben eliminarse en la época de reposo invernal para favorecer el desarrollo del resto del árbol.

Las ramas, poco abundantes, son de color blanquecino o gris claro, con madera blanquecina y frágil aunque al mismo tiempo resulta bastante elástica. En ocasiones su corteza también se agrieta con facilidad por la incidencia del sol. Este agrietado es

causa de debilitamiento y posterior ataque de parásitos, por lo que la distribución de las hojas en las ramas debe tenerse en cuenta en la formación de los árboles (Flores, 1990).

En tronco y ramas podemos encontrar otras formaciones características:

– **Grumos:** Son protuberancias que se encuentran en la parte baja del tronco y en las raíces de las higueras comunes, encontrándose frecuentemente en los árboles situados en los climas húmedos. A diferencia de otras especies del género *Ficus*, la higuera no produce raíces aéreas, sin embargo, cuando los grumos se encuentran en un medio adecuado, las producen en abundancia. Wolf (1913) (García, 1997), observó que los grumos se encuentran principalmente en las partes bajas de las ramas y en la parte norte de los huertos frutales, concluyendo que eran morfológicamente raíces, que funcionaban como tales en condiciones adecuadas de humedad. En ocasiones, cuando las ramas de la higuera están en contacto con el suelo, se produce la emisión de raíces, pudiéndose obtener una nueva planta por acodo natural.

– **Hinchazones nodales:** Estas protuberancias no suelen aparecer en plantas jóvenes, haciéndose cada vez más patentes a medida que pasan los años. Se forman por debajo y a los lados de la cicatriz peciolar y progresivamente van rodeando más de la mitad de la circunferencia de la rama. Estas formaciones tienen su origen en las yemas dormidas cuyos ápices murieron, pero cuya base mantuvo su conexión vascular permitiendo el crecimiento.

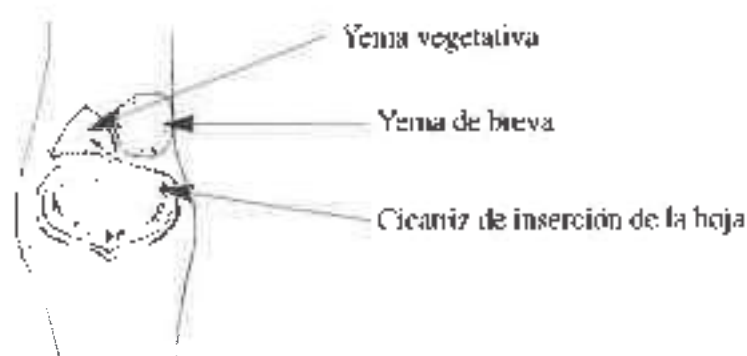
– **Protuberancias corticales:** Se forman frecuentemente sobre o cerca de las hinchazones nodales en las higueras de más de 3 años. Su forma varía de esférica a alargada y su tamaño de 2 a 20 mm (Theophostus, 1916) (García, 1997).

5.2.3. Yemas

Sus yemas son terminales y axilares. La yema terminal es vegetativa, mientras en las axilas de las hojas encontramos una yema vegetativa central acompañada por dos yemas de flor (Westwood, 1982; Cliffl, 1997). La yema de flor originará en su desarrollo un sicono (inflorescencia de la higuera), mientras que la de madera dará lugar a un ramo mixto (provisto de nuevas yemas vegetativas y de flor, en las axilas de las hojas, y de una yema terminal vegetativa). En la cicatriz dejada por las hojas en su caída, durante la primavera siguiente puede observarse una yema de madera que es puntiaguda y una “yema” en forma de grano de pimienta (redondeada), que en realidad es un sicono, que no pudo desarrollarse en el otoño anterior y que pasará un periodo de latencia durante el invierno, desarrollándose durante la primavera para madurar a principios de verano dando lugar a una breva (en caso de que la higuera sea hífera).

La inflorescencia que da lugar al higo, o en su caso a la breva recibe el nombre de sicono. Se trata de un receptáculo carnoso en cuyo interior están insertas las flores. Este receptáculo carnoso está unido al árbol por el pedúnculo y presenta un orificio de comunicación con el exterior denominado ostiolo.

Figura 12
Yemas vegetativa y de "breva", y cicatriz dejada por la hoja tras su caída



La descripción realizada respecto al número y desarrollo futuro de las yemas laterales o axilares es la normal; sin embargo, en ocasiones y dependiendo también de variedades, las dos yemas laterales pueden diferenciarse en yemas de flor, originando dos sicnos en el mismo nudo.

La disposición de las yemas axilares descrita (una yema vegetativa central y dos yemas de flor junto a la primera), no siempre es observable a simple vista y con mucha frecuencia sólo se observa una yema de flor y una yema vegetativa.



Fotografía 7. Se observan dos frutos en el mismo nudo. Las dos yemas eran fructíferas.

Al igual que otros frutales, la higuera también puede producir ramos de madera o chupones, que suelen superar los 2 m de longitud. En las axilas de sus hojas sólo se "observa" una yema, más pequeña en la parte basal del ramo y más voluminosa hacia el ápice del mismo: es una yema vegetativa que puede desarrollarse durante la primavera y verano produciendo nuevos ramos que son anticipados. A partir de una cierta longitud, en el mismo ramo de "madera", que continúa su crecimiento hasta principios de otoño en nuestra zona, el ramo de madera se convierte en mixto en su extremo, pudiéndose observar 2 yemas en las axilas de las hojas (que corresponderían a la estructura típica, observada en las higueras del Sureste español). Este tipo de ramos

suele aparecer junto a troncos de árboles vigorosos o que han sido cortados (sierpes), y más raramente en los propios troncos y ramas principales de los árboles (chupones).



Fotografía 8. Policho muy vigoroso en el que sólo se observa una yema en los nudos de la base (hasta 1.5 m de altura)



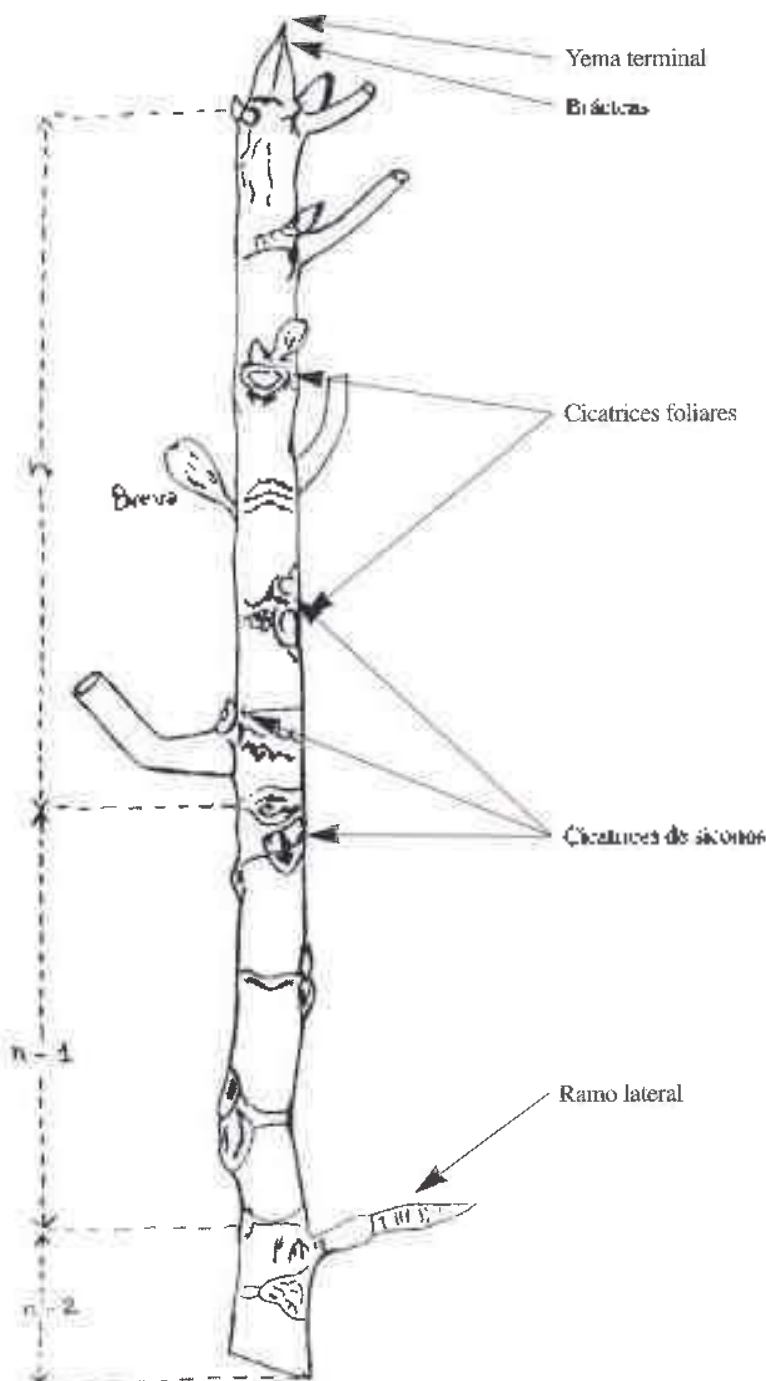
Fotografía 9. Policho de la foto anterior; se observa la existencia de 2 yemas por nudo a partir de 1.5 m de altura.

Las yemas terminales o apicales son grandes, tienen forma cónica, están curvadas y acaban en punta; su color es amarillo-verdoso. Esta yema se encuentra protegida del frío por dos grandes escamas que se imbrican entre sí aislándola del exterior. Durante la brotación de esta yema terminal, en primavera, la afluencia de savia hacia ésta provoca, en ocasiones, la caída de la breva que encuentra más cercana a ella. El crecimiento del ramo continúa sin ramificaciones en la primavera siguiente, a partir de este tipo de yemas, por lo que esta especie se clasifica como **monopodial** (la yema terminal no cae al final del periodo de crecimiento), radicando en este carácter el que sus ramas, al contrario que en el caso del granado (sinopodial), no sean muy abundantes y ramificadas.

La ramificación lateral se produce fundamentalmente en primavera a partir de yemas vegetativas axilares que han permanecido latentes en el ramo; estas brotaciones laterales se suelen producir hacia el extremo del ramo existente, por lo que los ramos presentan un aspecto peculiar al segundo año y siguientes, desprovistos de hojas en gran parte de su longitud, mostrando un tipo de crecimiento acrópeto. Este aspecto deberá tenerse en cuenta al realizar la poda, pues los ramos en los que las yemas de flor ya han originado frutos en una zona, serán improductivos en la misma.

Figura 13

Esquema de un ramo de varios años en el que se aprecian las brevas y yemas terminal y axilares formadas en el último periodo vegetativo



5.2.4. Hojas

Las hojas de la higuera son alternas, de color verde intenso, brillante por el haz y más claro por el envés. Su tamaño oscila entre los 10-20 cm de longitud y de igual anchura, poseen de 3 a 5 lóbulos y están generalmente divididas y acorazonadas en la base, con nervación palmeada; son escabrosas (ásperas) en el haz, con pelos fuertes y rígidos en el envés (lo que también le da aspereza al tacto), con peciolo de 2 a 5 cm de longitud (Weswood, 1982). Estos peciolo son de color blanco-amarillento, al igual que los nervios. Existen variedades prácticamente exentas de aspereza en el haz, recordando a otras especies ficáceas.

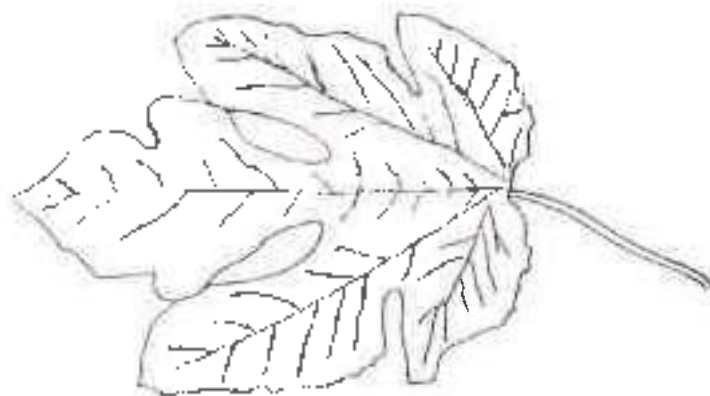
Todos los nervios principales de la hoja parten del mismo punto (nervación palmeada), en la conjunción del limbo con el peciolo. Los nervios están notablemente marcados por el envés de la hoja.

En la base de la hoja hay dos pequeñas estípulas amarillentas que caen pronto. Estas protegen la yema antes de la brotación.

En las brotaciones jóvenes nacidas en la base de plantas adultas (chupones y sierpes), las hojas presentan lóbulos profundamente divididos, con aspecto muy diferente al de las hojas de la parte del árbol con características adultas.

En plantas cultivadas en invernadero las hojas alcanzan tamaños extraordinarios, pudiendo superar los 40 cm de longitud y de anchura.

Figura 14
Hoja de higuera



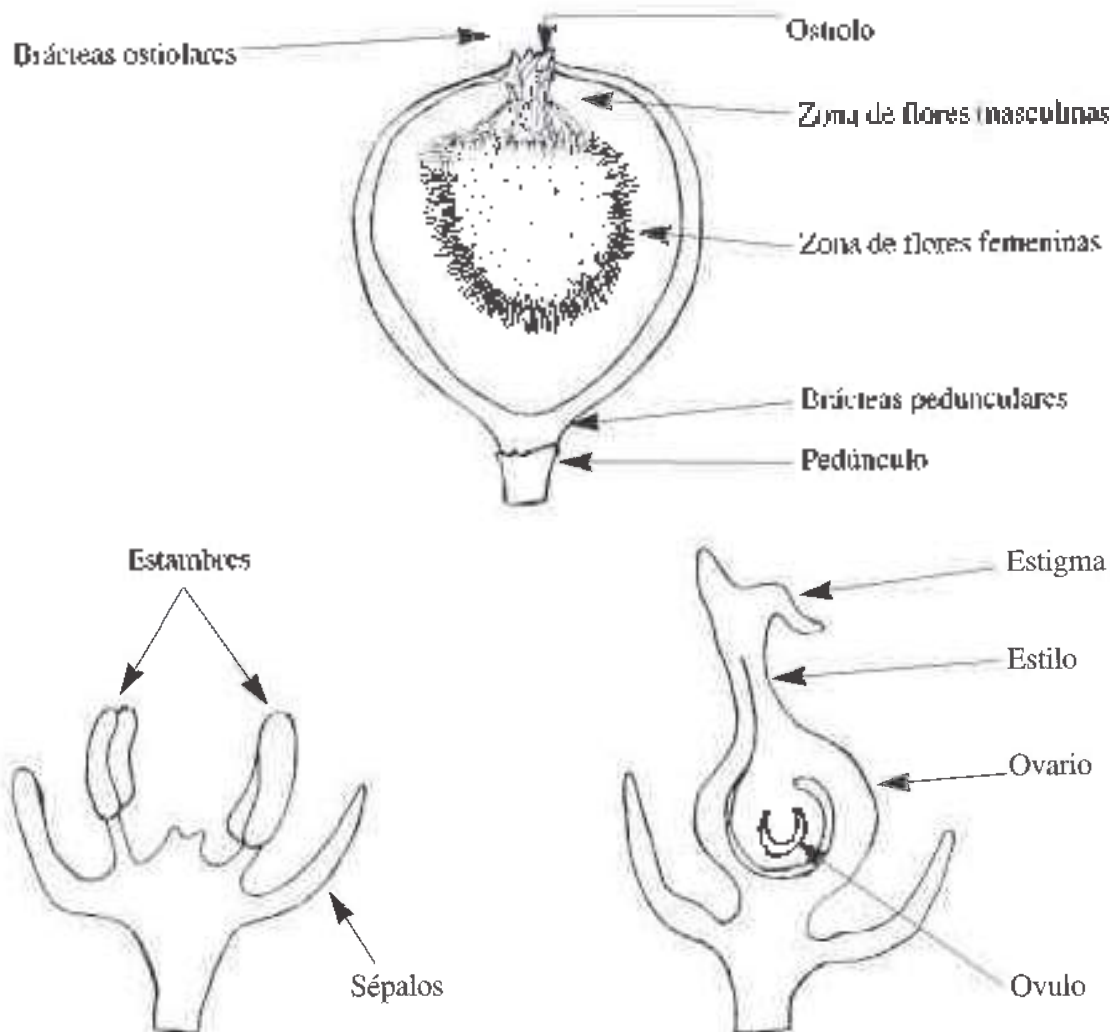
5.2.5. Flores

Las flores de la higuera son pequeñísimas, en comparación con las del resto de frutales, y están ocultas. Esto llevó a Laguna a decir que la higuera no florecía jamás y en su lugar daba luego los frutos; Linneo cometió el mismo error al considerarla una criptógama en su publicación de 1737, *Hortus Cliffortianus* (Font Quer, 1979).

Las confusiones de los autores anteriores se debieron a que en realidad no podían ver las diminutas flores de la higuera a simple vista, porque éstas no están en el exterior sino que se encuentran en un receptáculo carnoso especial, de forma piriforme, denominado sicono. Las flores están insertas en las paredes interiores del sicono; en

éste, dependiendo del tipo de higuera, se pueden encontrar sólo flores femeninas, sólo flores masculinas o ambos tipos de flores. Las flores masculinas sólo pueden verse cuando el sicono ya está maduro, cuando se abren las brácteas del ostiolo; las femeninas, situadas más hacia el interior no pueden verse sin seccionar el sicono.

Figura 15
Sección de un sicono. Flores masculinas y femeninas



Existen higueras cultivadas que necesitan el polen de otras higueras silvestres para que se produzca la fecundación de sus flores femeninas. En éstas la fecundación se produce mediante la intervención de un pequeño mosquito de unos 2 mm de longitud (*Blatophaga psenes* L.) que transporta el polen desde las flores masculinas de las higueras silvestres (Cabrahigo) hasta el interior de los siconos de las higueras cultivadas (caprificación o cabrahigadura), produciéndose la fecundación de las flores femeninas. Otras higueras, la mayoría de las cultivadas en nuestra zona, no necesitan de la intervención de este himenóptero para la producción de frutos.

Seguiremos las explicaciones de Rebour (1970) para estudiar el proceso de la caprificación, por el interés que ésta tiene para el estudio de las variedades, la elección de las mismas según la zona y, conocer también un curioso caso de adaptación biológica

entre un vegetal, la higuera, y un insecto, el *Blatophaga psenes* L. Para explicar este proceso, es preciso primero conocer las características botánicas de la higuera y la biología del insecto:

1°. El higo no es un fruto sino un receptáculo carnoso denominado **sicono**, y que sirve de soporte a las flores masculinas y femeninas que más tarde originarán pequeños frutos, denominados **aquenios**, a los que vulgarmente llaman pepitas.

En realidad el fruto de las moráceas, a la que pertenece el género *Ficus* es la **drupa** (Font Quer, 1959). Al respecto existe confusión entre los distintos autores, aunque en la práctica tanto uno como otro puede considerarse un fruto seco con endocarpo lignificado formando una cáscara dura.

Drupa: es un fruto carnoso cuyo endocarpo lignificado forma una cáscara muy dura que encierra, generalmente, una sola semilla.

Aquenio: es un fruto seco duro, indehisciente, con una única semilla que está unida a la pared del ovario por un punto.

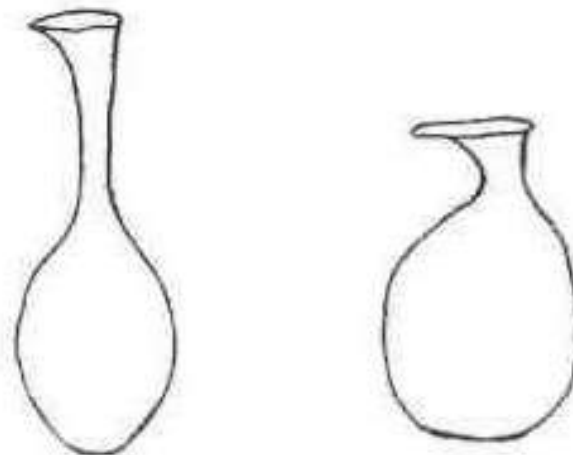
2°. Las flores femeninas se encuentran colocadas en el fondo y en los laterales del receptáculo, mientras que las masculinas, que no existen en todos los higos, están situadas en las proximidades del ostiolo u *oja* del sicono.

3°. Las flores femeninas están formadas por un pistilo rodeado de unas escamas en la base. El estilo y el estigma son de longitud variable, según los tipos de higuera, y sus dimensiones juegan un papel decisivo en la vida del blastóforo. En la higuera, en efecto, se distinguen dos tipos de flores femeninas:

a) *Flores con estilos y estigmas largos*, que se producen en los siconos de la higuera cultivada, higos comestibles. Entre las *variedades comestibles con estilos largos* se distinguen:

a1) Las *higueras comunes*, que producen frutos sin necesidad de caprificación: "Kadota" ("Dottato").

Figura 16
Flores de higuera hembra y macho



Izquierda: higuera hembra. La longitud del estilo no permite al blastóforo depositar su puesta en el ovario. El ciclo evolutivo del insecto se rompe.

Derecha: higuera macho. El estilo es corto. El oviscapto penetra hasta el ovario, en el que el huevo puede evolucionar.

a2) Las higueras tipo *Esmirna* (cultivadas en Argelia; llamada *Calimyrna* en California) en cuyas flores es imprescindible que se realice la caprifricación para que lleguen a madurar. Es el caso de la mayor parte de las variedades de Kabylia: "Taranim", "Tameriout" y *Esmirna*. Los mejores higos para secado pertenecen a este grupo.

b) Flores con estilos y estigmas cortos, que aparecen en el cabrahigo.

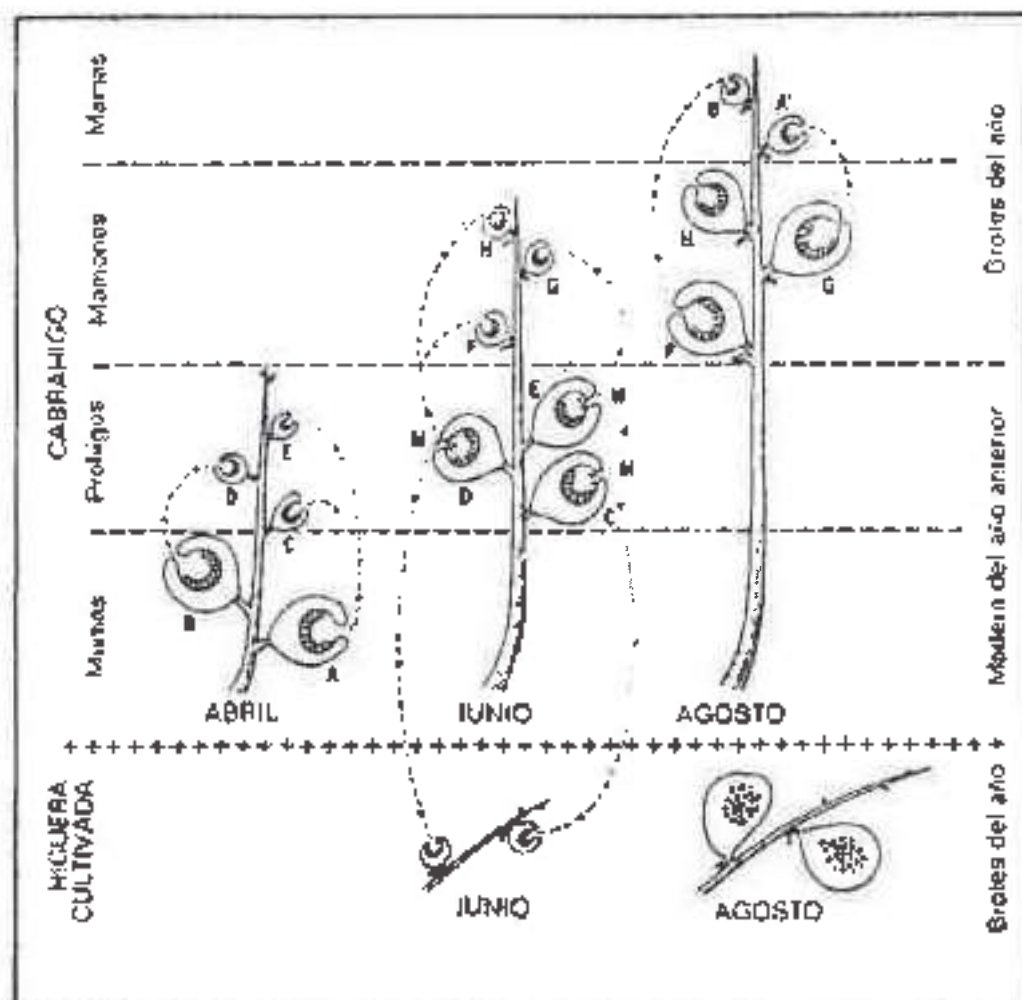
c) Flores con formas intermedias.

4º. Normalmente, el ciclo del *Blastophaga psenes* transcurre sobre la higuera de estilo corto, *Cabrahigo*, a la que está perfectamente adaptado. El cabrahigo produce tres generaciones de frutos: la primera madura en abril (*mamas*), la segunda en junio (*prohigos*) y la tercera en agosto (*mamonas*). Su ciclo se expone en la Figura 21, observándose que:

a) Las *mamas* maduran en abril, cuando la cosecha de *prohigos* está ya formada y apta para la fecundación.

b) En junio los *prohigos* están ya maduros, mientras que las *mamonas* están dispuestas para la fecundación.

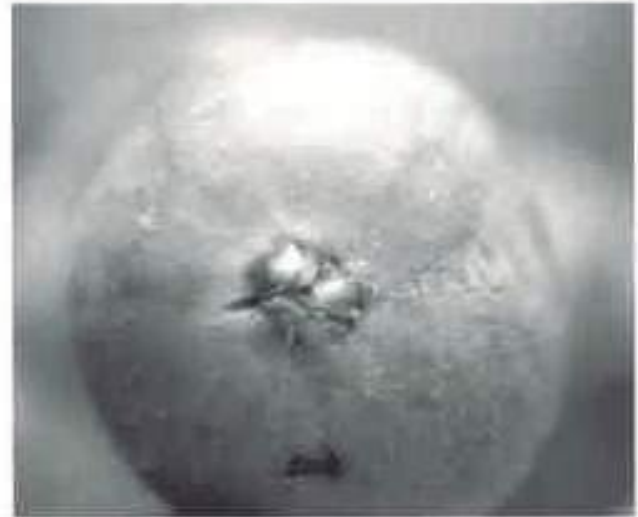
Figura 17
Esquema de la fecundación de la higuera (Rebour, 1970)



El *Blastophaga*, vector de transporte del polen, evoluciona en tres generaciones anuales sobre tres generaciones sucesivas de los frutos del *Cabrahigo* (arriba). En junio, cuando los *Cabrahigos* (*prohigos*) se unifican en la *Higuera cultivada* (abajo), los jugos de esta reciben la visita del insecto, que acaba de abreviar la barrera de las flores masculinas situadas en los alrededores del ostiolo de los *prohigos*, en M.L.M. El polen es así transportado hacia los pistilos de las higueras cultivadas, que así pueden desarrollarse normalmente. Los frutos están representados en sección. Las hembras se han denominado. Los higos se denominan A, B, C, D, etc. sobre el *Cabrahigo*.



Fotografía 10. *Blastophaga psenes* L., intentando penetrar en el sicono a través del ostiolo.



Fotografía 11. Detalle del ostiolo.

c) En agosto las *mamonas* están ya maduras, mientras las *mamas* están dispuestas para la fecundación.

Esta distribución y evolución en el tiempo de los higos en el cabrahigo, permitirá al blastófago multiplicarse fácilmente. Su evolución es la que se describe a continuación.

5°. En abril las hembras fecundadas salen de las *mamas* buscando un lugar favorable para depositar sus huevos. Se introducen en los pequeños prohigos a punto de fecundación, cuyas flores femeninas van a servir de abrigo para su puesta. El oviscapto del blastófago tiene la longitud justa para penetrar en el estilo hasta el ovario y depositar en él un huevo (recuérdese que el cabrahigo tiene estilos cortos).

6°. Bajo la influencia de la excitación producida por el cuerpo extraño introducido, el ovario se desarrolla como si hubiese sido fecundado por el polen (al menos en apariencia). Del huevo nace una larva de crecimiento muy lento, lo que le permite alimentarse del óvulo que crece más rápidamente que ella. Los higos engruesan, y llegamos al mes de junio, momento en que la larva se transforma en insecto perfecto. De cada "pepita" (óvulo procedente de la flor gallicola: los óvulos se transforman en "agallas" producidas por la acción del insecto) sale un mosquito, es decir, de 150 a 300 por sicono. Los machos, ápteros, mueren en el interior del sicono, sin ver la luz del sol, las hembras, aladas salen de su guarida, vuelan y van a reproducirse en la generación de *mamonas*, que en este momento se encuentran en disposición de ser fecundadas. La misma evolución se repite hasta agosto, época en la que el blastófago abandona las *mamonas* para aovar en las *mamas*, "frutos" de invierno.

Hasta el momento no ha habido fecundación alguna. Realmente no se ha producido la fecundación de los óvulos; éstos se han transformado en "agallas" (flores gallicolas) y su desarrollo no se debe más que a una irritación de los tejidos femeninos: serán infértiles.

7°. Situándonos en los prohigos y en el momento en que todavía los insectos adultos no los han abandonado. Si estos prohigos se transportan hasta una higuera de tipo *Fsmima*, entonces las hembras eclosionarán, serán fecundadas y después saldrán del

sicono. Al salir del sicono atraviesan una barrera de flores masculinas cuyo polen acaba de madurar; el polen del cabrahigo, fino y adherente, recubre el cuerpo del insecto. Cuando la hembra llega al aire libre busca donde depositar su puesta; engañada por las apariencias, se introduce entre las brácteas que cierran a medias el ostiolo de los higos de Esmirna, perdiendo, al hacerlo, una parte de sus alas. Aborda una flor femenina, introduce su oviscapto en el estilo, pero al ser este órgano, en el tipo Esmirna, mucho más largo que el cabrahigo, le es imposible alcanzar el ovario. Durante sus esfuerzos algunos granos de polen, que recubren su cuerpo, se desprenden y adhieren a lo largo del estigma de la flor. Al ver que su tentativa es vana, la hembra busca otra flor y vuelve a empezar la misma operación, después en otra y así sucesivamente. Así varios centenares de flores pueden ser fecundadas por el mismo insecto.

Del modo descrito, el ciclo del blastófago queda cortado debido a la longitud del estilo de las flores, pero las flores fecundadas por el polen permiten al receptáculo, al higo, hincharse y llegar normalmente a la madurez. El sacrificio involuntario del insecto permite a la higuera de Esmirna dar sus sabrosos frutos por todos conocidos. Según Rebour, esto explica porqué todas las flores (receptáculos) de las higueras no están provistas de estambres y cuando lo están, *hay un desfase de varias semanas* entre la madurez de los pistilos y la de los estambres de un mismo receptáculo. Esto es lo que se produce en los profigos, en los que los óvulos han madurado ya cuando los estambres empiezan a abrirse. Esta circunstancia providencial, permite el transporte del polen por el insecto y asegura la fecundación.

La flor masculina posee de 4 a 5 estambres, rodeados de cinco piezas florales (formando un periantio translúcido) y en el centro se encuentra el gineceo abortado. La flor femenina está formada por un periantio de cinco piezas rodeando al ovario unilocular que contiene un único óvulo (Ciffl, 1997).

5.2.6. Frutos

Como ya se ha indicado, el higo no es el fruto de la higuera sino que es un receptáculo o sicono en cuyo interior se encuentran las flores (200-300 en cada sicono) y después los frutos. Es por tanto una infrutescencia. Los verdaderos frutos de la higuera, situados en el interior del sicono, son **aquenios**. Estos pequeños frutos son difíciles de destruir, resultando incluso inalterables tras pasar por el aparato digestivo, lo que los hace muy apropiados para su difusión por las aves.

La parte carnosa y dulce del higo o sicono corresponde a los receptáculos florales que tras la fecundación se han hinchado y se han vuelto carnosos.

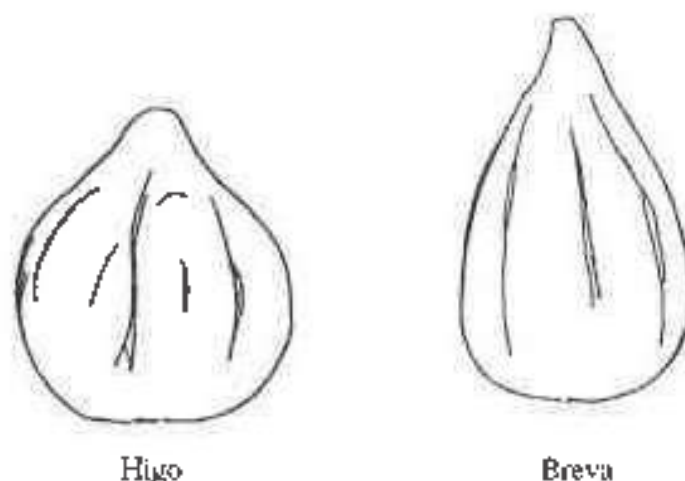
Los higos aparecen de forma continuada en la higuera, siempre se encuentran en las axilas de las hojas. Normalmente sólo una yema axilar se transforma en sicono, mientras la otra puede dar lugar a un ramo; en ocasiones, las dos yemas axilares pueden transformarse en siconos. El sicono es más redondeado (estado de grano de pimienta) que la yema de madera, que aparece más puntiaguda. En otoño, con la caída de la hoja, los siconos no caen, sino que permanecen en el árbol con un crecimiento más o menos lento, dependiendo de las condiciones ambientales, sin que exista un

periodo de latencia muy marcado; en la primavera el crecimiento de estos siconos se realiza más rápidamente y desde primeros a finales de junio suelen alcanzar la madurez, constituyendo la primera cosecha, recibiendo el nombre de **brevas**. Éstas se cotizan mejor en los mercados que los siconos procedentes de la floración de primavera y que se recolectan en julio-agosto-septiembre; estos últimos reciben el nombre de **higos**. Debemos destacar que brevas e higos son anatómicamente iguales, aunque su forma varía, por la influencia que el clima, en el que se han desarrollado unas y otros, les imprime. El tamaño de los higos depende en buena parte de la cantidad de cosecha de brevas; cuando ésta es pequeña los higos pueden tener un tamaño mayor que cuando la cosecha de brevas es grande. La brevas suelen presentar mayor tamaño que los higos, quizá porque se desarrollan en una época más favorable. Sin embargo, la cosecha de higos es, generalmente, más abundante que la de brevas. En ocasiones, y con un marcado carácter varietal, puede producirse el desarrollo y maduración de dos siconos en el mismo nudo.

Los siconos se caracterizan por ser blandos, dulces, jugosos y gelatinosos; los achenios, verdaderos frutos, o "pepitas", resultan bastante duros. Externamente están recubiertos por una piel fina de color variable dependiendo de las variedades (verde, negro, amarillo, morado, etc.).

En muchas de nuestras variedades la piel se agrieta en la madurez y este aspecto es reconocido como una característica de calidad por el consumidor español; sin embargo, los consumidores de los países del Centro y Norte de Europa, donde no se produce este frutal y por tanto no existe una cultura sobre sus características y cualidades, prefieren los siconos cuya piel todavía no está rajada, lo que en ocasiones obliga a los productores a recolectar los frutos en un estado no óptimo de madurez.

Figura 18
Higos y brevas



A finales de verano o principios de otoño, y especialmente cuando se producen la lluvias típicas de esta época, los higos tienden a abrirse con mayor facilidad. En este momento, los higos rajados y todavía en el árbol enseñan sus frutos (achenios) que aparecen con una coloración muy atractiva para los pájaros. Estos acuden a las higueras y

comen el contenido del sicono, incluidas los aquenios. De este modo, cuando los frutos (aquenios) no son partenocarpicos se produce una dispersión por estas aves, quedando asegurada así la diseminación de la especie, ya que estos frutos no son digeridos.

6. FISIOLOGÍA

En el área mediterránea este frutal presenta un crecimiento del ramo casi continuo desde la primavera hasta la caída de la hoja, ya que es una especie monopodial. Durante su crecimiento tiene lugar la formación simultánea de siconos, que se encuentran junto a las yemas en las axilas de las hojas. En la primavera, durante el primer ritmo de crecimiento tiene lugar la formación de los siconos que darán lugar a la cosecha de higos (se recolectarán desde julio hasta septiembre) y a continuación durante el segundo ritmo de crecimiento, si la higuera es bífera, seguirá formando nuevas yemas y siconos en las axilas de las hojas hasta la caída de éstas; estos últimos pasarán el invierno en el árbol en un estado de desarrollo más o menos avanzado, dependiendo de la época en que se formó, y hacia primeros de junio tendrá lugar el inicio de la maduración de la cosecha de brevas. Las higueras que no presentan esta cosecha de brevas y sólo producen higos, se llaman uníferas.

6.1. REPOSO Y NECESIDADES DE FRÍO INVERNAL

La higuera se desarrolla de manera natural en áreas donde no hiela. No obstante, en caso de heladas, aunque se puede producir la muerte del árbol, su sistema radicular puede sobrevivir a la helada y permitir la recuperación del árbol en muy pocos años gracias a su gran vigor. Al ser un árbol de hoja caduca puede soportar, en invierno, temperaturas de hasta -34°C , sin sufrir daños severos, como se ha podido observar en la región esteparia del norte de Ucrania (Striła, 1975).

Las necesidades de frío invernal de las variedades cultivadas en España deben ser mínimas ya que no se han correlacionado pérdidas de cosecha con la falta de frío invernal en la zona del Sureste (zona con mínima acumulación de frío invernal), como ocurre con otros frutales. Según Romazov (1978), se observa una relación entre el reposo invernal y la temperatura durante este periodo; a temperatura inferior, menor es la duración del reposo, siendo la temperatura óptima para la salida del reposo la de 16°C (Urbán, 1993).

Las necesidades de frío invernal, se cifran entre 100 y 300 horas-frío (Westwood, 1982). Esto está de acuerdo con nuestras apreciaciones en el área del Sureste, tal como hemos indicado anteriormente. En la Figura 5 (capítulo I) pueden verse las necesidades de distintas especies frutales, pudiéndose comparar con las de la higuera.

No obstante lo anterior, en algunos años puede reducirse la cosecha por falta de frío invernal. En algunas campañas se observaron importantes pérdidas en distintos frutales cultivados en el Sureste. Así en la campaña 1995/96 la acumulación de frío invernal en la finca de la EPS de Orihuela (Alicante) no superó las 200 horas-frío entre

los meses de noviembre y diciembre de 1995 y enero de 1996, ocasionando grandes pérdidas en distintos frutales según zonas. Algunas variedades de almendro, poco exigentes en frío invernal, se quedaron sin cosecha (Melgarejo, 1996). Este hecho, aunque no fue estudiado en higuera, pudo también ocasionar pérdidas en este frutal, ya que se produjeron reducciones de cosecha generalizadas en muchos frutales, con caída de yemas en algunos. Para evitar las pérdidas por falta de frío invernal, los agricultores suelen utilizar cianamida de hidrógeno unos 30-60 días antes de la brotación, consiguiendo en ocasiones buenos resultados.

Por todo lo anteriormente expuesto convendría iniciar los estudios sobre las necesidades de frío invernal de nuestras variedades de higuera, ya que en algunas zonas como la citada, aunque la mayoría de las variedades frutales son de bajas necesidades de frío invernal, se producen, con cierta frecuencia, años con grandes déficits de frío que comprometen una buena parte de la cosecha cuando éstas no están adaptadas a estas condiciones.

Finalmente, no podemos dejar de considerar que la temperatura no es el único factor que determina la salida del reposo o el crecimiento de las plantas, por lo que resulta necesario realizar, en cada región climática, los estudios necesarios que permitan vislumbrar con cierta fiabilidad el efecto de la temperatura y de otras variables, generalmente no consideradas, que también influyen sobre la salida del reposo y del crecimiento. En el futuro deberán tenerse en cuenta nuevas variables que, junto con la temperatura, determinan el comportamiento fisiológico de los frutales.

La aplicación de productos que permitan romper la latencia y adelantar la cosecha constituye una de las líneas de investigación en numerosos países; con este fin se utiliza la cianamida de hidrógeno al 3% (dormex) obteniéndose una brotación uniforme y un adelanto de la cosecha de brevas.

La aplicación de dormex en distintas épocas en diferentes árboles de la plantación permite obtener además una cosecha que madura en distinta época lo que reduce los problemas de concentración de la producción en un producto muy perecedero.

El dormex se puede aplicar en una sola vez o en dos; se aplica desde primeros de diciembre hasta mediados de enero, pudiendo comenzarse la recolección en el Sureste español hacia primeros de mayo, con lo que ésta se adelanta en más de un mes, resultando de gran interés económico.

Cuando se practican dos aplicaciones de dormex, en la segunda puede aplicarse GA a 30 ppm, previniendo la caída de los siconos recién cuajados por el efecto de competencia que se produce entre vegetación y fructificación; esta aplicación se efectúa en siconos de aproximadamente 1 cm de diámetro.

El aumento de la concentración de dormex puede provocar la caída de siconos por competencia con la vegetación.

6.2. POLINIZACIÓN. DESARROLLO Y MADURACIÓN DE LOS HIGOS

Para el estudio de estos procesos, conviene separar los distintos grupos de higueras:

a) Las higueras silvestres denominadas **cabrahigo** o higueras macho, poseen únicamente flores macho ya que, como explicamos anteriormente, sus flores femeninas se han transformado en agallas no fértiles por la acción del himenóptero *Blastophaga psenes* L., que posteriormente transporta el polen a las higueras tipo Esmirna produciendo su fecundación.

b) Las higueras tipo **Esmirna**, cultivadas fundamentalmente en el Norte de África y Oriente Medio y conocidas en California (USA) con el nombre de *Calymirna*, son polinizadas por el polen del cabrahigo que es transportado por blastófago indicado anteriormente. Cuando no existen higueras silvestres junto a la plantación se recurre a traer ramos con higos del cabrahigo, que se cuelgan de las higueras tipo Esmirna cuando estos están a punto para ser polinizados, o bien, más modernamente, se recoge el blastófago de los árboles del cabrahigo cuando éste está a punto de salir y en recipientes adecuados se coloca en los árboles tipo Esmirna. El cultivo por separado del cabrahigo tiene por objeto prevenir la *endosepsis*, enfermedad provocada por el hongo *Fusarium moniliforme* Sheldon (cuyas esporas pueden encontrarse en el prohigo del cabrahigo) que se transmite a través del *Blastophaga psenes* L. y para evitar la sobre-capricificación (exceso de polinización que conlleva la producción de siconos con muchas semillas).

Sin embargo, aún con el riesgo de pudrición de algunos higos por la transmisión de la endosepsis, la producción de higos y brevas, en los árboles que necesitan capricificación, se ve muy mejorada, alcanzando los frutos el mayor tamaño y gran valor comercial (Flores, 1990). Además, distintos autores confirman que los higos tipo Esmirna, que se han sometido a la cabrahigadura, son los mejores para el secado; a estos higos sólo se les reprocha el ser de secado difícil debido a su grosor (Rebour, 1970). Estas higueras se cultivan, en el mediterráneo, fundamentalmente en Turquía, Argelia y Grecia.

Como ampliación sobre la *práctica de la capricificación* se recomienda la lectura de las páginas 282-284 de Rebour (1970) (traducción de Gil-Albert) o de las páginas 63-75 de Urbán (1993).

c) Las higueras comúnmente cultivadas, se clasifican en dos grupos: **bíferas** o **reflorescipientes** y **comunes** (Sala, 1977). Se trata de higueras partenocárpicas en cuyos siconos se producen flores femeninas y masculinas, en el mismo pie. Son autofértiles y aunque se produce la polinización no se produce la fecundación; con el estímulo del polen sobre el estigma se produce el desarrollo del fruto, son frutos partenocárpicos (Flores, 1990). Este tipo de higueras son las más cultivadas en España.

e1) Las higueras **bíferas** o **reflorescipientes**, conocidas también con el nombre de brevales o bacoreras (Rebour, 1970; Sala, 1977) son las más apreciadas y las únicas cuyo cultivo se va extendiendo. En estos árboles, como ya se estudió, algunos siconos cada año no llegan a madurar en otoño y se conservan durante el invierno para hacerlo en el verano siguiente. Las brevas, tienen un alto valor comercial por su tamaño, superior al de los higos, su aspecto atractivo y por las fechas en que maduran, con fácil comercialización en fresco; estos frutos se forman sobre madera vieja, del año anterior, en donde pasan el invierno como pequeños botones, situándose 2, 3 ó 4 por

rano, pudiendo llegar hasta 7. Estas higueras dan una segunda cosecha, la de higos, a partir de agosto; los higos se forman sobre la brotación del mismo año y tienen el mismo color que las brevas, aunque son de menor tamaño y su sabor más dulce pero con menos aroma.

e2) **Las higueras comunes**, propiamente dichas, son las que sólo dan una cosecha (higos), en agosto-septiembre (Rebour, 1970; Sala, 1977; Flores, 1990).

Respecto al desarrollo en el tiempo del sicono, podemos decir que presenta un desarrollo típico, como cualquier otra yema: así podemos observar que en el desbrote, momento en el que las dos brácteas se abren para dejar paso al receptáculo o sicono, éste mide de 2-4 mm; después, en 6-7 semanas alcanzará los 2-4 cm y a partir de este momento de inicia el periodo de maduración, que dura 6-7 semanas. La maduración se alcanza después de que el receptáculo engorde bruscamente durante algunos días (Ctifl, 1997); el sicono alcanza el tamaño máximo cuando se produce el envero y a partir de este momento en que ha alcanzado la madurez comercial, si no se recolecta, caerá en unos pocos días.

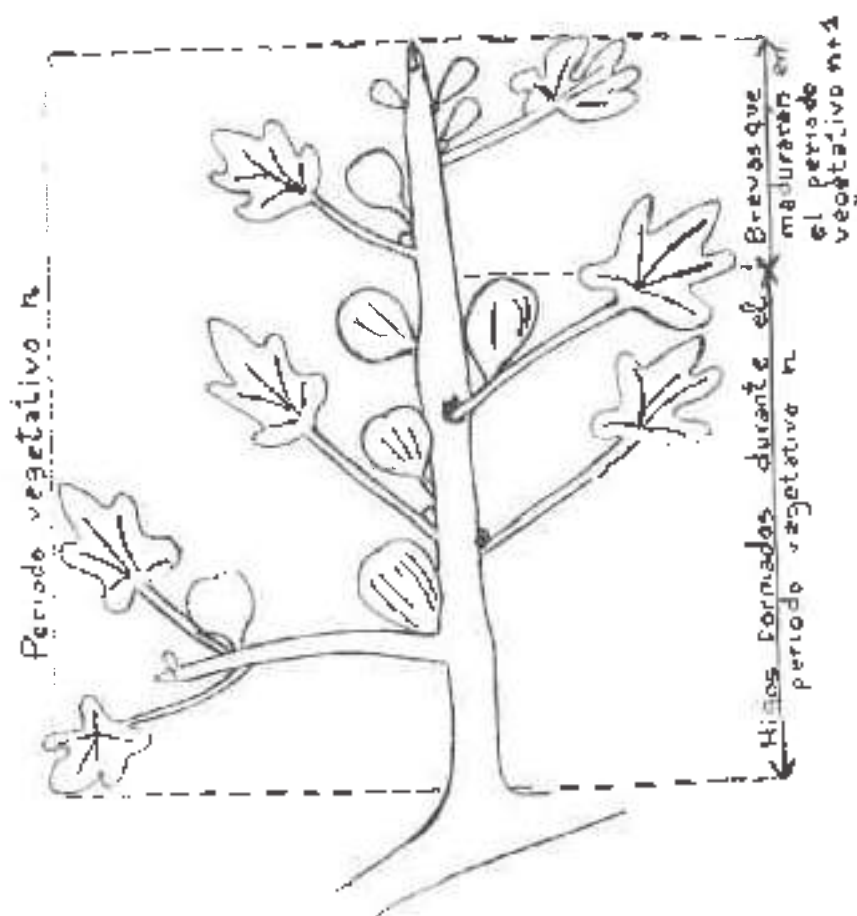
Las semillas de los frutos alcanzan la madurez fisiológica entorno al envero y alcanzan el máximo de respuesta a la germinación con temperaturas de 22-26°C. Asimismo, los frutos descascarados germinan más que los no descascarados; sin embargo el desarrollo de las plántulas es menos eficaz en aquellas que proceden de los frutos descascarados (Ctifl, 1997).

6.3. OTROS ASPECTOS DEL DESARROLLO DE LOS RAMOS E HIGOS

En el caso de las higueras bíferas al final del verano y tras la caída de las hojas, en su axila o en la cicatriz que éstas dejan al caer, podemos observar la yema vegetativa y el sicono que dará lugar a las brevas del año siguiente, y en caso de que en una axila se haya producido y recolectado un higo, veremos sólo la yema vegetativa y la cicatriz que deja dicho higo. Debajo de la yema apical también podemos observar la cicatriz que dejan las escamas protectoras cuando caen tras iniciarse, cada año, el crecimiento. En el caso de la Figura 13, como se representan tres años, en la brotación del tercero veremos tres cicatrices, correspondientes a tres brotaciones y a la caída de las escamas protectoras correspondientes.

En las ramas vigorosas, todos los botones florales se forman al mismo tiempo, unos evolucionan a higos y otros quedan en latencia hasta el año siguiente (Flores, 1990).

Figura 19
Desarrollo de higos y brevas



Fotografía 12. Brea que ha pasado el invierno en latencia y se desarrolla en primavera.



Fotografía 13. Brevas sobre un pollizo en el mes de octubre. Detendrán su crecimiento para completarlo en primavera.

6.4. ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA

Los estudios realizados por Amano *et al.* (1972) (Urbán, 1993) sobre los factores que más influían en los índices de fotosíntesis de varias especies frutales, entre ellas la higuera, ponen de manifiesto que los más determinantes son la luz, temperatura y movimiento del aire. La temperatura óptima para la fotosíntesis en la higuera se cifra en 25°C. La intensidad de luz hasta saturación para la fotosíntesis en hojas intactas fue de unos 40 Klux para los higos; si se reduce la intensidad lumínica, la planta responde con una disminución del grosor de la hoja y del parenquima en empalizada, así como del número de estomas por mm², mientras que aumenta la superficie de la misma. La fotosíntesis se vio influenciada considerablemente por el movimiento del aire: la máxima fotosíntesis se obtuvo para índices de aproximadamente 2 l/dm²-min. en higos.

6.5. FORMACIÓN DE LATICÍFEROS

Rachmilevitz y Fahm (1982) estudiaron la formación de los laticíferos de la higuera (Urbán, 1993), concluyendo que éstos son de tipo ramificado; éstos pasan por el córtex y médula y penetran en las hojas y en las inflorescencias. Se observaron primero los laticíferos situados en los ápices de los brotes en crecimiento, encontrándose la siguiente secuencia de cambios estructurales:

– Primero se da un aumento pronunciado del espacio vacuolar, el cual divide el citoplasma en dos masas separadas y a esto le sigue el desarrollo de numerosas estructuras vesiculares dentro del citoplasma. Las estructuras vesiculares son liberadas dentro del espacio vacuolar. Todo el proceso va acompañado por la desintegración del citoplasma.

La segunda secuencia de los cambios estructurales descrita ha sido vista en secciones de los ápices durmientes.

7. FENOLOGÍA DE LA HIGUERA

Dentro de la serie de trabajos dirigidos por la Unidad Docente de Cultivos Leñosos, se realizó el seguimiento y descripción de los estados fenológicos de la higuera durante la campaña agrícola de 1992-93. El trabajo, realizado por Riquelme (1994), es un primer paso para profundizar en el conocimiento de la fenología de esta especie. Los resultados de dicho trabajo pueden considerarse como preliminares, aunque son importantísimos por ser los primeros que se realizan para conocer la fenología de la especie. Éstos, con pequeñas correcciones sobre el trabajo original y realizando el cálculo de las unidades de calor, $Uc = \sum (tm - 10)$, considerando 10°C como cero vegetativo de la especie, son:

(A): **Yema de invierno.** La yema terminal está totalmente cerrada para protegerse del frío, mediante dos gruesas escamas de 1,5 cm de largo que se acoplan perfecta-

mente la una a la otra aislando totalmente la yema del exterior. Duración: del 15 de noviembre al 6 de marzo (110 días y 180°C).

(B): Siconos hinchados. Se aprecia el hinchamiento de los siconos. Duración: desde el 6 de marzo al 9 de marzo (3 días y 9°C).

(C): Apertura de las escamas de la yema terminal. Siguen aumentando de volumen los siconos y se observa la yema terminal hinchada que comienza a abrirse iniciándose la separación de las escamas protectoras. En los siconos comienza a apreciarse el ostiolo. Duración: desde el 9 de marzo al 15 de marzo (6 días y 14°C).

(D): Se ven salir las hojas. Las escamas protectoras de la yema terminal se separan completamente por la presión que ejercen las hojas en su crecimiento para salir al exterior. Duración: desde el 15 de marzo al 21 de marzo (6 días y 32°C).

(E): Han salido las primeras hojas. Las primeras hojas salen al exterior completamente, aunque sin alcanzar su tamaño definitivo. Han caído las escamas protectoras y la breva más cercana al ápice ha interrumpido su crecimiento. Duración: desde el 21 de marzo al 24 de abril (23 días y 206°C).

(F): Caída de la breva terminal. La breva más próxima a la yema terminal, cae debido a la falta de savia, por la fuerte afluencia de ésta hacia la yema apical, ya que el nuevo brote en formación es mucho más potente en demanda de reservas. Duración: desde el 34 de marzo al 11 de abril (17 días y 213°C).

(G): Sicono joven (breva). Las brevas ya tienen su forma bien definida, pero su tamaño aún es pequeño. El joven brote tiene un tamaño considerable y posee al menos 2 hojas totalmente desarrolladas. Duración: desde el 14 de marzo al 10 de mayo (28 días y 340°C).

(H): Brevas desarrolladas y aparición de higos. La breva está totalmente desarrollada y en las axilas de las hojas recién formadas se pueden apreciar como los nuevos siconos comienzan a hincharse. Duración: desde el 22 de mayo al 7 de junio (16 días y 194°C).

(I): Maduración de las brevas. Se alcanza la madurez de la breva, tanto interna como externamente. Se ha producido el cambio de color, de blanco a morado en el interior y en el cultivar elegido se alcanza externamente el color negro. Durante este estado, las brevas se hinchan un poco más produciéndose el rayado de la piel. Los primeros higos continúan hinchándose y siguen saliendo otros nuevos en las axilas de las hojas. Duración: desde el 15 de junio al 25 de junio (10 días y 141°C).

(J): Higo joven. Los primeros higos alcanzan su forma y tamaño definitivos mientras continúan formándose los citados anteriormente y siguen saliendo otros nuevos. Duración: desde el 5 de julio al 25 de julio (20 días y 293 °C).

(K): Maduración de los higos. El higo alcanza su madurez, aunque su tamaño es inferior al de la breva, dado que existen mayor número de frutos en el árbol y un mayor crecimiento vegetativo. Duración: desde el 30 de julio al 18 de agosto (16 días y 322°C).

(L): Caída de hojas. Con la llegada de los primeros fríos se van cayendo los últimos higos y las hojas amarillean y comienzan a caer, finalizando el ciclo vegetativo.

Los siconos con tamaño de grano de pimienta y algunos ya con la forma de higo y tamaño considerable, entran en latencia para continuar su crecimiento en la primavera siguiente y dar lugar a la cosecha de brevas. Duración: desde el 10 de octubre al 15 de noviembre (36 días y 212°C).



Fotografía 14. *Yema de invierno. Se aprecian siconos hinchados.*



Fotografía 15. *Inicio de la brotación. Se observan brevas formadas el año anterior.*



Fotografía 16. *Yema en estado de grano de pimienta. En la primavera siguiente puede dar lugar a una breva.*

Figura 20
Representación gráfica de los estados fenológicos de la higuera



A: Yema de invierno



B: Siconos hinchados



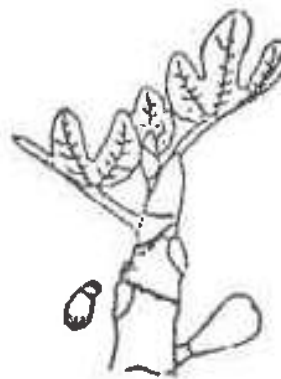
C: Apertura de las escamas de la yema terminal



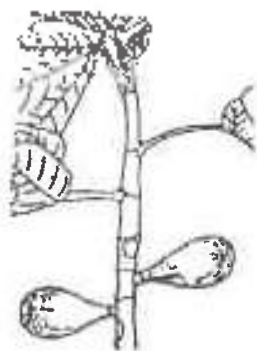
D: Se ven salir las hojas



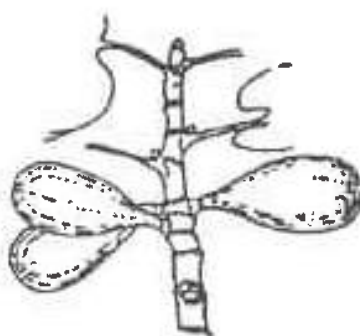
E: Han salido las primeras hojas



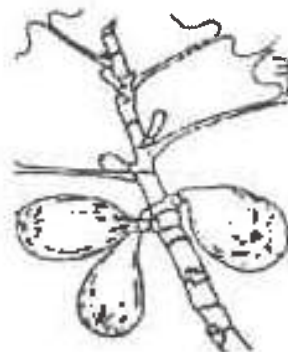
F: Caída de la breva terminal



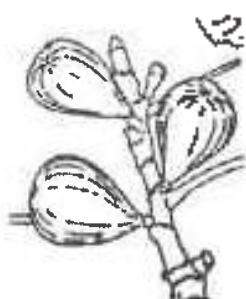
G: Sicono joven (breva)



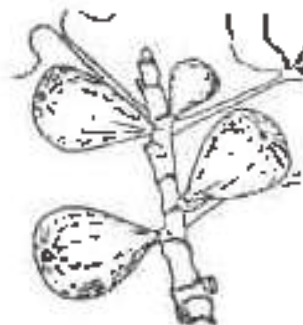
H: Brevas desarrolladas y aparición de los higos



I: Maduración de las brevas



J: Higo joven



K: Maduración de los higos



L: Caída de hojas

8. PATRONES Y VARIEDADES

8.1. PATRONES

En el cultivo de la higuera, las variedades son utilizadas, generalmente, como productores directos. Este hecho se explica por varias razones:

- La gran rusticidad que la especie presenta frente a condiciones desfavorables del medio edáfico, no han hecho necesario, de momento, abordar su mejora frente a los factores desfavorables del suelo.

- No presenta grandes problemas de enfermedades de suelo, por lo que, como en el caso anterior no se ha generado esta necesidad.

- Quizá por su rusticidad y por ser un cultivo de zonas áridas, utilizado desde antiguo en países mediterráneos en una economía de ámbito muy restringido y con un nivel de desarrollo bajo, es por lo que se han dedicado pocos esfuerzos a la búsqueda de patrones que pudieran mejorar el cultivo.

Naturalmente las anteriores hipótesis no son más que una reflexión sobre la problemática del material vegetal. Quizá en el futuro, como tradicionalmente ha ocurrido en otros frutales, cuando su explotación sobrepase los límites locales y crezca su importancia económica, aparezca una mayor necesidad de investigar sobre la utilización de los patrones que sin duda ayudarán a mejorar las producciones y a resolver problemas de adaptación ecológica que hoy ni siquiera nos planteamos.

8.2. VARIEDADES

En apartados anteriores hemos realizado una clasificación de las higueras según su aptitud productiva y su proceso de fructificación. Las hemos dividido en tres grandes grupos, a saber:

a) Las higueras silvestres denominadas **cabrahigo** o **higueras macho**, poseen únicamente flores macho ya que, como explicamos anteriormente, sus flores femeninas se han transformado en agallas infértiles

b) Las higueras tipo **Esmirna**, cultivadas fundamentalmente en el Norte de África y Oriente Medio y conocidas en California (USA) con el nombre de *Calymirna*, son polinizadas por el polen del cabrahigo que es transportado por *Blattopsylla psenes* L. Producen una sola cosecha de higos y para ello necesitan polinización.

c) Las higueras **Comunes**, son las cultivadas normalmente; se clasifican en dos grupos: **Bíferas** o **rellorescentes** y **Uníferas**. Se trata de higueras partenocárpicas en las que los siconos se desarrollan y maduran sin necesidad de caprifigación.

Las uniferas producen una sola cosecha de higos sin necesidad de polinización, mientras que las bíferas producen una cosecha de brevas y otra de higos.

d) Las higueras tipo **San Pedro**: Producen una cosecha de brevas sin necesidad de caprifigación y otra de higos si se produce la caprifigación.

Evidentemente, desde el punto de vista varietal, únicamente nos interesa estudiar

las higueras tipo **Esmirna** y las **partenocárpicas**. Realizaremos la descripción de las más importantes en el mundo y en nuestra región y citaremos solamente otras variedades importantes en otras zonas.

Las colecciones de material vegetal de higuera son muy escasas en España. Destaca la existente en el Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Extremadura. En éste existen más de 200 variedades sometidas a distintos estudios, tanto de caracterización como culturales. Otras comunidades autónomas españolas, como la catalana, valenciana y murciana, tienen colecciones de higuera, aunque de menor importancia que la extremeña.

8.2.1. Variedades tipo Esmirna

Como ya se indicó, no se cultivan en España. Los principales países productores son: Turquía, Argelia, Túnez y Grecia en el área mediterránea, cultivándose también en USA (California, Texas y Florida). Dado que el cultivo de este tipo de higuera no tiene importancia comercial en España, nos limitaremos a citar algunas de las variedades de este grupo, cultivadas en distintas áreas, aunque se conocen más de 100 variedades de este tipo (Flores, 1990).

Tabla 52
Variedades tipo Esmirna

Zona de producción	Tipo de polinización	Variedades
Turquía, Túnez, Marruecos, Argelia, Grecia, Italia y Brasil	Cruzada	Esmirna Taranim Tameriout
Cruzada Esmirna		
California, Texas y Florida	Cruzada Brown Turkey	Huni, Green Ischia, (llamadas tipo Calimyrna)

8.2.1.1. Esmirna

La variedad descrita procede de Badajoz y de ella derivan numerosas variedades. Presenta porte de árbol o de arbusto, según ecología y tipo de cultivo; sólo produce higos y para ello precisa la polinización cruzada que se realiza mediante el insecto *Blastophaga pennis* L. Sus frutos son de excelente calidad, de tamaño medio y redondeados; difícilmente se agrietan. Los frutos frescos son apreciados en los mercados locales por su dulzor y aroma. En Turquía, principal país productor de este tipo de higueras, las variedades predominantes son la Sarilop (Calimyrna) para secado y la Bursa Black para fresco.

8.2.2. Variedades comunes (partenocárpicas)

Las variedades más cultivadas en el mundo corresponden a este tipo. Describiremos a continuación algunas de las más importantes, descritas en distintos trabajos por distintos autores y realizando una síntesis sobre las características de las mismas (Flores, 1990; Toribio, 1993; Toribio y Montes, 1996; Melgarejo, 1996; Gómez, 1997; García, 1997).

La descripción realizada a continuación sobre las variedades Calabacita, Cuello de Dama Blanco (unífera y bífera), Cuello de Dama Negro, De Rey, San Antonio y Tiborio, es fundamentalmente la realizada por Toribio y Montes (1996), para las condiciones de cultivo de Extremadura. Toribio (1993), indica que la variedad para secado Calabacita es la más importante en la provincia de Cáceres, mientras que en la provincia de Badajoz la variedad más cultivada es La Casta. Para este autor, la producción frutal de la higuera tiende hacia variedades bíferas, enfocada fundamentalmente a la producción de brevas; el higo seco, que ha sido siempre el objetivo fundamental de la producción, pasaría a un segundo término, llegando casi a la categoría de subproducto. Esta misma apreciación es la que se observa en las comunidades de Valencia y Murcia y muy especialmente en la provincia de Alicante, en la que la producción está basada en la variedad Colar (bífera); y probablemente más del 95% de la producción corresponde esta variedad, que es considerada la reina de las brevas en esta provincia, siendo la cosecha de brevas especialmente buscada por los agricultores, aunque la cosecha de higos llega a ser más importante en producción.

Otra variedad que promete y que actualmente está siendo ensayada en distintas zonas de España es la Nazaret (variedad verde). Sin embargo, debe indicarse que actualmente las variedades negras son más apreciadas por los consumidores.

8.2.2.1. Calabacita

Es una variedad bífera muy importante en Extremadura, pero que presenta una producción muy escasa de brevas. Es de vigor medio con porte medianamente abierto, muy ramificada y con entrenudos muy cortos.

La breva es esférica, con pedúnculo de tamaño medio y ostiolo poco abierto. La piel es fina, de color verde amarillento y presenta aristas longitudinales del mismo color. La pulpa es de color miel claro, de textura más bien gruesa, consistencia blanda, muy jugosa y de sabor muy dulce.

El periodo de maduración de la breva tiene lugar en la última decena de junio.

El higo es de forma cónica, con pedúnculo largo, que generalmente suele estar engrosado en la zona de unión al fruto, y el ostiolo es cerrado. La piel es fina, de color verde amarillento. La pulpa es de color miel claro, de textura media, consistencia blanda con aquenios grandes que llenan completamente el receptáculo.

El periodo de recolección del higo abarca de finales de julio a finales de septiembre, situándose la máxima producción en la segunda quincena de agosto.

Esta variedad está muy bien adaptada a las condiciones de cultivo de secano, si bien sus frutos, tanto la breva como el higo no presentan buena aptitud, a pesar de su

gran calidad para el mercado en fresco, debido a la fragilidad de su piel. No obstante es la variedad más apreciada como productora del higo destinado al secado, a pesar de contar con el grave inconveniente del fruto pequeño, comparado con alguna variedad extranjera.

8.2.2.2. Cuello de Dama Blanco

Con el mismo nombre se conoce una variedad unífera y otra bífera (de mayor proyección en estos momentos), lo que constituye un claro ejemplo de homonimia (Toribio y Montes, 1996). La descripción de cada una de éstas, según los autores citados es:

- *Cuello de Dama Blanco (var. unífera).*

Variedad unífera, vigorosa, de porte abierto y medianamente ramificada.

El higo es piriforme, con cuello largo que le hace muy característica; el pedúnculo es muy corto y se desprende con mucha dificultad de la madera, por lo que el fruto se presenta generalmente sin él; y el ostiolo es semiabierto. La piel es de color verde amarillento y tiene buena consistencia. La pulpa es de color granate, muy dulce y muy pastosa. Los aquenios son pequeños, muy numerosos y rellenan completamente el receptáculo.

El periodo de recolección abarca de mediados de agosto a mediados de octubre, situándose la máxima producción en la primera decena de septiembre.

Esta variedad está bastante bien adaptada a las condiciones de secano y sus frutos, a pesar de ser de tamaño medio, presentan buena aptitud tanto para la manipulación en fresco como para el secado.

Cuello de Dama Blanco (var. bífera):

Variedad bífera, con producción de brevas poco importante en comparación con la de higos. Vigorosa, de porte semiabierto y poco ramificada.

La breva es piriforme, con pedúnculo de tamaño medio, que se desprende con cierta dificultad de la rama, y el ostiolo abierto. La piel, a pesar de ser delgada, tiene buena consistencia; es de color verde manzana con punteado blanco y aristas longitudinales que toman coloración negruzca cuando el fruto se aproxima a la madurez en el árbol y se intensifica a medida que pasa el tiempo después de cortado. La pulpa es fina, dulce, de color miel claro, y tanto ésta como el receptáculo se torna violeta cuando al ser partida entra en contacto con el aire.

El periodo de maduración de la breva se sitúa entre finales de junio y la primera decena de julio.

El higo tiene forma esférica, con pedúnculo grueso y muy corto que se desprende fácilmente de la madera y el ostiolo abierto. La piel es gruesa y resistente, de color verde con tonalidades amarillentas y punteado blanco. La pulpa es fina, de color ambar con una leve tonalidad rosa. Los aquenios son más bien pequeños, muy numerosos y rellenan completamente el receptáculo.

El periodo de recolección del higo abarca de primeros de agosto a mediados de septiembre, situándose la máxima producción hacia mediados de agosto.

Los crecimientos del año de esta variedad tienen generalmente entrenudos cortos, lo que unido a que muy frecuentemente se desarrollan dos o más frutos juntos, hacen que presenten a veces aspecto de racimo.

Esta variedad que presenta una buena calidad en sus frutos, sobre todo en los higos, incluido un buen tamaño, tanto para consumo en fresco como para secado, cuando las condiciones de cultivo, fundamentalmente el clima, son adecuadas, ve reducida la misma, especialmente por importante disminución del calibre, cuando las condiciones de cultivo cambian a rigurosos secanos.

8.2.2.3. Cuello de Dama Negro

En una variedad bífera, con una importante producción de brevas. Es de vigor medio-alto, con porte semiabierto, muy ramificada y con ramas en la parte baja del árbol tendentes a pendulares.

La breva es piriforme oblicua, con pedúnculo corto que se desprende con dificultad de la madera, y ostiolo semiabierto. La piel es de color morado intenso y muy resistente. La pulpa es de textura media y color granate.

El periodo de maduración de la breva tiene lugar en la primera decena de julio.

El higo tiene la misma forma que la breva, con pedúnculo de tamaño medio a corto y el ostiolo es semiabierto. La piel es de color morado intenso, casi negro, delgada, pero muy resistente. Cuando el higo está maduro y existe una buena humedad ambiente, tiende a formar muchas grietas que hacen el fruto muy atractivo, y a pesar de las cuales la piel sigue siendo resistente. La pulpa es de color granate, de textura fina y consistencia blanda, con aquenios muy numerosos que llenan casi totalmente el receptáculo.

El periodo de recolección de higos abarca de mediados de agosto a finales de septiembre, situándose la máxima producción a finales de agosto.

Variedad bastante bien adaptada a las condiciones de secano, que presenta una muy buena aptitud a la manipulación y transporte; y, por tanto, responde perfectamente a las exigencias del consumo en fresco directo.

8.2.2.4. De Rey

Variedad bífera, de vigor medio-alto, de porte erecto, poco ramificada y con ramas primarias y secundarias muy despobladas en su base.

La breva, aunque presenta distintas formas, generalmente es piriforme oblicua, con pedúnculo de tamaño medio y ostiolo abierto. La piel, de espesor medio, es de color verde con tonalidad morada sobre las aristas y en la zona de exposición al sol; con una capa de pruina que le da aspecto grisáceo. La pulpa es de color ámbar y toma algo la tonalidad violeta al abrirla y entrar en contacto con el aire; es de consistencia blanda, jugosa y tiene aquenios poco numerosos que rellenan parcialmente el receptáculo. La producción de brevas no es muy importante y se desarrollan en el tercio apical de la rama de un año.

La época de maduración de la breva tiene lugar en la primera decena de julio.

El higo, igualmente puede presentar distintas formas, siendo la turbinada y la piriforme las más frecuentes, teniendo el pedúnculo corto y el ostiolo semiabierto. La piel es del mismo color que la breva y presenta igualmente una capa de pruina que le proporciona el mismo aspecto grisáceo. La pulpa es de color ámbar, con aquenios, en número y tamaño medios, que rellena totalmente el receptáculo.

La época de recolección del higo abarca de la segunda quincena de agosto a primeros de octubre, situándose la máxima producción a mediados de septiembre.

Esta variedad presenta una muy buena aptitud a la manipulación y por tanto es válida para el consumo en fresco directo, siendo además el higo directamente utilizable tanto para el secado como para comercializarlo en almíbar. No obstante, tiene el inconveniente de ser muy sensible al cultivo en condiciones severas de secano, perdiendo sus frutos buena parte de la calidad y disminuyendo drásticamente su calibre.

8.2.2.5. San Antonio

Variedad bífera, de vigor medio y porte abierto.

La breva es generalmente piriforme, aunque es relativamente frecuente encontrar frutos esféricos, teniendo el pedúnculo medio que se desprende bien de la madera y el ostiolo es abierto. Su piel es de espesor medio, de color verde oscuro en la zona del cuello y va tomando tonalidad cada vez más morada a medida que nos acercamos al ostiolo y a la zona de exposición al sol; tiene aristas longitudinales muy salientes también de color morado. La pulpa es de color miel con alguna tonalidad rosa, de textura media, consistencia blanda, jugosa y con sabor dulce y ligeramente acidulado. Los aquenios son grandes y no llegan a rellenar completamente el receptáculo. Su peso medio es de 45 g.

La época de recolección del higo abarca de finales de julio a finales de septiembre, concentrándose, como la breva, la mayor cantidad y calidad de los frutos en las primeras recolecciones. Su peso medio es de 30 g.

Esta variedad está perfectamente adaptada al cultivo en condiciones de secano y presenta frutos de calidad, especialmente brevas, en una época de maduración muy temprana; tiene no obstante, el inconveniente de necesitar una manipulación muy cuidadosa para su comercialización en fresco, que es por otra parte, su único destino de interés.

8.2.2.6. La Casta

Variedad unífera, con frutos aplanados de tamaño medio y color verde manzana con pequeños puntos blancos y pulpa de color miel-rosada, el ostiolo es abierto y el pedúnculo corto. Su pulpa presenta un valor medio en sólidos solubles es de 25°Brix y un pH de 5,5. El peso medio de los higos es de 27,5 g.

8.2.2.7. Colar

Variedad negra, bífera, que produce una excelente cosecha de brevas. Los siconos

son de gran tamaño, muy rayados y vistosos. El árbol es muy productivo y el pedúnculo se desprende con el fruto.

Es la variedad con mayor expansión, sobre todo en Levante y Sureste, tanto por su productividad y precocidad (lo que la hace muy interesante para el agricultor) como por su color, tamaño y excelente sabor (lo que la hace muy apreciada por el consumidor); ocupa más del 95% de la superficie destinada a higuera en esta región. La recolección de las brevas comienza en la segunda quincena de mayo, alcanza precios excelentes y continúa hasta finales de junio o primeros de julio. Es una breva de gran calidad que aguanta bastante bien el transporte. Su sabor es bastante dulce.

Los higos se recolectan desde junio hasta septiembre, siendo la producción de estos muy superior a la de brevas.

8.2.2.8. Hoja Ancha o Flor Ancha

Variedad bífera, negra que procede de la Colar, pudiéndose confundir sus siconos, aunque éstos son de mayor tamaño.

Los árboles, en los primeros años, son de crecimiento muy rápido, lo que perjudica la producción de brevas en este periodo, siendo muy escasa.

Su cultivo puede resultar muy interesante, aunque en la actualidad, en las regiones de Levante y Sureste, no ocupa más de un 2-3% de la superficie destinada a higuera.

El potencial de expansión futuro de esta variedad es grande debido, fundamentalmente, a la posibilidad de obtener brevas de gran tamaño mediante la aplicación de reguladores del crecimiento; la posibilidad de éxito mediante la aplicación de estos productos es ya una realidad y con ellos se persigue evitar la caída de brevas que se suele producir al reactivarse la vegetación en primavera y obtener frutos más grandes y tempranos, que son los que adquieren mejores precios en los mercados (Serna, 1996).

Para la aplicación de los reguladores del crecimiento, debe tenerse en cuenta no sólo los estados fenológicos, en los que es preciso seguir profundizando, sino también otras técnicas de cultivo modernas, especialmente nutritivas y de poda, cuya acción será complementaria e imprescindible para obtener los mejores resultados.

8.2.2.9. Goína

Variedad negra, bífera, con pedúnculo rojizo, de forma alargada y siconos de menor tamaño que los de la variedad Colar. Éstos se desprenden con gran facilidad del árbol, una vez maduros. Su inconveniente es que en la primera cosecha muchas brevas se marchitan al comienzo de su desarrollo e incluso al empezar la maduración.

Actualmente no tiene interés en el Sureste y las plantaciones existentes se están reinjertando de Colar.

8.2.2.10. Verdal

Variedad unifera, de color verde, que aunque produce brevas en junio, éstas no llegan a cuajar, por lo que sólo da una cosecha de higos, que es tardía, llegando hasta el

mes de noviembre, pudiendo alargarse aún más la cosecha dependiendo de las temperaturas; las lluvias de otoño provocan el agrietado de los higos y su caída. Los siconos son de excelente calidad, tamaño mediano, carne roja y tienen buena comercialización. Los frutos se agrietan con facilidad.

Respecto a la denominación de "Verdal", hay que indicar que existen numerosas sinonimias, observándose características muy diferentes entre árboles denominados con este mismo nombre, lo que pone de manifiesto la falta de selección y tipificación varietal de este material vegetal. Se encuentran árboles desde porte mediano a gran porte.

8.2.2.11. Nazaret

Variedad muy interesante que produce brevas verdes de gran tamaño, resultando muy atractivas, a pesar de ser verdes, por la uniformidad de color que presentan. Actualmente se encuentra formando parte de distintos campos de experimentación, aunque algunos agricultores más avanzados ya la cultivan. El árbol es muy productivo.

En la provincia de Alicante se recolecta unos días antes que Colar, aunque cuando ésta se somete a tratamientos para acelerar la maduración se recolecta antes que la Nazaret. Es por tanto una variedad con futuro, aunque no sea de color negro, que es más atractivo para los consumidores, por lo que se espera un incremento de su cultivo.

Para situar a los distintos grupos de higueras cultivadas en Levante y Sureste español, según el color y la calidad de los frutos, se puede partir de la clasificación dada por Flores (1990), expuesta en la Tabla 53; aunque ésta no incluye la totalidad, da una idea sobre el color y tipo de frutos producidos por un buen número de variedades.

Tabla 53
Variedades partenocárpicas cultivadas en España

Color del sicono	tipo finos	tipo bastos
verde	Pajarcros de Almería, Murcia, Moscatel, Blanca temprana, Noral, Blanca de Maella, Burjasot	Verdales, Perolasos
violáceo	Politanos de Valencia, Ovals de Murcia, Napolitana negra, Pacueca o Lampaga	Parejal
rojizo	Higos dátiles	Rosa blanca, Roja común de Palma
negros	Bordisot negro, Bernussenca, Sultana o de Túnez, Breva, Del país o común, Piel de toro, Colar, Cuello de dama, Goina	Negro de Valencia, Negro de Murcia
blancos	Napoli, Burjasot, Marsellesa de Atenas, Blanqueta, Reina, Cucurella, De Mahón, De Jerusalén, Rosa, Pajarera, Fraga, Bordelesa, Blanca	

8.2.3. Variedades tipo San Pedro

8.2.3.1. Tiberio

Variedad tipo San Pedro, de vigor medio y porte semiabierto.

La breva es esférica, con pedúnculo de tamaño medio que se desprende con dificultad de la madera y el ostiolo es abierto llegando incluso a rajarse cuando el fruto está completamente maduro. La piel es fina, elástica y muy brillante, de color verde marrón, con aristas marcadas que en la zona de exposición al sol no son apreciables, por ser aquí la piel de este color. La pulpa es dulce, jugosa, de color miel con tonalidad rosa. Los aquenios son muy grandes y muy numerosos y rellenan totalmente el receptáculo.

Las brevas se desarrollan agrupadas en el tercio apical, el cual presenta entrenudos muy cortos, con una breva como máximo por entrenudo, variando el número de frutos de dos a cuatro por rama. Su peso medio es de 61 g.

La época de maduración de la breva tiene lugar en la primera decena de julio. En los primeros días de recolección la producción es escasa, alcanzando el máximo hacia la mitad del periodo de recolección.

Variedad muy adaptada al cultivo en condiciones de secano, con una excelente producción de brevas, de buen tamaño y con unas características que la hacen comercialmente muy atractiva para consumo en fresco.

Cuando se realiza en ella el "tocado", colocación de collarines con frutos de cabrahigos colonizados por *Blastophagos*, produce higos de muy buena calidad, pero esta práctica está en descenso por la cantidad de mano de obra que conlleva.

8.2.3.2. Lampaga

Variedad tipo San Pedro, de vigor medio, con copa abierta y ramificaciones medianamente densas, con presencia de hinchazones nodales. Las ramas del año son cortas con entrenudos cortos.

La breva es piriforme, con un pedúnculo de tamaño medio que no se desprende con el fruto; su peso medio es de 46 g. La piel es de color verde amarillenta, con zonas moradas en la parte soleada, delgada y muy resistente. Su pulpa es de color miel rosada.

La época de maduración comienza a principios de julio y termina hacia el 15 de julio. Es buena para su comercialización en fresco.

8.3 CONSIDERACIONES SOBRE MERCADOS, VARIEDADES Y POSIBILIDADES DE EXPANSIÓN

En todos los países ribereños del Mediterráneo tiene tradicionalmente alguna importancia este cultivo, aunque en los últimos años está adquiriendo su mayor importancia. La Cuenca mediterránea es un área muy rica en material vegetal debido a la

antigüedad de éste en la misma, por lo que tanto las variedades cultivadas en Europa como en USA proceden de esta zona.

Su cultivo, presenta orientaciones distintas según el país. Así la orientación en el Norte de África es distinta a la que en la actualidad se está imponiendo en los países ribereños Europeos. La posibilidad de obtener brevas e higos o sólo higos, la aptitud para el secado y su época de maduración determinan la elección varietal del agricultor. La aptitud para el secado representa una posibilidad de conservación económica que hace que estas infrutescencias sean una fuente de alimentación muy adecuada para países subdesarrollados, tanto para el hombre como para el ganado, sin olvidar que esta aptitud también representa una forma de conservación de producto confitado con sus múltiples posibilidades. Por otro lado, el cultivo en países desarrollados está orientado, fundamentalmente, hacia la producción de brevas e higos para el consumo en fresco; dentro de la de la producción de brevas, alcanzan especial interés las variedades precoces y de color negro, por lo que su cultivo se encuentra en progresivo aumento. Las variedades verdes, aunque de excelente calidad, no tienden a incrementar la superficie cultivada, estando más orientadas hacia una producción confitada; una variedad verde que está despertando un gran interés entre los agricultores, por su posibilidad de producir brevas tempranas, es la Nazaret.

En los países europeos, donde tradicionalmente se exporta el producto fresco, y también en los mercados nacionales, adquiere cada día mayor importancia la producción de variedades precoces. Las variedades más demandadas en la actualidad para la producción precoz son (Flores, 1990): Napolitana negra, Colar, Hoja Ancha o Flor ancha y Moscatel.

En los países donde tradicionalmente se ha cultivado la higuera, el **rayado** de su piel es un síntoma de madurez e indica que el sicono está en las mejores condiciones para su consumo; sin embargo, en los países a los que se exporta este producto, exótico para muchos de ellos, este aspecto es un síntoma de falta de calidad.

9. PROPAGACIÓN

La propagación comercial de la higuera se realiza, generalmente, mediante estacas leñosas de uno o dos años enraizadas en vivero o sobre el terreno definitivo. Otros métodos utilizados, con mucha menor importancia, son el cultivo de meristemas, injertos, renuevos y acodos.

La reproducción por semillas, únicamente se utiliza con fines de investigación, fundamentalmente para la obtención de nuevos individuos; las plantas obtenidas pasarán un periodo improductivo de unos diez años.

9.1. REPRODUCCIÓN POR SEMILLA

La reproducción sexual es un método que implícitamente conlleva una gran variabilidad en la descendencia, por lo que no resulta un método atractivo ni recomenda-

ble para el fruticultor, que tendría que esperar un gran número de años para conocer los resultados de la siembra. La gran variabilidad de las plantas obtenidas y de sus frutos, hace que este método no sea interesante ni recomendable para la propagación de variedades. Además, como las plantas procederían de semillas que se han formado a partir de siconos cuyas flores fueron fecundadas por polen de cabrahigo, mediante la colaboración de *Blastofaga psenes* L. o mediante polinizaciones artificiales, el 50% de las plantas serían hembras; esta consideración nos da una clara idea de la eficacia del procedimiento, y ello sin hablar de la variabilidad que cabría esperar dentro de esta población.

La propagación por semilla sí puede ser utilizada como técnica para la obtención de nuevos individuos, es decir, de nuevas variedades. Si se desea utilizar este método de propagación se tendrá que elegir variedades no partenocarpicas, cuyas flores hayan sido fecundadas por el polen del cabrahigo.

Pueden separarse las semillas viables de las que no lo son por su diferente densidad. Introducidas en un recipiente con agua, las viables se van al fondo, mientras que las no viables, de menor densidad, flotan en la superficie del líquido.

9.2. MULTIPLICACIÓN POR ESTAQUILLAS

Las estaquillas leñosas de 1 ó 2 años, preferentemente con una parte de madera de dos años, son el material que más se utiliza para su propagación. Se describen dos formas, que en realidad son el mismo sistema: Estaquillas de 20-30 cm de longitud y 1-2 cm de diámetro estratificadas hasta febrero, momento en que se realiza su plantación (Rebour, 1970) y estaquillas de 40-60 cm de longitud y con un diámetro mínimo de 1 cm, estratificadas tras la caída de la hoja y plantadas en marzo (Flores, 1990).

En ambos casos, en la recogida de las estaquillas, además de tener en cuenta la variedad y proceder a su correcta identificación, debe procurarse que éstas sean de árboles sanos, especialmente exentos del *mosaico*, enfermedad vírtica transmisible con la multiplicación vegetativa.

Cuando el estaquillado se realiza en vivero, la distancia entre plantas es de unos 15-20 cm y la distancia entre filas de 1 m. En este caso el trasplante debe efectuarse, salvo que las plantas estén en macetas o contenedores, antes de un año, ya que por el crecimiento tan rápido que presenta este frutal, el retraso en el trasplante conllevaría mayores daños en el sistema radicular que estaría más desarrollado.

En la provincia de Alicante los agricultores realizan la multiplicación mediante estaquillas de la variedad elegida, con una longitud que en ocasiones supera los 100 cm. Abren una zanja en el suelo de unos 30-40 cm de profundidad y de la longitud deseada, adecuada a la de la estaquilla. Ésta se entierra horizontalmente y se dobla para emerger al exterior donde se dejan 2 ó 3 yemas. Este sistema se utiliza para la multiplicación en el terreno definitivo.

La realización de heridas en la base de la estaquilla y la aplicación de fitoreguladores como el AIB y el ANA mejoran los resultados de enraizamiento.

Un experimento para averiguar la capacidad de enraizamiento de distintas varie-

dades de higuera realizado en el SIA de Badajoz por Guillen *et al.* (1995), utilizando estaquillas de 25-30 cm de longitud, pone de manifiesto que la utilización de AIB a dosis de 2.000 y 4.000 ppm, mediante inmersión rápida (5 segundos) de la base de las estaquillas, mejora los resultados de enraizamiento frente al testigo. Sin embargo, el factor que se revela como fundamental en este experimento no es la utilización de la hormona, sino el tipo de estaquilla utilizado; las estaquillas basales presentan un mayor potencial de enraizamiento que las apicales, habiéndose obtenido porcentajes de enraizamiento que no superan el 50%.

El corte y recalce como técnica que permite reemplazar árboles y obtener al mismo tiempo gran número de pollizos es otra técnica que puede utilizarse para obtener nuevas plantas al año siguiente. Igualmente el *marcottage* o *acodo* es otra técnica útil para la propagación de la higuera, enterrando ramas cercanas al suelo o bien los pollizos que nacen junto al tronco.

En plantaciones viejas, en las que existen árboles secos por vejez o cualquier otra causa, en muchas ocasiones, los pollizos que nacen del sistema radicular constituyen el elemento a través del cual se restablece el árbol, que podrá o no ser injertado.

El riego tras la plantación y los siguientes, son necesarios como en otras especies.



Fotografía 17. Pollizos junto al tronco.



Fotografía 18. Renovación mediante un pollizo.

9.3. INJERTO

El injerto es una técnica poco utilizada en este frutal, salvo cambios varietales, ya que hasta ahora se utiliza como productor directo.

Cuando se ha de realizar el injerto, se obtienen buenos resultados tanto con el de escudete como con el de placa. En ambos casos éste puede realizarse a yema durmiendo como a ojo velando, a finales de verano o en primavera, respectivamente. En cualquier caso, como la higuera produce mucho látex, es necesario realizar la incisión en el patrón y dejar que el látex salga al exterior hasta que deje de exudar y a continuación realizar el injerto. De lo contrario el % de marras puede ser alto.

El injerto de placa a ojo velando es el más utilizado en el Sureste.

9.4. OTROS MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

Los otros sistemas de propagación citados no son prácticamente utilizados en este frutal, si bien deberá pensarse en el cultivo de meristemos como técnica que puede eliminar en la propagación el *mosaico* de la higuera que afecta a muchísimas plantaciones. Así lo demuestran los trabajos de Murciti *et al.* (1982): para la obtención de plantas libres de esta virosis, tomaron estacas que fueron cultivadas *in vitro*; éstas fueron cultivados en un medio de Murasige y Skoog (MS) añadiéndole 0.8 mg/l de NAA + 0.1 mg/l de BA + 0.03 mg/l de GA para el desarrollo de las raíces; los brotes anteriores se introducen en un medio MS al que se adiciona 0.5 mg/l de NAA + 0.5 mg/l de TBA (Urbán, 1993).

Otros ensayos de micropropagación sobre esta especie, realizados en Grecia sobre la variedad Kalamon (García, 1997), a partir de esquejes procedentes de invernadero. En este ensayo se obtuvieron distintos porcentajes de enraizamiento tras cuatro semanas de cultivo *in vitro*, según la dosis y combinación de auxinas utilizadas, tal como se indica en la Tabla 54.

Tabla 54
Respuesta al enraizamiento con distintas dosis de auxinas

Tratamiento de auxina (mg/l)	Plantas enraizadas (%)	Media de raíces por planta
AIB (1 mg/l)	80 a	2.7 b
AIB (2 mg/l)	25 c	2.4 a
AIB + ANA (0.5 mg/l+0.5 mg/l)	40 b	2.5 a

Fuente: García (1997)

10. EL MEDIO ECOLÓGICO

10.1. CLIMA

La higuera es capaz de vegetar en distintos tipos de climas, desde su centro de origen y el área del Mediterráneo, donde encuentra su hábitat natural, hasta zonas muy frías como algunos países del norte de Europa, o Ucrania, donde se le ha visto resistir hasta -32°C en invierno. En otras zonas menos frías como el norte de Francia o Inglaterra también puede vegetar sin sufrir daños mientras se encuentre en zonas resguardadas. Por otro lado, también puede vivir en zonas desérticas como el Sahara, y por supuesto en climas subtropicales.

Pero donde se cultiva de manera verdaderamente rentable es en los climas cálidos y templados del Hemisferio Norte, entre los 35 y 40° de latitud. Por encima de los 45° los frutos no llegan a madurar y por debajo de los 25° el exceso de calor impide la normal sucesión de las fases vegetativas (Flores, 1990).

Prefiere los climas cálidos como los del mediterráneo, con veranos calurosos e inviernos benignos. En los climas peninsulares más fríos, se produce un retraso en la maduración de los siconos.

Se cultiva tanto en secano como en regadío, aunque tradicionalmente se ha cultivado como frutal más bien de secano por su resistencia a la falta de agua. Cuando se producen periodos de sequía prolongados y no recibe riegos, al igual que le ocurre al granado, sigue vegetando, aunque en estas condiciones su producción sea prácticamente nula.

Los climas lluviosos o los periodos prolongados de lluvia perjudican la calidad de los siconos. Puede cultivarse hasta los 1.200 m de altitud y su cultivo junto al mar es desaconsejable.

Los inviernos en los que se producen heladas pueden provocar la muerte de un número importante de las brevas que ya se encuentran en un estado de desarrollo más o menos avanzado. En el caso de fuertes heladas, cuando afecte a la práctica totalidad del árbol, éste puede rebrotar con cierta facilidad.

Los umbrales térmicos para este frutal son (Flores, 1990):

- Muerte del árbol por helada: $-12,2^{\circ}\text{C}$.
- Muerte de los frutos: -6 ó -7°C .

Las altas temperaturas de principios de verano pueden provocar la caída de los frutos, produciendo una falsa madurez; a ello contribuye la falta de riegos y los vientos cálidos. Este efecto se produce con temperaturas de $37,7^{\circ}\text{C}$.

10.2. SUELO

La higuera es un frutal poco exigente en suelos, aunque prefiere los frescos, ricos, profundos y permeables; en éstos se obtienen los mejores resultados.

Se adapta bien a la caliza tolerando niveles de pH de 8-8,5, obteniéndose en éstos calidades excelentes para el secado.

Como en otros frutales, los suelos arenosos inducen un adelanto de la cosecha, aunque los siconos en estos suelos serán menos dulces.

La resistencia de la higuera a la salinidad es sólo superada por la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.), el azufaifo o jinjolero (*Zizifus vulgaris* L.) y chumbera (*Opuntia ficus-indica* L.), lo que hace de ésta un frutal apreciado y aprovechable en zonas salinas, donde no es posible el cultivo rentable de otras muchas especies frutales. En la Tabla 55 puede verse la clasificación de distintas especies, respecto a este factor realizada por Sánchez-Capuchino (1986).

En la Tabla 56 puede apreciarse la resistencia diferencial de este frutal respecto a la clorosis férrica, según el mismo autor. En la misma se puede apreciar como la higuera presenta una resistencia a este factor máxima, entre las especies frutales cultivadas en el Levante y Sureste español.

La resistencia a la caliza activa de esta especie es particularmente alta, como le ocurre al granado. Ambas especies son cultivadas en zonas de la provincia de Alicante, sin síntomas de clorosis, donde el contenido en caliza activa supera el 22%.

En la Tabla 56 debe considerarse que: A igualdad de patrón, existen importantes diferencias varietales. La clave de puntuaciones convencionales utilizada es de 1 a 5 (1 es muy sensible y 5 muy resistente).

Tabla 55

Resistencia diferencial a la salinidad de los principales cultivos frutales

GRUPO 1: Poca resistencia:	
Níspero del Japón/Franco	1
Cerezo/ <i>P. avium</i>	1
Manzano/Patrones clonales	1
Melocotonero/Melocotonero franco	1-2
GRUPO 2: Resistencia media:	
Albaricoquero/Albaricoquero franco	1-3
Peral/Membrillero	2-2
Melocotonero/Ciruelos pollizos	2-2
Albaricoquero/Ciruelo mirabolano	2-2
Albaricoquero/Ciruelos pollizos	2-3
Caqui/Franco	2-3
Ciruelos/Ciruelos	2-3
GRUPO 3: Bastante resistentes	
Almendro/Almendro franco	3
Peral/Peral	3-4
Viníferas/patrones adecuados	3-4
Viníferas/francas de pie	3-5
Olivo/Accbuche	3-4
GRUPO 4: Muy resistentes	
Granado	4-3
Higuera	4
GRUPO 5: Extraordinaria resistencia:	
Chumbera	5
Azufaifo	5
GRUPO 6: Máxima resistencia:	
Palmera datilera	6

Tabla 56
Comportamientos medios de determinadas combinaciones
injerto patrón frente a la clorosis férrica

Melocotonero/Melocotonero franco.....	1
peral/Membrillero.....	1-2
Manzano/Manzano franco.....	3
Cítricos/Naranja amargo.....	3-4
Ciruelos/Ciruelos.....	4
Albaricoquero/Albaricoquero franco.....	4-5
Olivo.....	4-5
Granado.....	5
Higuera.....	5

Se ha establecido una puntuación convencional con los siguientes significados: 1, combinaciones muy sensibles; 2, combinaciones sensibles; 3, combinaciones con cierta resistencia; 4, combinaciones resistentes; 5, muy resistentes.

En la región de Levante y Sureste el nivel de materia orgánica es bastante bajo con carácter general, pudiendo constituir, en algunos casos, un factor limitante de la producción.

De lo expuesto anteriormente puede deducirse que la higuera es un frutal muy apropiado para cultivar en las condiciones ecológicas del Levante y Sureste español, ya que por la escasa pluviometría anual, los suelos y también las aguas de riego, presentan en muchos casos un elevado índice salino, con independencia de las zonas conocidas como saladares. Bajo estas condiciones, algunos cultivos como la higuera, granado, chumbera, palmera datilera o azufaífo, son los que mejor se adaptan a las difíciles condiciones del medio edáfico para la producción comercial de frutos de calidad.

11. NECESIDADES DE AGUA Y DE FERTILIZANTES

11.1. NECESIDADES DE AGUA

La higuera es un frutal considerado tradicionalmente como de secano. En estas condiciones, produce los frutos más dulces; cuando la falta de agua es muy importante la respuesta de la planta es producir hojas más pequeñas y una baja producción y en condiciones de sequía extrema la cosecha será nula y el número de hojas y su tamaño muy reducido. Con cantidades de agua de 600 a 700 mm anuales se obtiene una buena productividad.

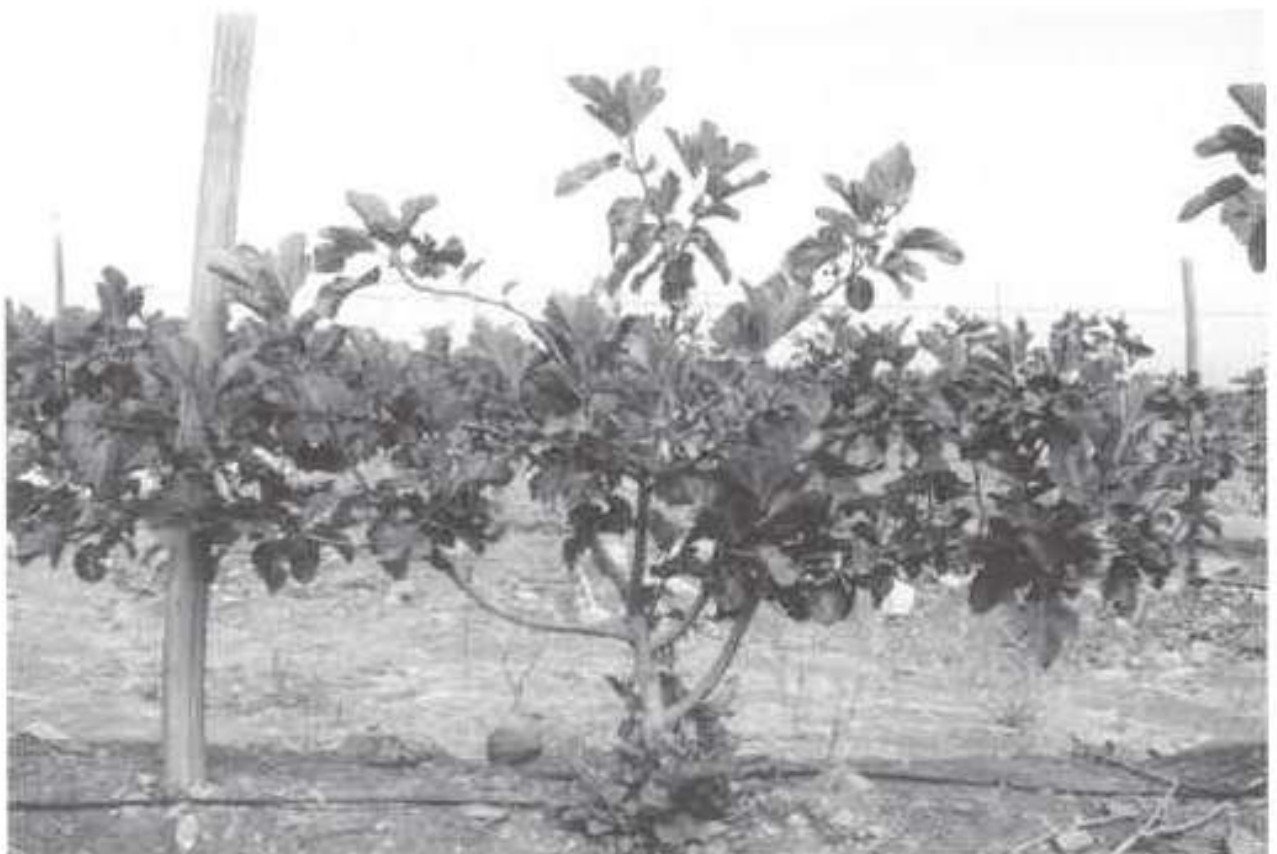
Cuando se cultiva en secano necesita marcos de plantación muy amplios para evitar una competencia muy acusada por el agua.

Existen dos épocas en las que las higueras pueden acusar más la falta de agua: en primavera-verano, cuando está próxima la recolección de las brevas y al mismo tiem-

po existe un desarrollo vegetativo importante y en verano, cuando está próxima la maduración de la segunda cosecha (higos).



Fotografía 19. *Plantación de higueras en meseta.*



Fotografía 20. *Arbol formado en espaldera.*



Fotografía 21. *Plantación joven, en pendiente, con riego por goteo.*

La calidad de las aguas utilizadas para su riego es un factor que en muchos casos limita el cultivo de otros muchos frutales. En este cultivo pueden utilizarse aguas de hasta 3,5 g/l de sales totales (Flores, 1990).

En la provincia de Alicante se ha regado, en ocasiones, con aguas cuyo contenido salino estaba comprendido entre 5 y 6 g/l de sales totales, observándose daños notables que afectaron tanto al desarrollo de la planta como a los frutos (Serna, 1996).

El sistema de riego más utilizado, cuando existe, es el de inundación. Sin embargo en el Sureste español son cada día mayores las explotaciones que se riegan mediante el sistema de riego localizado, debido a la escasez de recursos hídricos existentes en el área.

El exceso de riego en este frutal es perjudicial por las siguientes razones (Rebour, 1970):

- Se obtienen higos demasiado gruesos, muy acuosos, que se pudren con facilidad y se desecan difícilmente.

El árbol es bastante sensible a la podredumbre radicular.

Y según este último autor, en las regiones de pluviometría deficitaria, la provisión de agua se puede completar a finales de invierno si fuera necesario. Los riegos deben cesar a finales de julio o principios de agosto, con el fin de no incidir negativamente en la maduración de los frutos. El agrietamiento de éstos, frecuentemente observado en septiembre, proviene de una insuficiencia de riegos a la que sucede una rehidratación brusca, debido a las lluvias o a un riego abundante. los riegos de verano, dados a su debido tiempo o las labores apropiadas del suelo, evitan este accidente.

Las anteriores observaciones de Rebour, sobre la acción de los riegos, se refieren

especialmente al riego por inundación, ya que fue durante los años setenta cuando comenzaron a desarrollarse los riegos localizados, por lo que resultarán especialmente útiles cuando se utilice ese sistema de riego.

Los conocimientos sobre este frutal son generalmente escasos, especialmente cuando se trata de cultivos intensivos como lo son los que últimamente se están implantando en el Sureste y Levante, especialmente en los aspectos referentes a sus necesidades nutritivas. En este sentido Serna (1996), afirma haber realizado observaciones en plantaciones en las que en el abonado se incorporaron quelatos de calcio, y como consecuencia de estas aplicaciones, infrecuentes en este área en el cultivo de la higuera, se obtuvieron frutos de mayor consistencia y color, que son características apreciadas en las cosechas de brevas e higos.

11.2. NECESIDADES DE FERTILIZANTES

Tradicionalmente se ha considerado a la higuera como un frutal de secano, por lo que las producciones esperadas distan mucho de las que realmente se pueden obtener en regadío, en modernas plantaciones intensivas, especialmente en las regiones del Sureste y Levante donde la diferencia entre el agua de lluvia y las necesidades de la planta son, generalmente, importantes. Bajo estas consideraciones, también las necesidades de fertilizantes serán escasas.

Los abonados nitrogenados intensos perjudicarán la calidad de los siconos que se destinarán al secado y también pueden afectar al agrietado de los mismos. La falta de información respecto a las necesidades nutricionales de este cultivo es patente, siendo muy pocos los estudios al respecto, especialmente en España.

Kadam y Patil (1984), en la India, estudiaron el efecto de diferentes dosis de N, P, K en árboles de 5 años de edad del cultivar Daulatabad. Se observó una respuesta significativa de la fertilización con N y P, pero no con la aportación de K, durante los 2 años que duró el estudio. Los mayores rendimientos (382,2 frutos/árbol) se obtuvieron con 500-600 g/árbol de N y 350-400 g/árbol de P_2O_5 .

En España, Flores (1990) aconseja las siguientes fórmulas de abonado:

a) En plantaciones convencionales:

– Para la producción de siconos frescos:

- Materia orgánica 25-30 t/ha.
- Nitrato amónico 33,5% (N) 150 Kg/ha (50 U.F. de N).
- Superfosfato de cal 18% (P) 800 Kg/ha (144 U.F. de P).
- Sulfato potásico 46% (K) 250 Kg/ha (115 U.F. de K).

– Para la producción de siconos secos:

- Materia orgánica 10 t/ha.
- Sulfato amónico 21% (N) 100 Kg/ha (21 U.F. de N).
- Superfosfato de cal 18% (P) 500 Kg/ha (90 U.F. de P).
- Sulfato de potasio 46% (K) 150 Kg/ha (69 U.F. de K).

En caso de utilizar abonos complejos, se buscarán las equivalencias correspondientes. Asimismo, el citado autor destaca como muy aconsejable la realización de aportaciones de oligoelementos a dosis que oscilan entre 50 y 100 g/árbol, pudiéndose aplicar por las distintas vías.

b) En explotaciones intensivas:

En éstas el planteamiento varía, aportándose los fertilizantes en dos épocas: 50% con la labor de primavera completando con los dos riegos siguientes el resto:

b1) Abonado de invierno-primavera:

- Nitrógeno	50 U.F.
- Fósforo	100 U.F.
- Potasio	75 U.F.

b2) En cobrtera:

Elemento	Primer periodo de riegos (abril-junio):	Segundo periodo de riegos (julio-septiembre):
Nitrógeno	10 U.F.	50 U.F.
Fósforo	50 U.F.	50 U.F.
Potasio	75 U.F.	50 U.F.
Calcio	30 U.F.	10 U.F.
Magnesio	15 U.F.	--
Oligoelementos	Según necesidades	Según necesidades

En la provincia de Alicante muy pocas veces se realizan estercoladuras y cuando se hacen, se aplican a razón de unos 50 Kg/árbol, que se esparcen por todo el suelo para su posterior enterrado mediante una labor.

Los fertilizantes más utilizados por los agricultores en la provincia de Alicante son el complejo 18-6-26, el fosfato monoamónico y el nitrato potásico, aunque no suelen basarse en ningún análisis de suelo o de hojas para ello (Urbán, 1993). Otros, en esta provincia, recomiendan utilizar el P durante el invierno, aportar N y K durante la primavera y, en junio, unos 20 días antes de la recolección de las brevas, dejar de aportar nitratos, para continuar con las aportaciones de P y K durante julio y agosto, suspendiendo la fertilización durante septiembre y octubre hasta que se inicie la fertilización del año siguiente (Riquelme, 1994).

Una fórmula utilizada en la zona, recomendada por Serna (1996) y que proporciona buenos resultados en los suelos del Sureste para **plantaciones intensivas adultas**, para un marco aproximado de 6,5 x 6,5 m, es la que se expone a continuación:

a) Abonado de invierno:

Fosfato monoamónico	640 Kg/ha.
Sulfato potásico	300-350 Kg/ha.
Materia orgánica (cada 2 años)	40-50 t/ha.

Otra solución similar, utilizando abonos complejos (aplicando similares U.F./ha que con abonos simples) y materia orgánica (M.O.), es la siguiente:

Complejo 6-8-12 + M.O., o bien complejo 5-7-10 + M.O.

Resulta recomendable aprovechar este momento para dar una labor de invierno, enterrando los fertilizantes, y regar. Estas operaciones deben realizarse hacia el mes de enero.

b) Abonado de primavera: Se efectúa aprovechando cada uno de los riegos, comenzando con o después de la "fijación" de las brevas. En la zona del Sureste y Levante, donde generalmente no se dispone de agua suficiente, se intentará dar el máximo de riegos posibles; como norma general se darán, como mínimo, 2 riegos, siendo 3 ó 4 el número ideal, aportándose en cada uno de ellos los siguientes fertilizantes:

Nitrato potásico	300 g/árbol.
Nitrato cálcico	500 g/árbol, o bien, nitrato amónico (500 g/árbol).

En todos los riegos se incorporará el potasio y, en alguno de ellos, se cambiará el nitrato cálcico o el nitrato amónico por nitromagnesio, aumentando la dosis de éste hasta 1 ó 1,5 Kg/árbol.

Cuando se acaba la recolección de las brevas que, en la provincia de Alicante y en la mayoría del las zonas productoras del Sureste, suele ocurrir entre el 15 y el 30 de junio, como máximo, es costumbre dar un riego con objeto de alcanzar los siguientes objetivos:

1º. Provocar un rápido desarrollo de los ramos, obteniéndose una brotación lo más larga posible, para que en ella se desarrollen el máximo número de siconos para la próxima cosecha de brevas, pues los higos ya estarán formados.

2º. Intentar adelantar la recolección de los primeros higos y que, además, éstos sean del mayor tamaño posible.

Aprovechando este riego, se abonará con:

Nitrato potásico	500-600 g/árbol.
Nitrato amónico	1 ó 1,5 Kg/árbol.

En cuanto al abonado con microelementos, la práctica de los mejores agricultores consiste en poner quelatos de hierro a principios de la primavera, mediante las operaciones habituales de inyección al suelo o de su aportación en el agua de riego (granulado o enterrado antes del riego). Para las concentraciones normales del 6% en hierro, se aplican del orden de 40 ó 50 g/árbol del producto comercial, lo que equivale a unos 10 ó 12 kg/ha. Esta operación suele aprovecharse para añadir, con el quelato de hierro, ácidos fúlvicos o aminoácidos, obteniéndose, según algunos cultivadores, mejores resultados con los aminoácidos, aunque estas aseveraciones no están científicamente contrastadas.

12. PLANTACIÓN

Como toda plantación frutal, el diseño de la plantación del higueral requiere especial atención. En este frutal, que comenzó cultivándose como frutal de secano, se han ido produciendo importantes avances al adquirir mayor importancia económica. En él es necesario hacer algunas consideraciones específicas, al margen de las generales para cualquier frutal, entre las que destaca el coste de la recolección que está muy influenciado por la recolección escalonada.

Las formaciones altas tradicionales, que tienen mayores costes de recolección, se van sustituyendo por formaciones más bajas y las plantaciones de regadío van transformándose en regadíos con riego localizado, debido a la escasez de agua y al aumento de productividad obtenido. El marco de plantación de 10 x 10 m o superiores (hasta 15 x 15 m), utilizado en secano pasa a marcos de 8 x 8 m o hasta 5,5 x 5,5 m en los regadíos más intensivos, dependiendo también del vigor de la variedad.

Ferguson *et al.* indican que las nuevas plantaciones en California se están realizando al marco de 6 x 6 m (267 plantas/ha) y Adria *et al.* (1992) indican el uso de marcos, todavía más intensivos, de 5,5 x 3,6 m y de 5,5 x 1,8 m.

En el Sureste, donde se está prestando especial atención durante los últimos años al cultivo de la higuera, existe una tendencia a intensificar los marcos de plantación para amortizar más rápidamente la inversión y conseguir mayores y más tempranas cosechas de brevas. En este sentido, Serna (1996) manifiesta su convencimiento en la necesidad de cambiar las antiguas plantaciones, de marcos amplios, por otras de marcos mucho más estrechos, como los siguientes: 2,5 ó 2,75 x 4,5 m, 3 x 4,5 m y 3 x 5 m. Estos marcos llevan implícito la consecución de árboles más pequeños, en los que se obtienen menos Kg/árbol pero más Kg/ha, menores costes de cultivo, de recolección, podas, etc.

12.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

El desfonde del terreno, como en otros frutales, se realiza a una profundidad de 0,5-1 m. Al año siguiente, en enero o febrero, se procede a realizar la plantación sobre este terreno. Previamente se realizarán las zanjas de plantación, con un apero monosurco. En estas zanjas serán enterradas las estacas horizontalmente, debiendo curvarse en un extremo de la zanja para que queden 2 o tres yemas al exterior; este sistema tradicional es cada vez menos utilizado, usándose únicamente en pequeñas parcelas. Cuando la planta procede de viveros y ya está enraizada este sistema se sustituye por la apertura de hoyos tradicional utilizada en otros frutales, resultando poco rentable cuando se realiza manualmente, por lo que los hoyos hoy se suelen realizar con máquina. En la región del Sureste, y especialmente en la provincia de Alicante las plantaciones se realizan a partir de estacas seleccionadas por el propio agricultor, obteniéndose porcentajes de prendimientos muy altos, aunque conscientes también del inconveniente que supone la transmisión segura de la virosis del mosaico de la higuera

12.2. ABONADO DE FONDO

En la región del Sureste no suele incorporarse materia orgánica al suelo antes de la plantación. No obstante, ésta puede incorporarse de varias formas: en toda la superficie del terreno, en los hoyos de plantación o en bandas. Según Flores (1990), la incorporación en bandas es la forma más usada cuando se trata de superficies significativas, en las que se impone la mecanización. Consiste en dar una doble labor de vertedera, abriendo un canal de 40-50 cm, donde se localiza el estiércol (generalmente con remolques repartidores); en los cruces realizados al marco de plantación previsto, y previa formación de un caballón sobre la materia orgánica, se plantarán manualmente los pequeños árboles (si éstos proceden de vivero).

Cuando los árboles proceden de estacas plantadas por el agricultor en el terreno definitivo, técnica frecuentemente usada en Alicante, no se realiza la incorporación de materia orgánica, inicialmente.

12.3. RIEGO DE PLANTACIÓN Y OTROS CUIDADOS

Una vez plantados los arbolitos o las estacas, con la precaución de apisonar bien el terreno que rodea a las raíces o a las estacas, operación que se realizará siempre antes del inicio de la actividad vegetativa, se procederá a dar el primer riego de plantación. Los cuidados de estas plantas se reducen a la aportación hídrica necesaria y a la aportación de nutrientes cuando el sistema de riego es el localizado, eliminando las malas hierbas. En este periodo inicial la planta apenas tiene necesidades nutritivas que, generalmente, son aportadas por el suelo sin problema alguno.

Resulta conveniente, cuando los árboles proceden de vivero, realizar su aporcado para evitar que los vientos los puedan volcar, ya que pueden presentar en este momento una resistencia al viento considerable en relación al anclaje que proporcionará su reducido sistema radicular.

Durante la parada de otoño se procederá a realizar la primera poda de formación.



Fotografía 22.
Aporcado del tronco.

13. CULTIVO

13.1. LABORES DE CULTIVO

Al igual que en otros frutales cultivados, la mayor parte del sistema radicular de la higuera se sitúa superficialmente, por lo que las labores de cultivo, cuando se den, no deben ser muy profundas para evitar graves daños en el sistema radicular.

Los aperos utilizados suelen ser el cultivador o las gradas, debiéndose restringir el uso de subsoladores, salvo en caso de que el estado del terreno: por su compactación, formación de suela de labor, etc., aconseje su uso, que en todo caso deberá hacerse en la época de reposo invernal y, a ser posible, completando la labor en dos años.

Las labores que se suelen realizar son:

– **Labor de otoño:** es una labor que tiene especial interés para favorecer el almacenamiento de agua en el suelo. En las zonas de cultivo de la provincia de Alicante, como los suelos son pobres en materia orgánica y este frutal responde bien a ésta, cada vez se utiliza con más frecuencia, pudiéndose utilizar esta labor para su incorporación, aunque teniendo en cuenta que la profundidad de la misma no debe superar nunca los 20-25 cm.

– **Labores de primavera y verano:** éstas se fundamentan en la necesidad de eliminar las malas hierbas que compiten por el agua y los nutrientes con el cultivo, al tiempo que favorecen la acumulación de agua de la lluvias de primavera y reducen la pérdida de ésta en verano. En cualquier caso deben evitarse, como en la de otoño, labores demasiado profundas, ya que durante estos periodos y hasta el otoño, las necesidades nutritivas son máximas y cualquier reducción del sistema radicular absorbente tendrá repercusiones más o menos graves sobre la producción. La utilización del rotovator facilita la eliminación de malas hierbas, a la vez que permite realizar una labor superficial. Cuando los suelos son pedregosos deberá utilizarse en su lugar el cultivador u otro apero similar. No obstante, como en la parcela quedarán zonas inaccesibles a los aperos de labranza, resultará conveniente utilizar también el deshierbe químico mediante los productos adecuados.

El laboreo, además de la rotura de raíces, rozadura y/o rotura de ramas, puede provocar otros daños como son el rozado de frutos que pueden caer prematuramente.

Otros inconvenientes del laboreo, además de los citados anteriormente, son:

– a) Reducida eficacia para eliminar las malas hierbas junto a troncos, líneas de árboles, rincones, junto a acequias de riego, etc.

– b) Tiempo de actuación reducido.

– c) Debe efectuarse en el momento más oportuno, no siendo recomendable su realización en algunos periodos críticos.

– d) Efecto negativo sobre las propiedades físicas del suelo negativo, facilitando el desmenuzamiento del mismo y aumentando la capacidad de reacción del carbonato cálcico.

– e) Facilita el aumento de la erosión del suelo.

f) Dificultad de aplicación en suelos muy húmedos (origina importantes inconvenientes), así como en los muy secos.

- g) Facilita la formación de una capa impermeable perjudicial: la suela de labor.
- h) Sitúa a las semillas de las malas hierbas en mejor posición para germinar y desarrollarse.
- i) Mayor gasto energético en comparación con el no cultivo.

13.2. EL NO CULTIVO

En muchas ocasiones, sobre todo cuando se utilizan marcos intensivos, o sistemas de riego localizado, la dificultad para realizar las labores de cultivo desaconseja su realización. En estos casos, cuando la maquinaria de labranza puede producir grandes daños en las plantas, frutos e incluso en el sistema de riego (que además dificulta e impide en algunas zonas la ejecución completa y correcta de la escarda mecánica), es cuando adquiere un especial interés la utilización de la escarda química. Ésta además puede presentar algunas ventajas sobre el laboreo, como son:

- a) Evitar la rotura de raíces y ramas.
- b) Evitar los daños a los frutos.
- c) Menor costo económico.
- d) Menor tiempo empleado en la ejecución de la escarda.
- e) Mantenimiento de un suelo más limpio, con menor posibilidad de cobijamiento y desarrollo de plagas.
- f) Incremento del nivel de materia orgánica en las capas superficiales del suelo, con lo que mejora la estructura del mismo.

Los herbicidas más utilizados en este cultivo son los de contacto como el dicuat o el paraquat (ambos se desactivan en contacto con el suelo) y el glifosato como sistémico. Otros herbicidas residuales resultan muy interesantes para utilizar en preemergencia, especialmente junto a los troncos o en aquellas zonas en que un herbicida de contacto o un sistémico pueden provocar daños a la plantación; entre otros cabe citar la simazina y otras triazinas simétricas (no actúan sobre la germinación de las semillas, sino a los pocos días de la misma, son de postemergencia) oxidiazon (fundamentalmente de contacto y de preemergencia), oxifluorfen (pre y postemergencia) y napromida (de preemergencia). Algunas mezclas de herbicidas pueden ser de gran interés: la asociación de dos o más compuestos herbicidas puede estar justificada por varios motivos, a veces concurrentes, y que son (Gómez de Barreda, 1994):

- Ampliar el espectro de acción contra algunas malas hierbas.
- Aumentar la selectividad, al reducir la dosis del compuesto con mayor riesgo de fitotoxicidad.
- Añadir un nuevo modo de acción; por ejemplo la mezcla de residuales y de contacto.
- Efectuar un tratamiento más económico.
- Buscar una combinación sinérgica.

Disminuir los problemas de *carry-over* (importante en rotación de cultivos).

Por lo anteriormente expuesto, algunas mezclas de herbicidas, como las que se indican a continuación, se utilizan en la higuera, al igual que en otros frutales:

napropamida + simazina
 napropamida + oxifluorfen
 napropamida + oxidiazon
 simazina + oxidiazon
 glifosato + simazina
 glifosato + oxifluorfen
 etc.

En cualquier caso resultará imprescindible realizar un estudio de la flora existente en la plantación y seguir las indicaciones del fabricante del producto o productos a utilizar.

En ocasiones también se recurre a sistemas mixtos de cultivo y no cultivo.

14. CONDUCCIÓN O PODA DE LA HIGUERA

En general, la poda tiene gran importancia sobre la formación y productividad de los árboles. Una poda errónea conducirá a un aumento innecesario de los gastos de cultivo y a una menor rentabilidad final de los árboles. Mediante la poda se pretende obtener frutos de calidad, regular la fructificación, facilitar la recolección, mantener el equilibrio vegetativo entre las distintas ramas del árbol y entre éstas y el sistema radicular, favorecer la iluminación adecuada de las partes interiores del árbol, favorecer la producción de frutos sin roces y en buen estado sanitario, etc.

14.1. PODA DE FORMACIÓN

Con la poda de formación se pretende obtener árboles adultos en los que se forme la estructura o armazón del árbol de acuerdo con las indicaciones anteriores. En la región levantina suelen despuntarse los árboles a una altura de 0,9-1,2 m, buscando obtener árboles no demasiado grandes con objeto de facilitar la recolección (en otros casos, también en esta zona, se realiza el despunte a los 40-60 cm del suelo para obtener árboles más bajos). Generalmente suelen dejarse 3 ramas principales, con inclinación ligeramente ascendente y con una longitud aproximada de 1-1,5 m; en el extremo de éstas se dejarán crecer las ramas secundarias. El objetivo final es el de obtener un árbol no muy alto, de menos de 3 m. Para conseguir este objetivo deben practicarse despuntes, sin realizar podas severas que provocarían un desarrollo vegetativo vigoroso, lo que además de incrementar los gastos de poda reduciría la posibilidad de conseguir el objetivo indicado.

En este frutal, dado su extraordinario vigor, conviene cortar los ramos vigorosos de la base antes de llegado el otoño, ya que la emisión de savia podría provocar la muerte del árbol (Flores, 1990).

En algunos casos, la formación de plantas con varios pies y el arqueado de ramas permite obtener formaciones productivas que facilitan la recolección, reduciendo los costes por esta labor.

14.2. PODA DE PRODUCCIÓN

La higuera es una especie que requiere podas ligeras. Éstas se reducen prácticamente a la eliminación de ramas secas y de chupones, realizando una poda ligera en el resto del árbol para evitar un crecimiento vegetativo exagerado que se produciría como respuesta a una poda severa. Mediante este tipo de poda se mantendrá la forma y el número suficiente de ramos productivos para mantener el nivel de cosecha.

Los cortes deben ser limpios y en bisel, siendo recomendable el uso de tijeras y serruchos o motosierras frente al hacha (Flores, 1990).

La poda se practicará en invierno (diciembre-enero). Las podas ligeras o nulas favorecen la producción de brevas de junio-julio, pero perjudican la producción de higos en otoño pues hay una cierta incompatibilidad entre ambas producciones (Sala, 1976).

La eliminación de algunos "ojos" (yemas) en enero-febrero, es una práctica que recibe el nombre de **desroñado**. Esta técnica se utiliza para favorecer el engorde de las brevas situadas al final del tallo (Sala, 1976) y según Flores (1970), consiste en pinzar o eliminar algunas yemas terminales de los ramos donde se encuentran los frutos de la primera cosecha (brevas).

Un sistema de poda de producción especial es la **poda Argenteuil** (Flores, 1990): Ésta persigue obtener precocidad en las brevas aún a costa de sacrificar la cosecha de otoño en las variedades bíferas. Se realiza en un porcentaje de las ramas que oscila entre el 35 y el 50%, garantizando en el resto sin podar la cosecha de higos de otoño y también la posibilidad de hacerla en esa parte de la copa al año siguiente. Esta práctica consiste en efectuar despuntes del botón terminal, al principio de la vegetación, eliminando todos los botones axilares del ramo a los pocos días, conservando dos de ellos en la parte inferior; en los ramos así tratados se pierde la cosecha de otoño, que se obtendría sobre la prolongación del botón terminal. Una vez cosechadas la brevas se elimina la rama productiva, cortando por encima de la brotación de remplazo que nace en la base de las mismas.

La producción "rápida" de brevas en las higueras jóvenes puede conseguirse aumentando el número de ramificaciones en las ramas de vigor medio (20-30 cm). Para ello se eliminan las yemas terminales y subterminales de las ramas vigorosas (ya que éstas no están afectadas por la inhibición correlativa y brotarían simultáneamente) y, como segunda medida puede recurrirse al pinzamiento de algunos ramos y yemas terminales al comienzo de la vegetación, con lo que se reduce la caída de siconos (Flores, 1990).

Finalmente cabe destacar que la producción de brevas dependerá del número de receptáculos que alcancen el estado de *grano de pimienta* antes del periodo de latencia, pues éstos presentan un bajo índice de "abortos" y pueden acabar formando brevas.

En la actualidad existe la tendencia a reducir el marco de plantación, según se indicó anteriormente, realizando posteriormente podas en verde para que sobre la madera producida en el mismo periodo vegetativo, aparezcan las brevas antes del

invierno, y así, se pueda obtener una buena cosecha de éstas, si se realizan los tratamientos adecuados para evitar su caída.

Actualmente, en el Servicio de Investigaciones Agrarias de Extremadura se realizan ensayos sobre poda de fructificación en variedades biferas. En estos se comparan los siguientes tratamientos:

- No poda.
- Eliminar, durante el invierno, el 25%, tanto de las ramas de un año, como de la propia rama.
- Eliminar, durante el invierno, el 50%, tanto de las ramas de un año, como de la propia rama.
- Eliminar, durante el invierno, el 75%, tanto de las ramas de un año, como de la propia rama.

Asimismo, en el mismo Centro, se realizan ensayos de poda de fructificación en variedades tipo San Pedro, estudiando el efecto de distintas intensidades de poda, como son:

- Eliminación de las dos yemas terminales de los brotes del año.
- Eliminación de la mitad del brote del año.
- Eliminación del brote del año de forma que sólo se dejen sus dos yemas basales.

Esta poda se realiza en 4 fechas: 20 de junio, 10 de julio, 1 de agosto y 20 de agosto.

Los ensayos indicados no son los únicos que sobre la técnica de poda se realizan en este cultivo y pone de manifiesto, tanto la falta de conocimientos sobre la técnica más adecuada en cada variedad como el interés por su conocimiento para obtener los mejores resultados, de acuerdo con el material vegetal y la orientación productiva que se desee.

Debe destacarse también que durante el período de desarrollo de las brevas (no durante el de los higos), existe una competencia entre éstas y el desarrollo vegetativo, razón por la que con frecuencia se produce la caída de la yema floral (sicono de breva en desarrollo) en muchas ocasiones, especialmente la que está próxima al ápice en desarrollo. Al respecto cabe indicar que la aplicación de dormex al 3% más la aplicación de GA a 30 ppm, tal como se indicó en el punto 6.1., permiten una apertura de yemas temprana y uniforme (Erez y Yablowitz, 2000) y previene (efecto de GA) la caída de brevas partenocárpicas, según indicó Weizman *et al.* (1985) (Erez y Yablowitz, 2000).

Por otro lado, debe considerarse que las ramas más cortas producen siconos de mayor calidad, lo que parece deberse a que la limitada área foliar, que se produce casi exclusivamente a partir de la yema terminal, no logra abastecer la producción de muchos frutos en el mismo ramo, a la vez que un crecimiento moderado inducirá mejor calidad de fruta (Erez y Yablowitz, 2000).

Finalmente debe tenerse en cuenta que la poda en verde en verano (después de la cosecha de brevas) induce la formación de nuevas brotaciones en las que al final del otoño ya estarán presentes las brevas de la próxima cosecha, a la vez que se reducirá la cosecha de higos mejorando su calidad.



Fotografía 23. Plantación de alta densidad. Técnicas de poda en verde y nuevas formaciones.



Fotografía 24. Detalle de la producción de hueras con nuevas técnicas de poda.



Fotografía 25. Poda severa para estimular la formación de brevas. Obsérvese la formación baja de las ramas para facilitar la poda y la recolección.



Fotografía 26. Detalle de corte de poda para forzar la producción de brevas sobre los nuevos ramos que se formarán como consecuencia.

14.3. PODA DE REJUVENECIMIENTO

Como en otros frutales, su objetivo es el de reactivar la vegetación y productividad del árbol cuando éste comienza a decaer llegando la misma a un nivel inferior al umbral de rentabilidad. En este momento se procede a la realización de fuertes podas e incluso a la decapitación del árbol cortando su tronco a ras del suelo. De este último modo se favorecerá la inmediata aparición de pollizos que nacerán de su sistema radicular y, gracias al rápido desarrollo de esta especie, pronto se tendrá, de nuevo, formado el árbol aprovechando el potencial del sistema radicular existente. En este caso, conviene cubrir las heridas con un mastic asfáltico solo o mezclado con un fungicida.



Fotografía 27. Aspecto que presenta la higuera tras la caída de la hoja.

15. PLAGAS, ENFERMEDADES Y FISIOPATÍAS

La higuera, aunque es un árbol rústico, generalmente no presenta graves problemas de plagas y enfermedades, pero cuando se cultiva de modo más intensivo, puede sufrir ataques de plagas y enfermedades de manera más o menos importante.

Probablemente, las plagas y enfermedades más importantes que, en la actualidad, padece este frutal en el Sureste español sean la cochinilla de la higuera, la mosca del mediterráneo y la mosca del higo. De éstas, dada su importancia, realizaremos una descripción más exhaustiva.

Entre las plagas y enfermedades que afectan a este cultivo, se citan las siguientes:

- Mosca de las frutas (*Ceratitis capitata* Wied).
- Mosca del higo (*Lonchea aristella* Beck).
- Mosquito verde (*Empoasca* sp.)
- Escama de la higuera (*Lepidosaphes fici* Er.)
- Cochinilla de la higuera (*Ceroplastes rusci* L.).
- Barrenillo de la higuera (*Hypoborus ficus* Er.).
- Oruga de las hojas (*Simaethis pariana* Clerk)
- Barreneta (*Myeloides ceratoniae* Zell).
- Barrillo (*Hysteropterum grylloides* F.).
- Nematodos.
- Podredumbres del sistema radicular (*Roesleria hypogea*, *Armillaria mellea* (Vahl) Kummer, *Rosellinia necatrix* (Hart) Berl.).
- Negrilla o Funagina.
- *Cerotelium fici* (Butler) Arthur.
- Antracnosis (*Gleosporium fructigenum* Berk).
- *Alternaria* (*Alternaria solani* Soc.)
- Chanero del tronco.
- Pudrición roja del fruto (*Rhizopus* sp.).
- Podredumbre interna (*Fusarium moniliforme* Sheldon).
- Virosis: mosaico de la higuera.

15.1. PLAGAS

Mosca de las frutas (*Ceratitis capitata* Wied).

Es una especie polífaga, extendida por todo el mundo pasando de una especie frutal a otra a medida que sus frutos van madurando. En los climas templados como el del Levante y Sureste el número de generaciones puede llegar hasta 7, comenzando la primera en invierno sobre naranjas, pasando de estos frutos a todos los que se van sucediendo en el tiempo, desde la primavera hasta octubre o noviembre en donde puede producirse la 7ª, afectando de nuevo a naranjas y mandarinas. Naturalmente en este periodo de tiempo tan amplio se producen las cosechas de brevas e higos que también se ven afectados. En las higueras del Levante y Sureste es seguramente la plaga más importante.

Las larvas de la *Ceratitis capitata* Wied atacan a higos y brevas produciendo su depreciación total, ya que provocan la pudrición de la pulpa. En el interior de los siconos podemos encontrar las larvas que son de color blanquecino y no cesar de moverse cuando abrimos el "fruto" para observarlas. Los "frutos" afectados pueden caer al suelo si el ataque es intenso. Cuando los "frutos" ya están envasados, desprenderán un olor característico a vinagre, pudriéndose finalmente.

A continuación se expone su descripción, biografía y tratamientos, según Domínguez (1976).

- *Descripción*: Es una mosca menor que la doméstica, de colores vivos, amarillo, blanco y negro; su cabeza es amarilla con ojos verdes, de aspecto fosforescente, el

tórax es gris, con largos pelos y manchas negras por encima y blanco amarillento por los lados; por debajo, el abdomen es leonado y lleva por encima franjas amarillas y grises; la hembra va provista de un oviscapto muy agudo, en forma de lanza; las patas son de color amarillo; las alas irisadas, muy características, bastan para identificar la especie; llevan una mancha transversa y otra de color ahumado.

Las larvas son blancas, alargadas, ápodas, afiladas por la parte anterior y truncadas por la posterior; en su mayor desarrollo alcanzan una longitud de 7 a 8 mm.

La pupa tiene la forma de barrilito, de superficie lisa, redondeada, con las bases truncadas, de color achocolatado.

— *Biografía*: Pasa los meses fríos en estado de pupa, bajo tierra, alrededor de los árboles y, en época más o menos avanzada, según la región y el clima, salen los adultos, que vuelan entre las ramas, buscando las más soleadas; después de los apareamientos acuden las hembras a las frutas más tempranas, por cuya superficie se pasean con las alas extendidas, hasta encontrar un lugar apropiado para hacer la puesta; clavan entonces su oviscapto y depositan varios huevos en el interior del fruto, trasladándose a otro nuevo hasta terminar la puesta, que suele ser de 300 a 400 huevos.

A los pocos días nacen las larvas, mal llamadas gusanos, que profundizan en la pulpa, y cuando han adquirido todo su desarrollo salen del fruto y se dejan caer a tierra, donde penetran a poca profundidad y se transforman en pupa, dando lugar a los nuevos adultos diez o doce días más tarde.

La nueva generación de moscas, de mayor nivel poblacional, repite el ciclo sobre las frutas que encuentran, trasladándose en sucesivas generaciones de una a otra sin interrupción, hasta llegar a la parada invernal, que pasa en estado de pupa bajo tierra.

Medios de lucha: Entre los distintos métodos de lucha cabe citar los que se exponen a continuación.

1º. El método clásico español de los mosqueros.

2º. El método de los cebos sexuales.

3º. La pulverización total del árbol con productos apropiados.

4º. El empleo de pulverizaciones cebo en una rama.

5º. Medidas complementarias mediante la destrucción directa de pupas y larvas por recogida de frutos caídos y cava de ruedos.

6º. Lucha biológica.

Como determinar la época de tratamiento puede resultar difícil, ya que las generaciones se suceden en el tiempo, dependiendo de la temperatura, la utilización de mosqueros es útil para cazar adultos, con lo que podemos conocer la curva de vuelo, además de servir de forma de control eficaz en el caso de la cosecha de brevas. Los mosqueros suelen colocarse a razón de 2 ó 3 por árbol utilizando como cebos el fosfato biamónico y proteínas hidrolizables, y más tarde fue utilizado con éxito el Trimedlure (atrayente sexual). Los resultados obtenidos con este último atrayente es muy superior al conseguido con cualquier otro. Los recipientes o cápsulas con Trimedlure más un insecticida fumigante (Vapona) se colocan en el interior de los mosqueros a los que llegan atraídos los machos, fundamentalmente, que mueren por la acción del insecticida. Pero como con este atrayente sólo se cazan machos, las capturas realizadas no son un buen índice para determinar el momento del tratamiento.

Las pulverizaciones a todo el árbol, tratamiento total, resultan caras, por lo que no se suelen utilizar como medio de lucha. En éstos se pueden usar productos como: Fenthion, Malathion o Triclorfon.

Las pulverizaciones cebo con productos fosforados es el método más recomendable para combatir a la mosca de las frutas. Se pueden utilizar pulverizaciones con la siguiente formulación: emulsión de Malathion al 50% (600 g) + Azúcar (4 Kg) + Agua (100 l), entre otras. Estos tratamientos pueden utilizarse solos o asociados a mosqueros, que además servirán de indicadores de la presencia y/o abundancia de la plaga. Otros insecticidas como Lebaycid o Dipterex presentan mayor persistencia que el Malathion, especialmente el Lebaycid (Lebaycid del 50%: 600 g + Proteínas hidrolizables 60-65 % en aminoácidos: 1 Kg + Agua: 100 l).

En la actualidad, el uso de baterías de 3 mosqueros cada 50 m utilizando fosfato biamónico al 3%, es una práctica que puede utilizarse como índice para recomendar el tratamiento. Una captura por mosquero y día sobre esta batería, indicaría la existencia de un alto riesgo de ataque, por lo que actuará mediante tratamientos de "parcheo", sobre la cara de medio día del árbol, utilizando por cada 100 l de agua: Fenthion 50% a razón de 600 cc + proteína hidrolizable a razón de 1.000 g; o bien, mediante pulverización total a base de Fenthion, Malathion o Triclorfon a las dosis recomendadas, teniéndose en cuenta que la persistencia del Fenthion es de unos 25 días y en el caso de los otros dos la persistencia oscila entorno a los 7 días.

– Mosca del higo (*Lamchea aristella* Beck)

La mosca del higo es un díptero conocido también como mosca negra de los higos, que ataca exclusivamente a los higos (segunda cosecha), nunca a las brevas, pudiéndose confundir, en estado de larva, con la mosca de las frutas; los daños causados son similares a los causados por la mosca de las frutas, si bien sus larvas son de menor diámetro que las de *Ceratitis capitata*: el adulto es una mosca intensamente negra de unos 4 mm de longitud. La hembra deposita 2 ó 3 huevos unos 30 ó 40 días antes de la madurez, después de una incubación de 3 a 8 días, las larvas devoran las flores del receptáculo: después la larva de 3ª edad penetra en la pulpa de la base del sicono haciendo una galería sinuosa o circular. Se frena el desarrollo del "fruto" y se tiñe de placas rojo-violáceas. El tratamiento para preservar los higos puede hacerse con Fenthion, a razón de un tratamiento durante las dos semanas antes del límite legal establecido para este producto antes de la recolección, seguido de tratamientos durante el periodo de recolección con Deltametrina (no deja residuos tóxicos). Debe hacerse notar que otros productos como Dimetoato y otros utilizados en frutales resultan tóxicos en la higuera.

El control mediante mosqueros utilizando fosfato biamónico al 3% con una maceación de madera de higuera resulta efectivo (Martínez-Canales, 1996). Los tratamientos químicos en este caso se aplicarán con las mismas consideraciones hechas para *Ceratitis capitata*.

– Escama de la higuera (*Lepidosaphes fici* Er.)

Su biografía es la siguiente (García, 1997): El insecto pasa el invierno en forma

de huevecillos de color blanco-grisáceo, encerrados debajo de la cera de la escama madre, pudiéndose encontrar de 40-150 debajo de cada escama. En primavera, las ninfas jóvenes, pequeñas y blanquecinas, caminan por la corteza desde unas pocas horas hasta 1 ó 2 días; insertan sus picos en la corteza y empiza la formación de la escama cerosa que cubre sus cuerpos y pronto mudan sus pieles, antenas y patas. La escama es blanca al principio y después cambia a color café pulido. A mitad de julio, los machos emergen en forma de insectos alados y las hembras, después de aparearse, depositan los huevos bajo las escamas, arrugándose el cuerpo conforme transcurre la puesta; a continuación las hembras mueren (cuando han terminado la puesta). Los huevos permanecen en incubación durante dos semanas y una 2ª generación de escamas alcanza el desarrollo durante los primeros días de otoño. Suele tener 2 generaciones al año.

– *Descripción y medio de lucha.* Las escamas, de 3 mm de largo y 1 mm de ancho, viven agrupadas en racimos que pueden llegar a cubrir la corteza de todo el árbol. La corteza se vuelve rajada y escamosa, los árboles pierden vigor y el follaje es pequeño y con pecas amarillas. Cuando el ataque es intenso puede provocar la muerte del árbol; para su combate se recomienda aplicar, en el momento de incubación de las escamas jóvenes, una pulverización con Parathion etílico a la dosis de 375 g/1000 l de agua.

– **Cochinilla de la higuera (*Ceroplastes rusci* L.)**

Esta cochinilla se encuentra sobre ramas, hojas e incluso “frutos”. Contribuye a la depresión de los árboles la invasión de negrilla que siempre acompaña a la cochinilla por implantarse el hongo sobre la secreción azucarada, semejante a la melaza, de la segunda; este debilitamiento de la planta, consecuencia de este ataque, acaba por ofrecer un campo propicio para las invasiones de “barrenillo” (*Hypoborus ficus* Er.) (Domínguez, 1976). Asimismo, este autor indica que la “cochinilla” es la plaga más grave que padece la higuera a pesar de estar contrarrestada por numerosos parásitos, entre los que destaca el *Scutellista cynea*, que también parasita a la “cochinilla” del olivo.

El daño económico que produce sólo es superado por el agusanado de frutos, producido por *Ceratitis capitata* Wied (Flores, 1990).

– *Descripción:* Las hembras tienen forma hemisférica, globosa, de 4 a 5 mm de longitud por 3 a 4 de anchura y 2 ó 3 de altura; su color es pardo, con una abundante secreción cerosa en forma de placas distribuidas alrededor del cuerpo, una delante, una detrás y tres a cada lado, y otra más sobre el dorso en forma de octógono, rodeada por las otras ocho. El color de las placas es gris-violáceo, más oscuro en las suturas.

El *puparium* del macho es alargado, de forma estrellada, debida a emergencias laterales de color blanco.

Biografía: Este insecto puede tener una o dos generaciones anuales; comienza la puesta hacia el mes de mayo y se prolonga durante largo tiempo; deposita cada hembra un millar de huevecillos, que quedan protegidos por el caparazón de la madre.

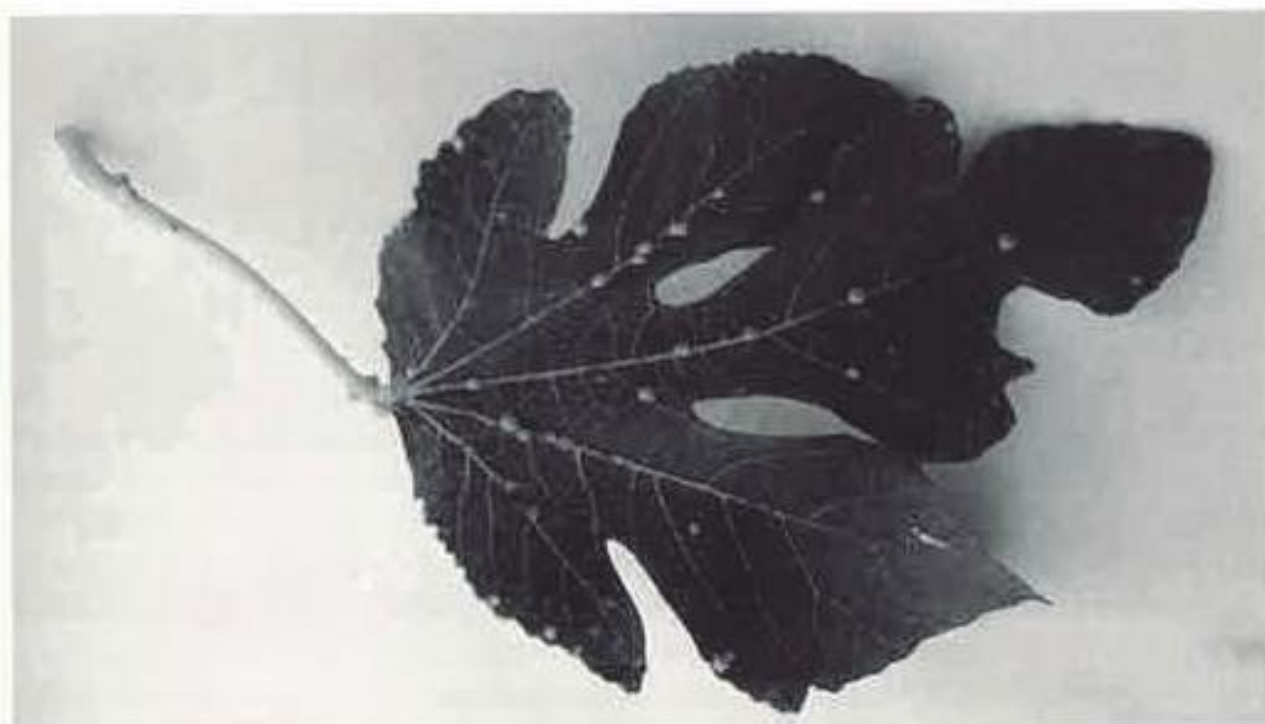
Las larvas acuden a las hojas, donde causan escasos daños, fijándose en las nervaduras de la cara superior; después, en la segunda edad, emigran a las ramas: en vera-

no, en los casos de dos generaciones, o más adelante si no tienen más que una; en el primer caso, las hembras, después de la tercera muda, llegan al estado de adulto y se reproducen nuevamente.

Pasan el invierno adheridas a las ramillas, en la segunda edad, y en la primavera adquieren la madurez sexual y comienzan la puesta.

– *Medios de lucha:* El momento oportuno para combatir la plaga es en el estado de larva joven, ya que cuando las hembras recubren a los huevos resulta más difícil luchar contra ella.

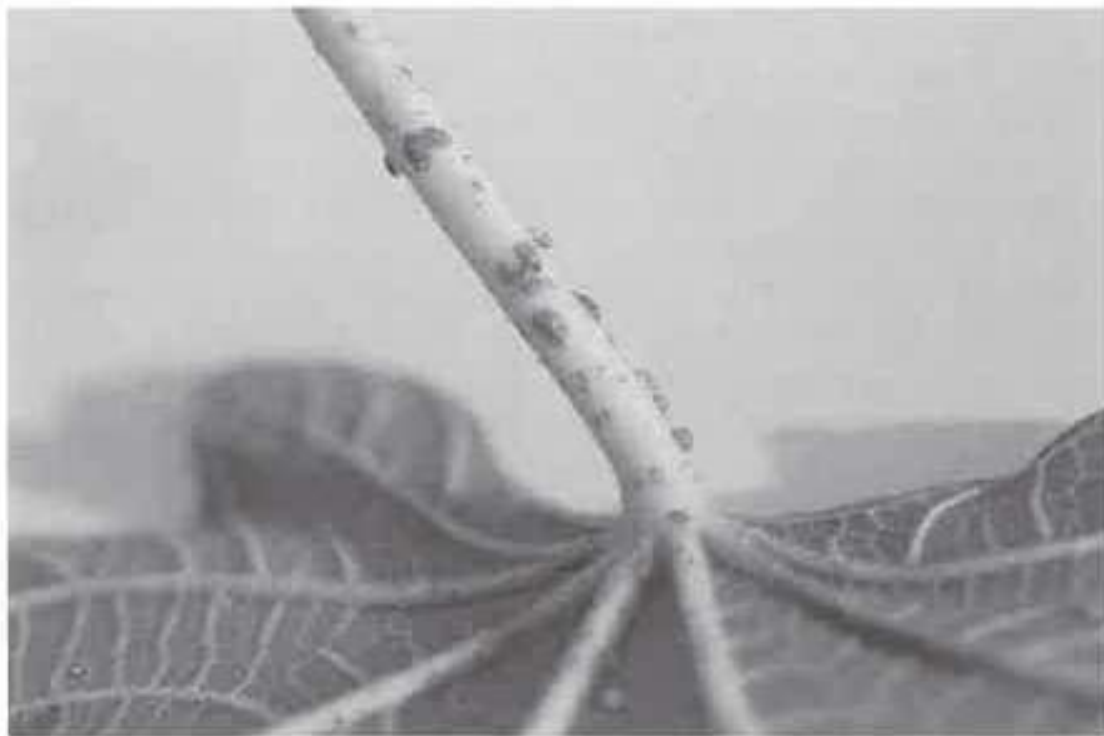
El momento de realizar el tratamiento será abril-mayo, en el caso de la primera generación y hacia el mes de julio en el caso de la segunda generación. La eficacia del tratamiento dependerá de la oportunidad en su realización. Un método sencillo para averiguarlo, consiste en introducir, a principios de primavera o en verano, ranutas atacadas por el insecto en varios tubos o frascos de vidrio, taparlos con algodón y dejarlos colgados en un lugar sombreado de la higuera; al avivar las larvas, acuden al algodón, que se observa como impregnado por un polvo amarillo oscuro que son las larvas jóvenes que emigran tras su avivamiento. Cuando en alguno de los recipientes se vea este estado, realizando una vigilancia semanal, será el momento oportuno del tratamiento.



Fotografía 28. *Ceroplastes rusci* L.. Disposición sobre los nervios de la hoja.

La lucha indirecta contra este insecto puede realizarse utilizando predadores naturales. Sin embargo cuando los ataques son importantes, debe recurrirse a la lucha directa mediante el uso de productos químicos; entre éstos se citan el aceite mineral bien refinado a dosis de 1-1,25%, mojando todas las hojas y ramas, especialmente las hojas por el haz que es donde suelen fijarse las larvas jóvenes (con aceites minerales

no pueden darse más de un tratamiento. El Malathion al 0,6-0,8%, polvo mojable al 25%, o el Carbaril, pueden utilizarse como medio de lucha incluso cuando los huevos están protegidos por el caparazón.



Fotografía 29. *Saissetia Oleae Bem* sobre peciolo.

– **Barrenillo de la higuera** (*Hypoborus ficus* Ex.)

Se trata de un escolítido que vive exclusivamente a expensas de las higueras debilitadas o de las ramas recién partidas (Domínguez, 1976); es por tanto, un parásito secundario que no por ello deja de ocasionar grandes daños en el Mediterráneo. Las ramas debilitadas y atacadas de barrenillo acaban de secarse; las plantas enfermas o en decrepitud también aceleran su muerte.

– *Descripción:* Es un escolítido diminuto, de 1 a 1,4 mm de longitud, de color pardo negruzco, si bien tiene aspecto ceniciento debido a la pubescencia de los élitros. Sus antenas son parduzcas.

– *Biografía:* Los adultos recorren las ramas a gran velocidad, especialmente en los días templados y soleados. Las ramas rotas por el viento o las debilitadas por cualquier otra causa son las preferidas para el ataque; la hembra perfora la corteza de la rama elegida, realizándose en este momento el acoplamiento, permaneciendo el macho en el exterior en sentido perpendicular, mientras la hembra continúa la excavación. Las galerías maternas son de tipo transversal doble, a derecha e izquierda, con cámara en el centro; en su construcción colabora el macho, que siempre acompaña a la hembra en el interior de las galerías. En estas galerías se realiza la puesta y de aquí partirán después las galerías larvarias.

El periodo de puesta es muy largo, pudiéndose encontrar en una colonia larvas.

ninfas en las galerías centrales y huevos en las últimas, mientras los adultos todavía continúan prolongando las galerías maternas por sus extremos. Pueden tener 3-4 generaciones anuales.

– *Medios de lucha*: Como medios de lucha indirecta pueden utilizarse la poda de las ramas rotas o débiles procediendo a continuación a su quema, la vigorización del árbol, la utilización de ramas cebo y evitar las condiciones que conducen al debilitamiento de la planta.

Como medios de lucha directos se recurre a los tratamientos con Lindano u organofosforados en primavera para matar al insecto durante su vida en el exterior, repitiendo los tratamientos a medida que van saliendo los adultos invernantes de la primera generación.

– **Oruga de las hojas** (*Simaethis pariana* Clerk)

Es un microlepidóptero de unos 13 mm de envergadura aproximadamente. Realiza la puesta en el haz de las hojas. Las larvas y orugas devoran la epidermis superior y el parenquima, dejando solamente los nervios. Las zonas atacadas se vuelven pardas.

Las orugas son de color amarillo verdoso u ocre. Tienen dos generaciones al año; la primera en junio y la segunda, más nociva, en julio o primeros de agosto (Flores, 1990).

Los tratamientos contra esta plaga puede efectuarse con Triclorfon, Fenvalerato, piretroides, etc

– **Barreneta** (*Myelois ceratoniae* Zell)

Los ataques de este lepidóptero se producen sobre los higos secos que se encuentran almacenados. Produce galerías en los higos depreciándolos comercialmente.

Productos como Malathion o Triclorfon pueden utilizarse para combatirla, aunque en el área del Sureste no tiene importancia la plaga, ya que la producción se destina fundamentalmente para su comercialización y consumo en fresco.

– **Barrillo** (*Hysteropterum grylloides* F.)

Es un fulgórico que cuando es adulto mide 5-6,5 mm, de color avellana, alas del mismo color y cabeza más ancha que larga; en estado larvario mide 1 mm y es de color pardo. Realiza puestas muy llamativas, generalmente sobre los troncos y ramas gruesas. Estas puestas las realiza también en otros frutales. Su presencia en los árboles se limita al periodo necesario para su reproducción; en la higuera realizan la puesta en julio-agosto, recubriéndola con barro aglutinado, permaneciendo en ella hasta la primavera siguiente y pasando el otoño e invierno protegido por el barro; si la primavera es húmeda avivan gran cantidad de larvas, que emigran a las plantas silvestres, volviendo a la higuera al año siguiente a poner sus huevos; si la higuera se seca, no avivan o lo hacen en menor número (Domínguez, 1976).

No produce daños en la higuera, por lo que en Levante y Sureste no se realizan tratamientos específicos contra su puesta ni sus larvas.

- Nematodos

Por el momento no son considerados como una plaga importante en el Levante y Sureste, aunque se ha descrito su ataque a este frutal en los países mediterráneos. Parece ser que los del género *Meloydogine* son los más perjudiciales en la higuera, aunque se han descrito alrededor de una docena de especies que la atacan. Los ataques de *Meloydogine* se reconocen por las nudosidades que producen sobre las raíces de numerosas plantas. Pasan el invierno en estado de huevo; en primavera sale una larva diminuta (< 0,5 mm), que acude a las plantas recorriendo a veces grandes distancias (hasta varios metros) introduciéndose bajo la cutícula de las raicillas donde labran un camino destruyendo las paredes de las células. El sistema radicular detiene su crecimiento y emite una anormal cabellera de raicillas secundarias.

En caso de que se demuestre el ataque de estos gusanos en la plantación, habrá que proceder a su identificación para poder elegir el tratamiento nematocida más adecuado.

Serna (1996) apunta la observación de daños en las higueras del Sureste, aunque sin determinación de especies. Esta observación se atribuye a la intensificación que está sufriendo el cultivo, especialmente cuando se instala el riego por goteo, por lo que en el futuro tendremos que vigilar también el posible ataque de nematodos. Asimismo, también indica que otras plagas comunes, no citadas como importantes en la higuera, como son algunos ácaros no identificados, están empezando a tener cierta importancia, por lo que también habrá que prestarles atención a partir de este momento; se ha descrito el ataque de *Panonychus ulmi* y de *Tetranychus urticae*.

Otras especies de nematodos que afectan a la higuera y no descritos en el área del Levante y Sureste español, son: *Heterodera fici*, *Xiphinema mediterraneum*, *Pratylenchus vulnus* y *Rotylenchus maerodoratus*.

15.2. ENFERMEDADES

- Podredumbres del sistema radicular (*Roesleria Hypogea*, *Armillaria mellea* (Vahl) Kummer, *Rosellinia necatrix* (Hart) Berl.)

Se trata de enfermedades que afectan también a otros frutales, pero que de momento no son un gran problema en el cultivo de la higuera en el Levante y Sureste, ya que el desarrollo de la enfermedad se realiza en terrenos húmedos, compactos o de subsuelo impermeable, siendo muy difícil su propagación en suelos aireados y en las condiciones de escasez de agua que generalmente padecen las zonas donde se cultiva la higuera en estas regiones.

Las plantas afectadas por estos hongos del suelo pueden morir, manifestando en la parte aérea, marchitamiento de brotes y entrenudos cortos, pudiendo también manifestar síntomas de clorosis. Su sistema radicular se pudre, muestra un aspecto esponjoso y las raíces están ennegrecidas, con olor a moho; la corteza se desprende con facilidad, observándose bajo la misma masas lanosas de color blanco, unidas unas con otras por cordones micelares denominados rizomorfos, primero blancos y después pardos, que se entrecruzan bajo la corteza.

Como medida preventiva para evitar estas enfermedades pueden citarse: evitar la

realización de plantaciones en terrenos compactos o de fácil encharcamiento, arrancar y quemar los árboles afectados, realizando los tratamientos adecuados de desinfección y esperar el tiempo necesario antes de realizar una nueva plantación.

En la zona de Albaterra se ha identificado la especie *Armillaria mellea*, de acuerdo con los análisis encargados por Serna (1996), tras observar síntomas típicos de la enfermedad.

- Negrilla o Fumagina

Esta enfermedad está producida por diversos hongos capnodiáceos, cuya determinación específica no resulta fácil. Generalmente se presentan los géneros *Fumago*, *Limacinia* y otros. El micelio de los hongos recubre la superficie de todos los órganos aéreos de la planta impidiendo el normal desarrollo de sus funciones vegetativas. Sobre las plantas se presentan como un polvo negro, como el hollín; limpiando con la mano el hongo, se aprecia el color natural del órgano sobre el que está, lo que demuestra que vive externamente al vegetal.

Los ataques de "negrilla", son siempre consecuencia de los ataques de alguna de las "cochinillas" que excretan melaza, en este caso la *Ceroplastes ruscii* L. En esta sustancia pegajosa encuentra el hongo el medio apropiado para su propagación, y sólo excepcionalmente se presenta el ataque de "negrilla" sin que aparezca el de "cochinilla" (Domínguez, 1976).

Sus ataques no presentan un problema por sí solos, aunque los árboles no presenten buen aspecto. En general, hasta combatir a la "cochinilla" para que desaparezca la "negrilla", y sólo en casos excepcionales pueden estar recomendados tratamientos específicos.

- *Cerotelium fici* (Butler) Arthur

Ataca a las hojas. Aunque está muy extendido en los países mediterráneos, tiene poca incidencia económica (Smith *et al.*, 1992). Otros hongos que afectan a las hojas y cuya incidencia económica no está descrita como importante son: *Uredo fici* y *Cercospora holeana*. Asimismo, los brotes pueden verse, en determinadas condiciones, afectados por *Botrytis cinerea* Pers.

- Antracnosis (*Gleosporium fructigenum* Berk)

Esta enfermedad, que no está considerada como productora de grandes daños en el Levante y Sureste, está, según Flores (1990) extraordinariamente extendida, viviendo parásita y saprofiticamente en higueras. Produce manchas pardo oscuras, localizadas en todo el envés de las hojas y se desarrolla sobre heridas, perforaciones o cualquier tipo de lesión producida en la mismas. Las fructificaciones se presentan en forma de pequeñas pústulas negruzcas que desprenden una masa de esporas pardo-anaranjadas.

Para su tratamiento pueden utilizarse fungicidas como Zineb, Maneb, Mancoceb, etc.

- *Alternaria* (*Alternaria solani* Sor.)

No es en la actualidad una enfermedad importante en el cultivo de la higuera en el Levante y Sureste.

Este hongo afecta fundamentalmente a las hojas, aunque también puede afectar a los frutos. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por el ambiente seco. La enfermedad empieza primero en la hojas más próximas al suelo, extendiéndose después a las de la copa: las hojas afectadas pueden caer prematuramente; los ataques de *Alternaria* se distinguen fácilmente por presentar manchas redondeadas, de color pardo oscuro, circundadas de amarillo, diseminadas por el limbo y que van creciendo por zonas concéntricas, lo que permite distinguirla con facilidad. En los frutos se manifiesta con un color pardo-dorado, afectando a la calidad y a la cantidad de la cosecha.

El hongo se conserva en el terreno de un año para otro, por lo que los tratamientos preventivos resultan adecuados, y si aparece la enfermedad está aconsejado tratar cuando aparecen los primeros síntomas.

Pueden ser apropiados productos como Oxiclóruo de cobre, Zineb, Maneb, etc.

- Pudrición roja del fruto (*Rhizopus sp.*)

Esta pudrición del "fruto" está provocada por el ataque de un hongo del género *Rizopus* que puede aparecer al principio de la maduración, originando la descomposición interna del mismo y que se caracteriza por su color rojizo y la exudación de melaza por el ostiolo. La descomposición de los siconos puede continuar durante su almacenamiento y comercialización, detectándose entonces por las manchas de color rojo que producen en los envases y su olor agrio, típico de vinagre.

La enfermedad no está catalogada en el Levante y Sureste como productora de graves daños. Los tratamientos deben ser preventivos, comenzándose en junio y continuándose hasta la maduración con productos como TMTD, Benomilo, Vinclozolina, etc.

- Podredumbre interna (*Fusarium moniliforme* Sheldon): Endosepsis

A este hongo se le conoce también con el nombre de *Giberella fujikuroi* (Saw.) Wollenow.

Esta enfermedad se transmite desde los cabrahigos por el *Blastophaga psenes* en la polinización de higueras tipo Esmima. El hongo provoca la pudrición de la pulpa del sicono sin que éste llegue a desarrollarse.

La lucha debe iniciarse preventivamente en los cabrahigos sumergiendo los frutos polinizadores en soluciones de Benomilo, Captafol, etc.

Como nuestras higueras son, generalmente partenocárpicas, esta enfermedad no representa un problema actual en España.

Otros hongos, pertenecientes a distintos géneros y que atacan a las infrutescencias, además de los citados, son: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicilium*, *Giberella*, *Glomerella*, *Gleospirium*, *Botrytis*, etc.

Por otro lado, los hongos *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* han sido descritos como los responsables de la formación de aflatoxinas en ligos secos en Turquía, lo que produjo graves problemas de exportación (Aksoy *et al.*, 2000).

- Chanero del tronco

Esta enfermedad, que se presenta en todos los países productores, aunque sin

importancia económica por el momento en España, está producida por un hongo lignícola. Éste provoca la aparición de un chancro sobre los ramos, las ramas gruesas y el tronco. Los chancros evolucionan lentamente, pero la alteración de los tejidos se extiende progresivamente y provoca el resquebrajamiento de la corteza que acaba por disgregar la madera. Como causante de esta enfermedad se ha citado a *Diaporthe cinerascen*; sus ataques pueden suceder tras la poda o tras ataques de *Botrytis*.

La lucha consiste en la limpieza de la madera y el tratamiento de la misma con cicatrizantes mezclados con fungicidas.

Otra enfermedad que puede afectar a la madera de la higuera es el hongo *Botrytis cinerea* (podredumbre gris) que ataca a ramos jóvenes durante el invierno y la primavera, pudiendo provocar su muerte. La intensidad de los ataques depende de las variedades y de la climatología. Tampoco tiene importancia en las plantaciones del Levante y Sureste.

Como medios de lucha en las zonas afectadas se han utilizado la eliminación de los ramos afectados en invierno, y en caso de afecciones graves se ha recurrido al tratamiento con fungicidas específicos a base de Vinclozolina.

– **Virosis: mosaico de la higuera**

Esta virosis, no clasificada, afecta también a otras especies del género *Ficus* e incluso al género *Morus*.

Se ha descrito en todos los continentes. Afecta a 16 especies de *Ficus*: se transmite por injerto, aunque se sospecha que son vectores ácaros eriofidos (*Aceria ficus* Cotten) (Flores, 1990) e insectos chupadores (Urbán, 1993). También se cree que algunos *Ficus* son resistentes, y el hecho de que las plantas de semilla sean sanas sugiere que no se transmite por este método; sin embargo no parece posible evitar la enfermedad (Smith *et al.*, 1992). Sólo algunos genotipos se citan en la literatura como aparentemente indemnes al mosaico: uno obtenido en un oasis del Sahara argelino (Condit y Horne, 1933) y otro en Yemen (Martelli *et al.*, 1993).

Los síntomas se manifiestan mediante la aparición de un mosaico consistente en decoloraciones irregulares del limbo, manchas cloróticas o necróticas típicas que se observan por transparencia de las hojas. En las plantas afectadas las hojas son más pequeñas y están deformadas.

Afecta a las higueras de todas las zonas productoras españolas, aunque sus daños sobre la producción son difícilmente cuantificables, sí se aprecian pérdidas de calidad; los "frutos" pueden presentar manchas cloróticas irregulares y costras que influyen en su caída prematura. Su manifestación externa puede hacerse patente un año y no aparecer al siguiente.

Como método de lucha se utiliza la selección de estaquillas de árboles que no han presentado manifestaciones de la enfermedad; también se ha utilizado el cultivo de ápices acompañado de una selección sanitaria seguida de una multiplicación rápida "in vitro" como método que puede estar indicado en este caso.

15.3. FISIOPATÍAS

No se describen, en la bibliografía consultada, problemas importantes de fisiopatías en este cultivo ya que en realidad es uno de los frutales utilizados, precisamente, cuando los factores edáficos restringen o dificultan el cultivo de otros frutales. En este sentido, cabe recordar su resistencia a la caliza activa y a la salinidad, que son dos de los factores limitantes para el cultivo frutal, junto a la escasez de agua, en el Sureste español.

Sin embargo, para otras zonas de cultivo en las que la falta de agua no es un factor limitante, se han de tener en cuenta otras consideraciones, como las siguientes:

– Aunque la higuera puede vegetar en todo tipo de suelos, se deben evitar los impermeables o de drenaje deficiente.

– Evitar las orientaciones excesivamente ventosas.

– Las orientaciones al norte con escasez de insolación.

– Las orientaciones o zonas donde la higrometría nocturna alcance la saturación.

Por otro lado, en algunas áreas, que en principio no presentan ventajas destacables para este cultivo, existen orientaciones adecuadas y algunos microclimas especialmente cálidos que pueden resultar muy interesantes para la obtención de una cosecha precoz de brevas, que suelen alcanzar excelentes precios en el mercado, compensando algunos inconvenientes como el pequeño tamaño de la parcela o la dificultad de mecanización de algunas labores de cultivo.

15.4. OTROS ACCIDENTES

A la higuera también le afectan los accidentes meteorológicos como el granizo, los vientos, lluvias fuertes, etc., que provocan daños variables en función de su intensidad, como en otros frutales. La madera de la higuera resulta especialmente sensible a los daños por pedrisco, y aunque las hojas son grandes y protegen a las ramas, cuando se producen granizadas es fácil observar los daños provocados en la madera por este accidente meteorológico.

En el área del Sureste, adquiere cierta importancia el accidente denominado “golpe de sol” (Serma, 1996). Éste se produce en fechas próximas a la recolección, afectando a higos y sobre todo a brevas, acelerando su maduración y caída.

16. MADURACIÓN ANTICIPADA

Desde el punto de vista de su actividad respiratoria los higos y brevas son infrutescencias climatéricas, por lo que éstos pueden recolectarse con alguna anticipación a su maduración gustativa, es decir, antes del climaterio. La recolección por tanto se realiza cuando han alcanzado la madurez comercial. Desde un punto de vista económico, interesa que exista un máximo número de frutos que hayan alcanzado simultáneamente esta madurez comercial para reducir los costes de recolección. Por ello se

han desarrollado técnicas, alguna muy antigua como la denominada **untura** o la **herida**, que permiten acelerar la maduración de los "frutos" en el árbol, consiguiendo anticipar la misma. Al parecer todos los métodos utilizados para acelerar la madurez de las brevas, que es en la cosecha en la que se recurre a estas técnicas, afectan de alguna forma al contenido y producción de etileno. El adelanto de la madurez en unos días está totalmente justificado por las altas cotizaciones que el producto más temprano alcanza en el mercado.

16.1. USO DE ACEITES VEGETALES

La denominada untura de las brevas o higos, en su caso, consiste en depositar sobre el ostiolo u "ojo" una gotita de aceite. La aplicación debe realizarse en el momento oportuno, con independencia de la hora del día. Para averiguar cual es el momento idóneo se recurre a mirar por el ostiolo o bien cortar algunos frutos para saber cuando viran de color y toman el color rojo, que indica que las brevas ya han iniciado su madurez.

La fecha en la que se suele realizar esta operación en el Sureste se sitúa entre el 12 y el 24 de junio y su aplicación anticipada podría provocar la caída de los frutos sin llegar a madurar (Sala, 1976).

El procedimiento consiste en depositar una pequeña gota de aceite, en el momento indicado, en el ostiolo. Para ello los agricultores utilizan un canuto de caña u otros recipientes en los que, tras colocar un algodón, que se va empapando de aceite de oliva, para que al tocar con éste el ostiolo se deposite una gotita de aceite que penetra por el mismo.

Al cabo de unos 7-10 días de practicada la operación maduran las brevas, consiguiendo adelantar su maduración en una semana, resultando su recolección más fácil y económica al tener la higuera más frutos en condiciones de recoger (Sala, 1976).

Esta técnica se suele realizar dos veces durante la época de recolección, desaconsejándose la untura de más del 30-40% de las brevas de una sola vez, ya que esta maduración acelerada supone un esfuerzo extraordinario que acusaría el árbol; a los 8-10 días se vuelve a repetir la operación untando un 20-30% de la cosecha. A partir de este momento, las temperaturas son más altas y las brevas maduran con rapidez suficiente. Asimismo, se ha de destacar que el forzado representa una pérdida de calidad de las brevas, que aunque son aceptables para el consumo, puede apreciarse en los 2-3 cm en los que tocó el aceite utilizado.

Esta técnica, si se dispone de agua de riego o existen suficientes reservas de agua, también puede resultar aconsejable en los últimos higos que se recolectan a primeros o mediados de septiembre, ya que la bajada de las temperaturas podría impedir la adecuada maduración de muchos frutos. En este caso, al ser las temperaturas más bajas, la maduración se obtiene a los 12-14 días.

El atempernamiento de las brevas mediante el uso de una espina o de una aguja con la que se atraviesa su pedúnculo es un método muy poco usado, ya que los siconos en los que se utiliza se deprecian notablemente (Flores, 1990).

En la provincia de Alicante, la aplicación del aceite a las brevas se efectúa tras

comprobar el agricultor, abriendo algunos "frutos", que las brevas o higos colorcan interiormente; en este momento se inicia el untado mediante brocha, mediante esponja o mediante canute de caña con algodón (Serna, 1996).

16.2. UTILIZACIÓN DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO

La aplicación de reguladores del crecimiento como el etileno o el ácido giberélico resultan de mayor interés que la untura con aceite de oliva, según indica Flores (1990), tras la realización de experiencias durante cinco años con estos productos y que a continuación resumiremos. Esta misma afirmación la realiza Weswood (1982) indicando que la maduración de los higos, al igual que otros muchos frutos, se acelera notablemente con el tratamiento con Ethrel, que libera etileno en los tejidos; también las auxinas como el 2, 4, 5-TP [ácido 2 (2, 4, 5 triclórofenoxi)- propiónico] aceleran la maduración de los higos al estimular la síntesis de etileno endógeno. Otros autores, según se desprende de un estudio bibliográfico realizado por Urbán (1993) indican que los tratamientos con Ethrel en el momento oportuno adelantan la maduración de las siconos en 5-10 días sobre el control y que éstos alcanzan mayor tamaño y peso seco, mayor contenido en sólidos solubles, mayor color, mayor textura y mejor sabor. Otros cambios descritos y que se producen tras el tratamiento con Ethrel son: aumento en la síntesis de ribosomas, RNA y proteínas, reducción rápida de los niveles epidérmicos de las clorofilas A y B, β caroteno, luteína, neoxantina y violoxantina, produciéndose al mismo tiempo un aumento en la acumulación de antocianinas; el peso seco, se incrementa inmediatamente después del tratamiento hasta la pudrición y se reduce la firmeza rápidamente (el óptimo para la recolección lo sitúan en 40,5 g/cm²).

Resumen de los experimentos realizados por Flores (1990) con Ethrel y GA:

Maduración de brevas:

Se utilizó un testigo, no tratado, aceite de oliva y Ethrel-48 a las dosis de 100, 200, 300 y 400 ppm durante 1979-80-81 y a las dosis de 250, 300, y 350 ppm durante 1982-83, además en estos dos últimos años también se utilizó el Ethephon (Ethrel-48) disuelto en agua mediante aplicaciones manuales.

Maduración de higos:

Se utilizó un testigo y Ethrel-48 a 200 ppm.

Los resultados obtenidos de estos experimentos fueron:

a) El aceite de oliva es totalmente selectivo, sólo maduran los frutos tratados, que lo hacen a los 8-9 días de la untura. Procedimiento costoso.

b) El Ethrel a 100 ppm no adelanta la maduración mientras que a 200 ppm ésta se produce a los 15 días de la aplicación siendo la causa de la abscisión de un 20% de "frutos" pequeños. A 300 ppm, el atempernamiento es similar que el producido por el aceite de oliva, aunque la abscisión de los "frutos" de segunda cosecha llega al 45-50%. A 400 ppm, las brevas maduran en 2-3 días y la abscisión del 75-80% de los

“frutos” de 2ª cosecha. A 500 ppm la maduración se produce a los 7-8 días del tratamiento, con el inconveniente de que se produce la abscisión del 100% de los “frutos” de 2ª cosecha. A 250 ppm, la maduración se produce 2-3 días más tarde que con el aceite y la abscisión se cifra en el 40%. A 350 ppm, la maduración es muy homogénea, produciéndose en el mismo tiempo que con el aceite y la caída se cifra en el 55-60%.

Destaca asimismo este autor que las pulverizaciones a hojas y “frutos” deben ser ligeras y obteniendo las siguientes conclusiones:

1ª. Por economía, utilizar dosis medias, ya que los resultados obtenidos son similares a los obtenidos con dosis de 500 ppm.

2ª. No afecta a la cosecha de brevas del año siguiente.

3ª. Facilita el engorde de los frutos de segunda cosecha, por quedar menor número en el árbol.

4ª. Obtención de mayor calidad de frutos al no dejar “marca”, típica en las aplicaciones de aceite.

5ª. Ahorro de mano de obra con respecto a la aplicación de aceite.

6ª. Como inconveniente, se cita la abscisión de un porcentaje alto de higos respecto a la aplicación de aceite.

La aplicación de GA a 10 ppm, para evitar la caída de frutos, 15, 20 y 25 días antes de la aplicación con Ethrel, redujo la caída de éstos considerablemente.

Las aplicaciones en la provincia de Alicante con Ethepon-48 a dosis de 1,5, 2 ó 2,5 cc/l de agua, sólo dirigida al ostiolo, mediante pulverización o mediante los métodos citados en el caso de la aplicación de aceite, da buenos resultados, obteniéndose un incremento de tamaño (Serna, 1996); éste también considera interesante la aplicación de GA a 10 ppm entre los 15, 20 ó 25 días antes de la aplicación del Ethrel.

17. RECOLECCIÓN

La recolección de los siconos representa uno de los costes de cultivo más importantes de este frutal (hasta el 50% de los costes totales), siendo una operación que requiere un especial cuidado.

La orientación de este frutal en España es, hacia la producción de “frutos” de primera cosecha: brevas, que al igual que los de segunda cosecha: higos, se destinan fundamentalmente a su comercialización en fresco, siendo en todo caso la producción para secado una orientación complementaria de la primera.

17.1. ÉPOCAS DE RECOLECCIÓN

La cosecha de brevas se recolecta durante los meses de junio y julio, de forma escalonada, y la recolección de higos se efectúa durante los meses de julio, agosto y septiembre, también de forma escalonada.

17.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

Las brevas e higos son infrutescencias muy delicadas y poco resistentes al transporte, por lo que tanto la recolección como su manipulación y comercialización, deben realizarse de forma cuidadosa.

Cuando se desean reducir los efectos negativos del transporte y manipulación sobre los siconos suele recurrirse a su envasado en campo, depositándolos directamente sobre cajas con alveolos de plástico: así llegarán mejor acondicionados al almacén, donde únicamente serán pesados y paletizados para su expedición. Actualmente la recolección suele realizarse en cubos de plástico de pequeña capacidad, siendo transportados en palers hasta el almacén donde se realiza el control de calidad, calibrado y envasado en cajas de cartón con alveolos de plástico.

La recolección se realiza en el momento en el que se alcanza la madurez comercial, que está próxima a la gustativa. Esta recolección suele realizarse por las mañanas, cuando las brevas y los higos están más turgentes y por tanto aguantan mejor los golpes que recibirán, aunque la recolección sea cuidadosa. Los siconos se disponen en las cajas en una o en dos capas, siendo el contenido de estos envases de 4-5 Kg y de 10-12 Kg, respectivamente. Durante la recolección y envasado se suelen distinguir 3 ó 4 calibres.



Fotografía 30. Brieva Colar en el punto óptimo para recolección.



Fotografía 31. Detalle de brevas envasadas en caja de madera con alveolos de cartón.



Fotografía 32. Envasado de higos con alveolos de plástico.

A modo orientativo, tras realizar un control sobre el peso de los frutos de la variedad Colar en una industria del sector, para distintos calibres, resultó:

Tabla 57
Calibres y pesos en brevas e higos de la variedad Colar

Brevas		Higos	
Calibre	Peso medio (g)	Calibre	Peso medio (g)
25	106,5±12,7		
30	86,2±6,6	36	70,9±4,5
36	71,4±5,9	45	53,5±3,1
52	52,5±4,5	56	43,4±3,1

Fuente: Coza (1998).

17.3. RENDIMIENTOS

Según Flores (1990), los árboles adultos cultivados en secano, al marco de plantación de 9 x 9 m, pueden dar 8 t/ha de brevas o 15 t/ha de higos. Cuando los árboles están en regadío al marco de 6 x 6 m, pueden dar 20 t/ha de brevas o 35 t/ha de higos. Las primeras cifras orientativas son fácilmente superables. La evolución productiva, de este frutal puede verse en la Tabla 58.

La vida productiva de la higuera puede cifrarse en 40-50 años, aunque puede vivir muchos más.

La producción de brevas, que es la más interesante en nuestra área es aprovechable prácticamente en su totalidad, mientras que la segunda cosecha (higos) tiene un aprovechamiento inferior (50-60%), dependiendo fundamentalmente de las condiciones meteorológicas, de la variedad y zona de cultivo.

El rendimiento de la recolección se estima en unos 200 Kg/jornal en marcos intensivos, mientras que este rendimiento puede reducirse a la mitad cuando se trata de árboles grandes y en cultivo extensivo.

Tabla 58
Producciones estimadas en los primeros años según orientación de la cosecha

Año	Brevas (Kg/árbol)	Higos (Kg/árbol)
1	—	—
2	—	—
3	—	1-2
4	1-2	3-4
5	5-10	15-20
6	10-12	12-25
7	10-20	20-40
8	25-40	50-80
9	30-50	70-120
10	50-90	120-150

Flores, 1990

18. PROCESO DE MANIPULACIÓN Y CONSERVACIÓN

18.1. PRODUCTO FRESCO

Como ya se indicó anteriormente, para evitar el deterioro de los siconos, en ocasiones, la manipulación y clasificación se realiza en campo, con lo que el proceso se completa en el almacén con las operaciones de pesado y paletizado. Últimamente, la recolección se efectúa en cubos de plástico de pequeña capacidad, que se transportan hasta el almacén en palets donde se efectúa la manipulación, clasificación, envasado, pesado y paletizado, o bien en cubos de plástico que se descargan sobre cajas de plástico de unos 10 kg, realizando el transporte hasta el almacén en estas últimas donde siguen el proceso expuesto anteriormente. Desde aquí, los frutos suelen salir inmediatamente en transporte refrigerado hacia los mercados de destino, someténdose en ocasiones al proceso de prerrefrigeración con objeto de reducir rápidamente su actividad metabólica y asegurar así una más larga duración durante el periodo de comercialización: esta operación es especialmente interesante cuando el producto se envía a mercados distantes. Últimamente el envase de cartón, más barato y atractivo, está desplazando al de madera.

Como se deduce de lo anteriormente expuesto el producto no sufre ningún tipo de tratamiento como cepillado, lavado, etc., dada su especial sensibilidad a la manipulación, con excepción de su clasificación.

Los estudios sobre conservación frigorífica en España son escasos, presentándose dificultades en la misma por la sensibilidad intrínseca de este producto. Algunas experiencias en otros países (Urbán, 1993) indican que en las condiciones de conservación de 1°C y 90% de HR, recolectando los frutos semimaduros (en el estado de 3/4 de su coloración en la madurez) con la variedad Bursa Siyahi, cultivada en Turquía, los "frutos" pueden ser conservados durante 6 semanas siempre que se hayan recolectado con una firmeza de 6 lb/inch². La firmeza del producto decrece en este periodo hasta 0,9 lb/inch², y durante la misma no se produjeron cambios significativos en el pH, azúcares totales y materia seca, pero se observó un oscurecimiento del color de la piel y una pérdida de peso cercana al 6%. Otras experiencias realizadas en Japón ratifican la anteriormente expuesta. En la provincia de Alicante, las empresas que fueron consultadas al respecto, según el trabajo anteriormente citado de Urbán, la aplicación de la técnica de prerrefrigeración a 6-7°C permite mantener los higos en buen estado durante una semana, tiempo suficiente para que éstos lleguen a los mercados de Barcelona, Bilbao, Perpignan, etc. Asimismo, se indica en este estudio que cuando la mercancía se destina al mercado nacional, no se aplica frío; los higos recolectados por la mañana, llegan por la tarde o noche a su destino, llegando al día siguiente al consumidor.

Tabla 59
Condiciones de conservación recomendadas, tiempo de almacenamiento, producción de calor y características físicas de frutas de especies caducifolias (Westwood, 1982)

Fruto	Temperatura de conservación (°C)		Humedad relativa (%)	Tiempo promedio de almacenamiento (días)	Límite superior de congelación (°C)	Contenido de agua (%)	Calor específico (Kcal/kg/°C)	Producción de calor (Kcal/m ³ /día) cuando la fruta se almacena a		
	Mínima	Máxima						0° C	20-30 °C	50-70 °C
Aguacate	4	15	85-90	14-28	-0.28	65.1	0.72	—	1 979- 1 834	4 500-21 104
Albaricoque	-0.6	0	90	7- 14	-1.05	85.1	0.83	—	500-2 306	3 667- 1 139
Arándano azul	-0.6	0	90-95	14	-1.28	82.5	0.86	139- 639	538- 750	3 167- 4 859
Arándano rojo	-2	4	90-95	10-120	-1.39	87.6	0.90	167- 194	230- 274	667- 1 213
Caqui	-1	9	90	90-120	-2.17	74.2	0.81	—	361	1 222- 1 472
Cereza	-1	-0.6	90-95	14- 21	-1.78	89.9	0.84	250- 339	589- 861	1 722- 2 944
Ciruela	-0.6	0	90-95	14- 28	-0.83	85.7	0.89	111- 194	200- 536	1 028- 1 565
Frambuesa	-0.6	0	90-95	2- 5	-1.11	80.6	0.85	1 083-1 528	1 089-2 561	—
Fresa	0	9	90-95	5- 7	-0.78	89.0	0.92	750-7 585	1 000 2 028	6 250-11 972
Granada	0	9	90	14- 25	-0.90	82.5	0.86	—	—	—
Grosella (Rubus sp.)	0.0	0	90-95	7- 14	-1.00	84.7	0.84	—	—	—
Grosella (R. grossularia)	-0.6	3	90-95	14- 28	-1.11	86.9	0.93	417- 528	750- 838	—
Gomda	0	9	90-95	5- 7	-1.67	88.7	0.87	341- 506	778- 806	2 399- 3 046
Higo	-0.6	3	85-90	7- 10	-2.44	78.0	0.82	—	667- 806	3 472- 5 806
Manzana	-1	4	90	90-240	-1.50	84.1	0.87	1 559- 250	306- 644	1 028- 2 189
Melocotón	-0.6	0	90	14- 28	-0.94	89.1	0.91	230 380	389 556	9 611 6 250
Morabillón	-0.6	0	90	40- 90	-2.00	85.5	0.88	—	—	—
Carzamora (Rubus sp.)	-0.6	0	90-95	2- 5	-0.85	84.8	0.88	1 083-1 194	1 417-8 400	8 528- 1 275
«Strobilerys»	-0.6	0	90-95	2- 5	-1.28	84.5	0.88	—	—	—
«Dendroerys»	-0.6	0	90-95	2- 5	-1.28	83.0	0.86	—	—	—
«Laganerys»	-0.6	0	90-95	2- 5	-1.28	83.0	0.86	—	—	—
Nectarina	-0.6	0	90	14- 24	-0.89	83.8	0.85	—	—	—
Pera	-2	-0.6	90-95	60-210	-0.15h	82.0	0.86	494- 417	306- 6.1	1 833- 4 278
Sauco	-0.6	0	90-95	7- 14	—	79.8	0.84	—	—	—
Uva (vitifera)	-1	0.6	90-95	60-180	2.17	81.6	0.89	85- 139	194- 361	—
Ela (americana)	-0.6	0	85	14- 30	-1.28	81.9	0.86	167	559	2 680

FUENTE: Lutz y Hardenburg, 1966

Los estudios sobre las alteraciones que aparecen durante la conservación frigorífica (Ricci, 1973), ponen de manifiesto que *Botrytis cinerea* era la principal causa de la pudrición de higos almacenados. Otros hongos como *Alternaria tenuis*, *Penicilium*, *Mucor* y *Rizopus spp.* también producían daños. Durante el almacenamiento frigorífico, aunque con retraso, se obtuvo el desarrollo de los anteriores hongos, por lo que hubo que realizar tratamientos con distintos fungicidas que mejoraron notablemente los resultados de esta conservación.



Fotografía 33. Envasado de breyas Cotar en almacén. Obsérvense los embos con los que se transporta el producto desde el campo.



Fotografía 34. Detalle de las breyas envasadas en cajas de madera con alveolos de cartón.

18.2. PRODUCTO SECO

Como ya se ha indicado, en España, la mayor parte del producto se comercializa en fresco. La manipulación para obtener producto seco es más bien típica de países con mano de obra barata y de algunas regiones con variedades muy adecuadas para este fin. En España y en otros países mediterráneos de mayor nivel de vida, el secado también se realiza, aunque en cantidades pequeñas y con objeto de dar salida al producto que no se ha podido vender en fresco.

En España, la principal Comunidad Autónoma productora de higos para secado es Extremadura. En 1993, la producción de siconos frescos de esta Comunidad fue de 11.425 t (20,9% de la producción nacional): 4.425 t en Badajoz y 7.000 t en Cáceres, siendo la segunda comunidad productora de esta fruta, después de Baleares, donde se produjeron 20.380 t (37,4% de la producción nacional). Sin embargo, mientras gran parte de la producción de Baleares se destina a la alimentación animal por problemas de falta de mano de obra, en Extremadura gran parte de la cosecha se destina a higos secos y pasta de higos. Así, en la campaña de 1991/92 (Esteban, 1994), la adquisición de higos para secado y pasta de higos, mediante contratos homologados, en esta Comunidad fue de 3.019.412 Kg, lo que supuso el 46,5% de la producción nacional de higos secos, distribuyéndose del siguiente modo, en las dos provincias extremeñas:

Cáceres	1.309.545 Kg de higos secos para selección y envasado. 107.431 Kg de higos para pasta.
Badajoz:	1.602.436 Kg de higos para pasta.

Las industrias transformadoras de higos secos se localizan, fundamentalmente, en Extremadura y en Málaga.

Las variedades más adecuadas para la producción de higos secos son aquellas de piel fina, uníferas, que dan higos tardíos, azucarados y poco jugosos. El secado se realiza al sol, sobre esteras, cañizos, etc., instalando el secadero alejado de posibles fuentes de contaminación. No debe dificultarse la circulación del aire en la zona de secado. Se considera que los higos están secos cuando todavía son flexibles y no exudan al apretarlos; la relación azúcar/humedad debe ser próxima a 2.

Las variedades más representativas y apropiadas para higos secos son (Flores, 1990):

Consumo humano: Cuello de Dama, Blanca de Maella, Blanca temprana, Moscatel, Burjasot, Arail y Napolitana negra.

Consumo animal: Boyuno, Pezonudo, Verdal y Parejal.

El proceso de **secado artesanal**, presenta las siguientes etapas (Urhán, 1993):

1ª. Tría de los frutos. Puede ser manual o parcialmente mecanizado.

2ª. Escaldado. Los frutos se sumergen en agua hirviendo durante 40-50 s, según la variedad. En ésta se han disuelto previamente 4 Kg de sal común por cada 100 l. Con esta operación se produce el ablandamiento de la piel, se mejora y uniformiza el color, se elimina la capa de pruina y se reducen al mínimo los microorganismos presentes.

3ª. Colocación sobre zarzos. Esgurrido.

4°. Sulfitado. Se llevan a un lugar cerrado donde se realiza la fumigación con anhídrido sulfuroso durante 2-4 horas, quemando para ello unos 2 Kg de flor de azufre por cada tonelada de frutos secos. Esta operación mejora el color (variedades blancas), pero sobre todo asegura una mejor conservación porque evita fermentaciones.

5°. Secado al sol. Los higos se exponen al sol sobre esteras o zarzos, poniéndose a cubierto cada tarde para evitar la puesta de las mariposas nocturnas y el efecto negativo de la humedad. La operación se termina después a la sombra, en lugar bien aireado; se apilan y se voltean cada cierto tiempo para uniformar el grado de humedad.

El proceso de **secado artificial**, se realiza como sigue (Flores, 1990):

Una vez efectuada la tria previa, los higos se desecan en evaporadores de bandeja. Los más utilizados para higos son los inclinados, y entre éstos los de túnel, utilizados frecuentemente en California para desecación de ciruelas, pasas de uva e higos.

La primera fase de la desecación debe realizarse con temperatura inferior a 45°C. Después se procede al escaldado y se desecan por segunda vez. Las necesidades para secar 1 Kg de fruta son: 78 Kg de aire caliente a 60 °C ó 665 Kcal.

19. COMPOSICIÓN NUTRITIVA

El contenido energético de los higos es grande, y tal como indicamos al principio, esta fruta puede constituir una fuente de alimento importante para países poco desarrollados.

Tabla 60
Composición nutritiva de higos frescos y secos
(por 100 g de porción comestible)

Compuesto	Higo	Higo seco
Agua (%)	77,5	23,0
Kcalorías	80	274
Proteínas (g)	1,2	4,3
Grasas (g)	0,3	1,3
Hidratos de carbono (g)	20,3	69,1
Vitamina A (U.I.)	80	90
Tiamina, B1 (mg)	0,1	0,03
Riboflavina, B2 (mg)	0,1	0,02
Niacina, B (mg)	0,7	0,1
Ac. Ascórbico, Vit. C (mg)	0	7
Calcio (mg)	126	7
Fósforo (mg)	77	10
Hierro (mg)	3,0	0,3
Sodio (mg)	34	1
Potasio (mg)	640	110

Westwood, 1982.

La composición en azúcares y ácidos orgánicos, obtenida por Sugiyama *et al.* (1991), tras el análisis de higos procedentes de un mercado de Hannover es la siguiente:

Tabla 61
Composición en azúcares y ácidos orgánicos de higos frescos
(por 100 g de porción comestible)

SS (%)	Glucosa (%)	Fructosa (%)	Sacarosa (%)	Sorbitol (%)	Total (%)
13,44	3,165	3,119	0	0	6,884
Acidez (%)	A. cítrico (%)	A. málico (%)	A. Oxálico (%)	A. isocítrico (%)	(c+m+o+i) (%)
4,3	3,02	0,97	0	0	3,99

Los análisis realizados en la porción comestible de brevas de distintas variedades cultivadas en el Sureste español (Colar, Flor Ancha, Tío Antonio y Gobernador), recolectadas en el periodo de madurez, dieron los siguientes resultados:

Tabla 62
Composición en azúcares y ácidos orgánicos de brevas frescas
(por 100 g de zumo)

PH	SS (%)	Glucosa (%)	Fructosa (%)	Sacarosa (%)	Maltosa (%)	Total (%)
4,8-5,6	19-22	10,3-13,7	5,8-7,6	ND-1,0	ND-0,8	17-22
Acidez expresada en A. cítrico (%)	A. Cítrico (%)	A. Málico (%)	A. Oxálico (%)	A. Tartárico (%)	A. Ascórbico (mg/l)	C-M+O+T+A (%)
0,13-0,20	0,13-0,20	0,01-0,02	0,02-0,04	ND-0,01	147-190	0,08-0,10

ND: No detectado.

Los pigmentos antocianicos encontrados en la piel y pulpa de variedades negras o violetas son (Puech *et al.*, 1991; Francis, 1975):

- Cianidina 3.5-diglucósido.
- Cianidina 3-rhamnoglucósido.
- Pelargonidina 3-rhamnoglucósido.
- Cianidina 3-monoglucósido.
- Pelargonidina 3-rhamnoglucósido.

20. APLICACIONES ALIMENTARIAS, DIETÉTICAS, MEDICINALES Y OTRAS

En este apartado únicamente nos limitaremos a citar las aplicaciones sin detallar su descripción, aunque antes destacaremos la siguiente información dada por Ferguson *et al.* (1990), referida al consumo de los siconos en EE.UU.: “la población norteamericana tiene cada vez mayor interés por el valor nutritivo de los alimentos, por lo que el hecho de que esta fruta no contenga grasas ni colesterol, sea más alta en fibra que cualquier otra fruta fresca o seca, tenga más calcio/gramo que la leche y sea alta en potasio, la hace muy atractiva como aditivo de los alimentos; trozos y pasta de higo están siendo incorporados en cereales, galletas y alimentos naturales, y el Ejército de los Estados Unidos ha desarrollado una “barra de supervivencia” cuyo mayor componente es el higo”.

En el párrafo anterior vemos la importancia que desde el punto de vista alimentario está adquiriendo esta “fruta” en países tan desarrollados como los EE.UU., por lo que ha de esperarse que en breve estas aplicaciones, junto con las tradicionales de nuestro país, tengan una mayor influencia sobre el consumidor y se produzca un relanzamiento del cultivo hacia cotas más altas que las actuales.

20.1. APLICACIONES ALIMENTARIAS

Los siconos de la higuera tienen las siguientes aplicaciones alimentarias:

- Brevas e higos: como producto fresco y seco.
- Higo seco como aperitivo, en algunos países europeos.
- Higo seco como relleno de algunas carnes de ave.
- Higo seco con una almendra o avellana en su interior.
- Como condimento de muchos platos de cocina o en postres.
- Confitura o mermelada de higos.
- Conserva de higos al natural.
- Sirope de higos.
- Pan de higos.
- Para fabricación de derivados alcohólicos.
- Para fabricación de “café” de higos.



Fotografía 35. Higos en almíbar.



Fotografía 36. Frasco de higos en almíbar.



Fotografía 37. Aspecto de los higos.

20.2. APLICACIONES DIETÉTICAS Y MEDICINALES

Los "frutos" presentan las siguientes propiedades: pectorales, laxantes, actividad antitumoral, nutritivas, aplicaciones de uso externo.

Las "hojas" han sido utilizadas desde antiguo por las siguientes propiedades medicinales: diurético, emoliente y antihelmíntico. Además presentan propiedades antipalúdicas.

20.3. OTRAS APLICACIONES

En la bibliografía aparecen otras aplicaciones entre las que citamos: como fuente de proteasas, por su látex como nematocida, para repoblaciones forestales, hojas frescas y secas, higos de destrio para aprovechamientos ganaderos, etc.

21. COMERCIALIZACIÓN

21.1. COMERCIO INTERIOR

Los principales mercados nacionales son: Madrid, Barcelona, Valencia, Zaragoza, Sevilla, y Bilbao. El producto se comercializa de la forma indicada anteriormente, fundamentalmente en fresco. El pan de higo procedente de los higos secos se fabrica y se comercializa en todo el país. La mayor demanda nacional de higos secos, en España, se produce en el Norte.

En la provincia de Alicante, en el año 1993, los precios orientativos de las brevas pagados por entidades asociativas a sus socios oscilaron entorno a las 235 ptas/Kg, observándose en los últimos años un incremento en la producción de brevas frente a la de higos. Éstos quedan, a veces, hasta un 70% sin recolectar en esta zona, debido fundamentalmente al coste de la recolección; cuando al agricultor no le compensa el precio, deja el producto en el árbol; el precio percibido en la misma campaña por los higos fue de unas 128 ptas/Kg.

Se estima (Riquelme, 1994), que los costes de producción en 1993 estaban entorno a las 100 ptas/Kg de media para brevas e higos; de éstos un 40-50% correspondían a costes de recolección.

Durante la campaña de 1998, en el Sureste español, el precio percibido por el agricultor en entidades asociativas para la variedad Colar estuvo entorno a 300 ptas/Kg para brevas y a 130 ptas/Kg para higos. En 1999 el precio bajó a 200 ptas/Kg para brevas y a 120 ptas/Kg para higos, atribuyéndose esta bajada a una espectacular producción sobre la campaña anterior, destacando siempre durante los últimos años tanto el aumento progresivo de la demanda como de los precios de ambos productos, de modo que el interés por este cultivo está actualmente en ascenso en este área.

21.2. COMERCIO EXTERIOR

Los principales países importadores de nuestra producción son los de la U.E.: Reino Unido, Francia, Alemania, etc.

En muchos de los países europeos se prefiere el higo turco o griego, por su mayor tamaño, aunque éstos sean de peor calidad que los españoles. por lo que convendría realizar una campaña de marketing para solucionar este problema, orientando a los consumidores sobre los aspectos de calidad en estas frutas (Esteban, 1994).

22. DESCRIPTORES DE LA HIGUERA

A continuación se expone la lista de descriptores que para esta especie fue aprobada por los especialistas del proyecto de la U.E. GENRES29CT95, en el que participaron distintos centros de investigación y universidades de Grecia, Italia, Francia y España. Se indica asimismo la dirección de la base de datos de este proyecto, en la que los interesados pueden encontrar la información obtenida sobre esta especie en los distintos países, incluyendo su descripción de acuerdo con estos descriptores. La lista que se expone puede ser ampliada para una mejor descripción de las características de la especie.

Project on "Minor Fruit Tree Species Conservation" - RESGEN29 DESCRIPTOR LIST FOR FIG (*Ficus carica* L.)

<http://www.unifi.it/project/ucresgen29/netdbase/db1.htm>

PASSPORT - Accession and collection data

1 - European Minor Fruit Tree Species Database (EMFTSD) number: unique numerical identifier for an accession;

2 - Species: to be repeated for each accession (botanical name);

3 - Accession designation: name of the accession (cultivar, breeder's designation, donor's designation);

4 - Accession synonym: a synonym to the accession designation. For each species with synonyms, a common accession designation should be identified for each partner and then synonyms should be quoted here;

5 - Donor name: name of institution or individual responsible for donating the germplasm;

6 - Acquisition date: the date on which the accession entered the collection in the form of DDMMYYYY;

7 - Institute number: the partner number from Technical Annex of Project. The same number reported in the Institution Database file;

8 - Country keeping the accession: two letters acronym of country in which the partner and the collection is located (see attached list);

9 - Collection site: if one Institution holds accessions in more than one environmentally different field, each field should have an identifier site number;

10 - Country of origin: when certainly known two letter abbreviation (according to attached list) for country of origin of the accession; if not sure, type "uncertain";

11 - Collection source

- 1 = wild
- 2 = abandoned farm land
- 3 = farm land
- 4 = nursery
- 5 = institute
- 6 = other (specify in Collector's notes

- point 17)

12 - Status of sample

- 1 = wild
- 2 = breeder's line
- 3 = primitive cultivar (landrace)
- 4 = advanced cultivar (bred)
- 5 = other or uncertain

13 - Virus disease status

- 1 = virus disease free
- 2 = virus disease present
- 3 = not tested

FIRST CHARACTERISATION

14 - Fruit use

- 1 = fresh consumption
- 2 = drying
- 3 = canning or industrial use
- 4 = others

15 - Plant use

- 1 = no use
- 2 = fruit production
- 3 = ornamental
- 4 = others

16 - Identification of material

- 1 = verified
- 2 = probable
- 3 = uncertain

17 - Collector's notes

FURTHER CHARACTERISATION AND EVALUATION

18 - Full maturity (50% of the fruits mature)

- 18.1 - Breba
 - 1.1 = very early: before 15 May
 - 1.2 = early: 16-31 May
 - 1.3 = mid-season: 1-15 June
 - 1.4 = late: 16-30 June
 - 1.5 = very late: after 1 July

- 18.2 - Main crop
 - 2.1 = very early: end July
 - 2.2 = early: 1-10 August
 - 2.3 = mid-season: 11-31 August
 - 2.4 = late: 1-30 September
 - 2.5 = very late: after 1 October

19 - Pollination requirement for main crop fruit set

- 2.1 = caduceous (non-parthenocarpic)
- 2.2 = persistent (parthenocarpic)

20 - Fruit set

- 1 = short (before 3 years)
- 2 = medium (3-5 years)
- 3 = long (after 3 years)

21 - Yield

- 21.1 - Breba
 - 1.1 = low: < 2
 - 1.2 = moderate: 2-6
 - 1.3 = high: > 6

21.2 - Main crop

- 2.1 = low: < 2
- 2.2 = moderate: 2-6
- 2.3 = high: > 6

22 - Growth habit

- 1 = erect
- 2 = semi-erect
- 3 = compact
- 4 = spreading
- 5 = weeping

23 - Tree vigour

- 1 = low
- 2 = medium
- 3 = high

24 - Leaf size

- 1 = very small
- 2 = small
- 3 = medium
- 4 = large
- 5 = very large

25 - Fruit shape

- 25.1 - Breba
 - 1.1 = spherical

- 1.2 = oblate
- 1.3 = ovoid
- 1.4 = pyriform
- 1.5 = turbiniform
- 1.6 = cucurbitiform
- 25.2 - Main crop
- 2.1 = spherical
- 2.2 = oblate
- 2.3 = ovoid
- 2.4 = pyriform
- 2.5 = turbiniform
- 2.6 = cucurbitiform

26 - Fruit weight (average of randomly selected 25 fruits)

- 26.1 - Breba
- 1.1 = very light (< 20g)
- 1.2 = light (21-50g)
- 1.3 = medium (51-90g)
- 1.4 = heavy (91-120g)
- 1.5 = very heavy (> 120g)
- 26.2 - Main crop
- 2.1 = very light (< 20g)
- 2.2 = light (21-50g)
- 2.3 = medium (51-90g)
- 2.4 = heavy (91-120g)
- 2.5 = very heavy (> 120g)

27 - Ostiol size

- 27.1 - Breba
- 1.1 = small (0-2 mm)
- 1.2 = medium (2.1-4 mm)
- 1.3 = large (> 4.1 mm)
- 27.2 - Main crop
- 2.1 = small (0-2 mm)
- 2.2 = medium (2.1-4 mm)
- 2.3 = large (> 4.1 mm)

28 - Shape of the fruit stalk

- 28.1 - Breba
- 1.1 = variously enlarged
- 1.2 = long and slender
- 1.3 = short and thick
- 28.2 - Main crop
- 2.1 = variously enlarged
- 2.2 = long and slender
- 2.3 = short and thick

29 - Skin cracks

- 29.1 - Breba
- 1.0 = absent
- 1.1 = longitudinal cracks
- 1.2 = minute cracks
- 29.2 - Main crop
- 2.0 = absent
- 2.1 = longitudinal cracks
- 2.2 = minute cracks

30 - Skin ground colour

- 30.1 - Breba
- 1.1 = purplish black
- 1.2 = purple
- 1.3 = brown (bronze, copper, light violet)
- 1.4 = light green
- 1.5 = green
- 1.6 = dark green
- 1.7 = bluish green
- 1.8 = light yellow
- 1.9 = yellow
- 30.2 - Main crop
- 2.1 = purplish black
- 2.2 = purple
- 2.3 = brown (bronze, copper, light violet)
- 2.4 = light green
- 2.5 = green
- 2.6 = dark green
- 2.7 = bluish green
- 2.8 = light yellow
- 2.9 = yellow

31 - Skin overcolour

- 31.1 - Breba
- 1.0 = none
- 1.1 = regular bands yellow
- 1.2 = regular bands green
- 1.3 = regular bands purple
- 1.4 = irregular patches with yellow sector
- 1.5 = irregular patches with purple sectors
- 1.6 = irregular patches with green sector

31.2 - Main crop
 2.0 = none
 2.1 = regular bands yellow
 2.2 = regular bands green
 2.3 = regular bands purple
 2.4 = irregular patches with yellow

sector

2.5 = irregular patches with purple sectors

2.6 = irregular patches with green sector

32 - Internal colour

32.1 - Breba

1.1 = white

1.2 = amber (light brown)

1.3 = pink

1.4 = dark pink

1.5 = red

1.6 = dark red

32.2 - Main crop

2.1 = white

2.2 = amber (light brown)

2.3 = pink

2.4 = dark pink

2.5 = red

2.6 = dark red

33 - Fruit cavity

33.1 - Breba

1.0 = none

1.1 = very small

1.2 = small

1.3 = medium

1.4 = large

33.2 - Main crop

2.0 = none

2.1 = very small

2.2 = small

2.3 = medium

2.4 = large

34 - Amount of seeds (fruitlets)

34.1 - Breba

1.0 = none

1.1 = low

1.2 = medium

1.3 = high

34.2 - Main crop

2.0 = none

2.1 = low

2.2 = medium

2.3 = high

35 - Seeds (fruitlets) size

35.1 - Breba

1.1 = small

1.2 = medium

1.3 = large

35.2 - Main crop

2.1 = small

2.2 = medium

2.3 = large

36 - Fruit taste

36.1 - Breba

1.1 = neutral

1.2 = poor

1.3 = medium

1.4 = aromatic

1.5 = strong

1.6 = other

36.2 - Main crop

2.1 = neutral

2.2 = poor

2.3 = medium

2.4 = aromatic

2.5 = strong

2.6 = other

37 - Fruit resistance to handling

37.1 - Breba

1.1 = very low

1.2 = low

1.3 = medium

1.4 = high

1.5 = very high

1.6 = no information

37.2 - Main crop

2.1 = very low

2.2 = low

2.3 = medium

2.4 = high

2.5 = very high

2.6 = no information

38 - Fruit drying ability

1.0 = none

1.1 = very low

1.3 = low

1.5 = medium

1.7 = high

1.9 = no information

23. COLECCIONES EUROPEAS DE HIGUERAS

En la actualidad todos los países de la cuenca mediterránea mantienen colecciones de esta especie. Recientemente, gracias al proyecto de la U.E. GENRES29CT95, hemos podido conocer las colecciones de higuera existentes en los Centros de investigación y Universidades participantes en dicho proyecto; concretamente en España, Francia e Italia. En éstos se tienen inventariadas las variedades indicadas en la tabla siguiente. Mayor información puede obtenerse a través de la dirección electrónica indicada en el apartado anterior.

Número de accesiones existentes en distintas colecciones

País	Investigador responsable	Instituto/Universidad	Número de accesiones
España	F. Toribio	Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Extremadura.	171
Francia	J.P. Roger	Conservatoire Botanique National de Porquerolles, Hyeres.	155
Italia	G. Grassi	Istituto Sperimentale per la Frutticoltura, Sez di Caserta.	50
	I. Chessa	Dipartimento di Economia e Sistemi Arborei, Università di Sassari.	31
	C. Xiloyannis	Dipartimento di Produzione Vegetale, Università della Basilicata.	25
TOTAL ACCESIONES			432



Fotografía 38. *Arbol de Esmirna.*



Fotografía 39. *Higo de Esmirna.*



Fotografía 40. *Aspecto interior de higo de Esmirna.*



Fotografía 41 *Arbol de Calabocita en secano.*



Fotografía 42. *Arbol de Calabacita. Formación tradicional en Extremadura para permitir el paso de animales bajo la copa.*



Fotografía 43. *Higos de Calabacita.*



Fotografía 44. *Mutación de Calabacita.*



Fotografía 45. *Brevas de Cuello de Dama Blanco de Duma Blanco.*



Fotografía 46. *Brevas de Cuello de Dama Blanco. Obsérvese el color violeta que toma la pulpa al entrar en contacto con el aire.*



Fotografía 47. Arbol de Cuello de Dama Negro en secano.



Fotografía 48. Breda de Cuello de Dama Negro.



Fotografía 49. Breda de Cuello de Dama Negro. Obsérvese el color granate de la polpa.



Fotografía 50. Brevas e higos de la variedad *De Rey*.



Fotografía 51. Higos de la variedad *San Antonio*.



Fotografía 52. *Huerto de Colar*.



Fotografía 53. *Breva de Colar madura*.



Fotografía 54. Detalle de la productividad y tamaño de las brevas de Colan, próximo a la madurez.



Fotografía 55. Variedad Verdal. El higo de mayor tamaño ha iniciado el agrietado y está prácticamente maduro.



Fotografía 56. Higo Verdal prácticamente maduro.



Fotografía 57. Higo Verdal maduro. Posee una tonalidad más rojiza (por ser otro genotipo) y que exuda líquido azucarado por el ostiolo.



Fotografía 58. Nazaret (todavía en desarrollo).



Fotografía 59. *Breda de Tiberio*.



Fotografía 60. *Breda de Lampaya*, todavía sin madurar.



Fotografía 61. *Achenes de breda Colar*. En este caso los frutos no contienen semillas viables.



Fotografía 62. Detalle de *C. Rusci L.* sobre nernias.



Fotografía 63. *C. Rusci L.* sobre higo, rama y hoja.



Fotografía 64. Daños ocasionados por pedrisco en ramas y hojas.



Fotografía 65. *Detalle de la recolección.*



Fotografía 66. *Detalle de brevas recolectadas en caja de campo.*



Fotografía 67. *Detalle de brevas Colar envasadas en cajas de cartón con alveolos de plástico.*

CAPÍTULO III

EL ALCAPARRO

I. INTRODUCCIÓN

La alcaparra, tapenera o alcaparro (*Capparis spinosa* L.) es una mata leñosa, raserera y de hoja caduca, extendida por todos los países mediterráneos que cuando es vieja puede alcanzar un porte de 50-80 cm de altura. Puede considerarse como una planta colonizadora inicial, ya que es capaz de crecer en los lugares más difíciles, incluso en los que prácticamente no existe suelo como son las grietas de las rocas, entre las piedras de los muros, etc.

Durante las décadas de 1970 y 1980 se incrementó en España el interés por la alcaparra, alcanzando la máxima extensión cultivada en 1989 con 6.478 ha. En la década de los noventa disminuye el interés por este cultivo, fundamentalmente debido al descenso del rendimiento económico que se produce como consecuencia del aumento progresivo del precio de la mano de obra.

Durante las décadas de los 70 y 80, en el Sureste español se produce un progresivo abandono de las tierras dedicadas al cultivo de los cereales. Éste es consecuencia de la escasez de lluvia, el aumento del costo de la mano de obra, del reducido tamaño de muchas explotaciones y de la propia orografía del terreno, que en muchos casos dificultaba la mecanización de los cultivos; todo ello hace que muchas explotaciones dejen de cultivarse, lo que a su vez suele llevar al abandono de la tierra por el agricultor, que tiende a desplazarse hacia las ciudades en busca de una vida más digna. En estos casos, donde el abandono de la tierra es ya patente, aumenta el riesgo de erosión y, por todo ello, se hace especialmente interesante la incentivación del agricultor para que antes de abandonar estas tierras utilice cultivos alternativos, especialmente de plantas espontáneas como la tapenera que, solas o asociadas a otros cultivos, podrían permitir el mantenimiento de una parte de la población agrícola en el campo, con los

consiguientes beneficios socioeconómicos y ambientales que este tipo de estrategias conlleva.

Al igual que el algarrobo, la alcaparra, requiere un clima cálido, por lo que es frecuente verla en las provincias ribereñas del Mediterráneo y, aunque también se cultiva en algunas provincias del interior como Granada y Jaén, a medida que nos adentramos en el interior de España se observa con menor frecuencia, pudiendo encontrarse en gran parte de las provincias españolas. Su inexistencia en una zona no es un impedimento, *a priori*, para su cultivo, ya que lo que fundamentalmente requiere la especie es un clima cálido y seco (con un mínimo de agua) para dar una producción aceptable.

Su facilidad de adaptación y supervivencia en condiciones de sequedad extremas le confieren amplias posibilidades de cultivo en zonas áridas con tal de que éstas sean cálidas, pues es una planta termófila. Por las razones indicadas, el cultivo de esta especie se desarrolló especialmente en las provincias de Murcia y Almería, en el Sureste español, donde las condiciones de aridez son particularmente extremas. En este área la planta crece de modo espontáneo y las posibilidades de cultivo, teniendo en cuenta las cualidades tanto de la planta como del clima, son extraordinarias. La tapenera constituye una alternativa frutal esperanzadora para su uso en los pelados montes de esta área, donde podría constituir una solución parcial tanto para la creación de puestos de trabajo como para la recuperación de la vegetación y la caza, reducción de la erosión, etc.



Fotografía 68. Tapenera en el desierto de Tarapacá (Chile).

Muchas tierras de secano áridas y semiáridas del Sureste podrían ser plantadas con esta especie frutal rastrera, ya que sus necesidades hídricas son mínimas, representando una alternativa a otros frutales como el almendro o cereales, bien sola o asociada, aportando a estas tierras las ventajas indicadas anteriormente. Su cultivo en tierras de desierto, donde la pluviometría es prácticamente nula, con aportaciones de agua mínimas, pone de manifiesto la importancia de esta especie, siendo una planta adecuada para frenar y reducir la erosión.

Tal como ocurre con otros frutales subaprovechados, los conocimientos sobre el material vegetal, técnicas de cultivo, etc. son todavía escasos, por lo que en el estudio

de estas especies se pueden obtener grandes resultados a corto y a medio plazo. La tapenera y otros frutales de zonas áridas, no sólo son capaces de reducir la erosión y frenar el proceso de desertización, sino que además pueden hacerlo de modo productivo, como verdaderas alternativas rentables a otras especies vegetales para muchas zonas del Mundo, razón por la que se les debería prestar más atención dedicando recursos para su estudio e implantación en estos lugares.

2. REFERENCIAS HISTÓRICAS

La planta es citada en varios de los libros del agrónomo gaditano Columela (I d.d.C.), especialmente para la formulación de compuestos medicinales para bueyes y caballos.

El médico griego Dioscórides (I d.d.C.) escribe *Materia Médica*, obra que ha sido traducida al latín, al castellano, etc.; usada en todas las épocas por muchos científicos y botánicos y revisada y actualizada, con distintos nombres, en las distintas épocas desde que fuera escrita. Una de estas obras, de gran interés, se denomina *El Dioscórides renovado*, siendo su autor el ilustre D. Pío Font Quer (1979); éste escribe: "Las alcaparras eran bien conocidas por los griegos; con el nombre de *Kapparis*; Dioscórides trata de ellas en su *Materia Médica*. Laguna (segoviano que llegó a ser médico personal del Papa Julio III (1550-1555), por su cuenta, añade este comentario: "son muy conocidas ya por todo el mundo las alcaparras. Porque, aunque Dioscórides las infama como cosa no conveniente al estómago -lo cual se debe entender de las crudas-, todavía no hay ninguno que no las coma ordinariamente para confortar el estómago y restituirle el apetito perdido; empero, suelen lavarlas y hervirlas ligeramente primero, hasta que pierden toda la sal, y echarlas después aceite, vinagre y azúcar; porque, comidas en este modo, y al principio del pasto, no solamente no ofenden, empero también son en extremo útiles al estómago, cortando, adelgazando y rayendo todas aquellas flemas que le apegan por la parte interior, y habilitándose para mejor recibir, abrazar y digerir las viandas. Demás desto, desopilán el hígado y bazo, y desembarazan los riñones y la vejiga; verdad es que dan poco mantenimiento al cuerpo, a causa de que son compuestas de partes excesivamente subtiles, con las cuales hacen todos aquellos efectos. Nacen las más excelentes de todas en Alexandria de Egipto de donde se traen ordinariamente a Venecia, conservadas en salmuera, sin la cual se corrompen luego. La corteza de la raíz de las alcaparras primeramente es amarga, después, aguda y, en el más remiso grado, acerba y estípica, de suerte que es compuesta de facultades contrarias. Porque, a causa del amargor, mundifica, purga y corta los gruesos humores con su agudez; ultra de aquestas cosas, culienta y resuelve; y finalmente, con su estipicidad, constriñe, aprieta y conforta. Dada, pues, por la boca, y aplicada por de fuera en los unguentos y emplastos, es singular remedio para desuocer las durezas del bazo. Las hojas y los tallos tienen la misma fuerza, dado que más remisa. No solamente crecen por sí, empero también se siembran las alcaparras; y si no las atajan con algún foso, suelen dilatarse y estenderse de tal suerte por las llanuras circunvecinas que las hacen estériles".

En el párrafo anterior el insigne Laguna expone las propiedades y los usos médicos que de esta planta y de sus frutos se hacía en la época; asimismo indica como se conservaban para su transporte desde lugares lejanos. Sorprende comprobar que la forma de conservación y consumo de algunas especies, como es el caso de la tapenera, no han cambiado desde la antigüedad, utilizándose básicamente como en el S. XV y probablemente como muchos siglos antes.

Alonso de Herrera (1513), indica que son matas que se extienden mucho por el suelo, que se adaptan a cualquier tierra, pero las mejores se obtienen en lugares secos frente a los húmedos; que nacen en muros, cercas, piedras y lugares no labrados; que prefieren tierras calientes frente a las frías; que para realizar la siembra de semillas no se han de coger los caparrones antes de que se abran, realizando la siembra por marzo, abril o mayo; que enraízan bien por acúdo; que en invierno se deben podar a ras del suelo; que se desarrollan mejor en solanas que en umbrías; que antes de que echen tápenas (cabezuelas), tienen tallos tiernos que se pueden comer como espárragos; que las cabezuelas pequeñas se han de coger, o para comer, o para adobar antes de que echen flor, o abran, y en muchas partes las curan para guardar (describiendo el proceso de curado); y finalmente, habla también de sus propiedades medicinales. De lo anteriormente expuesto se deduce que en esta época ya se conocían tanto la propagación, como su cultivo y usos.

De esta exhaustiva descripción realizada por Alonso de Herrera, destaca claramente lo poco que se ha avanzado en el conocimiento de la planta, su cultivo, hábitat y usos, por lo que no debe sorprendemos el lento avance de la tapenera en la agricultura mundial. Quizás ahora, que la sociedad mundial es "consciente" del progresivo aumento de la desertización y de los problemas que conlleva, sea posible que se dedique más atención a ésta y a otras especies de gran interés medioambiental.

3. ORIGEN Y SISTEMÁTICA

3.1. ORIGEN

Esta mata rastrera, leñosa y caducifolia es originaria de Asia, de donde fue introducida en Europa por los griegos, extendiéndose por todos los países ribereños del Mediterráneo, donde ha encontrado un hábitat adecuado para su propagación como planta espontánea. En ocasiones podemos referirnos a la alcaparra indicando que es una planta *rupícola*, lo que significa que es capaz de vivir sobre las rocas. En realidad las plantas rupícolas pueden clasificarse a su vez en *litófilas* (viven sobre la misma roca viva) y *chasmófitas* o *fisurícolas* (viven en resquebrajaduras de las rocas); de acuerdo con esta clasificación, la tapenera se encuadraría dentro de las *fisurícolas*, ya que sí puede vivir en las fisuras de rocas y muros.

Las características del Orden Capparales son: La flor hermafrodita tiende a ser tetrámera. Es característica, además, la disposición helicoidal de las hojas, la presencia de ginóforo o androgínóforo, de disco o de glándulas nectaríferas, la frecuente carencia de endosperma en las semillas maduras y, sobre todo, la presencia de células

mirosínicas; estos idioblastos tubulares contienen el fermento *mirosinasa*; si se les lesiona, este fermento descompone el *glucósido de esencia de mostaza* presente en otras células, lo que da un olor característico a muchas Capparales como alcaparra, mostaza o rábano (Strasburger, 1986).



Fotografía 69. Crecimiento de alcaparra sobre un muro de hormigón y piedra.



Fotografía 70. Crecimiento de alcaparra en el muro de un puente.



Fotografía 71. Imágenes típicas de alcaparra sobre el Muro de las Lamentaciones en Jerusalén.



Fotografía 72. Detalle de las plantas en el muro de la fotografía superior.

La familia Caparidáceas, con cáliz de 4 sépalos y corola de 4 pétalos, tiene alrededor de 800 especies y 45 géneros, generalmente de países cálidos. A esta familia pertenece la alcaparra, encontrándose en ella el género *Capparis* que tiene más de 350 especies propias de climas tropicales y subtropicales (Barbera, 1991) de ambos hemisferios, faltando en América del Norte.

La etimología del sustantivo alcaparra es:

- Del griego: Kapparis (arbusto espinoso).
- Del árabe: al-Kabbar (arbusto espinoso).

3.2. SISTEMÁTICA

División: Fanerógamas
 Subdivisión: Angiospermas
 Clase: Dicotiledóneas
 Subclase: Magnoliópsida
 Orden: Capparales
 Familia: Capparaceae
 Género: *Capparis*
 Especie: *C. spinosa* L.

3.3. NOMBRES QUE RECIBE LA PLANTA, BOTÓN FLORAL Y FRUTO EN DISTINTOS IDIOMAS

Español	Francés	Inglés	Italiano	Alemán
<i>Planta:</i>				
Alcaparra	Câprier	Caper-bush	Cappero	Kappersntanch
Tapenera		Caper	Pianta del cappero	
Alcaparro				
<i>Botón floral:</i>				
Tápena	Câprier	Caper-busk	Cappere	Kappernstanch
Capota				
<i>Fruto:</i>				
Caparrones		Caperberries		
Alcaparrones				



Fotografía 73. Planta de alcaparra de gran desarrollo.



Fotografía 74. Planta en pendiente de margas calizas, donde prácticamente no crecen otras plantas.



Fotografía 75. Planta silvestre, con brotaciones del año y ramos secos del año anterior.

La familia *Capparidaceae* y el género *Capparis* tienen un gran número de especies y son especialmente importantes en las regiones tropicales como plantas medicinales (Rao y Raghavan, 1964).

En la Cuenca del Mediterráneo hay dos especies de alcaparra extendidas, *Capparis spinosa* L. y *Capparis ovata* Desf., con distintas variedades cada una de ellas, citadas en el punto 16. Son las dos únicas especies existentes en Europa, que han llegado a tener un valor económico en cultivo extensivo; ambas crecen en Italia y son dos matas que se distinguen principalmente por la morfología de sus hojas (Barbera y Di Lorenzo, 1984). En España, como planta productora de alcaparras o tápenas, sólo se cita a la especie *C. spinosa* L.

4. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA

4.1. MORFOLOGÍA

Es una mata espinosa y rastrera, caducifolia. La planta es perenne y su madera se renueva anualmente en la parte aérea a partir de las yemas existentes en su base (cuello de la raíz) y a partir de las yemas existentes en las ramas podadas muy cortas en invierno.

4.1.1. Raíz

Como generalmente procede de semilla, su raíz es pivotante, medianamente ramificada, pudiendo alcanzar más de 10 m de profundidad, lo que le permite extraer agua del subsuelo en las peores condiciones de sequía. Cuando la planta está cultivada y se riega su sistema radicular suele alcanzar menor desarrollo.

Sus raíces secundarias, de aspecto blanquecino, lisas y carnosas, tienen un elevado contenido de agua que puede utilizar en casos de extrema sequía.

Las plantas procedentes de estaquillas leñosas o herbáceas no presentan raíz pivoteante, como ocurre en el resto de las especies propagadas por este sistema, presentando en general un sistema radicular más superficial.

En la zona de unión entre los tallos y el sistema radicular, se forma un muñón de cepa que puede alcanzar hasta los 25 cm de diámetro en plantas viejas. Excepcionalmente se puede encontrar el muñón de cepa al exterior totalmente. En este muñón de cepa se encuentran numerosas yemas que podrán brotar en primavera para dar lugar a los nuevos ramos del año.

4.1.2. Tronco y ramas

Al ser una mata perenne cuyas ramas se renuevan todos los años, no existe un verdadero tronco; las ramas son rastrojas, pueden alcanzar más de 3 m de longitud y presentan ramificación variable, dependiendo de la variedad. Algunas variedades tienen porte erecto al principio del período vegetativo, pero a medida que la longitud de los ramos aumenta tienden a caer sobre el suelo, continuando un crecimiento rastrojo, por lo que presenta gran eficacia para reducir la evaporación del agua del suelo y la erosión por el viento o el agua de escorrentía.

Las ramas se agostan en otoño y pierden la hoja, siendo conveniente podarlas a 2-3 cm por encima de la cepa. Debe destacarse que en algunas variedades estas ramas no se secan, pero que en todos los casos es conveniente eliminarlas, operación que se realizará en noviembre o diciembre en el Hemisferio Norte.

Los tallos jóvenes, conocidos como "tallos", de color violáceo o verdoso, dependiendo de variedades, son recolectados para el consumo en ensalada, tras ser sometidos al proceso de curación correspondiente. Su recolección se realiza antes de que adquieran el color verde típico, cuando todavía tienen consistencia herbácea, presentando entonces una longitud que suele estar comprendida entre 10 y 30 cm. El abuso en el aprovechamiento de estos órganos puede conducir a la obtención de plantas demasiado débiles e incluso, con esta sobreexplotación, puede provocarse la muerte de la planta por agotamiento de sus reservas. La recolección de los tallos ha de ser por tanto controlada, de modo que no se produzca una sobreexplotación, que se dejen de 5-10 tallos por planta, que sean vigorosos y que estén bien distribuidos, con objeto de obtener una planta fuerte, capaz de dar la máxima cosecha de tápenas y caparrones.

Indudablemente los "tallos" son un subproducto con aprovechamiento alimentario, las tápenas o alcaparras (botones florales) son, generalmente, el verdadero objetivo productivo de esta especie, y los caparrones o alcaparrones (frutos) son otro subproducto de aprovechamiento alimentario, ya que su valor comercial suele ser muy inferior al de las tápenas, y sólo en el caso de pretender reproducir sexualmente la planta serán un objetivo productivo.

4.1.3. Yemas

Como ya se ha indicado anteriormente las yemas latentes de la cepa o las de los ramos podados en invierno, en su crecimiento vegetativo, dan lugar a los nuevos tallos o ramos, en cuyos nudos se encuentran las hojas, las yemas axilares y las espinas, que tienen forma de gancho y sección cónica.

Los tallos o ramas de la alcapanra son ramos mixtos, siendo la yema terminal vegetativa y las axilares mixtas. La yema terminal origina el crecimiento vegetativo del ramo mientras que las yemas laterales pueden originar flores y, en su caso, frutos y también pueden dar lugar a un nuevo ramo, produciéndose así la ramificación de los ramos principales. La yema apical del ramo presenta una fuerte dominancia, por lo que cuando se desea promover la ramificación lateral se procede a su eliminación.

El crecimiento con pocas ramificaciones de los ramos de esta especie hace necesario, en ocasiones, el despunte de la yema terminal para favorecer la ramificación lateral, aumentando así el número de ramos productivos.

4.1.4. Hojas

Las hojas, de consistencia crasa, ligeramente coriáceas y algo gruesas, son de forma oval, alternas y enteras. Poseen un peciolo corto, que no suele llegar al centímetro de longitud, junto al que se forman las espinas. Tienen un nervio principal central y varios nervios secundarios, que nacen en el primero y llegan hasta el borde del limbo.

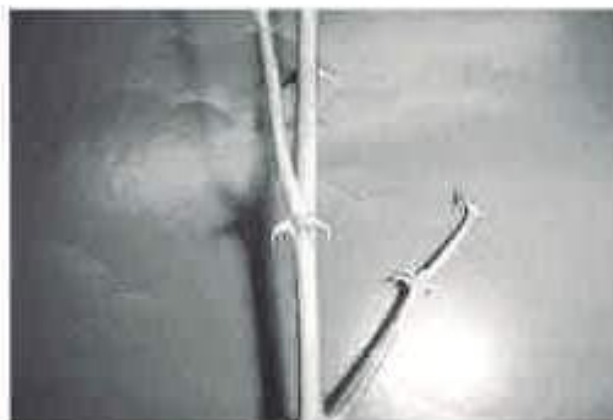
Las hojas suelen tener una longitud de 3-5 cm y una anchura de 2-3 cm, con mayor superficie en las plantas cultivadas que en las silvestres o en las de secano, en la zona del Sureste español. Algunas pueden ser mucronadas.

4.1.5. Espinas

En la base del peciolo de las hojas nacen las espinas, junto a las yemas axilares, pudiéndose encontrar en número de una o dos en cada nudo. Las espinas están curvadas en sentido contrario al crecimiento del ramo, presentando una sección cónica.



Fotografía 76. Detalle de las espinas



Fotografía 77. Detalle de espinas en planta deshojada.

Las espinas, que protegen a las yemas, juegan un papel muy importante en la recolección de las tápenas y de los caparrones, ya que dificultan la misma.

Existen variedades sin espinas, denominadas normalmente *Cupparis spinosa* var. *inermis*, que pueden resultar de gran interés, precisamente por la inexistencia de las espinas que dificultan notablemente la recolección. Esta variedad inerme puede propagarse por semilla sin perder esta interesante característica, por lo que es una excelente candidata para la obtención de nuevos individuos de alto rendimiento, mejor adaptados a la ecología de la zona, etc., pues aunque el carácter inerme se mantiene, los individuos obtenidos de estas semillas presentan una gran variación.

4.1.6. Flores

Las flores se forman a partir de las yemas axilares, con cuatro pétalos blancos o ligeramente rosados y cuatro sépalos verdes. Cada yema axilar origina una sola flor: sus pedúnculos son muy largos con relación al tamaño del capullo; éste, formado por todas las partes de la flor, todavía no desarrolladas, incluidos los sépalos, recibe el nombre de tápena; presenta color verdoso o violáceo, ya que los sépalos son verdosos o violáceos y envuelven al resto de órganos.

En los ramos del alcaparro las tápenas van apareciendo a medida que éstos van creciendo, de modo que en sus extremos donde mayor número de botones florales podemos encontrar, ya que los que se encontraban en su base ya han sido recolectados o se han transformado en fruto. Las tápenas tienen un tamaño variable en función de su edad y de la variedad, siendo más apreciadas las de menor tamaño, como se verá más adelante. Desde que se forma el botón floral hasta que la flor se ha desarrollado y se abre transcurren unos 8-12 días, según las condiciones agroclimáticas, por lo que este aspecto habrá que tenerlo en cuenta para la recolección de tápenas, programando las recolecciones necesarias para que la flor no se convierta en fruto durante la época en que sólo se desee obtener tápenas.



Fotografía 78. Planta con tápenas y flores abiertas.



Fotografía 79. Detalle de flor abierta.



Fotografía 80. Detalle de un ramo con brotaciones anticipadas y de tápenas.

El cáliz está formado por cuatro sépalos verdosos o violáceos, dependiendo de variedades, y la corola por cuatro pétalos blancos, ligeramente rosados o amarillos. La flor posee gran número de estambres de filamentos violáceos y anteras amarillas. El pistilo tiene un solo ovario, que es súpero, con un solo estilo y un solo estigma. El ovario está sostenido en una columnilla (ginóforo), que es una prolongación del eje floral.

Las flores, cuando están abiertas, son grandes, alcanzando un diámetro de 4-5 cm.

La maduración del polen y del pistilo es simultánea, pudiéndose producirse tanto la autofecundación como la fecundación cruzada, aunque este aspecto no está suficientemente estudiado.

4.1.7. Frutos

El fruto, llamado caparrón o alcaparrón, es una baya, con un largo pedúnculo; externamente tiene aspecto coriáceo, mientras que internamente es carnoso. Tiene forma ovalada, con una longitud de 3-5 cm y un diámetro de 1.5-3 cm. Es verde de joven, con estrías o dibujos de color blanquecino y algo rojizo en la madurez (cuando llega a este estado, se suele abrir, apreciándose las numerosas semillas que contiene y que pueden ser diseminadas por pájaros u otros vectores).

Cuando el fruto alcanza la madurez y se abre puede ser recolectado para la obtención de semilla; sin embargo, los frutos que se van a utilizar para consumo deben recolectarse antes de que las semillas se endurezcan.

Las semillas, sin albumen y sin látex, son de esféricas a reniformes, de 2-3 mm de longitud, y de color marrón oscuro en la madurez.



Fotografía 81. Caparrones.

4.2. FISIOLOGÍA

La tapenera o alcázarro es una planta termófila, que necesita altas temperaturas para que se produzcan tanto la brotación, como su crecimiento y floración.

4.2.1. Crecimiento

La brotación de las yemas existentes en el muñón de cepa puede iniciarse hacia el 20 de marzo si las temperaturas durante los 15-20 días anteriores han sido altas, aunque lo normal es, dependiendo de zonas, que ésta se produzca hacia mediados de abril e incluso a finales de éste en las zonas más frías; en comparación con la higuera o el granado, la tapenera brota aproximadamente un mes más tarde que estas especies en el Sureste español. A partir de este momento se inicia lentamente el crecimiento de los brotes o tallos que formarán la nueva planta; éstos no comenzarán a ramificarse, normalmente, hasta que hayan transcurrido 20-25 días desde la brotación, por lo que se puede decir que esta especie no dará las primeras flores hasta mediados o finales de primavera, momento a partir del cual, conforme va creciendo, va produciendo los botones florales o tápenas en las axilas de las hojas. Este crecimiento y producción de flores continuará de manera ininterrumpida durante todo el verano pudiéndose prolongar en las zonas cálidas hasta principios del otoño.

Aunque la especie es una mata rastrera, algunas variedades, dada la diversidad genética existente como consecuencia de la propagación por semilla, tienen tendencia a emitir ramos más verticales, con un crecimiento más alto de lo normal, que después se toma en rastrero al alejarse de la cepa, aspecto que podría ser interesante para obtener una planta de conformación distinta a la tradicional; esta característica puede cambiar en el futuro las técnicas de formación de la estructura productiva de la planta, ya que los numerosos ramos verticales que presentan algunas variedades, pueden favorecer notablemente la recolección, aumentando el rendimiento de esta labor, haciéndola más fácil. Igualmente, si la planta dispone de un sistema de fertirrigación que nutra a los numerosos tallos, se puede obtener plantas que ocupen menor superficie de terreno, lo que permitiría aumentar el número de plantas por hectárea y la producción por unidad de superficie.

Bien entrado el mes de octubre o incluso noviembre se produce el agostamiento y la parada vegetativa, iniciando la planta un nuevo periodo de reposo. Durante el otoño o principios de invierno, aprovechando el periodo de reposo, se realizará la poda de los ramos.

Normalmente los ramos de la tapenera se secan tras la caída de la hoja, lo que obliga a podar la planta a ras de la "cepa" para obtener nuevos brotes en la primavera siguiente. Sin embargo, existen algunas variedades cuyos ramos no se secan en invierno, aunque en este caso también se deben podar para obtener en la primavera siguiente una planta más vigorosa y evitar, de este modo, el "enzarzamiento" que se produciría en el terreno, facilitando así las labores de cultivo.



Fotografía 82. *Planta silvestre seca en invierno.*



Fotografía 83. *Planta silvestre sobre marga calizas.*



Fotografía 84. *Tapenera con malla plástica antihierba.*

4.2.2. FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN

Como ya se ha indicado, la producción de botones florales se inicia a finales de primavera y continúa hasta el otoño. Durante este período de crecimiento vegetativo podemos observar en la planta tápenas, flores abiertas y frutos, que van alternándose a lo largo del ramo y del tiempo. Las flores son hermafroditas y la polinización es cruzada (aspecto todavía poco estudiado), lo que originará, tras la germinación de las semillas, plantas de gran heterogeneidad genética.

La recolección de las tápenas debe realizarse periódicamente, cada 8-10 días, o incluso con mayor frecuencia dependiendo de la velocidad de crecimiento, evitando que los botones florales alcancen un tamaño demasiado grande, ya que los de mayor calibre tienen menor valor económico. Si las flores llegan a abrirse, tendrán que destinarse forzosamente a la producción de frutos que tienen menor demanda que las tápenas.

Para realizar el aprovechamiento de los caparrones, éstos deben recolectarse antes de que las semillas se endurezcan, mientras que si se utilizan como fuente de semillas para su propagación, lo mejor es dejar que éstos lleguen a abrirse para estar seguros de que sus semillas han alcanzado la madurez fisiológica.

Resulta interesante apuntar que cuando las semillas se siembran tras un proceso de secado y almacenamiento, su porcentaje de germinación es muy bajo, y que su poder germinativo lo conservan durante 2-3 años. Sin embargo, cuando la siembra se realiza enterrando los caparrones abiertos o enteros, pero maduros, el porcentaje de germinación es altísimo: este aspecto ha sido comprobado por la Dra. Botri y col. en Chile, trabajando con semillas de la variedad *inermis*.

En secoano, cuando las semillas se siembran en el terreno directamente y no han germinado por sequía u otra circunstancia, es posible que tras un periodo de latencia secundaria puedan germinar en años sucesivos, cuando las condiciones de humedad y temperatura sean adecuadas (Luna y Pérez, 1985). En la actualidad, este procedimiento no es recomendable como técnica de propagación, tanto por su deficiente efectividad como por la dispersión genética que manifiestan las plantas obtenidas, lo que conduce a una reducción de la calidad y de la productividad de la nueva plantación.

5. ECOLOGÍA Y VALOR ECOLÓGICO DE LA TAPENERA

La tapenera es una especie que vegeta y produce en zonas desérticas y semidesérticas, necesitando altas temperaturas para obtener una floración y fructificación adecuadas. Soporta perfectamente las altas temperaturas estivales (por ser una especie termófila) y las bajas del invierno (por estar en latencia y tener una brotación tardía).

En el área mediterránea, la tapenera crece en lugares secos y soleados: incluso en las grietas de las rocas, muros, etc. Prefiere suelos silíceo-calcareos, arcillo-calizos y franco, razón por la que los viveros se realizan en éstos, rechazándose los arenosos. Su resistencia a la caliza debe ser extraordinaria así como a los sulfatos, ya que se le ha visto crecer en suelos muy calizos y en canteras de yeso en las que prácticamente no existía ninguna otra planta espontánea.

En España se observa en todas las provincias costeras, siendo menor su presencia a medida que nos adentramos hacia el interior, llegando a desaparecer en muchas zonas del interior de la península ibérica.

Se adapta a situaciones extremas, por lo que puede ser una planta para la repoblación inicial de montes sin suelo, zonas desérticas y semidesérticas. Por ello, presenta un alto valor ecológico que todavía no ha sido suficientemente explotado; además, su uso conllevaría un valor socioeconómico añadido. Entre las características de interés agronómico y ecológico que la utilización masiva de esta especie conllevaría en zonas semidesérticas como la del Sureste español, destacan:

- Reducción de la erosión en los suelos desnudos, tanto por el aire (debido a su sistema foliar rastrero) como por el agua (debido a la fijación que del mismo realiza el sistema radicular).
- Reducción de la evaporación del agua del suelo al proporcionar un sombraje con

sus hojas y tallos sobre el mismo, aprovechando al máximo las escasas lluvias que se producen en regiones secas, gracias a su profundo y potente sistema radicular.

– Alimento para animales de caza y del ganado, permitiendo la creación de un microclima adecuado para el desarrollo de insectos y otras plantas que enriquecen en materia orgánica y mineral el suelo, facilitando su aireación y actuando sobre los procesos formadores del suelo.

Los estudios que actualmente se realizan dentro del marco de un proyecto financiado por el FONDEF para la introducción de especies productivas de zonas áridas en Chile, en el que participan tres universidades de este país, diez empresas privadas chilenas y varios centros de investigación y universidades españolas y de otros países, ponen de manifiesto su buen desarrollo en terrenos de pluviometría mínima y con dotaciones de agua de riego muy bajas. Destacan los ensayos realizados en Arica, en el Norte de Chile, donde la pluviometría es prácticamente nula, utilizando además suelos de alta salinidad y con resultados muy prometedores.

6. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS DE LA TAPENERA

6.1. EXIGENCIAS TÉRMICAS

La tapenera es una planta termófila, por lo que necesita gran cantidad de calor para obtener un buen desarrollo y producción. Crece satisfactoriamente en climas templados y suaves como los existentes en las provincias costeras del Mediterráneo, aunque precisa altas temperaturas durante el periodo vegetativo para obtener buenas producciones. Durante las distintas etapas del periodo anual precisa:

– Temperaturas moderadas durante la germinación.

– Temperaturas altas durante el verano para alcanzar el máximo desarrollo y producción, siempre que las necesidades hídricas puedan ser cubiertas

– Temperaturas suaves durante el invierno, ya que las bajas temperaturas pueden provocar heladas en la cepa. En zonas con riesgo de heladas se recomienda cubrir la cepa tras la poda con unos 10 cm de tierra para protegerla de las bajas temperaturas.

6.2. HUMEDAD Y LUMINOSIDAD

La baja humedad relativa ambiental durante el periodo de verano mejora las producciones obtenidas, mientras que la humedad excesiva junto al tronco, especialmente en plantas jóvenes, puede conducir a su muerte por infecciones fúngicas. Por ello, cuando se instale un sistema de riego localizado, se evitará que el emisor esté junto al tronco y que se produzcan encharcamientos junto al mismo.

Respecto a la luminosidad de la zona de cultivo, puede decirse que se obtendrán mayores producciones en aquellas zonas de veranos calurosos, con alta iluminación y días largos.

7. PLANTACIÓN Y LABORES DE CULTIVO

La experiencia demuestra, como ya se ha indicado, que esta planta presenta tal rusticidad que es capaz de vegetar en los lugares más difíciles e insospechados. Así se puede ver en grietas de rocas, entre las rocas de los muros, en terrenos donde prácticamente no existe suelo, en terraplenes, en montes donde apenas existe otra vegetación, etc. Pero también, al mismo tiempo, se ha podido observar que cuando esta especie se encuentra en zonas con suelos profundos, o recibe los más mínimos cuidados culturales, su desarrollo y productividad aumentan espectacularmente.



Fotografía 85. *Tapenera* de 2 años en el desierto de Tarapacó (Chile), asociada a Olivo y regada por goteo. Cortesía de E. Doussolin.



Fotografía 86. *Tapenera* en pared vertical de gravas, prácticamente en la cumbre de un monte, en zona muy seca.



Fotografía 87. *Tapenera* sobre terreno suelto, en zona muy seca.



Fotografía 88. *Tapenera* en seco, asociada a almendro, en suelo pedregoso muy seco.

La realización de una plantación de tapenera, como la de cualquier otro frutal que permanecerá un gran número de años en el terreno de cultivo, precisa una preparación previa del terreno para su acondicionamiento. Este acondicionamiento del suelo de cultivo y posterior plantación se realiza como se indica a continuación.



Fotografía 89. *Tapenera en secano, en zona muy árida del Sureste español.*



Fotografía 90. *Tapenera en secano, asociada a almendro (Luna y Pérez, 1985).*

7.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO Y PLANTACIÓN

7.1.1. Preparación del terreno

La tapenera es una especie típica de secano, propia de zonas desérticas o semidesérticas y terrenos calcáreos y arcillosos. Es exigente en suelos profundos, aunque se desarrolla mejor en los terrenos sueltos, cascajosos o pizarrosos que en los fuertes (Luna y Pérez, 1985).

La planta desarrolla un potente sistema radicular que alcanza grandes profundidades en el suelo y, aunque puede vegetar en zonas prácticamente sin él, los mejores resultados se obtienen en los suelos profundos. Por ello conviene preparar el terreno de cultivo mediante una labor profunda de subsolado (de 0'6 a 0'7 m) que facilite el desarrollo inicial de su sistema radicular, seguida de un pase cruzado de gradas que deje el terreno suficientemente liso para la realización del marqueo y apertura de hoyos.

7.1.2. Abonado de fondo

El abonado de fondo se incorporará en otoño, aprovechando el pase cruzado de gradas indicado anteriormente.

Los estudios sobre las necesidades nutritivas de la especie son prácticamente nulos. Sin embargo, los distintos análisis realizados, de suelos en los que vive espontáneamente la tapenera, han demostrado que aquellos que cuentan con una riqueza media normal en fósforo y potasio y la tienen elevada en calcio, proporcionan un desarrollo de las plantas mayor que aquellos con distinta distribución de riqueza mineral (Luna y Pérez, 1985). Estos autores recomiendan el siguiente abonado de fondo:

400 Kg/ha de superfosfato de cal (18%)

150 Kg/ha de ClK (50%)

100 Kg/ha de $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ (21%)

Al igual que en otros cultivos las aportaciones de estiércol, en todo el terreno o en el hoyo de plantación mezclado con la tierra, resulta muy conveniente, ya que generalmente para el cultivo de esta planta se suelen utilizar terrenos marginales y, en general, pobres en materia orgánica.

7.1.3. Marqueo y apertura de hoyos

Antes de realizar la plantación debe procederse al marqueo del terreno. El marco de plantación elegido será función del desarrollo esperado de la variedad elegida y de las condiciones de cultivo. Cuando se trate de una plantación con buen suelo y en regadío, el marco debe ser como mínimo de 4 x 4 m o de 5 x 5 m, ya que marcos inferiores a 4 x 4 m resultan demasiado estrechos para el desarrollo alcanzado por las plantas, dificultándose al mismo tiempo las labores de cultivo. Si el cultivo de la tapenera va a estar asociado a otros frutales como almendro, olivo o higuera, habrá que tener en cuenta también el marco de los frutales a los que se asocia. Por otro lado, si se trata de una plantación en secano o en un monte destinada fundamentalmente a evitar o reducir la erosión, pueden elegirse marcos mucho más estrechos.

Para realizar la plantación pueden hacerse hoyos de 20 a 30 cm de ancho y de 20-30 cm de profundidad, dejando la tierra del hoyo después de plantar 10-15 cm por debajo del nivel del terreno. Esto permite regar con 10-15 litros de agua/planta después de la plantación, mediante cualquier procedimiento, en caso de no disponer de ningún sistema de riego.

Si se trata de una plantación en secano, y una vez que la tierra ha absorbido todo el agua aplicada, se cubre la cepa de la planta con una pequeña capa de tierra húmeda o fresca con el fin de ayudar a mantener la humedad del suelo en el entorno de la raíz, siendo conveniente antes, señalar la planta colocando una caña junto a ella (Luna y Pérez, 1985).

7.1.4. Plantación

La plantación debe realizarse a finales del invierno, cuando la planta está todavía en reposo invernal, después de las lluvias y, en su defecto, debe procederse a regarla mediante cualquier procedimiento.

El marco de plantación en regadío será de 4 x 4 m (625 plantas/ha) o 5 x 5 m (400 plantas/ha), pudiendo ser recomendable incluso marcos superiores cuando la profundidad y calidad del suelo permitan mayor desarrollo. En secano se aconsejan marcos desde 2'5 x 2'5 m hasta 4 x 4 m. Con los marcos estrechos, a los 3 años de cultivo, se producirá un entrecruzamiento de los ramos de distintas plantas, produciéndose una

disminución del rendimiento individual en la zona común a ambas plantas, dificultándose además las tareas de recolección (García, 1991).

Si la plantación se realiza con plantas de porte erecto y con la idea de dejar gran número de tallos por cepa, obteniendo más "puntas" productivas sin necesidad de realizar despuntes, podría ser conveniente adoptar marcos de 2 x 4 m o 2 x 3 m para aumentar la productividad por unidad de superficie, tal como se indicó en 4.2.1.

Cuando la plantación se realiza asociada a otros frutales de secano, deberá plantarse en las zonas de mayor insolación y de modo que se dificulten al mínimo las restantes operaciones de cultivo.

Para realizar la plantación podrá utilizarse tanto plantas a raíz desnuda como con cepellón, siendo más adecuadas las plantas que presenten un mayor diámetro de cepa tras el primer año de vivero. Ocasionalmente puede utilizarse la siembra directa sobre el terreno de cultivo en tempero, utilizando semilla pregerminada, aunque este sistema, por su propia naturaleza, presenta menos ventajas que cuando la planta utilizada ha pasado un año en el vivero. También pueden utilizarse estaquillas leñosas para realizar tanto el vivero como una plantación directa.

La utilización de plantas procedentes de vivero, propagadas vegetativamente, es la solución ideal para salvar los inconvenientes que las semillas, la siembra directa o el estaquillado directo sobre el terreno de cultivo conllevan.

Cuando se pretende reducir la erosión en montes, la plantación se realiza por curvas de nivel, en surcos que permitan el máximo aprovechamiento del agua de lluvia.

Durante los dos primeros años de cultivo, resulta muy adecuado realizar las cavas necesarias tras cada lluvia o riego, para evitar que se agriete el terreno y reducir las pérdidas de humedad en el suelo, lo que facilitará el enraizamiento y desarrollo de las plantas; estas cavas servirán al mismo tiempo para eliminar las malas hierbas que compiten por el agua y los nutrientes con el cultivo, aspecto muy importante cuando estos dos factores esenciales para la producción son escasos. El uso de herbicidas es una alternativa adecuada y rentable para combatir las malas hierbas.

7.2. PODAS

La tapenera produce ramos leñosos, que pueden o no permanecer verdes durante el periodo de reposo invernal, dependiendo de variedades, mientras que en todos los casos la "cepa" permanece viva. Entre las variedades conocidas en el área del Sureste, en la denominada "del País" se secan las ramas en otoño, mientras que en la "Mallorquina" o en la "Italiana" no se secan, permaneciendo tiernas en mayor longitud (Luna y Pérez, 1985).

En cualquier caso, es imprescindible realizar la poda a finales de otoño o invierno en las variedades perennes y muy aconsejable en las que sus ramas se secan al final del periodo vegetativo, eliminando las ramas de la parcela o triturándolas en la misma. De este modo, se conseguirá una brotación más vigorosa en primavera y no se dificultará el resto de labores de cultivo.

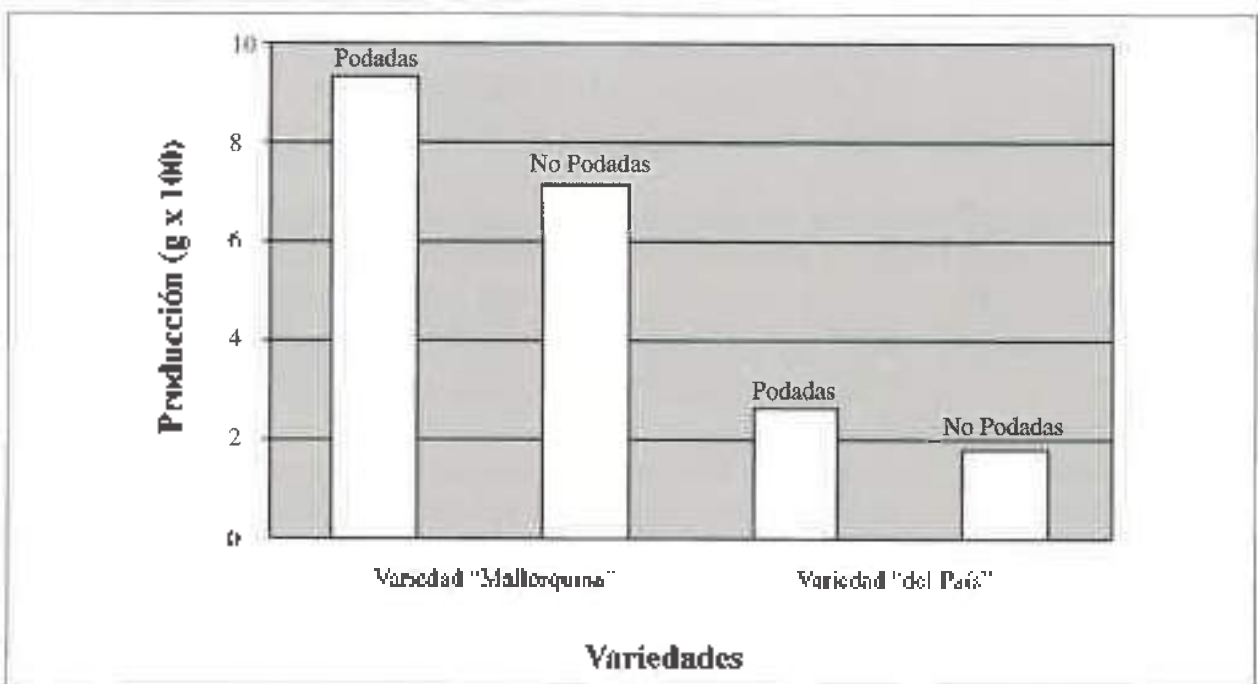
La poda se realiza cortando las ramas más finas a ras de la cepa, mientras que las

de mayor diámetro se cortan a dos o tres centímetros de la misma. En primavera, las yemas latentes existentes en los trozos de rama dejados en la poda y las de la cepa iniciarán su brotación, originando numerosos brotes de color morado o violáceo. Estos brotes, denominados **tallos**, tienen interés comercial, siendo utilizados para el consumo en ensaladas tras una preparación en salmuera.

Durante la eliminación de los tallos para su aprovechamiento, se ha de tener en cuenta que éstos se producen a costa de las reservas de la cepa y del sistema radicular, por lo que no debe abusarse de esta práctica, cogiendo demasiados, ya que se produciría un agotamiento de las reservas y, como consecuencia, se obtendrían plantas muy débiles y poco productivas pudiéndose producir, incluso, su muerte. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto para la formación del sistema aéreo, se deben dejar los tallos más vigorosos, en número variable de 5-10, bien distribuidos, que darán lugar a las nuevas ramas donde se obtendrá la producción de tápenas. Esta poda en verde se suele realizar aproximadamente a los 30-40 días desde el inicio de la brotación.

Durante el periodo de mayo a junio, según la climatología de la zona, una vez seleccionados los tallos que formarán el sistema aéreo de la planta y eliminados los restantes, debe realizarse una segunda poda en verde, que incluso puede repetirse. Ésta consiste en realizar un despunte de los ramos para obtener nuevos brotes que aumentan la ramificación de la planta. El objeto de esta poda es el de aumentar la producción de botones florales, ya que éstos se producen en el extremo de los ramos en crecimiento, por lo que podríamos denominarla "poda de producción". Esta poda de producción en verde, aumenta notablemente la producción de tápenas en las distintas variedades cultivadas en el Sureste español (Luna y Pérez, 1985).

Gráfica 4
Comparación de la producción total entre plantas podadas y sin podar
(Luna y Pérez, 1985)



El tipo de poda descrito es el tradicionalmente utilizado en el cultivo, y al igual que ocurre con las "variedades" no son selectas en la que cabe la posibilidad de seleccionar plantas de alto rendimiento, la formación y manejo no están suficientemente estudiados, por lo que otras alternativas de formación como la indicada en 4.2.1. pueden resultar muy interesantes. Las expectativas, de acuerdo con los ensayos actualmente en desarrollo, son esperanzadoras.

7.3. NECESIDADES NUTRITIVAS

La composición hídrica y mineral de la tapenera y las extracciones realizadas del suelo, se exponen en las tablas siguientes:

Tabla 63
Composición hídrica y mineral de la tapenera

Parte de la planta	Humedad %	Nitrógeno %	Fósforo mg/100g	Potasio mg/100g	Calcio mg/100g	Magnesio mg/100g
Botón floral	81'11	0'87	85'95	135	32	55
Tallo y hojas	70'14	1'01	55'37	173	17'7	116

Fuente: Luna y Pérez, 1985.

Tabla 64
Extracción de elementos minerales del suelo según su edad y producción de materia verde en Kg/ha

Edad de la plantación en años	Materia verde		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
	Botón floral	Tallo y hojas					
2	125	500	5'6	0'38	1'03	0'13	0'65
3	600	1.500	20'4	1'35	3'40	0'45	2'07
4	1.100	2.000	29'8	2'00	4'90	0'70	2'92
5	1.250	2.250	33'6	2'32	5'60	0'80	3'30
6	1.350	2.500	37'0	2'54	6'14	0'87	3'64
7	1.350	2.500	37'0	2'54	6'14	0'87	3'64

Fuente: Luna y Pérez, 1985.

Luna y Pérez (1985), consideran que las necesidades de la planta el primer año quedan cubiertas por el abonado de fondo, por lo que teniendo además en cuenta el coeficiente de eficiencia de los distintos fertilizantes y el consumo de nutrientes por la raíz, dan lo siguientes valores orientativos como guía para la fertilización:

Tabla 65
Abonado orientativo de una plantación de alcaparra, en Kg/ha

Edad de la plantación (años)	Sulfato amónico (21%)	Sulfato potásico (50%)	Superfosfato de cal (18%)
2	50	-	-
3	150	25	25
4	200	-	-
5	200	50	50
6	250	-	-
7	250	50	50

Fuente: Luna y Pérez, 1985.

A partir del sexto año se estabilizan las extracciones y, por tanto, las aportaciones. Además consideran conveniente, dadas las pequeñas cantidades de fertilizantes que necesitan las plantas, aportar el abonado fosfórico y potásico cada dos años. La aplicación de los mismos se realizará previamente a la labor de invierno, antes de la brotación, si se trata de una plantación de secano.

Como en otros frutales, la fertilización induce un incremento de la productividad, especialmente cuando se cultiva en suelos muy pobres, pero tiene la propiedad de ser una planta adaptada a situaciones en las que el agua y los nutrientes están muy limitados (Puignaire y Esteban, 1991).

Cuando se utilice un sistema de riego localizado, la fertirrigación permitirá un aporte continuo de los elementos nutrientes y el máximo aprovechamiento de los mismos. Por ello, considerando además el aumento de productividad que se obtiene, se recomienda utilizar este sistema siempre que sea posible.

7.4. NECESIDADES HÍDRICAS

Su sistema radicular le permite explorar capas muy profundas del suelo, presentando un gran poder de absorción, tanto en suelos salinos como en calizos. Asimismo sus raíces acumulan agua, que puede ser utilizada por el sistema aéreo en momentos de sequía.

Por otro lado, al ser una planta rupícola, es capaz de crecer y producir en terrenos poco profundos y pobres, por lo que se puede cultivar fácilmente en secano, aunque como la mayoría de las plantas, cuando se riega aumenta considerablemente su producción, de tal modo que, incluso el rendimiento de los recolectores de tápenas llega a duplicarse respecto al secano.

No conocemos estudios acerca de las necesidades hídricas de esta planta en el Sureste español, aunque puede decirse que sus requerimientos son muy inferiores a otras plantas, especialmente si se realizan las labores que reduzcan la evaporación del agua del suelo tras las lluvias o riegos, cuando esto sea posible. En secano se pueden obtener producciones sin regar, aunque con el riego se aumenta considerablemente la producción.

Tras la plantación, resulta prácticamente imprescindible realizar un riego con objeto de facilitar el enraizamiento de las plantas. Este riego suele realizarse mojando únicamente el suelo que circunda la planta. A los 20-25 días se dará un segundo riego debiendo mover la tierra en la zona regada antes de que el terreno se seque para reducir las pérdidas por evaporación. Al segundo año, si el cultivo se realiza en seco y durante la primavera no llueve lo suficiente, se deberá regar de nuevo para asegurar la brotación y desarrollo de la planta; en este caso el agua aplicada suele verse sobre pocetas realizadas al efecto.

Ensayos realizados en la Estación Experimental "Las Cardas" en Coquimbo, dependiente de la Universidad de Chile, con un suelo franco arenoso, una evaporación anual de unos 1.300 mm y una precipitación inferior a 100 mm, las aportaciones de agua de riego se cifraron en 8 l/semana y planta durante el primer año de cultivo, de 16 l/semana y planta para el segundo año y se espera aumentar a 32 l/semana y planta durante el tercer y cuarto año (Prat, 1998). Con estas dotaciones el estado del cultivo observado es satisfactorio.



Fotografía 91. Plantación de tapeneras en Pantelleria (Barbera, 1991).



Fotografía 92. Detalle de tapenas en planta sin espinas.

Como en otros cultivos, con las labores de cava que se practiquen se pretende conseguir varios objetivos: eliminar o reducir la competencia de las malas hierbas por los nutrientes y el agua, reducir las pérdidas de agua por evaporación, etc. En el caso específico de la tapenera, que generalmente ocupa terrenos de seco o montes en zonas semidesérticas, tiene una gran importancia, al menos durante el primer año, dar cavas periódicas, aunque sólo sea en la zona de la poceta de riego, con objeto de reducir la evaporación de agua.

Tras el riego de plantación, antes de que la tierra se seque, conviene dar la primera cava junto a la planta, y también en el resto de la parcela si la presencia de malas hierbas es importante. Tras las lluvias de primavera también conviene realizar un pase de gradas o de cultivador con objeto de reducir las pérdidas de agua del terreno. En caso de que no se produzcan lluvias durante la primavera o si éstas son muy escasas, con-

viene regar las plantitas una o dos veces del mismo modo que se hizo tras la plantación, procediendo a continuación a cavar de nuevo el terreno en la poceta de riego.

Una vez que la planta ha enraizado en el terreno definitivo, y ha pasado el primer año, la planta aguantará mejor las condiciones de sequía, aunque conviene seguir realizando labores con gradas u otros aperos que aseguren la acumulación del agua de lluvia y reduzcan las pérdidas por evaporación. A partir de mayo o junio, las labores de cultivo se dificultan notablemente, ya que en esta época se produce un rápido crecimiento de la planta que pronto ocupa la práctica totalidad de la superficie.

Durante los últimos años y especialmente en las nuevas plantaciones, se ha extendido la utilización del riego por goteo, con lo que las labores para acumular agua tienen menor importancia.

La aplicación de herbicidas permite eliminar las malas hierbas durante los meses de verano en los que no es posible realizar las labores de cultivo, permitiendo un mejor control de las malas hierbas y reduciendo los gastos por este concepto. Entre los herbicidas utilizados en el cultivo de esta especie, se citan (Luna y Pérez, 1985; Massa y Luna, 1985):

- En preemergencia: Prometrina 50% (4 Kg/ha).
- En postemergencia: Metribuzin 70% (1 Kg/ha). Los tratamientos de postemergencia que toquen la planta deben aplicarse a partir del tercer o cuarto año.

8. PROPAGACIÓN DE LA TAPENERA

La tapenera es una planta espontánea en los países mediterráneos, y presenta un comportamiento especialmente adaptado a las condiciones ecológicas del Sureste español. Sin embargo, su propagación puede realizarse mediante diferentes sistemas, que conviene conocer para elegir el más adecuado según los objetivos específicos que se persigan, los medios de que se disponga y las condiciones en que se vaya a realizar la misma.

8.1. PROPAGACIÓN POR SEMILLA

La tapenera puede propagarse por semilla, separando ésta de la pulpa del fruto por frotación en agua. Se seca al aire y se guarda en lugar fresco y seco hasta el momento del estratificado, antes de su siembra; conservadas así, su poder germinativo, llega a ser superior al 90% durante dos años. El proceso de estratificado se realiza en arena, alternando capas de semilla con capas de arena o bien mezclando semillas y arena en proporción 1/5; antes del estratificado las semillas se desinfectan con productos fungicidas como Captan, TMTD, etc., procurando que no falte la humedad durante el proceso y así, transcurridos entre 25-50 días, según la temperatura del local donde se almacenen, el 30-40% de las semillas estarán pregerminadas, siendo éste el momento óptimo para la siembra (Luna y Pérez, 1985). Otros ensayos demuestran que las semi-

llas pueden tener un porcentaje de germinación de prácticamente el 100% cuando se siembran con el mismo fruto.

Algunos ensayos han sido realizados por otros autores utilizando distintos sistemas de escarificado y la aplicación de GA_3 para incrementar el porcentaje de germinación y el tiempo medio de germinación (TMG); así Macchia *et al.* (1993) obtienen porcentajes de germinación comprendidos entre el 8 y el 15% utilizando GA_3 (850-400 ppm) y KNO_3 al 0.2%, con un TMG de 31 a 55 días a la temperatura de 20°C, mientras que escarificando con H_2SO_4 puro durante 15-30 minutos + 500 ppm de GA_3 obtuvieron la germinación más alta, llegando al 37-38% con un TMG de 17-22 días.

Ensayos realizados por nosotros en 1998 con semillas procedentes de frutos de la "variedad" "del País", pusieron de manifiesto la dificultad de germinación de estas semillas.

Antes de realizar la siembra y con la antelación suficiente, se procederá a desinfectar el terreno en el que se establecerá el semillero, con objeto de evitar los ataques de hongos del cuello de la raíz, que pueden provocar la muerte de las plantas, como son los del género *Pythium* y *Fusarium*.

En cualquier caso, deberá tenerse en cuenta que aunque el sistema de propagación por semilla ha sido y es el más utilizado, presenta el inconveniente de que las plantas obtenidas serán genéticamente heterogéneas, dando origen a una población con características más o menos diferentes y que, en todo caso, redundará negativamente en la calidad y productividad de la plantación.

La siembra suele realizarse desde mediados de abril hasta mediados de mayo, dependiendo de la climatología de la zona.

De manera aproximada, podemos decir que un gramo de semillas contiene 110 unidades, pero esta cifra puede ser variable dependiendo de la variedad y otros factores.

Las semillas de frutos inmaduros tienen un color marrón claro, a diferencia de las de frutos maduros que son de color marrón oscuro.

8.1.1. Sistemas de siembra

a) *Siembra sobre la cumbre de caballones*: Con este sistema se reduce el riesgo de las enfermedades antes citadas. Se utilizan 1-1.5 g de semillas/m, a una profundidad de 2-4 cm. Si la cumbre del caballón es lo suficientemente ancha (25-30 cm), se pueden sembrar sobre ella dos filas de semillas, obteniendo así el doble de plantas en cada metro lineal de caballón. A continuación se riega, evitando mojar la cima del caballón para que no se forme costra en esta zona, repitiendo el riego a los 10-12 días; los caballones se deberán mantener libres de malas hierbas. Al cabo de un mes desde la siembra se obtendrán unas 40-50 plantas por cada metro lineal de caballón y el doble si la siembra se realizó en dos filas de semillas sobre el mismo.

El inconveniente que presenta este sistema de propagación es el coste y sobre todo la dificultad de realizar y mantener en condiciones cuando la superficie de semillero sea grande.



Fotografía 93. Semillas de alcaparra, lavadas y secas (Lana y Pérez, 1985)

b) Siembra en los taludes del caballón. Al igual que el sistema descrito anteriormente, presenta el inconveniente de ser caro.

c) Siembra a voleo. Sistema más rentable que los anteriores. Mediante este sistema se pretende obtener unas 100-120 plantas/m², debiéndose utilizar para ello unos 4 g de semilla/m².

d) Siembra bajo túneles de plástico. La siembra de semillas se realiza sobre la cima de un caballón que es cubierto por un plástico transparente. Este sistema permite acortar el periodo de nascencia, evita la formación de la costra, necesita menos agua y con él se obtiene mayor porcentaje de germinación, planta más uniforme y de mayor tamaño. Este sistema, resulta más caro que los anteriores, aunque su utilización puede estar justificada en determinadas ocasiones.

e) Siembra en bolsas de plástico. Se realiza en bolsas perforadas inferiormente, colocando un sustrato desinfectado en las mismas y sembrando 5-6 semillas/bolsa. Es un sistema más caro que los anteriores, aunque presenta la ventaja de que no se necesita realizar el arranque para transplantar.

f) Siembra extensiva en secano. Este sistema de siembra requiere que la semilla no esté estrañificada. La siembra se realiza en invierno para aprovechar las lluvias primaverales, de las que dependerá el éxito de la misma.

Los sistemas de siembra descritos son los utilizados en el pasado. En la actualidad, se pretende propagar plantas clonales de alto rendimiento, tolerantes a la sequía y a la salinidad y que produzcan botones florales de calidad; para ello, se recurre a la propagación vegetativa mediante estaquilla herbácea.

La siembra de semillas para la propagación de variedades es un sistema inadecuado y obsoleto, quedando por tanto limitado su uso a situaciones especialmente precarias o a la obtención de nuevos individuos.

8.1.2. Cuidados del semillero

Como en todo semillero habrá que vigilar muy especialmente la posible aparición

de hongos del cuello, realizando tratamientos preventivos contra los mismos que eviten su aparición.

Será necesario practicar un aclareo de las plantitas cuando éstas tengan 3-4 hojas, dejando una densidad de 30-40 plantas/m de caballón, 100-120 plantas/m² si se realiza a voleo en regadío y 1 -2 plantas/bolsa de plástico.



Fotografía 94. *Plantas recién germinadas.*



Fotografía 95. *Detalle de una planta.*

Las plantas que en el momento del trasplante presenten un diámetro de cepa inferior a 3 mm, conviene dejarlas en el vivero un año más si su destino es una plantación de secano.

8.2. PROPAGACIÓN VEGETATIVA

La gran dispersión genética que se produce con la propagación por semilla, obliga a realizar la propagación vegetativa, cuando se quieren conservar las características varietales. Entre los métodos utilizados en la especie para su multiplicación vegetativa destacan los que se exponen a continuación.

8.2.1. Multiplicación por estaquilla

La tapenera se propaga con éxito mediante estaquillas leñosas y mediante estaquillas herbáceas.

8.2.1.1. Multiplicación por estaquilla leñosa

Para obtener estaquillas leñosas de tapenera, deberá tenerse en cuenta que en algunas variedades los ramos se secan durante el invierno. Por tanto, deben recolectarse los ramos con alguna anticipación y conservar en cámara frigorífica o estratificados.

Las estaquillas se obtendrán al final del periodo vegetativo, de ramos vigorosos, lignificados, sin hojas, con una longitud de unos 15 cm y un diámetro superior a 5 mm, realizando el corte de las estaquillas inmediatamente por debajo del nudo para aumentar las posibilidades de enraizamiento.

La conservación en cámara frigorífica debe realizarse a una temperatura de unos 4-5°C, procurando a las estaquillas una humedad del 100%. Para ello, es útil utilizar bolsas de plástico impermeables y vigilar que siempre existan gotitas de condensación en su interior. Antes de su conservación conviene someter las estaquillas a un baño con productos fungicidas como Captan, TMTD, etc.

La estratificación en arena es otro método adecuado para la conservación de las estaquillas, debiendo vigilar la humedad de la arena para evitar que las estaquillas se sequen. Antes del estratificado conviene realizar un tratamiento con fungicidas tal como se indicó anteriormente y, asimismo, se evitarán los encharcamientos durante este proceso. El lugar donde se realice el estratificado debe tener una temperatura que evite una brotación anticipada de las estaquillas.

Las variedades "Mallorquina" e "Italiana" (inerte), son productoras de frutos escasos y pequeños y, por tanto de pocas semillas; éstas se prestan mejor a la propagación por estaquilla leñosa que la variedad denominada "del País" que produce más semillas. En las dos primeras una gran longitud del tallo, a partir de la base, permanece tierno, a diferencia de la "del País" que, llegado el invierno, se seca en toda su longitud (Luna y Pérez, 1985). Estos autores indican también que los esquejes de la "variedad" "del País", se pudren en gran porcentaje cuando son estratificados.

La plantación de estaquillas se realizará en el mes de febrero, situándolas a unos 10 cm de separación en la línea y dejando la calle adecuada para realizar las labores de cultivo. La plantación en líneas pareadas o al tresbolillo resulta más rentable, debiendo en este caso dejar una separación de 10 a 15 cm entre las plantas de cada línea y de 15-20 cm entre líneas. La instalación de riego por goteo y los plásticos negros lineales (flexibles) de unas 600 galgas reducen notablemente los gastos de cultivo.

Las heridas en la base de la estaquilla y la aplicación de ATB a 8.000-10.000 ppm durante 5 segundos, mejoran el enraizamiento. Asimismo el calor de fondo permite mejorar los porcentajes de enraizamiento.

8.2.1.2. Multiplicación por estaquilla herbácea

De las yemas de la cepa, que brotan a finales de marzo, se obtienen tallos. Éstos se cogen a mediados de abril y las estaquillas deben tener una longitud de unos 5-10 cm, sin brotaciones laterales (se suelen obtener 2-3 estaquillas de cada tallo). La especie enraíza bien mediante este sistema, aunque la emisión de raíces es mucho más lenta que en otras especies como el granado.

El vivero ha de hacerse forzosamente en invernadero dotado de sistema de control de temperatura y de humedad. El calor de fondo mejora notablemente los resultados.

En las estaquillas basales o intermedias, antes de realizar la plantación, se suprimen todas las hojas excepto la terminal, mientras que en las estaquillas terminales

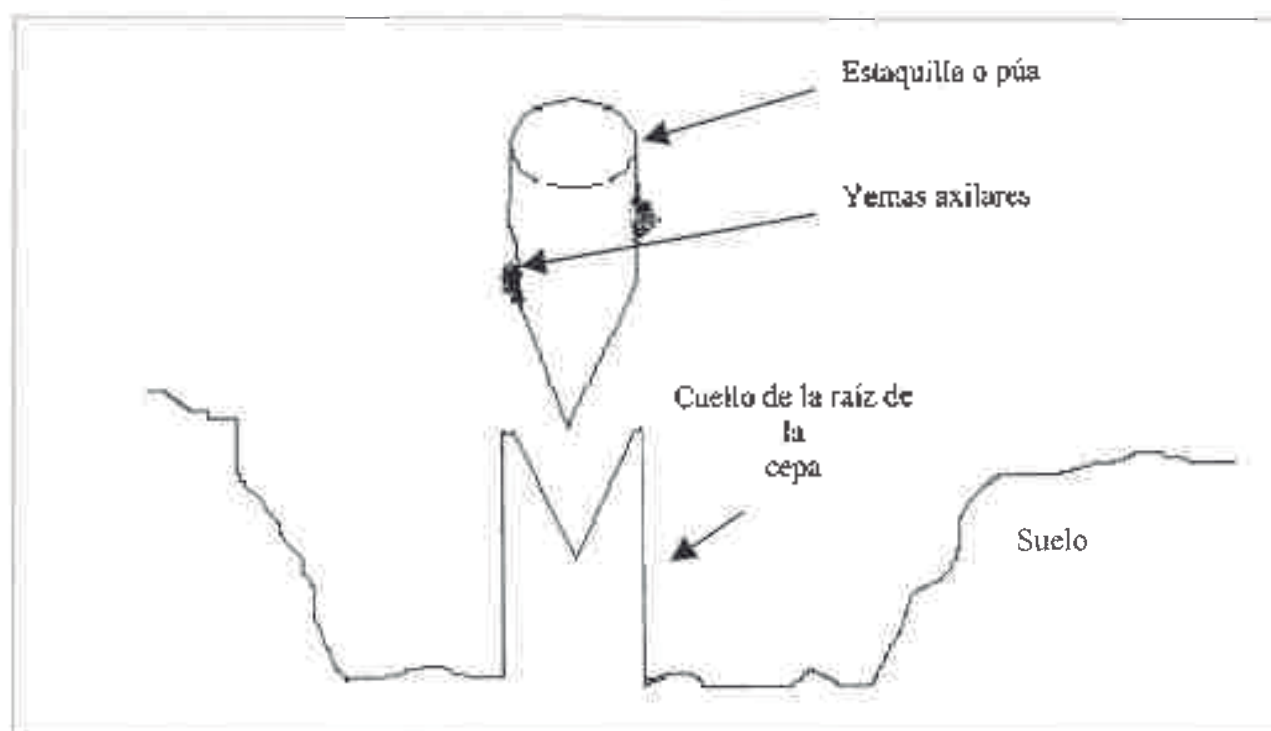
(menos aptas para enraizar), más herbáceas, se quitan todas las hojas excepto las más extremas que cubren la yema apical. En todos los casos se entierra casi la totalidad de la estaquilla, dejando al exterior sólo una hoja, o varias hojas pequeñas en el caso de los apicales.

8.2.2. Multiplicación por injerto

La realización del injerto en la tapenera puede ser de interés, ocasionalmente, si las plantas proceden de semilla, dada su gran heterogeneidad genética. La época de realización es aproximadamente mediados de abril, cuando se dispone de tallos en las cepas que serán utilizadas como variedad. El tipo de injerto realizado es el de púa en cabeza.

8.2.2.1. Injerto de plantas jóvenes

Figura 21
Esquema de injerto de púa en cabeza



Cuando el injerto se realiza en vivero, sobre plantas de un año, se procede del modo que se indica a continuación. Se descalsan un poco las cepas para facilitar la operación y se descabezan mediante un corte horizontal; a continuación se realiza una hendidura sobre el extremo superior de la cepa, en el cuello de la raíz, que tendrá la misma forma que la que se dará a la púa o estaquilla que constituirá el injerto. Las estaquillas, de unos 4 cm de longitud, y con al menos 2 yemas axilares, serán deshojadas antes de realizar el injerto; estas estaquillas no deben tener brotes axilares. Una vez realizado el injerto se atarán ambas partes, patrón y variedad con cinta de plástico,

protegiendo la zona afectada con tierra húmeda para reducir la evaporación del tallo injertado, dejando uno o dos centímetros al exterior. A continuación es conveniente dar un riego a las plantas injertadas y a los 20-30 días el injerto habrá prendido, quedando la planta lista para su trasplante al año siguiente. El porcentaje de prendimientos obtenido por este sistema supera el 70%.

8.2.2.2. Injerto de plantas adultas

El injerto se realiza como en el caso anterior, pero en vez de hacerlo en el cuello de la raíz, se hace dejando 3-4 tallos principales, que se descabezarán para poner las púas; el resto de tallos brotados de la cepa se destinan para su curado en salmuera. Al igual que en el vivero, los injertos son aporcados y se irán eliminando los nuevos tallos que nacen de la cepa para evitar su competencia con los tallos injertados.

9. PATRONES Y VARIEDADES

9.1. PATRONES

En la alcaparra, igual que ocurre en muchos frutales subutilizados, como algarrobo, granado, higuera, etc., usados en zonas áridas, no existen selecciones de patrones en España, quizá debido a la gran rusticidad que presenta esta especie para su cultivo en zonas en las que muy pocos frutales pueden cultivarse de modo rentable. Por tanto, existe una gran heterogeneidad en el material vegetal utilizado, y en la mayoría de los casos procede de semilla.

9.2. VARIEDADES

Desde los años sesenta a los ochenta se han realizado algunos estudios sobre esta especie. Luna y Pérez (1985), exponían la problemática de la estructura varietal existente en España; en este periodo se realizaron algunos ensayos, especialmente por los Servicios de Extensión Agraria en Murcia y en Andalucía. Los autores citados resaltaban la heterogeneidad del material vegetal existente debido a su multiplicación por semilla, indicando que en las islas Baleares existían variedades que poseían la característica común de tener frutos pequeños y que en las provincias de Murcia y Almería se cultivaban, entre otras, algunas "variedades" procedentes de Baleares como "Mallorquina" y otras procedentes de Italia como la llamada "Italiana", que no presentaba espinas pero era poco productiva. En aquella época existían expectativas de que el cultivo alcanzase un gran desarrollo y se profundizase en el conocimiento del material vegetal, especialmente en el que sería utilizado como variedad y que permitiría aumentar la rentabilidad de este cultivo. Sin embargo, tal como demuestra la estadística agraria, debido al aumento progresivo del precio de la mano de obra en España, en esta especie no sólo no se aumentó la superficie de cultivo sino que hubo un

retroceso, que todavía hoy perdura como consecuencia de su baja rentabilidad económica. Esta falta de rentabilidad actual en nuestro país no invalida a la especie como alternativa frutal para muchas zonas de España y del mundo, especialmente para países subdesarrollados donde la mano de obra permite realizar el cultivo de modo rentable. El retroceso ha sido tal que incluso las colecciones oficiales de esta especie han sido abandonadas o arrancadas para destinar el terreno a otras especies. No obstante, todavía existen posibilidades de que en España se realice este cultivo de modo rentable, siempre que se hagan los esfuerzos necesarios para conseguir selecciones de calidad, que permitan obtener mayores producciones y mayor tecnificación del cultivo.

En la actualidad existe una colección de algunas variedades de alcaparra en la Escuela Politécnica Superior de Oribuela (Universidad Miguel Hernández), donde la unidad docente de Cultivos Leñosos realiza algunos estudios sobre el material vegetal existente y su tipificación.

A continuación expondremos un resumen de las características de algunas variedades de tapenera, descritas por Luna y Pérez (1985). Debe tenerse en cuenta que las variedades citadas serán en muchas ocasiones grupos de individuos que presentan alguna característica común; en rigor no podría hablarse de variedades, ya que, en general, todas ellas se han obtenido por semilla, por lo que existe una gran variabilidad entre los distintos individuos:

Variedades cultivadas en Baleares

- *Rosa*: Posee espinas y es muy productiva.
- *Figa seca*: posee tallos con espinas muy largas y curvas, con porte elevado, fruto plano y de poco peso; difícil de recolectar.
- *Redona*: Posee espinas. Botones florales muy duros y de calidad. Buen resultado.
- *Cavall*: Sin espinas y poco productiva.
- *Fulla redona* (Hoja redonda): Sin espinas. Gran resultado y gran calidad.
- *Boxcana*: Muy vigorosa y con muchas espinas. Tápenas de poca dureza y muy fructífera.
- *Otras*: sin espinas, consideradas como *Capparis spinosa* variedad *inermis*.



Fotografía 96. Detalle de los ramos en producción en planta sin espinas.



Fotografía 97. Detalle de ramos productivos y flor en planta sin espinas.



Fotografía 98. *Planta sin espinas con ramas erectas.*



Fotografía 99. *Detalle de ramo erecto.*

Varietades cultivadas en el Sureste peninsular

– *Común* o “*Del país*”: Con espinas. Hojas color verde y fruto grueso. Buen rendimiento, aunque variable por falta de selección.

– *Mallorquina*: Con espinas. Fruto pequeño y con pocas semillas. Hojas color verde intenso. Las ramas no se secan totalmente durante el invierno. Resultado extraordinario. Buena multiplicación por estaca.

Italiana: Planta muy pequeña, con tallos elevados. Sin espinas. No se seca durante el invierno. Produce pocos botones florales y los frutos son pequeños y con pocas semillas.

De entre las variedades citadas, los autores indicados recomiendan multiplicar vegetativamente la variedad *Fulla redona*.

De todo lo anteriormente expuesto, se deduce la necesidad de realizar una selección y tipificación varietal, teniendo en cuenta: *producción, dureza del botón floral, ausencia de espinas, etc.*

10. ESTUDIOS BÁSICOS PARA LA TIPIFICACIÓN DE TÁPENERA Y CARACTERES EXIGIBLES

Como ya se ha indicado, es preciso acometer los estudios que permitan tipificar y seleccionar los individuos más adecuados para el uso al que se destinen. Entre los caracteres buscados en esta especie, destacan:

– Productividad de la planta, especialmente en tápenas que es el producto más apreciado.

– Dureza y pequeño tamaño del botón floral o tápena.

– Ausencia de espinas. Las plantas inermes presentan las ventajas de facilitar la labor de recolección, permitiendo obtener mayores rendimientos en esta tarea y de producir tallos inermes, más apreciados cuando se utilizan en ensaladas.

- Resistencia a la sequía.
- Resistencia a la salinidad.
- Color de las tápenas
- Aroma de las tápenas.



Fotografía 100. Banco de genoplasma de alcaparra.

11. ACCIDENTES, PLAGAS Y ENFERMEDADES

11.1. ACCIDENTES

La tapenera es una mata rastrera que desarrolla su actividad vegetativa y productiva fundamentalmente durante el verano, mientras que durante el invierno es podada, presentando una pequeña parte al intemperie, el muñón de cepa con sus cortas ramas principales, quedando el resto de la planta protegida de las inclemencias climáticas por el suelo.

La planta no sufre daños por vientos, por ser una especie rastrera que se adapta a la forma del terreno, no presentando resistencia a éstos. No tiene problemas de encharcamiento, ya que se cultiva en zonas que se caracterizan por la escasez de lluvia y, además, el periodo de actividad vegetativa durante el que es más sensible, se desarrolla en verano, estación en la que, en la zona de cultivo, prácticamente no se producen lluvias. No suele sufrir daños por frío, ya que en el periodo invernal se encuentra en latencia con sólo el muñón de cepa al exterior.

Únicamente el granizo, que suele producirse en las tormentas de finales de primavera o principios de verano, puede ocasionar daños más o menos importantes, especialmente sobre el follaje que se extiende por el suelo.

11.2. PLAGAS

Cuando la planta es espontánea no suele padecer problemas de importancia. Los

ataques de insectos pueden tener cierta importancia relativa en plantaciones regulares más o menos intensivas. Este es un problema que puede ir en aumento y que al igual que ocurre en otros frutales suele ir ligado a la intensificación del cultivo, por lo que en el futuro, si su cultivo se intensifica, cabría esperar mayores daños por plagas que los que se producen en la actualidad, que son prácticamente despreciables. Como problemas poco importantes se han descrito ataques de:

– Oruga de la col (*Pieris brassicae* L.). Es un lepidóptero cuyas orugas, de color verde con bandas amarillas y puntos negros, comen las hojas, pudiendo dejar la planta prácticamente defoliada, dependiendo de la intensidad del ataque; la pérdida de superficie foliar incide negativamente sobre la producción. La plaga se combate con facilidad mediante el uso de productos como tricolorfon, clorpirifos, carbaril, etc.

– Chinche de las crucíferas (*Eurydema ornata* L.). Es un himenóptero de color amarillo-naranja, con manchas negras, que pica en las hojas succionando la savia, quedando sobre éstas unos puntos blancos como consecuencia de las picaduras. Un ataque intenso puede producir la defoliación de la planta. Su tratamiento se realiza con productos de contacto como tricolorfon, carbaril, malation, dimetoato, etc.

– Otras plagas polífagas pueden atacar eventualmente a la tapenera provocando daños, especialmente en plantas jóvenes que resultan más débiles a los ataques intensos de numerosos insectos. Así en algunas plantaciones se ha observado el ataque de *Ceuthorrhynchus spp* (Luna y Pérez, 1985), cuyas larvas atacan a la raíz, provocan el marchitamiento de tallos tiernos y llegan a producir la muerte de la planta.

Como norma, ha de tenerse en cuenta que los productos insecticidas y plaguicidas que se apliquen a esta especie, en general, deben tener preferentemente una persistencia muy corta ya que, en ocasiones, el tiempo transcurrido entre dos recolecciones sucesivas puede ser de 5-8 días.

11.3. ENFERMEDADES

Los conocimientos sobre el ataque de enfermedades a esta planta son escasos, quizá porque se presentan con alguna importancia en los semilleros y con menor incidencia en las plantas adultas.

En los semilleros suelen aparecer las enfermedades típicas del cuello de la raíz como *Phyitium*, *Fusarium*, *Verticilium*, etc. Como medidas preventivas se utilizan la desinfección del suelo con productos como Metan-Sodio, y otros fumigantes, respetando los plazos de seguridad correspondientes antes de la siembra, la desinfección de semillas con productos como TMTD, Zineb, etc., y finalmente realizando tratamientos con los mismos fungicidas de modo preventivo durante la fase de semillero. En otras ocasiones, en plantas adultas (Luna y Pérez, 1985), pueden presentarse ataques sobre las hojas que no revisten mayor importancia, aunque también se han observado plantas adultas que llegan a secarse y en las que puede apreciarse un estrangulamiento en la raíz; descubriendo ésta, limpiando la zona afectada y aplicando productos con cobre puede corregirse esta enfermedad no identificada.

La alcaparra es una planta muy sensible al exceso el agua junto al tronco, incluso

en plantas adultas. Así, en plantas regadas por goteo, se puede producir la muerte de éstas por ataque de hongos al cuello, por lo que los emisores de riego nunca deben estar próximos al tronco.

12. RECOLECCIÓN

La tapenera es un cultivo que consume una gran cantidad de mano de obra en la recolección; se estima que una hectárea de cultivo consume entre 80 y 100 jornales en recolección (Luna y Pérez, 1985). Su potencial interés social es altísimo si se considera no sólo la superficie de cultivo ocupada por otras plantas o las tierras abandonadas improductivas en las que se podría cultivar de modo rentable, sino también las tierras de monte que en muchas ocasiones pueden ser repobladas con esta especie con éxito.

La cifra indicada corresponde a la recolección de plantas fundamentalmente silvestres y en plantaciones procedentes de semilla con gran heterogeneidad, pudiéndose reducir notablemente si en la plantación se utilizan clones seleccionados, de alto rendimiento, y si se realiza una formación de la planta dirigida a reducir este coste. Este sería uno de los objetivos a conseguir en un plan de mejora de esta especie, ya que además del beneficio intrínseco que conlleva el aumento de la producción, la reducción del coste de recolección resulta del máximo interés por ser el mayor, a gran distancia de los demás gastos realizados en este cultivo.

12.1. SISTEMAS DE COMPRA-VENTA DEL PRODUCTO

Los productos obtenidos de la tapenera: tallos, tápenas y caparrones son recolectados por obreros que actúan en distintas modalidades de contrato para realizar esta labor. Generalmente la mano de obra utilizada en la recolección es femenina.

El producto, una vez recolectado es entregado en la industria de transformación, que lo paga en función del calibre en el caso de tápenas (botones florales) y caparrones (frutos).

12.2. ÉPOCA DE RECOLECCIÓN

La recolección de los tallos se realiza a los 20 ó 30 días desde la brotación, cuando éstos tienen una longitud comprendida entre 10 y 25 cm, con su color típico (morado) y están tiernos (no lignificados). La recogida de tallos no debe ser excesiva para no agotar las reservas de la planta, ya que, tal como se indicó anteriormente, una explotación excesiva puede perjudicar gravemente al desarrollo de la alcaparra y por tanto a la producción de tápenas. Deben dejarse de 5-10 tallos vigorosos, bien distribuidos para obtener la estructura productiva sobre la que se obtendrá la cosecha de tápenas y caparrones. A efectos de estimar la producción de tallos que se pueden recolectar, sin

que ello sea peligroso para la planta, se puede considerar que se cosecharán 0.25 Kg de tallos/planta a partir del 3^{er} ó 4^o año.

La recolección de las tápenas o alcaparras, suele iniciarse hacia mediados de mayo en el área mediterránea, alcanzándose la máxima producción durante los meses de junio, julio y agosto, coincidiendo con las altas temperaturas estivales. La recolección suele continuar hasta mediados de septiembre y puede prolongarse excepcionalmente hasta primeros de octubre, ya que al disminuir la producción de tápenas se incrementa notablemente el coste de recolección.

Durante el período vegetativo se suelen dar de 12 a 14 cortes de tápenas, recolectándose cada 8-12 días e incluso, a veces, cada 3-5 días en los periodos más productivos. La recolección, dado el tipo de planta (rastrera) y el pequeño tamaño del producto recolectado, resulta muy costosa. Los calibres pequeños resultan más apreciados que los grandes que pueden llegar a constituir destrío (>14 mm) y por tanto no tener valor comercial, por lo que resulta interesante reducir el número de días que transcurren entre dos cortes sucesivos; de este modo, se pueden obtener calibres más pequeños y además la planta consume menos energía alcanzando mayor desarrollo. Las flores abiertas no tienen valor comercial y se suelen dejar para la producción de frutos.

12.3. MÉTODO DE RECOLECCIÓN

La recolección de tápenas conlleva una dificultad propia como consecuencia de la estructura de la planta y del pequeño tamaño del órgano recolectado. A esta dificultad hay que añadirle la que proporciona la presencia de fuertes espinas en las axilas de las hojas, junto a las tápenas. Por ello, considerando además el rigor del clima en las zonas productoras, de veranos muy calurosos, se recurre a realizar esta operación a horas alejadas del centro del día, cuando el sol calienta menos, ya que el rendimiento en la recolección durante las horas más calurosas desciende notablemente.

Se emplea mayoritariamente mano de obra femenina para realizar esta operación y los obreros suelen trabajar a destajo, es decir, cobran en función de los kilogramos de alcaparra recolectados. En otras ocasiones, utilizan otra modalidad consistente en el cobro en especie; esto es, el empresario agrícola paga al obrero recolector con el propio producto que recolecta y la cantidad que recibe suele estar comprendida entre el 40 y el 60% del producto recolectado.

12.4. RENDIMIENTOS

El rendimiento de un obrero en la recolección es variable, dependiendo del estado y producción de la plantación. Así un obrero puede recolectar entre 8-10 Kg de tápenas al día en plantas espontáneas, mientras que este rendimiento puede llegar casi al doble en plantaciones regulares. De lo expuesto se deduce que el coste de la mano de obra es un componente importantísimo en el coste final del producto, y pone de mani-

fiesto la necesidad de obtener variedades de alto rendimiento y que faciliten la recolección, bien por no tener espinas, por la aplicación de técnicas culturales que aumenten las producciones, etc.

Se considera que la tapenera alcanza el estado adulto, y por tanto la máxima producción, a los 5-6 años desde la plantación y que su vida productiva puede llegar a los 20-25 años. La producción directamente relacionada con las altas temperaturas estivales, la variedad y la disponibilidad de agua, puede llegar a duplicarse cuando el cultivo se realiza en regadío.

En la tabla y gráficas siguientes, se expone la evolución de la producción con la edad de la planta y según la variedad utilizada.

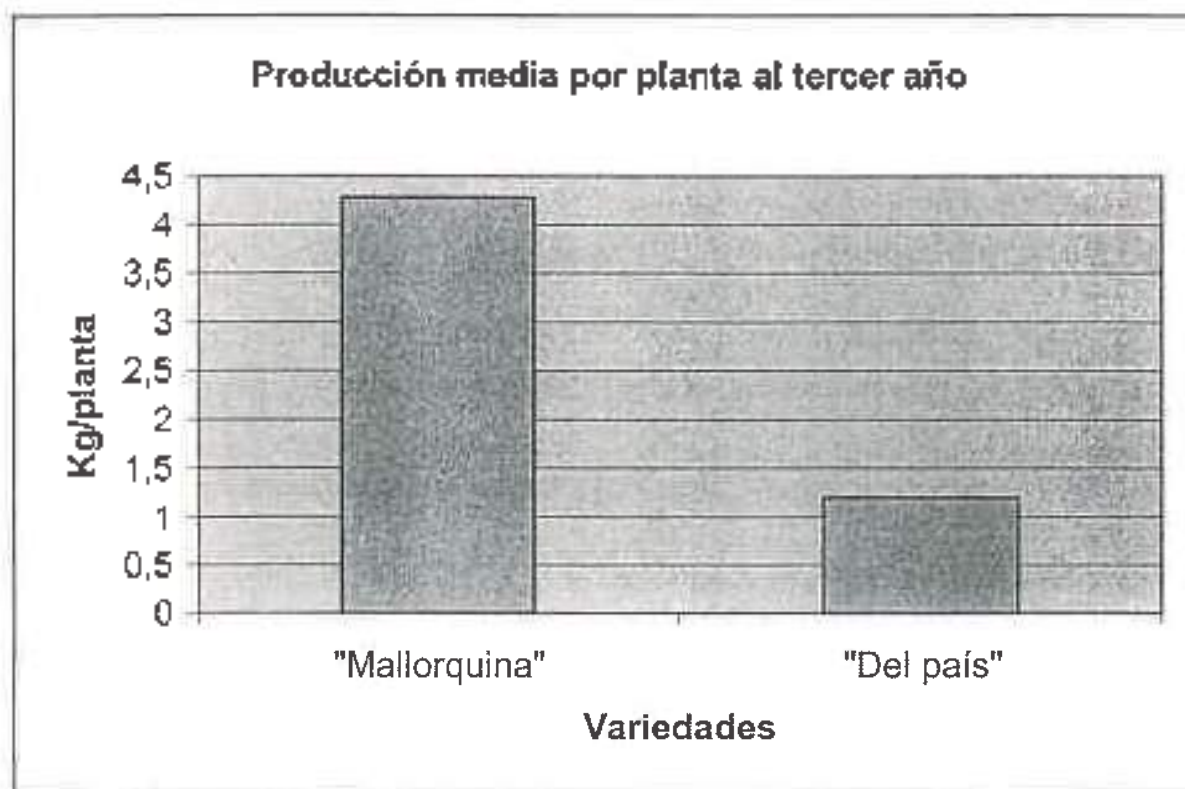
Tabla 66
Producción de botones florales de las variedades "Mallorquina" y "Del País", en función de la edad. Valores medios en Kg/planta

Variedad	1977 (2 ^o)	1978 (3 ^o)	1979 (4 ^o)	1980 (5 ^o)	1981 (6 ^o)	1982 (7 ^o)	1983 (8 ^o)	1984 (9 ^o)
"Mallorquina"	1'10	4'30	7'50	5'00	3'90	3'90	3'50	6'70
"Del país"	0'26	1'20	2'20	3'60	2'20	2'40	2'30	3'40

Fuente: Luna y Pérez (1985). Ensayo realizado en 1977-1984 por Sánchez García, E.

El término "variedad" no debe tomarse en el sentido agrícola, ya que las plantas utilizadas proceden de semilla.

Gráfico 5
Producción media de tápenas al tercer año en las variedades "Mallorquina" y "Del país"

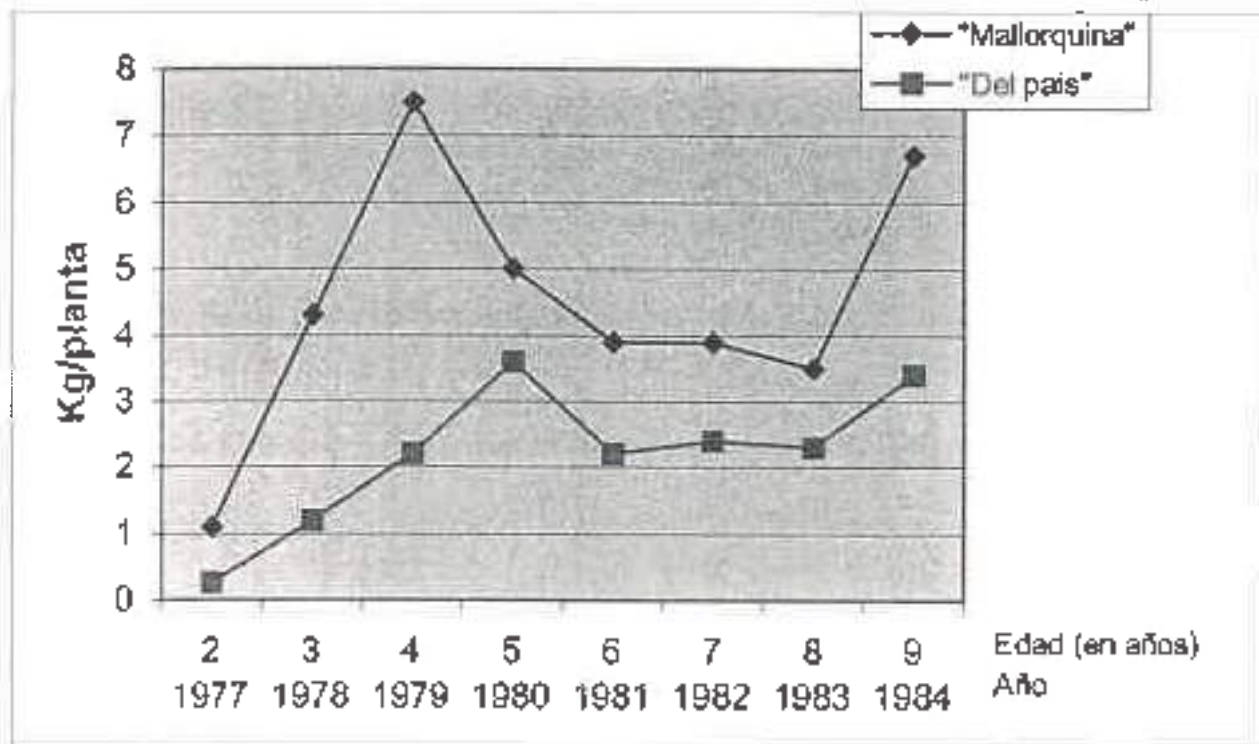


Fuente: Luna y Pérez (1985).

La producción de tápenas en buenas condiciones de cultivo puede alcanzar los 1.000 o 1.500 Kg/ha al tercer año con la variedad "Del país", mientras que con la variedad mallorquina puede duplicarse esta producción (Luna y Pérez, 1985). Estos autores indican asimismo que plantas seleccionadas de la variedad "Del país" pueden dar producciones similares a la "Mallorquina". Los datos que se exponen están referidos a plantaciones de secano, donde la influencia de la falta de lluvia durante estos años no sólo redujo la producción sino que aceleró el agostamiento prematuro de las plantas.

Por otro lado, ha de considerarse que los riegos de emergencia, pueden aumentar notablemente la producción, por lo que su empleo debe tenerse en cuenta, si no se dispone de suficiente agua para el riego normal.

Gráfico 6
Producción anual de tápenas en las variedades "Mallorquina" y "Del país"



Fuente: Luna y Pérez (1985).

Las producciones en plantaciones con riego localizado pueden duplicar las producciones en secano, aunque el marco de plantación habría que aumentarlo desde los 4x4 m que se utiliza frecuentemente, hasta los 5x5 m.

La producción de caparzones puede duplicar la producción de tápenas, dado el mayor peso de éstos.

En Argentina, la planta estabiliza su producción a partir del quinto año, obteniéndose en este momento unos 6 kg/planta, lo que supone una producción de 3.000 a 3.500 Kg/ha, según Rico (Prat, 1998).

Como puede observarse, las fuentes utilizadas, aunque no precisan las condiciones de lluvia durante los años de estudio o la cantidad de agua de riego aplicado, en

su caso, coinciden en que el potencial productivo de la planta puede sobrepasar los 3.000 Kg/ha, cantidad muy superior a las producciones medias dadas por los anuarios de estadística agrícola. Esta idea nos sirve de nuevo para reflexionar acerca del cambio drástico que se puede obtener tanto en la productividad como en la rentabilidad de las explotaciones, siempre que se utilicen clones selectos y que se apliquen técnicas culturales más adecuadas que las utilizadas actualmente, ya que éstas, en la actualidad y de manera bastante generalizada, prácticamente se limitan a dejar crecer la planta en condiciones que a veces son extremadamente difíciles.

12.5. RESUMEN DE NORMAS BÁSICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS DISTINTOS ÓRGANOS

A) TÁPENAS:

- Comienza en mayo y finaliza hacia finales de septiembre.
- El máximo de recolección se alcanza en julio y agosto.
- Se dan cortes semanales en los periodos de máximo crecimiento. Al acortar el periodo de recolección se obtienen tápenas de menor calibre, que son las de mayor calidad. Las tápenas se recolectan sin pedúnculo.
- Los calibres gruesos (> 14 mm) se pagan poco, mientras que los pequeños son los mejor pagados.
- Las flores abiertas no tienen valor.
- La recolección es la operación más costosa. Un hombre puede recolectar 8-10 Kg de tápenas/día en plantas espontáneas y de 12-15 Kg de tápenas/día en plantas cultivadas.
- En cultivo de secano, más del 80% de la mano de obra utilizada se consume en la recolección, mientras que en cultivo de riego, al producir más y ser mayor el rendimiento en la recolección, este coste se reduce notablemente en relación a los ingresos brutos. La instalación de riego por goteo resulta muy interesante para aumentar la productividad de la planta, a la vez que se pueden utilizar caudales mínimos en el riego de la especie.



Fotografía 101. Estado de la planta tras la recolección de tallos (Luna y Pérez, 1985)



Fotografía 102. Presentación de tápenas y capreros en frascos de cristal.



Fotografía 103. *Tapenas encurtidas.*



Fotografía 104. *Caparrones encurtidos*

B) CAPARRONES:

- Los caparrones más apreciados son los de calibre más pequeño, verdes y tiernos (diámetros < 13 mm). Se recolectan con pedúnculo.
- Hay que recolectarlos antes de que las semillas empiecen a endurecer.
- Los que lleguen a la fase de madurez pueden dejarse para la obtención de semillas.

C) TALLOS:

- Se recolectan los primeros que salen de la planta, antes de que se ramifiquen y endurezcan (son los más cotizados). Se cortan los más débiles. También son aprovechables para el consumo los procedentes de la poda en verde.
- Se deben dejar los 8-10 más fuertes, para que con su crecimiento cubran todo el terreno (para una formación y explotación tradicional), en cultivo tradicional, mientras que este número puede ser muy superior en cultivo intensivo.

13. APROVECHAMIENTOS E INDUSTRIALIZACIÓN

Los productos obtenidos de la tapenera pueden tener, principalmente, los siguientes usos agroindustriales:

- **Brotos tiernos con hojas o tallos:** Alimentación humana, encurtidos en salmuera o en vinagre.
- **Frutos, caparrones o alcaparrones:** Alimentación humana, encurtidos en salmuera o en vinagre.
- **Frutos maduros:** Obtención de semillas para propagación de la especie.

– **Planta con tápenas y frutos:** Alimentación del ganado y uso forestal con valor fundamentalmente ecológico.

– **Distintas partes de la planta:** Distintos autores describen su interés farmacológico, asignándosele propiedades diuréticas, antirreumáticas, antiartríticas, digestivas, vermífugo para caballos, etc.

Los capullos o alcaparras contienen rutina, el mismo glucósido de la ruda, en proporción de 0.32%, según datos de Wehmer y, además, pectina y saponina (Font Quer, 1977). Esta sustancia es la responsable de su sabor amargo que la hacen incomedible en fresco, sin ser sometida al proceso de maceración-fermentación en una solución ácida o en salmuera. El glucósido de la alcaparra se libera por hidrólisis enzimática o ácida, dando isocianato de metilo, que da a las alcaparras su gusto y su aroma característicos (Lemmi Cena y Rovesti, 1979 (Barbera, 1991)).

Por otro lado, Rodrigo *et al.* (1992) analizaron tápenas de las "variedades" Común y Mallorquina, tomando muestras en junio y en agosto y los resultados obtenidos fueron analizados por cenizas, proteínas, extracto etéreo, fibra bruta, metales, flavonoides y ácidos grasos; este análisis puso de manifiesto que más del 50% de los ácidos grasos, en ambos cultivares, eran poliinsaturados. Los análisis realizados indican que los valores obtenidos varían con el cultivar, el tamaño y la fecha de recolección.

13.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE TÁPENAS Y CAPARRONES

El proceso de elaboración que se realiza con los distintos órganos aprovechables, por su valor comercial, persigue obtener un producto encurtido que se conserve fácilmente en el tiempo. Este proceso, raramente se realiza por parte de los agricultores salvo para el consumo propio. El proceso de elaboración consta de las siguientes fases u operaciones:

1. Recepción del producto. Se realiza antes de las 24 horas desde la recolección, con objeto de evitar que pueda comenzar una fermentación incontrolada que impida el aprovechamiento del producto. Los industriales del sector disponen de obreros encargados de vigilar que este proceso se realice de la forma descrita. En este momento se pueden descartar las partidas o partes de éstas que lleguen a la industria en mal estado.

2. Limpieza. Mediante esta operación se realiza una separación entre el producto y las impurezas (hojas, trozos de ramo, pedúnculos, etc.).

3. Primera selección. Persigue la separación de flores abiertas y de calibres excesivamente desarrollados y las alcaparras deben ir prácticamente exentas de alcaparrones. Cuando el producto seleccionado es el fruto, se eliminarán igualmente los demasiado grandes y los maduros. Las características mínimas exigibles a alcaparras y alcaparrones puede verse en la Norma de calidad para el comercio exterior de alcaparras y alcaparrones que se expondrá más adelante.

4. Calibrado. Es un proceso de clasificación por tamaños, utilizando para ello cribas de orificios circulares. De acuerdo con su tamaño la Norma establece las siguientes categorías o denominaciones para tápenas: Nomporeilles (<7 mm), Surfines

(7-8 mm), Capucines (8-9 mm), Capotes (9-11 mm), Finas (11-13) y Gruesas (>13 mm) y para caparrones: Finos (<13 mm), Medianos (13-20 m) y Gruesos (>20 mm). Lo normal en esta fase es hacer sólo 2-3 grupos de calibres. Los calibres más pequeños son los mejor pagados, por lo que el agricultor debe realizar cortes más frecuentes para obtener el mejor precio.

Además de la clasificación por calibres la Norma indicada establece una clasificación en categorías comerciales, dependiendo de la calidad del producto, distinguiéndose las siguientes: Extra, Primera, Segunda y Substandar, cuyas características exigibles figuran en la Norma.

5. Aireación. El producto se extiende en lugares ventilados para evitar su aplastamiento y posibles fermentaciones.



Fotografía 105. Barriles de madera con tápenas en maceración al sol.



Fotografía 106. Detalle de los barriles de madera (Lima y Pérez, 1985).



Fotografía 107. Barriles de plástico a la espera de ser ocupados por tápenas (Lana y Pérez, 1985).

6. Maceración-fermentación. Este proceso se realiza en barriles de madera o de plástico, en los que se introduce el producto con una solución de salmuera de 25°Be, cerrados herméticamente y colocados al sol durante 20-30 días. Durante este periodo se añadirá salmuera, en caso necesario, para evitar que el producto pueda estar en contacto con el aire y ennegrecerse por oxidación. Del control que se realice de este proceso dependerá en gran medida la calidad del producto obtenido. En este estado, el producto puede conservarse, en caso necesario, durante varios meses hasta que se acondiciona para la venta.

Asimismo, también puede realizarse el curado mediante un proceso similar al anterior, sumergiendo el producto en vinagre o en ácido acético, con una acidez >4%, poniendo aproximadamente 1 litro de vinagre por cada kilogramo de producto. Durante los 30 días que dura la maceración, las tápenas pueden absorber aproximadamente un 10% de la solución inicial, cantidad que debe reponerse mediante un control periódico. Este procedimiento es menos utilizado que el anterior.

El proceso descrito hasta aquí puede realizarlo el agricultor u otras empresas que efectúan esta primera fase de curado, aunque lo más normal es que lo haga la propia industria conservera que finalmente realizará el acondicionamiento final y envasado para la comercialización.

7. Preparación para el envasado. Una vez se ha producido el proceso de maceración-fermentación descrito, los barriles son vaciados, realizándose el lavado del producto con agua dulce y limpia. Finalmente, se da el último repaso, sobre una cinta transportadora que lo conduce hasta las cribas en caso de que el producto no esté cribado en fresco, eliminando las tápenas o caparrones deteriorados así como trozos de pedúnculo y otras impurezas.

La clasificación por calibres utilizada tradicionalmente comprende tres grandes grupos: finas, normales y bastas, abarcando cada uno varias clases, tal como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 67
Clasificación de alcaparras por calibre

Común	Denominación		Diámetro en milímetros /Kg.	Nº aproximado de botones florales
	Almacén	Comercial		
Finas	Primeras	Nonpareilles	≤ 7	7.000
	Segundas	Surfines	7 u 8	4.000
Normales	Terceras	Capucines	8 a 9	4.000
	Cuartas	Capotes	9 a 11	2.000
	Quintas	Fines	11 a 13	1.300
Bastas	Gruesas o bastas	Grosses	> 13	800

Fuente: Luna y Pérez, 1985.

Para clasificar los caparrones por calibres se sigue la misma clasificación dada anteriormente por la Norma de calidad para comercio exterior: Finos (<13 mm), Medianos (13-20 mm) y Gruesos (>20 mm).

8. Preparación de conservantes. Se denomina así a los productos que se adicionarán a las tápenas o los caparrones en el proceso de envasado antes de su expedición.

Entre los productos utilizados para la conservación tenemos:

a) *Salmuera.* Consiste, en una solución de sal en agua con una concentración de 25°Be. Esta es la solución conservante más utilizada.

b) *Ácido acético o vinagre.* La utilización del ácido acético al 8%, se está generalizando (Luna y Pérez, 1985). Esta concentración en ácido acético puede ser algo superior cuando el líquido conservante utilizado es el vinagre de vino (puede llegar hasta el 12% de ácido acético).

c) *Sal.* El envasado con sal en seco requiere un escurrido tras la primera fermentación, soliénose utilizar para los calibres más gruesos (Luna y Pérez, 1985). Tras el escurrido, se mezclan las tápenas con la sal, de modo que el contenido en sal no sobrepase el 20% y que haya una distribución homogénea de la misma. Se justifica para expediciones a países lejanos, ya que el producto transportado tiene menor peso disminuyéndose los gastos por este concepto. Una vez en destino se procede al lavado de las tápenas para eliminar la sal, envasándolas en soluciones de salmuera, ácido acético o vinagre como se indicó en los apartados anteriores.

d) *Mezcla de vinagre o solución de ácido acético con sal.* La acidez del caldo preparado no será inferior al 0'5%, expresada en ácido acético.

e) *Otras.* Otras preparaciones pueden realizarse por los procedimientos descritos, añadiendo además productos aromatizantes o azúcar.

9. Envasado. El envasado que se realiza de la tápena es distinto según el destino. Si el proceso de maceración-conservación se ha realizado adecuadamente, las tápenas conservadas en recipientes herméticos pueden aguantar varios años en perfecto estado. Por ello, los envases de cristal con cierre hermético resultan idóneos, ya que la

entrada de aire provoca el reblandecimiento y pérdida de calidad del producto. Los tipos de envases o presentaciones más usuales son:

a) *En bolsa de plástico.* Utilizadas para encurtido a la sal, utilizándose cajas de madera o de cartón con dos o cuatro bolsas de 5 Kg/Ud.

b) *En frascos de plástico transparentes.* Son envases ligeros, utilizándose con mayor frecuencia los de 0'5, 0'75, 1'2, 3 y 5 Kg.

c) *En frascos de vidrio transparentes.* Son los de mayor calidad, utilizándose con mayor frecuencia los de 35, 57, 85, 50, 142, 200, 284, 397, 595, 1.247 y 2.500 g.

d) *En barriles.* Es el envase exigido por el mayorista que reenvasa con su propia marca. Los barriles utilizados son de plástico y suelen tener las siguientes capacidades:

- *Barril de 60 litros:* con capacidad para 60 Kg netos escurridos de tápenas en salmuera o 70 kg netos a la sal.

- *Barril de 120 litros:* con capacidad para unos 110 Kg netos escurridos de tápenas en salmuera o 145 Kg netos a la sal.

- *Barril de 200 litros:* con capacidad para unos 180 Kg netos escurridos de tápenas en salmuera o 220 kg netos a la sal.

14. NORMA DE CALIDAD

ORDEN de 12 de abril de 1984 por la que se dictan normas de calidad para el comercio exterior de alcaparras y alcaparrones. BOE.-Núm.100 de 26 de abril

Corrección de errores de la Orden de 12 de abril de 1984. BOE.-Núm 124 de 24 de mayo.

Ilustrísimos señores:

La evolución sufrida en los últimos años en el comercio exterior de alcaparras y alcaparrones aconseja la modificación de la norma actual para la alcaparra, extendiéndose también para los alcaparrones.

En consecuencia, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y oído el sector interesado.

Este Ministerio ha tenido a bien dictar la siguiente norma de calidad para dichos productos.

I. NORMA TÉCNICA

1.1. Definición del producto.

Se denominan alcaparras y alcaparrones al producto preparado a partir de los botones florales y frutos, respectivamente, del "Capparis sp L." (alcaparro o tapencra), una vez sometidos al adecuado proceso fermentativo que garantice, después de su envasado, su buena conservación y calidad.

1.2. Disposiciones relativas a la calidad.

La norma tiene por objeto definir las calidades que deben presentar las alcaparras y alcaparrones en el momento de la expedición, después de su preparación y envasado.

1.2.1. Características mínimas.

En todas las categorías y sin perjuicio de las disposiciones particulares previstas en cada una de ellas y de las tolerancias admitidas, dichos productos deben presentarse:

a) Referentes a las alcaparras y alcaparrones.

- Enteros.
- Sanos.
- Limpios y sin materias extrañas visibles.
- Sin manchas anormales.
- De color característico.
- Exentos de olor y/o sabor extraños.
- Los frutos no estarán heridos ni rajados.
- Sin ataques visibles de insectos u otros parásitos.

Libres de aquellos otros defectos que puedan afectar a su conservación y/o al aspecto del producto

b) Referentes a la sal común.

Estará constituida por cloruro sódico en condiciones que la hagan apta para usos alimenticios y con las características reglamentadas por la legislación vigente.

c) Referentes a las salmueras.

La salmuera deberá proceder de una disolución en agua potable de sal común, de acuerdo con la legislación vigente.

Además, deberá estar:

- Limpia y exenta de materias o residuos no autorizados.
- Exenta de olores y/o sabores anormales.
- Transparente en los envases destinados a la venta directa o al consumidor.

d) Referentes a los vinagres.

Se utilizarán aquellos que cumplan lo previsto en la legislación vigente.

e) Referentes a la semiconserva.

Las semiconservas deben presentarse:

- Limpias, sin materias extrañas (no se consideran como tales los ingredientes autorizados y declarados).
- Exentas de olor y/o sabor extraños.

1.2.2. Clasificación.

Las alcaparras y alcaparrones se clasifican en las categorías comerciales que seguidamente se definen:

Categoría "Extra"

Las alcaparras clasificadas en esta categoría deben ser de calidad superior y además habrán de presentarse:

- .. De color verde característico.
- Con las pigmentaciones típicas del botón floral.
- Completamente cerradas.
- Pedúnculo de longitud no superior a la mitad del calibre de que se trate.

Sólo se incluirán en esta categoría los calibres "nompareilles", "surfines" y "capucines", presentados en envases para venta directa al consumidor, no superiores a 2'5 kilos de peso neto.

Los alcaparrones no podrán incluirse en esta categoría.

Categoría "Primera"

Las alcaparras y alcaparrones clasificados en esta categoría deben ser de buena calidad y su pedúnculo no será superior a la mitad del calibre que se trate. Se admiten los siguientes defectos:

- Ligero pardeamiento en la coloración.
- Principio de apertura en los capullos sin que en ningún caso puedan presentarse todos los estambres a la vista.
- Los alcaparrones amparados en esta categoría sólo podrán corresponder a los calibres "finos" o "medianos".

Categoría "Segunda"

En esta categoría se incluyen las alcaparras y alcaparrones que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero que presentan las características mínimas de calidad antes descritas.

En las alcaparras los pedúnculos no tendrán longitud superior a la mitad del calibre de que se trate.

Categoría "Substandard"

En esta categoría se incluyen las alcaparras y alcaparrones que no pueden clasificarse en las categorías anteriores.

Sólo podrán ampararse en esta categoría productos presentados en envases con un contenido superior a 5 kilos netos y no destinados directamente al consumidor.

1.3. Disposiciones relativas al calibrado.

a) Alcaparras.

Las alcaparras se presentarán obligatoriamente calibradas para su exportación.

El calibre de las alcaparras se determinará mediante cribas de orificios circulares, de acuerdo con la siguiente escala y denominaciones:

Denominación	Diámetro en milímetros
Nompareilles	Hasta 7
Surfines	7-8
Capucines	8-9
Capotes	9-11
Finas	11-13
Gruesas	Superior a 13

b) Alcaparrones.

Los alcaparrones podrán presentarse calibrados, y en tal caso el calibre se determinará por su diámetro, de acuerdo con la siguiente escala y denominaciones:

Denominación	Diámetro en milímetros
Finos (F)	Hasta 13
Medianos (M)	13-20
Gruesos (G)	Superior a 20

1.4. Disposiciones relativas al peso.

El envasado deberá realizarse de tal forma que permita cumplir los siguientes requisitos:

- 1º. Que la media del contenido efectivo de los envases no sea inferior a la cantidad nominal.
- 2º. Que la proporción de envases con un error por defecto no superior al máximo tolerado sea lo suficientemente pequeña para que permita a los lotes satisfacer los controles estadísticos.
- 3º. Que ningún envase deberá tener ningún error por defecto superior al doble del error máximo por defecto tolerado.

1.5. Disposiciones relativas a las tolerancias.

Para las alcaparras y alcaparrones no conformes con las exigencias de la categoría, se admiten las siguientes tolerancias de calidad, calibre y peso en cada envase.

1.5.1. Tolerancias de calidad.

Categoría "Extra": 5 por 100 en número o peso de alcaparras, que no corresponden a las características de la categoría, pero conformes a las de las de la categoría "Primera", o excepcionalmente admitidas en las tolerancias de esta última categoría.

Categoría "Primera": 10 por 100 en número o peso de alcaparras o alcaparrones que no correspondan a las características de esta categoría, pero conformes a las de la categoría "Segunda", o excepcionalmente admitidas en las tolerancias de esta última.

Categoría "Segunda": 10 por 100 en número o peso de alcaparras o alcaparrones que no correspondan a las características de aquellos botones florales o frutos con excesivo desarrollo u otros defectos que afecten su comestibilidad.

Cuando se trate de "alcaparras" se admitirán en cada categoría los porcentajes máximos indicados en los cuadros del anejo I para los siguientes defectos:

- Flores con estambres a la vista.
- Pedúnculo de longitud superior a la admitida.
- Presencia de alcaparrones.

1.5.2. Tolerancias de calibre.

Para todas las categorías: 10 por 100 en número o peso de alcaparras o alcaparrones que no correspondan al calibre indicado, pero pertenecientes al calibre inmediatamente superior o inferior al declarado, cuando se presenten calibradas.

1.5.3. Tolerancias de peso.

El error máximo por defecto tolerado en el contenido de un envase se fija conforme al cuadro siguiente:

Cantidad nominal En gramos	Errores máximos por defecto tolerados	
	Porcentaje Cantidad nominal	Masa En gramos
De 5 a 50	9'0	—
De 51 a 100	—	4'5
De 101 a 200	4'5	—
De 201 a 300	—	9'0
De 301 a 500	3'0	—
De 501 a 1000	—	15'0
De 1001 a 10000	1'5	—
De 10001 a 15000	—	150
Superior a 15001	1'0	—

En la aplicación del cuadro anterior los valores calculados en unidades de masa para los errores máximos por defecto tolerados, que se indican en porcentaje, se redondearán por exceso a la décima de gramo.

1.6. Disposiciones relativas a la presentación.

1.6.1. Homogeneidad.

El contenido de cada envase debe ser homogéneo, con alcaparras o alcaparrones del mismo origen, calidad, calibre, grado y tiempo de fermentación.

1.6.2. Presentación.

Las alcaparras y alcaparrones podrán presentarse en envases de madera, plástico, metálicos y de cualquier otro material que no pueda producir alteración de las características organolépticas del producto o contaminarle con sustancias tóxicas. En cualquier caso deberán encontrarse en buen estado de conservación y limpieza, contando en caso de envases metálicos con un recubrimiento interior que asegure una completa resistencia a la corrosión.

Las alcaparras presentadas con recubrimiento de sal y en bolsas de plástico se embalarán en cajas de madera, cartón u otro material adecuado.

Para la venta directa al público podrán emplearse envases de vidrio, plástico o metálicos, en los formatos demandados en el comercio.

Cuando el producto se presente con líquido de gobierno, el peso escurrido será el máximo que permita el proceso de elaboración, sin perjudicar la integridad y presentación del contenido.

1.6.3. Formas de preparación.

Atendiendo a la forma de preparación, las alcaparras y alcaparrones de todas las categorías se ampararán en las denominaciones siguientes:

a) Con salmuera: La salmuera utilizada deberá tener la concentración máxima de 25° Beaumé.

b) Con sal de recubrimiento: El producto final no podrá contener más de un 20 por 100 de sal.

c) Con vinagre: La acidez total expresada en ácido acético del líquido de gobierno no será inferior al 4 por 100.

d) Con salmuera acidificada con ácido acético o láctico: La acidez total expresada en ácido acético o láctico, según el caso, del líquido de gobierno, no será inferior al 0'5 por 100.

e) Otras preparaciones previa solicitud del exportador.

1.6.4. Ingredientes facultativos.

Se autoriza el empleo de aquellos ingredientes que sean necesarios para elaboraciones especiales demandadas por el mercado, de acuerdo con la legislación vigente.

1.7. Disposiciones relativas al mercado.

A) Cada envase llevará en caracteres legibles e indelebles las leyendas siguientes y en todo caso las exigidas por el país de destino en idioma español y/o cualquier otro:

1.7.1. Identificación.

- Nombre o razón social o denominación del fabricante o envasador.
 - Número de registro sanitario de la empresa.
 - Facultativamente, marca comercial del exportador o del fabricante o importador.
 - Facultativamente, las contramarcas que el fabricante considere necesarias, siempre que las manifieste y aclare su significado en solicitud de inspección.
- Identificación del lote de fabricación.

1.7.2. Naturaleza del producto.

- "Alcaparra" o "Alcaparrón".
- Forma de presentación (facultativa).

1.7.3. Origen del producto.

- País de origen y, facultativamente, zona de producción nacional, regional o local.

1.7.4. Características comerciales.

- Categoría comercial, obligatoria únicamente para los envases de venta directa al consumidor.

Para designar las distintas categorías comerciales se emplearán únicamente y sin abreviaturas las designaciones que figuran en el apartado 1.2.2. Clasificación. Cuando no se mencione la categoría se entenderá que es categoría "Segunda".

- Calibre. Para los envases transparentes será facultativo.
- Peso neto para las presentaciones sin líquido de gobierno.
- Peso escurrido, en los casos en que el producto se presente con líquido de gobierno.

Porcentaje de sal seca de recubrimiento en el caso de esta presentación (facultativo).

- Lista de ingredientes en orden decreciente respecto a sus pesos con mención especial de los aditivos en las formas autorizadas por la legislación de los mismos.
- Fecha de fabricación o envasado.
- Fecha de consumo óptimo.

B) Cada embalaje deberá llevar de forma suficientemente clara al exterior:

- Identificación.
- Naturaleza del producto.
- Origen.
- Categoría comercial (facultativo).
- Calibre (facultativo).
- Número y tipo de envase.

No será obligatoria la mención de estas indicaciones siempre que puedan ser apreciadas clara y fácilmente en el etiquetado de los envases, sin necesidad de abrir el embalaje.

II. TRANSPORTE

Los Centros de Inspección del Comercio Exterior (SOIVRE) facilitarán las instrucciones necesarias para las operaciones de carga y descarga, estiba y desestiba, con el fin de mejorar las condiciones de conservación de las mercancías durante su transporte y para el mantenimiento de la calidad, vigilando su desarrollo de acuerdo con lo dispuesto en la Orden ministerial de 10 de abril de 1981 (Boletín Oficial del Estado de 9 de mayo).

III. INSPECCIÓN

Corresponde a los Centros de Inspección del Comercio Exterior (SOIVRE) la exigencia del cumplimiento de estas normas y adecuándose a las citadas en la Orden de 1 de noviembre de 1979 (Boletín Oficial del Estado de 13 de noviembre) y en Orden de 1 de julio de 1983 (Boletín Oficial del Estado de 21 de julio).

IV. NORMAS ADMINISTRATIVAS

La Aduana no autorizará la exportación e importación de estos productos si previamente no se presenta el certificado de calidad expedido por el SOIVRE.

V. NORMAS COMPLEMENTARIAS

Quedan facultadas la Dirección General de Exportación y la de Política Arancelaria e Importación, en el ámbito de sus competencias, para dictar las disposiciones

necesarias para la aplicación y cumplimiento de la presente Orden, así como para establecer las modificaciones que las circunstancias aconsejen según las características de cada campaña y la situación de los mercados.

VI. DISPOSICIÓN DEROGATORIA

Queda derogada la Orden ministerial de 2 de julio de 1952 (Boletín Oficial del Estado de 12 de julio), sobre exportación de alcaparras.

VII. DISPOSICIÓN FINAL

La norma aprobada por esta Orden entrará en vigor a los seis meses de su publicación.

Lo que comunico a VV. II.
Dios guarde a VV.II.
Madrid, 12 de abril de 1984.
BOYER SALVADOR

Ilmos. Sres. Directores generales de Exportación y Política Arancelaria
e Importación.

ANEJO I Cuadro de tolerancias

Para cada una de las categorías, además de las tolerancias especificadas para cada una de ellas, en el apartado 1.5.1. (tolerancias de calidad) de la norma técnica, se admitirán los siguientes porcentajes máximos:

Cuadro 1
Tolerancia en flores con estambre a la vista
(porcentaje en número o peso)

Calibre	Categorías			
	Extra	1. ^a	2. ^a	Substandard
Nompareilles	3	4	5	Sin límite
Surfines	4	5	6	Sin límite
Capucines	5	8	10	Sin límite
Capotes	--	12	15	Sin límite
Finas	--	20	25	Sin límite
Gruesas	--	25	30	Sin límite

Cuadro 2
Tolerancia en longitud pedúnculo y alcaparrones
(porcentaje en número o peso)
cuando la forma de preparación sea alcaparras

	Extra	1. ^a	2. ^a
Botones florales con pedúnculo de longitud mayor que la mitad del calibre de la alcaparra	1	2	4
Alcaparrones	0	2	4

ANEJO II Método de análisis

Las determinaciones precisas para el control de los factores de calidad, calibrado y peso de las normas se efectuarán siguiendo los siguientes métodos:

1. Calibrado.

Se efectuará con un juego de cribas de acero inoxidable de orificios circulares, cuyos diámetros corresponderán a la longitud de eje máxima de las clases definidas en el apartado 1.3. de las normas.

2. Determinación del contenido en sal.

2.1. De la salmuera.

En la muestra homogeneizada con un agitador magnético durante cinco minutos, a velocidad moderada, se determinará la densidad mediante un densímetro (areómetro Beaumé), y se estimará el contenido en cloruro sódico utilizando la siguiente tabla de conversión.

Relación entre densidad y contenido de cloruro sódico en salmueras (a 20°C)

Be	Peso específico	Porcentaje de NaCl	Gramos litro
08	1'0053	1	10'05
18	1'0125	2	20'25
38	1'0268	4	41'07
58	1'0413	6	62'48
77	1'0559	8	84'47
96	1'0707	10	107'1
115	1'0857	12	130'3
133	1'1009	14	154'1
151	1'1162	16	178'6
169	1'1319	18	203'7
187	1'1478	20	229'6
204	1'1640	22	256'1
222	1'1804	24	283'3
239	1'1972	26	311'3

2.2. De la sal de recubrimiento.

Se toman 200 gramos del producto, se lavan con sucesivas porciones de agua destilada, con un volumen de 100 centímetros cúbicos cada una, hasta arrastrar la sal que lo recubre.

El agua de lavado se recoge en un matraz aforado de 1 litro, completando hasta su enrase con agua destilada.

Se homogeneiza la solución sobre agitador magnético durante cinco minutos.

El porcentaje de sal de recubrimiento se obtiene multiplicando por cinco la lectura obtenida con un densímetro (areómetro Beaumé), una vez referida a la temperatura de 20°C.

3. Determinación de la acidez total del líquido de gobierno en las elaboraciones en vinagre o en salmueras acidificadas con vinagre o ácido láctico.

Se diluyen 10 mililitros de la muestra con agua recientemente hervida y enfriada hasta que la coloración de la misma permita apreciar claramente el viraje, al valorar con NaOH N/10, utilizando fenolftaleína como indicador.

La acidez total en porcentaje se obtendrá multiplicando el volumen en mililitros de NaOH N/10 consumidos por 0'06 si se expresa en ácido acético, y por 0'09 si se expresa en ácido láctico.

4. Determinación del peso neto y del peso escurrido efectivos.

En el caso de envases de pequeño formato con líquido de gobierno, se extenderá su contenido sobre una criba adecuada, inclinada ligeramente para facilitar el drenaje.

Se dejará escurrir la misma durante dos minutos, recogiendo el líquido sobre un recipiente para su pesado.

Seguidamente se recoge de la criba el producto escurrido para verificar su peso efectivo.

Finalmente se comprueban los resultados con las cantidades nominales que deben de figurar en la etiqueta.

La verificación de estos datos en envases de gran capacidad sólo se efectuará a petición expresa del exportador, dadas las dificultades materiales que presenta y el riesgo de deterioro de un volumen importante de la mercancía. En caso de realizarlo, se seguirá el procedimiento siguiente:

El peso neto (Pn) se obtiene restando del peso total del envase lleno y sin abrir (Pt), el peso del envase vacío o tara del mismo (T).

Para obtener el "peso neto escurrido" (Pne), se quitará la tapa del envase y se cubrirá la boca con una arpillera, se inclinará el envase, con una pendiente aproximada del 10 por 100 para que gotee la salmuera.

Una vez que haya cesado el goteo, se volverá el envase a posición vertical, eliminando la arpillera y colocando la tapa de nuevo, realizando la pesada del envase lleno sin salmuera (Pe).

El peso neto vendrá dado por:

$$Pne = Pe - T.$$

15. COMERCIALIZACIÓN

Resulta difícil realizar una valoración de la producción mundial de esta planta que en muchas ocasiones es espontánea, limitándose el hombre a realizar la recolección de sus distintos órganos aprovechables para el consumo humano. Por otro lado, al tratarse de un cultivo cuya importancia económica es muy inferior a otros muchos, apenas existe información estadística oficial, y cuando la hay suele estar desfasada en el tiempo. Con todo ello, se estima que la producción mundial puede superar las 10.000 toneladas anuales.

En cuanto a la producción española hay que tener en cuenta que en las provincias tradicionalmente productoras y consumidoras de los productos de la tapenera, como son las del Sureste, una parte de la producción es elaborada artesanalmente, por lo que no existen datos sobre este consumo. En las provincias españolas del interior, aunque se conoce el producto, el consumo no es muy alto. En el conjunto del Estado, el consumo de estos productos se cifra en un 10-15% de la producción nacional (Luna y Pérez, 1985); el resto se destina a la exportación.

15.1. PRODUCCIÓN Y COMERCIO INTERIOR

La producción española de alcaparras y el valor percibido por los agricultores puede verse en la Tabla 68.

Tabla 68
Serie histórica sobre superficie, rendimiento y producción
de alcaparras en España

Años	Superficie en producción (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Precio medio percibido por los agricultores (Ptas/Kg)	Valor (millones de ptas.)
1964	500	7'2	360	-	-
1965	480	7'5	360	-	-
1966	480	9'0	432	-	-
1967	450	8'0	360	16'00	6
1968	450	11'0	495	18'90	9
1969	420	12'5	525	24'12	13
1970	380	10'8	410	41'17	17
1971	370	9'6	355	42'30	15
1972	860	7'8	676	-	31
1973	1.015	7'8	789	-	40
1974	767	10'2	780	-	39
1975	841	11'9	999	-	55
1976	1.004	8'7	877	111'00	97
1977	1.337	7'6	1.015	167'72	170
1978	1.119	8'5	4.502	240'00	1.080
1979	1.063	8'1	2.977	223'20	664
1980	1.084	10'6	3.315	266'25	883
1981	1.105	6'6	2.823	277'50	781
1982	1.572	7'0	3.321	310'00	1.030
1983	1.742	6'5	3.947	353'30	1.395
1984	2.620	8'3	3.494	406'25	1.419
1985	5.758	8'0	4.655	420'50	2.543
1986	4.102	10'7	4.380	421'66	1.847
1987	6.604	6'8	4.489	314'17	1.411
1988	6.478	6'6	3.488	336'17	1.173
1989	3.173	7'8	2.489	383'00	953
1990	4.077	8'8	3.578	351'00	1.254
1991	4.889	5'4	2.617	327'00	856
1992	2.022	7'7	1.549	334'50	518
1993	1.762	8'1	1.431	302'92	433
1994	1.736	8'0	1.393	254'25	354
1995	1.604	6'1	974	335'63	327
1996*	1.373	4'6	645		

Fuente: MAPA, 1997. *: Previsión.

En la tabla anterior puede observarse un incremento importante de la superficie de cultivo a partir de 1982, que continúa hasta 1985, año a partir del cual se produce una reducción de la superficie dedicada al mismo. En este año, el cultivo ofrecía grandes expectativas y a pesar de que la superficie decrece, la producción se mantiene a buenos niveles como consecuencia de la puesta en riego por goteo de muchas plantaciones.

En la Tabla 69 podemos apreciar la importancia de las distintas provincias productoras españolas.

Tabla 69
Análisis provincial de la producción de alcaparra

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie en plantación regular					Plantas diseminadas (número)
	Total			En producción		
	Secano (ha)	Regadío (ha)	Total (ha)	Secano (ha)	Regadío (ha)	
Baleares	751		751	751		3.770
Cataluña	41		41	41		
Castilla-La Mancha	2		2	2		
C. Valenciana		7	7		5	
R. de Murcia	260	25	285	240	25	
Andalucía	548	9	607	531	9	393.282
España	1.652	41	1.693	1.565	39	397.052

Fuente: MAPA, 1997.

Las cifras expuestas demuestran que aunque la superficie en regadío no es grande, sí es importante la superficie cultivada en plantaciones regulares, lo que corrobora que la alcaparra ocupó terrenos de secano que antes estaban ocupados por otros cultivos como los cereales y que además es susceptible de ser cultivada en secano sin necesidad de invertir en una instalación de regadío.

Tabla 70
Producción de tópenas en España (1995)

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie en plantación regular						Producción (toneladas)
	Superficie en producción (ha)			Rendimiento de la superficie en producción (kg/ha)			
	Secano (ha)	Regadío (ha)	Nº árboles diseminados	Secano (ha)	Regadío (ha)	En árboles diseminados (Kg/ha)	
Baleares	751		3.770	650		5	507
Cataluña	41			708			29
Castilla-La Mancha	2			500			1
C. Valenciana		5			1.000		5
R. de Murcia	240	25		725	1.320		207
Andalucía	531	9	393.282	414	556		225
España	1.565	39	397.052	583	1.103		974

Fuente: MAPA, 1997.

En la Tabla 70 se demuestra que el cultivo de la alcaparra en España se centra fundamentalmente en la Comunidad Balear, Murcia y Andalucía, en las que se obtiene el 96,4% de la producción nacional de alcaparras.

En la Tabla 71 puede verse como el destino de la producción es, tras su industrialización, el consumo humano.

Tabla 71
Destino de la producción española de alcaparras (1995)

Pérdidas y alimentación animal (t)	Para consumo en fresco (t)	Para transformación (t)
13	15	946

Fuente: MAPA, 1997.

Tabla 72
Serie histórica sobre superficie, rendimiento, producción y valor

Años	Superficie en producción (ha)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (t)	Precio medio percibido por los agricultores (Pts/Kg)	Valor (millones de pts.)
1935	530	9'0	477	1'20	1
1940	570	7'0	399	0'96	-
1945	530	6'0	318	3'00	1
1950	510	7'0	357	4'00	2
1955	-	-	-	-	-
1960	-	-	-	-	-
1965	480	7'5	360	-	-
1970	380	10'8	410	41'17	17
1975	841	11'9	999	-	55
1980	1.084	10'6	3.315	266'25	883
1981	1.105	6'6	2.823	277'50	781
1982	1.572	7'0	3.321	310'00	1.030
1983	1.742	6'5	3.947	353'30	1.395
1984	2.620	8'3	3.494	406'25	1.419
1985	5.558	8'0	4.655	420'50	1.957
1986	4.102	10'7	4.380	421'66	1.847
1987	6.604	6'8	4.489	314'17	1.411
1988	6.478	6'6	3.488	336'17	1.173
1989	3.173	7'8	2.489	383'00	953
1990	4.077	8'8	3.578	351'00	1.254
1991	4.889	5'4	2.617	327'00	856
1992	2.022	7'7	1.549	334'00	518
1993	1.762	8'1	1.431	302'92	433
1994	1.736	8'0	1.393	251'25	354
1995	1.604	6'1	974	335'63	327
1996*	1.373	4'6	645	-	-

Fuente: MAPA, 1997.

En la Tabla 72 se observa como el cultivo en España se encuentra en un proceso de regresión, lo que es compensado por los fabricantes españoles con importaciones de típanas de países como Marruecos o Turquía.

15.2. COMERCIO EXTERIOR

La producción industrializada de alcaparra elaborada en España es exportada a los

diferentes países europeos, a los americanos, Japón e incluso Australia. Puede decirse que este producto presenta una clara vocación exportadora, ya que ésta es superior a la producción nacional, lo que significa que, a su vez, España es un país importador de alcaparras que, tras su reelaboración, las destina al abastecimiento de sus clientes extranjeros. Para cubrir este déficit productivo, originado fundamentalmente como consecuencia del valor de la mano de obra en España, se realizan importaciones de los países productores del Norte de África (Marruecos, Argelia, Túnez) y de Turquía, en los que la mano de obra es mucho más barata. De este modo España mantiene su liderazgo en los mercados internacionales.

La exportación de alcaparra se realiza fundamentalmente a *granel*, en salmuera o en otras sustancias, aunque progresivamente va aumentando la cantidad de producto exportado envasado, utilizando en muchas ocasiones la marca del importador (García, 1991). Dentro de la gran cantidad de países a los que se exporta este producto, destacan los europeos. Entre los países del continente americano se exporta a Venezuela, República Dominicana, EE.UU. y Méjico, entre otros.

Por otro lado, se debe indicar que los calibres de mayor calidad se destinan en un gran porcentaje a los países europeos, debiendo abastecer a los países americanos con calibres gruesos fundamentalmente. Este análisis pone de manifiesto la necesidad de producir en mayor cantidad calibres pequeños para abastecer y asegurar la primacía en los países americanos; algunos de éstos ya empiezan a interesarse por la producción de alcaparras para autoabastecerse e incluso para exportar.

15.2.1. Importaciones

Como se ha indicado anteriormente, España realiza importaciones de alcaparras para compensar la falta de producción nacional y poder abastecer así a sus clientes internacionales. Las alcaparras llegan a España desde los países del Norte de África y desde Turquía en barriles, en salmuera, sin limpiar y sin clasificar. Por tanto con ellas se sigue el mismo proceso que se sigue con las españolas cuando llegan del campo. La creciente importación de alcaparras ha hecho que al igual que ocurre con otros productos, los industriales españoles hayan creado en estos países, de mano de obra más barata, una estructura comercial y productiva que les asegura el abastecimiento necesario.

16. USOS TÍPICOS DE ALGUNAS ESPECIES DE ALCAPARRA

Como se indicó al principio, el género *Capparis*, comprende más de 350 especies; sin embargo, las que realmente tienen importancia económica son las que se cultivan por sus botones florales, las tápenas. En Europa la especie mediante la que se obtienen las tápenas es *Capparis spinosa* L., pero en otras partes del mundo son otras especies del género las utilizadas para este fin. A continuación citaremos las más importantes, sus usos y área de cultivo, así como el esquema de evolución del género *Capparis* dado por Zohary (1969) (Barbera, 1991).

Alimentación:

- C. albitrunca* Burch. Frutos y raíces: África austral.
- C. cynophallophora* L. Frutos: Argentina, Brasil, Colombia, Venezuela y Antillas
- C. decidua* L. India.
- C. lasiantha*. Frutos: Australia.
- C. masaikai*. Semillas: China.
- C. mitchellii*. Frutos: Australia.
- C. ovata* Desf. Botones florales, frutos y tallos: Mediterráneo.
- C. retusa* Griseb. Frutos: Brasil, Argentina.
- C. salicifolia* Griseb. Frutos: Argentina.
- C. speciosa* Griseb. Semillas: Paraguay, Argentina.
- C. spinosa* L. Botones florales, frutos y tallos: del Mediterráneo a la India.
- C. umbonata*. Frutos: Australia.

Medicina:

- C. albitrunca* Burch. África austral.
- C. aphylla* Roth. Del África boreal a la India.
- C. decidua* L. India.
- C. erythrocarpos* Isert. Guayana.
- C. horrida* L. Asia tropical.
- C. jamaicensis* Jacq. Antillas.
- C. oleoides* Buch ex DC. África austral.
- C. masaikai*. China.
- C. moonii* Wt. India.
- C. polymorpha* Kurz. África tropical.
- C. sepiaria*. India.
- C. speciosa* Griseb. Paraguay, Argentina.
- C. spinosa* L. Del mediterráneo a la India.
- C. thonningii* Schum. África tropical.
- C. tweediana* Eichle. Argentina.
- C. tomentosa* Lamk. África tropical.
- C. vininea* Hook. F. et Thoms. Del Himalaya a Birmania.
- C. zeylanica* L. India.

Ornamentación:

- C. aphylla* Roth. India.
- C. cynophallophora* L. Argentina, Brasil, Colombia, Venezuela, Antillas.
- C. flexuosa* L. Jamaica.
- C. sinclairii* Bent. Costa Rica.
- C. spinosa* L. Del Mediterráneo a la India.

Productos de cosmética:

- C. flexuosa* Blume ex Hassk. Venezuela.
- C. spinosa* L. Del mediterráneo a la India.

Formación de setos:

- C. horrida* L. India.
- C. sepiaria*. India.

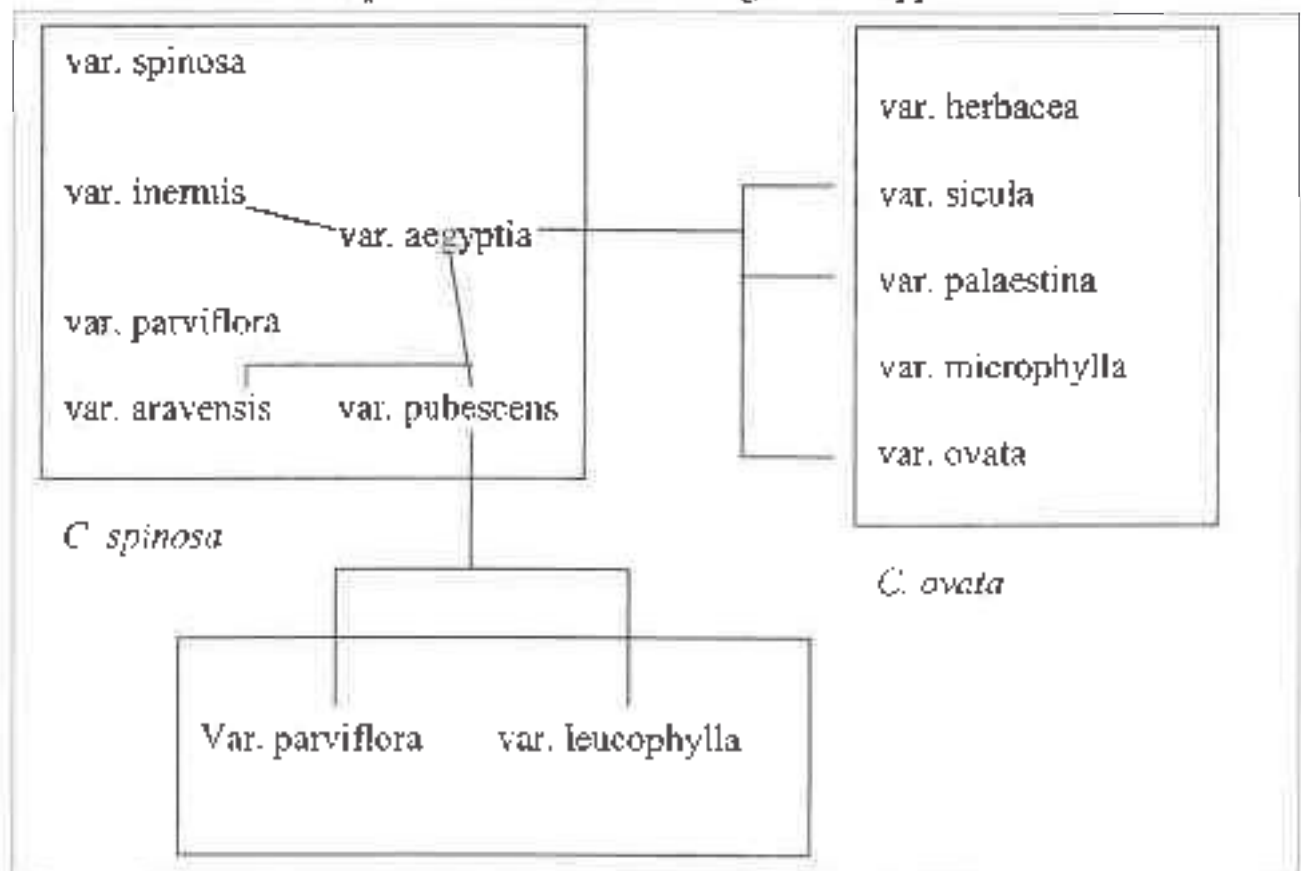
Alimentación animal:

- C. angulata* R. y P. Perú.

Fabricación de insecticidas:

- C. sepiaria*. India.

Figura 22
Esquema de evolución del género *Capparis*



Fuente: Zohary, 1960 (Barbera, 1991).

Las especies de alcaparra presentes en las regiones mediterráneas y países orientales vecinos, con sus respectivas variedades, nombradas por Zohary (1960), son seis (Barbera, 1991):

1. *C. spinosa* L.: var. *spinosa*, var. *inermis* Turra, var. *parviflora* J. Gay, var. *aegyptia* (Lam.) Boiss, var. *arvensis* Zoh., var. *pubescens* Zoh. y var. *deserti* Zoh.
2. *C. ovata* Desf.: var. *ovata*, var. *sicula* (Duham.) Zoh., var. *herbacea* (Willd.) Zoh., var. *palaestina* Zoh., var. *microphylla* (Ledeb.) Zoh. y var. *kurdica* Zoh.
3. *C. leucophylla* DC: var. *leucophylla* y var. *parviflora* (Boiss.) Zoh.
4. *C. mucronifolia* Boiss.
5. *C. cartilaginea* Decne.

6. *C. decidua* (Forst) Edgew.

De estas seis especies, las tres últimas están presentes en territorios desérticos próximos al Mar Rojo y al Golfo pérsico, mientras que las tres primeras se extienden por regiones más amplias (sobre todo *C. leucophylla* DC).

17. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ALCAPARRA

La alcaparra se utiliza fundamentalmente para usos alimentarios, siendo la tápena o capullo floral cerrado el producto más utilizado y apreciado. Su uso en la cocina mediterránea es ancestral, pero en la actualidad ha superado las barreras de esta área y se consume en todo el mundo en nuevos y numerosos productos, aunque su forma de consumo más puede parecerse al de una especia que al de un órgano, como los frutos o los tallos de otras plantas, ya que no puede consumirse en fresco sino encurtida, como ya se ha indicado, tras el tratamiento con una solución de ácido acético o de salmuera en las que se produce su curado.

La rutina, también conocida como ácido rútico, fitomelina o melina ($C_{27}H_{36}O_{16} + 3H_2O$), es un glucósido que fue estudiado por Zwenger y Dronke, Schunk, Schmidt y sus discípulos Valiaschko, Brauns y Wunderlich. Además de encontrarse en la *Ruta graveolens*, se puede encontrar en frutos, hojas o tallos de distintas plantas. La *rutina de la alcaparra* o *Cappirutina* presenta una pequeña diferencia en el punto de fusión con la rutina de otras especies (Anónimo, 1985).

En la Tablas 73, 74, 75 y 76 se expone la composición química y mineral de las tápenas frescas y en salmuera, dada por Nosti y Castro (1987). En éstas se puede apreciar la reducción que se produce, tras el proceso de conservación, de fibra, vitaminas, rutósido, aminoácidos y de la mayoría de los elementos minerales; como es lógico, la composición de sodio aumenta muy considerablemente.

En la Tabla 76 puede apreciarse que los ácidos grasos predominantes son los poliinsaturados, tanto en el producto fresco como después del proceso de curado.

Tabla 73
Composición general de las tápenas frescas y en salmuera

Compuesto	Tápenas frescas	Tápenas en salmuera
Agua (%)	78'38	79'33
Materias grasas (%)	0'47	0'50
Nitrógeno (%)	1'01	0'34
Fibra (%)	2'04	1'38
Cenizas (%)	1'72	1'38
Carotenos (mg/100g)	102'8	107'7
Tiamina (mg/100g)	69'8	5'25
Rivoflavina (mg/100g)	216'0	84'1
Rutósido (%)	0'28	0'12
Ácido ascórbico (%)	0'23	----

Tabla 74*Contenido en elementos minerales de las tápenas fresca y en salmuera*

Compuesto	Tápenas frescas (mg/100g)	Tápenas en salmuera (mg/100g)
Fósforo	103'6	11'3
Potasio	504'9	25'0
Calcio	183'0	62'5
Magnesio	57'0	23'8
Sodio	5'9	4.437'5
Azufre	18'0	41'3
Hierro	1'37	2'23
Manganeso	0'29	0'13
Cinc	0'76	0'50
Cobre	0'34	0'37

Tabla 75*Contenido en aminoácidos de las tápenas frescas y en salmuera*

Compuesto	Tápenas frescas (mg/100g)	Tápenas en salmuera (mg/100g)
Alanina	0'374	0'194
Valina	0'541	0'204
Glicina	0'177	0'115
Isoleucina	0'368	0'192
Leucina	0'414	0'224
Prolina	0'211	0'109
Treonina	0'264	0'055
Serina	0'118	0'008
Metionina	0'091	0'081
Fenilalanina	0'393	0'180
Ácido aspártico	0'666	0'261
Ácido glutámico	0'746	0'313
Lisina	0'431	0'194

Tabla 76
Contenido en ácidos grasos de las tápenas frescas y en salmuera

Compuesto	Tápenas frescas	Tápenas en salmuera
	(%)	(%)
C14:0	0'6	0'6
C16:0	23'9	31'0
C16:1	1'4	0'7
C17:0	2'7	0'5
C17:1	3'5	1'7
C18:0	7'4	5'6
C18:1	5'9	6'2
C18:2	14'9	22'2
C18:3	37'4	30'5
C20:0	2'3	1'0



Fotografía 108. Tallo (izquierda), talpasas y flor abierta (derecha abajo) y fruto (derecha arriba).



Fotografía 109. Planta sin espinas.



Fotografía 110. Planta sin espinas.



Fotografía 111. Brote de alcaparra.



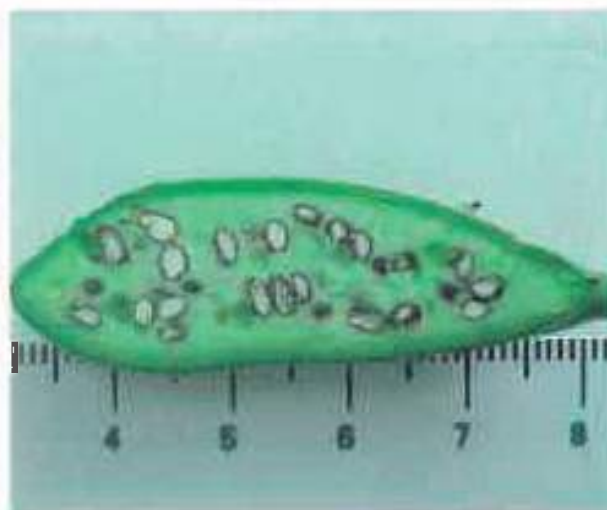
Fotografía 112. Detalle de luz y envés de las hojas.



Fotografía 113. Tallo en crecimiento. Los capullos más alejados del ápice comienzan a abrirse.



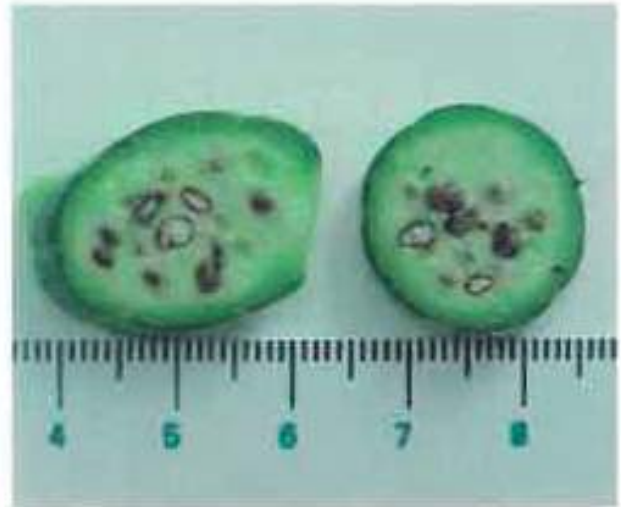
Fotografía 114. Detalle del engrosamiento de las hojas debido a condiciones climáticas adversas.



Fotografía 115. Sección longitudinal del fruto.



Fotografía 116. *Evaluación de caparros (capullos florales) a caparros (fruto).*



Fotografía 117. *Sección transversal del fruto.*



Fotografía 118. *Planta silvestre no podada, con nuevas brotaciones en primavera.*



Fotografía 119. *Poda de una planta adulta.*



Fotografía 120. *Planta adulta podada.*



Fotografía 121. Producción de tapenas en planta sin espinas.



Fotografía 122. Detalle de tapenas de la planta anterior.



Fotografía 123. Detalle de tapenas y flor abierta.



Fotografía 124. Detalle de la fructificación.



Fotografía 125. Tapenera en el desierto de Tarapacá (Chile) asociada a olivo y regada por goteo.



Fotografía 126. Plantación regular de alcaparra en secoano.



Fotografía 127. *Detalle de planta cultivada sobre meseta y regada por goteo.*



Fotografía 128. *Fruto abierto, apto para la obtención de semillas (Luna y Pérez, 1985).*



Fotografía 129. *Detalle de flor de sapenera en antesis.*



Fotografía 130. *Detalle de la producción de tipe-nas en el bruto.*



Fotografía 131. *Detalle de la apertura de los botones florales más alejados del ápice.*



Fotografía 132. Preparación del terreno para semillero en suelo.



Fotografía 133. Plantas recién germinadas.



Fotografía 134. Detalle de las plantas de semilla.



Fotografía 135. Enraizamiento de estaquillas herbáceas sobre camas calientes y sistemas de nebulización.



Fotografía 136. Detalle de estaquillas herbáceas.



Fotografía 137. Aspecto de clon seleccionado por productividad y porte erecto.



Fotografía 138. Aspecto que muestra una planta en plantación regular de secacas.



Fotografía 139. Planta sin espinas, color verde.



Fotografía 140. Planta movada, de porte erecto.



Fotografía 141. Detalle de la producción de tápanas y flores abiertas en planta sin espinas.



Fotografía 142. Semillas completas y secciones.

CAPÍTULO IV

EL NOPAL

1. INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller), más conocido en España como chumbera, es un "arbusto" (no posee varios troncos) suculento ramificado que puede presentar desde porte rastrero hasta arborescente, alcanzando en este último caso una altura de unos 4 m y constituyendo un *árbol peculiar*, cuyo tronco va adquiriendo la consistencia leñosa con el paso del tiempo, a la vez que su forma cambia de aplanada o elíptica a casi cilíndrica cuando es adulto. Pertenece a la familia de las Cactáceas y se distribuye por toda América (con mayor concentración de especies en México) y la región mediterránea, a donde llegó tras el descubrimiento de América. Se caracteriza por sus tallos planos o cladodios (llamados palas en España y pencas en México), en forma de paletas, cubiertos de pequeños agrupamientos de pelos rígidos llamados glóquidos y, por lo general, también de espinas. Las flores son vistosas, de amarillas a rojas, de gran tamaño; el fruto es una baya carnosa unilocular y polisperma, de forma ovoide o esférica recordando a un pequeño tonel, que recibe el nombre de tuna, en México y resto de América, y de higo chumbo, en España.

Dentro del género *Opuntia*, son distintas las especies y variedades destinadas a la producción de tunas, otras sin embargo son más apropiadas para la producción de forraje o también de cochinilla del carmín (*Dactylopius cacti* Costa) para obtener la grana (excrecencia del insecto), que molida se utiliza como colorante desde la antigüedad y en la cual se comienza de nuevo a pensar como producto natural alternativo que no presenta riesgos para la salud; produce un tinte rojo que se aplica sobre fibras textiles como seda, algodón y lana. En la época prehispánica el uso de la cochinilla se extendió mucho y, después de la conquista, los españoles lo llevaron a las Antillas y a España, de donde pasó a países asiáticos como India. Asimismo, las palas o pencas no sólo

son utilizadas como forraje para la alimentación animal, sino que constituyen una importante base de la alimentación para buena parte de la población mejicana, ganando cada día más adeptos entre los que las prueban, consumiéndose tanto en crudo como ligeramente cocidas; en EE.UU. su consumo no sólo se limita a los emigrantes mejicanos sino que está llegando ya a otras etnias, importándose para este fin desde México.

Su cultivo se realiza en gran cantidad de países, tanto para la producción de tuna o higo chumbo, como para forraje, para la conservación de suelos o para la formación de cercas, etc., dedicándose la producción, en la mayor parte de los casos, al consumo en las áreas de producción o dentro del propio país, siendo muy pocos los que concurren en los mercados internacionales; entre éstos se encuentran (México, Italia, Sudáfrica, Chile, Israel y E.U. (Flores *et al.* 1995). En todos los casos, las plantaciones comerciales o de pequeños grupos de plantas, se localizan en áreas marginales de climas áridos o semiáridos, donde esta planta constituye en muchas ocasiones una de las pocas alternativas productivas.

Es una planta capaz de crecer en suelos muy pobres e incluso en zonas donde apenas existe suelo, presentando un alto potencial de establecimiento en estas condiciones, lo que unido a su gran resistencia a la sequía la hacen especialmente interesante para muchas zonas del Planeta en las que la desertización constituye una amenaza o se presenta como imparable. Es incluso capaz de crecer y fructificar en las grietas de las rocas donde prácticamente no existe suelo.

Durante los últimos años se ha incrementado el interés por ésta y otras especies cercanas, especialmente en Méjico, y en otros países como Italia, Chile, Israel y Sudáfrica, entre otros, dedicándose un gran esfuerzo investigador no sólo a los aspectos culturales sino a la obtención de nuevos productos alimenticios.

Durante la década 1990-2000 se produce una reducción del cultivo en España, estimándose la superficie en plantación regular en unas 1.500 ha. La mayor superficie de este cultivo se obtuvo en 1980 con 7.157 ha (MAPA, 1997). La reducción de la superficie de cultivo es consecuencia del incremento que han sufrido los sueldos en España y que afecta a todos los cultivos que precisan gran cantidad de mano de obra.

Desde su introducción en España, su cultivo se extendió rápidamente por toda la cuenca mediterránea e islas Canarias donde encontró un excelente clima para la obtención de frutos y para la cría de la cochinilla: en el Sureste español es todavía frecuente ver grupos de nopales junto a las casas de campo abandonadas en áreas de secano, de modo que resulta incluso difícil encontrar una casa de campo que no posea su zona de chumberas, regadas y fertilizadas con las aguas residuales y excrementos de sus habitantes y con las aguas de lluvia que eran dirigidas a estos pequeños huertos de los que se obtenía su fruta, pues a diferencia de México en España se ha utilizado fundamentalmente por sus frutos y como alimento del ganado. La planta se adapta a las peores condiciones de suelos y clima, pudiendo vegetar en zonas donde apenas existe suelo y donde el agua recibida es escasísima, resultando de gran interés para reducir la erosión y facilitar la formación de suelo fértil.

Requiere un clima cálido, por lo que es frecuente verla en las provincias ribereñas del Mediterráneo, siendo menor su presencia en las provincias del interior de España, ya que las bajas temperaturas limitan su cultivo.

Su facilidad de adaptación y supervivencia en condiciones de sequedad extremas le confieren amplias posibilidades de cultivo en zonas áridas con tal de que éstas sean cálidas, pudiéndose considerar una planta colonizadora inicial como, la higuera, el algarrobo o el alcaparro y, al igual que éstos, crece de modo espontáneo en el área mediterránea, tolerando las peores condiciones de aridez, por lo que constituye una alternativa frutal adecuada para su uso en los pelados montes de esta área, donde podría constituir una solución parcial tanto para la creación de puestos de trabajo como para la recuperación de la vegetación, la caza, reducción de la erosión, etc., además de para su cultivo mediante clones selectos. Su uso en tierras de desierto, donde la pluviometría es prácticamente nula, con aportaciones de agua mínimas, pone de manifiesto la importancia de esta especie como planta adecuada para frenar y reducir la erosión.

En los últimos años del Siglo XX ha resurgido el interés por el nopal como fuente alimenticia y de salud, de manera que se ha incrementado su consumo no sólo en fresco, sino también deshidratado, como un complemento indicado en la medicina naturalista y para la obtención de nuevos alimentos, así como para la obtención del colorante de la cochinilla.

2. REFERENCIAS HISTÓRICAS

A diferencia de otros frutales que podíamos denominar bíblicos (granado, higuera, etc.), conocidos en las civilizaciones de Asia, África y Europa, el nopal no pudo ser conocido por éstas hasta que los españoles descubrieron América; donde primero lo encontraron fue en la isla de La Española (actual Haití), asignándole el nombre de nopal que era como lo conocían los indígenas en esta isla, e imponiendo este sobre el de *nochtli*, que es como se llama en la lengua náhuatl. Cuando Hernán Cortés llegó en 1519 al altiplano mexicano no pudo dejar de notar la presencia, por todos lados, del *nopalli* (nombre náhuatl de la planta), y cuando entró en Tlaxcala le dieron la bienvenida con frutos de nopal (*nochtli*) (Barberá, 1995).

El nopal fue importantísimo para las civilizaciones precolombinas, tanto que, en ocasiones, según cuenta Álvar Núñez Cabeza de Vaca y los cronistas de la época, a veces esta planta y sus frutos constituían el alimento fundamental para las poblaciones indígenas, que en algunas zonas se alimentaban durante varios meses a base de nopal tanto fresco como deshidratado; su influencia en la vida de los mexicas fue tal que algunas poblaciones prehispánicas formaron su nombre de la palabra nopal: Nopaluacan, Santos Reyes Nopala, Nopala de Villagran, Nopala, Cuecnupalan, Nochistongo y Nochistlán, adquiriendo mayor significado simbólico en Tenochtitlan (a la que también llamaron México porque fue fundada por los mexicas), formando parte de su escudo.

Los indios supieron aprovechar plenamente esta planta, de modo que de ella utilizaban las pencas o cladodios como alimento y también como bebida en época de sequía; de sus frutos aprovechaban la pulpa y el jugo, a la vez que una vez deshidratados obtenían harina tanto de la pulpa como de la piel; raíces y pencas fueron utilizadas con fines medicinales; la grana de la cochinilla cultivada sobre algunas especies

la utilizaron como medicamento y colorante e incluso la planta completa fue utilizada como cerca (Barros y Buenrostro, 1998). Los hallazgos arqueológicos del Valle de Tehuacá, en Puebla (México), indican el consumo de cactáceas por el hombre hacia el año 8500 a.d.C., según indica González en 1972 (Becerra, 1999).

La importancia tanto para las civilizaciones del pasado como para la población actual de México es patente, quedando desde antiguo testimonio de ello en leyendas, códices, ceremonias religiosas y en representaciones simbólicas, como en el caso de la leyenda Azteca del Tenochtli o nopal pétreo, que después se convirtiera en el símbolo de la nación mexicana.



Fotografía 143. Panorámica del antiguo mercado o tianguiztli de la ciudad de Tlatelolco, el más famoso del imperio azteca (mexico) a la llegada de los españoles. Esta maqueta, situada en la sala Mexica del Museo Nacional de Antropología, muestra de forma muy realista la variedad de productos que concurrían a este mercado, principalmente alimenticios —como maíz, frijol, chile, calabaza, maguey o nopales—, además de cestos, vasijas de cerámica, mantas finas y otros productos. El intercambio local de mercancías lo efectuaban en su mayoría los mismos productores y, en especial, las semillas de cacao eran utilizadas como moneda de cambio. La ciudad de Tlatelolco fue incorporada a Tenochtitlán, capital del Imperio, en 1473. Todavía hoy, los mercados o tianguis presentan características muy similares en algunas ciudades y pueblos de la República Mexicana (Fuente: E. Microsoft Encarta 2000).

3. ORIGEN Y SISTEMÁTICA

3.1. ORIGEN

Las cactáceas son plantas originarias de América, distribuyéndose principalmente por las regiones áridas y semiáridas: las especies del género *Opuntia* son originarias

del sur de los EE.UU., México, Ecuador y Perú, y para el nopal se considera como Centro de Origen México por poseer gran diversidad de especies (Bravo, 1978).

En la actualidad se conocen 125 géneros pertenecientes a las cactáceas, que comprenden 2.000 especies y, de éstas 253 pertenecen al subgénero *Platyopuntia*, de las que 100 se encuentran representadas en México (de la Rosa y Santana, 1998). Este mismo autor indica que las especies de nopal productoras de fruto (tuna), al igual que las forrajeras, de verdura o silvestres, se encuentran en constante evolución genética, debido principalmente a la polinización cruzada que se da entre ellas: por esta razón existe una gran diversidad que dificulta la clasificación taxonómica de este vegetal.

3.2. SISTEMÁTICA

La ubicación taxonómica del nopal que indicamos a continuación es la referenciada por Britton y Rose (1963) (de la Rosa y Santana, 1998).

División: Angiospermae
 Clase: Dicotyledoneae
 Orden: Opuntiales
 Familia: Cactaceae
 Subfamilia: Opuntioideae
 Tribu: Opuntiae
 Género: *Opuntia*
 Subgénero: *Platyopuntia*
 Especie: *Opuntia* spp.

A continuación se expone una breve descripción botánica que permitirá comprender mejor la diversidad existente dentro del género *Opuntia*, así como conocer las principales especies implicadas en la producción de nopal, según recoge de Rosa y Santana (1998) tras una excelente revisión bibliográfica, y cuya lectura se recomienda.

Familia *Cactaceae*: Plantas perennes, suculentas, con distintos hábitos: generalmente espinosas caracterizadas por órganos especiales llamados areolas; limbo de las hojas ausente o reducido a escamas pequeñas o primordios anatómicos, sólo bien desarrollados en algunos géneros. La familia se divide en tres subfamilias: *Pereskioideae*, *Opuntioideae* y *Cereoideae*.

Subfamilia *Opuntioideae*: Las especies que la integran son cactáceas arborecentes, arbustivas y hasta rastreras, tallos cilíndricos, claviformes, casi globosos o en cladodios más o menos ramificados. Hojas con limbo pequeño, cilíndrico tubulado y caduco, sólo en un género es laminar aunque carnoso; tuberculos más o menos prominentes. Este taxón está representado en México por dos tribus: *Phyllopuntiae* y *Opuntiae*.

Tribu *Opuntiae*: Plantas con ramas cilíndricas, claviformes o laminares (clado-

dios), verdes. Hojas muy reducidas, cilíndricas, tubuladas, caducas. Flores diurnas. En México la tribu está representada por los géneros *Opuntia* y *Nopalea*.

Género *Opuntia*: Son individuos arborescentes, arbustivos, rastreros, simples o cespitosos. Tronco bien definido o con ramas desde la base, erectas, extendidas o prostradas. Artículos globosos, claviformes, cilíndricos o aplanados (cladodios), muy carnosos y leñosos. Limbo de las hojas pequeño, cilíndrico, carnosos y muy pronto caduco. Areolas axilares con espinas, pelos, glóquidas y a veces glándulas; generalmente, las de la parte superior de los artículos son las productoras de flores. Espinas solitarias o en grupos, desnudas o en vainas papiráceas. Flores generalmente hermafroditas, ovario inferior, con una cavidad y muchos óvulos. Estambres numerosos, más cortos que los pétalos. Fruto en baya, seco o jugoso, espinoso o desnudo, globoso, ovoide hasta elíptico.

Subgénero *Platyopuntia*: Agrupa a las especies del género *Opuntia* que presentan tallos aplanados (palas, pencas o cladodios). Este subgénero comprende 28 series de especies, de las que únicamente es de nuestro interés la serie *Streptacanthae*, que comprende especies de plantas arborescentes, ramosas, artículos glabros, verdes, espinas blancas o ligeramente amarillentas. Flores amarillas grandes, hasta anaranjadas; fruto carnosos, comestible y muy agradable. Estas plantas han dado origen a híbridos naturales y a numerosas variedades y formas hortícolas que han sido distinguidas principalmente por la forma, color, tamaño y sabor de sus frutos, a los que se les aplican diferentes nombres vulgares. Entre las especies cultivadas para la producción de frutos están: *O. amylicae* (tuna blanca), *O. megacantha* (amarilla), *O. streptachanta* (cardona), *O. ficus-indica* (de Castilla), *O. robusta* (tapon), *O. hiptacantha* (mamele). Finalmente, de la Rosa y Santana indican que las especies motivo de su interés son las del gran complejo de *O. megacantha*, por considerar que *O. amylicae* es una forma hortícola de la primera y que se consideran como sinónimos: *O. maxima* Miller y *O. alfajayucan* Karwinsky. Otros autores (Rodríguez y López, 1997), trabajando en el municipio de Matehuala, cerca de San Luis Potosí (México), determinan la existencia en esta área de 14 especies del género *Opuntia*, sobresaliendo los de tipo frutero; esta referencia únicamente la introducimos aquí para poner de manifiesto la complejidad que la clasificación de este género presenta: la relación de especies dada por éstos en la zona de estudio muestra la coincidencia de denominación con alguna de las anteriormente citadas y permite establecer comparaciones con las nombradas por otros autores, aunque no nos detendremos en ellas, por no ser el objeto de este trabajo. Estas son: *Opuntia amylicae* Tenore (nopal alfajayucan), *O. cantabrigiensis* Lync. (nopal cuijo), *O. ficus-indica* (L.) Miller (nopal de Castilla), *O. imbricata* (Haw.) DC. (coyonoxtle), *O. kleiniac* DC. (cholla), *O. leptocaulis* DC. (tasajillo), *O. leucotricha* DC. (nopal duraznillo), *O. megacantha* Salm-Dyck (nopal alfajayucan), *O. microdasys* (Lehmann) Pfeiffer (nopal cegador), *O. rastrera* Weber (nopal rastrero), *Opuntia robusta* Wendland (nopal tapón), *O. spinulifera* Salm-Dyck (xoconoxtle), *O. streptacantha* Lemaire (nopal cardón), *O. tunicata* (Lehmann) Link-Otto (clavellina).

Especie *Opuntia amylicae* Tenore u *Opuntia ficus-indica amylicae*: Arbustiva. Artículos oblongos hasta elípticos, de 30-40 cm de largo, gruesos, color oscuros hasta glauco. Hojas de 4 mm de largo, agudas, rojas. Areolas pequeñas con una o dos cer-

das cortas en su parte inferior, espinas en número de 1 a 4, rígidas, casi perpendiculares, divergentes, generalmente de menos de 3 cm de largo, blancas de color hueso; las más gruesas, anguladas; gloquideas café, caducas. Flores amarillentas, fruto no muy jugoso.

3.3. NOMBRES QUE RECIBE EN DISTINTOS IDIOMAS

Tabla 77
Nombres que recibe el nopal en distintos idiomas

Español	Inglés	Francés	Italiano	Alemán
<i>Planta:</i>				
Chumbera	Cactus pear	Figuier d'Inde	Fico d'India	Feigenkakt
Pala chumba	Prckly pears	Figuier		Opuntia ficus
Palera	cactus	de barbare		-indica
Higuera de chumbos	Nopal	Nopal		Fachel-dist
Nopal	Indian fig tree			
Nopalera	Barbary fig tree			
Higuera de Indias				
Higuera de pala				
<i>Fruto:</i>				
Higo chumbo	Prickly pear	Figue d'Inde	Fico d'india	Kaktusfeige
Tuna	Indian fig	Figue		
	Tuna	de Barbarie		

4. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA

4.1. MORFOLOGÍA

Aunque algunos autores indican que es un arbusto, en realidad debería clasificarse como un árbol, ya que posee un solo tronco claramente diferenciado, que se ramifica muy cerca del suelo (en el primer cladodio), aunque como ya se ha indicado dentro del género *Opuntia* pueden encontrarse desde formas rastreras a arborecentes; Este árbol peculiar puede superar los 4 m de altura, y a medida que va envejeciendo su tronco se va endureciendo, convirtiéndose en leñoso, a la vez que su forma aplanada, típica de las *Platyopuntias*, va adoptando una forma cilíndrica o elíptica.

4.1.1. Raíz

Cuando la planta procede de semilla presenta un sistema radicular pivotante,

siguiendo el patrón típico de las dicotiledóneas, constituyendo la raíz la radícula del embrión, lo que le permite obtener el agua a mayor profundidad; posee raíces secundarias que pueden alcanzar varios metros de longitud y que tienden a distribuirse superficialmente, aunque con capacidad de profundizar para alcanzar el agua, careciendo de pelos radicales absorbentes en el periodo de sequía, aunque éstos se forman rápidamente en el periodo de lluvias, presentando una gran velocidad de absorción (Fernández, 1990; Barros y Buenrostro, 1998).

Cuando la planta se obtiene por propagación vegetativa, el sistema radicular es superficial y fasciculado, con capacidad para alcanzar los 80 cm de profundidad y varios metros en sentido longitudinal (Fernández y Saiz, 1990).

En general, las raíces del nopal se desarrollan superficialmente, ya que son los órganos encargados de realizar el intercambio gaseoso de la planta durante el día, para suplir la escasa capacidad que tienen los cladodios para realizarlo en este periodo, según indica Buxbaum (1950) (de la Rosa y Santana, 1998). En realidad, si no realiza laboreo del suelo, las raíces secundarias son muy ramificadas, fibrosas, encontrándose a una profundidad comprendida entre 0 y 30 cm, y alcanzando longitudes de hasta 15 m alrededor de la planta (Bravo, 1978; de la Rosa y Santana, 1998; Barros y Buenrostro, 1998), lo que le permite captar rápidamente el agua de las lluvias más exiguas mediante la rápida formación de pelos absorbentes, que como hemos indicado desaparecen cuando no existe humedad suficiente, por lo que podemos calificarlas de temporales, a diferencia de las primarias y secundarias que son perennes.

4.1.2. Tallo

El tallo del nopal es fotosintético y está formado por artejos aplanados, elípticos y carnosos, denominados cladodios o artículos, vulgarmente conocidos por pencas, raquetas o palas. Éstos están recubiertos por una cutícula lipídica cuya continuidad se rompe por la presencia de estomas. En la unión entre artejos existe una coyuntura o articulación de los cladodios caracterizada por su menor tamaño y que da al árbol el aspecto típico de ramificación articulada. Con el tiempo las palas inferiores adquieren la consistencia leñosa y tienden a formar un tronco cilíndrico, lo que sucede a los 10-15 años.

Tabla 78

Composición centesimal en elementos minerales de las palas de chumbera

Contenido	En 100 partes de cenizas	Contenido	En 100 partes de cenizas
Calcio	2300	Sodio	112
Magnesio	1462	Azufre	027
Potasio	571	Fosforo	026
Hierro	140	Silicio	0014

Fuente: Fuente: Fernández y Saiz, 1990 (tomado de Porolano, 1963).



Fotografía 144. *Nopal de pencas elípticas, sin espinas.*



Fotografía 145. *Nopal de palas más alargadas que el anterior*

En épocas de lluvia o con suficiente humedad en el suelo las palas tienen un aspecto turgente, pudiendo tener hasta un 95% de agua en condiciones de máxima turgencia, mientras que en las épocas de sequía la planta puede mantenerse viva con humedad inferior al 60% (Fernández y Saiz, 1990). En estas condiciones de falta de agua, las pencas se muestran rugosas, dobladas por su propio peso y el de la cosecha y arrugadas, pese a lo cual, en las peores condiciones de sequía del Sureste español, con lluvias inferiores a 150 mm anuales y en terrenos con pendiente, la planta sobrevive sin aportes de agua de riego.

En la epidermis del cladodio se encuentran numerosos estomas; debajo de ésta se localiza el clorénquima, que es una capa de células de color verde intenso, que da color a la penca y constituye el tejido fotosintético. El clorénquima se convierte gradualmente en parénquima medular, que corresponde a la zona central y esponjosa del cladodio, por donde circula la savia ascendente; este tejido está formado por un conglomerado de células blancas, que presentan este color por la ausencia de cloroplastos y por la presencia de grandes vacuolas que ocupan el 95% del volumen celular (Becerra, 1999).

En el clorénquima y en el parénquima medular, según indica Pimienta y Engelman (1985), ocurre la diferenciación de células mucilaginosas, almacenan el mucílago o baba del nopal, encontrándose éstas también en la cáscara del fruto, por lo que se cree que ésta no es más que una modificación del tallo (Becerra, 1999).

Cuando el tallo se obtiene por desarrollo del embrión, se forma el primer cladodio, que crece hasta alcanzar el tamaño de una raqueta pequeña; sobre los bordes de esta nacen uno o varios que constituyen las nuevas pencas; igualmente se produce la ramificación tras el enraizamiento de una penca adulta.



Fotografía 146. Nopales de más de 50 años en los que se aprecian troncos de sección circular en agosto.

Tabla 79
Composición de pencas de 6 meses a un año de edad

Compuesto	Contenido (%)
Agua	78.27
Sólidos solubles	7.73
Celulosa	6.50
Pectina	1.55
Ceniza	3.22
Proteínas, lignina, gomas, etc.	2.73

Fuente: de la Rosa y Santana, 1998 (tomado de Peralta, 1963)

4.1.3. Hojas

Las hojas sólo se encuentran en los cladodios tiernos, siendo únicamente visibles en la primera edad; son caducas, siendo su vida de poco más de un mes. Tienen forma de garra o ganchito cónico, engrosadas en su base, de aproximadamente 1 cm de longitud. Tanto el tallo como las hojas, realizan la fotosíntesis. En algunos casos las hojas pueden ser persistentes, sobre todo cuando los tejidos se esclerifican, transformándose en espinas (Bravo, 1978).

En las axilas de las hojas se encuentran las areolas, órgano característico de las cactáceas, de donde brotan las espinas que están rodeadas en su base de otras espinas de menor tamaño, llamadas ahuetes o glóquidos.

La disposición de las hojas, casi regular, sobre la superficie del cladodio es una de las características de la especie *Opuntia ficus-indica* (Fernández y Saiz, 1990).



Fotografía 147. Brotación de un nuevo cladodio en el que se aprecian las hojas.

4.1.4. Espinas

Las espinas son órganos característicos de las cactáceas. Algunos autores indican que son hojas modificadas; otros que intervienen en la defensa de la planta ante los animales y otros que gracias a ellas se produce la condensación del agua por la noche, lo que ayuda a su captación e, incluso, que ayudan a disminuir la transpiración por evitar el contacto directo del aire seco con el tallo.

En cualquier caso, desde el punto de vista agronómico, las espinas constituyen una característica no deseada y la mayoría de los investigadores desean obtener plantas sin espinas, ya que éstas constituyen un inconveniente para realizar las labores de cultivo, especialmente las que se encuentran sobre el fruto que dificultan su pelado y consumo; igualmente son un inconveniente para la alimentación animal cuando la planta se utiliza como forrajera.

4.1.5. Areola

La areola es un órgano característico de las cactáceas que se encuentra en la axila de las hojas. Es la zona que dará lugar a brotes y flores; esta estructura es además el origen de ahuates o glóquidas, solos o acompañados de espinas, cerdas o lana.

En la areola existen dos puntos de vegetación: uno da origen a las flores y brotes y el otro da lugar a las espinas.



Fotografía 148. Cladodio de *Opuntia ficus-indica* en el que se observa la areola con espinas y ahuates.

4.1.6. Flores

Las flores son hermafroditas y nacen de las areolas. El cáliz está integrado por numerosos sépalos de color amarillo verdoso que protegen a la corola, formada por varios pétalos ovoides soldados a la base. El ovario es ínfero y está rodeado por un receptáculo que al madurar el fruto constituye la cáscara; éste termina en un estilo alargado, dividido en varias ramas estigmáticas, cada una de las cuales lleva numerosos óvulos. El estigma es receptivo desde la apertura de la flor, que se abre gradualmente durante una o dos semanas, mientras que la apertura de las anteras dura uno o dos días.

Las flores carecen de aroma, pero sus colores son muy vivos y atractivos: de pétalos amarillos, dorados, naranja o rosados; la presencia de nectarios y la abundancia de polen atraen a numerosos insectos que favorecen la polinización. Los estambres son muy numerosos, con abundante polen amarillo de textura harinosa.

Las flores aparecen preferentemente en las areolas situadas en el tercio superior del cladodio y fundamentalmente en el borde superior, presentando un diámetro de 7-10 cm y una altura de 6-8 cm; en el Sureste español se producen dos floraciones anuales, una en primavera y otra en otoño, aunque dependiendo de las técnicas culturales, la época e intensidad de esta puede verse modificada.

La polinización puede realizarse mediante la intervención de los insectos o del viento, y en ocasiones pueden quedar flores sin fecundar, que se mantienen en la planta hasta bien entrado el invierno, presentando una coloración rosa vinoso (Fernández y Saiz, 1990).



Fotografía 149. Detalle de flor abierta, otras abriendo.

4.1.7. Fruto

El fruto es una baya carnosa de 5-10 cm de largo y de 4-8 cm de diámetro, unilo-

cular, polisperma y carnosas; de forma ovoidal, cubierta de una cáscara o pericarpio coriáceo con numerosas espinas pequeñas.

Una vez maduro el fruto, la pulpa es jugosa, mucilaginosas, azucarada y aromática, con numerosas semillas. Se trata de un fruto no climatérico.

La fructificación se produce sobre los cladodios de 1 a 2 años y más raramente sobre los de 3 años o sobre los del año, aspecto que deberá tenerse en cuenta para la realización de la poda de fructificación.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la envoltura funicular de las semillas abortivas es capaz de desarrollar pulpa, al igual que la envoltura de las semillas normales. En el fruto maduro las semillas abortivas se distinguen de las normales por su color café claro, en contraste con las otras semillas que son más grandes y de color oscuro; ello indica que los frutos con mayor número de semillas abortivas tendrán mayor volumen de pulpa (Becerra, 1999).

Tabla 80

*Constitución y contenido en sólidos solubles del fruto de *Opuntia Amyclaea**

Porción	Contenido
Volumen del fruto	195'3 cm ³
Cáscara	44'7 %
Pulpa	55'3 %
Semilla	5'2 %
Parte comestible	50'1 %
Sólidos solubles	15'56 °Brix a 20°C

Fuente: de la Rosa y Santana, 1998 (tomado de Peralta, 1983)

Nota: el 100% del volumen del fruto está dado por cáscara y pulpa, ya que semilla y parte comestible son partes constituyentes de pulpa (5'2% + 50'1% = 55'3%).

Por otro lado, la piel del fruto debe ser un tejido similar al cladodio, pues en ella existen órganos como las areolas, que poseen espinas, pelos y yemas; debido a la presencia estas yemas, en ocasiones puede verse como éstas brotan dando lugar a otro fruto que brota de la piel del primero, incluso pueden brotar varias yemas del fruto obteniéndose varios frutos sobre él. Este aspecto sugiere que nos encontramos ante un tejido a partir del cual se podrían propagar vegetativamente frutos procedentes de polinizaciones cruzadas, naturales o artificiales y que presente características deseables, ya que el cultivo de tejidos de órganos con yemas resulta sencillo, lo que puede constituir una herramienta del máximo interés para la mejora de la especie de forma rápida.



Fotografía 150. Detalle de las areolas de los frutos.

4.1.8. Semillas

Las semillas se encuentran distribuidas regularmente por todo el fruto; son de testa dura, resistiendo la acción de los ácidos gástricos, por lo que los pájaros, que gustan comer estos frutos, son los principales agentes diseminadores.

Poseen testa clara y arilo ancho, embrión curvo, cotiledones grandes y perisperma bien desarrollado.

El número de semillas así como la dureza de las mismas constituyen el principal impedimento para el consumo en fresco de esta fruta que, sin embargo, presenta pulpa agradable y grandes posibilidades para la obtención de productos derivados.

Tabla 81

Importancia relativa de las principales fracciones de los frutos de chumbera

Parte del fruto	Composición sobre peso seco (%)	Contenido en agua (%)
Corteza seca	40'5	---
Zumo	38'7	89'7
Polpa	10'6	45'8
Semilla seca	10'2	—

Fuente: Fernández y Saiz, 1990 (tomado de Lecker, 1976 y Rejama, 1985).

Tabla 82

Composición química de la pulpa y corteza de los frutos de chumbera

Composición	Pulpa (%)	Corteza (%)
Agua	90'0	95'10
Glucosa	6'0	0'25
Almidón y dextrina	2'7	4'00
Proteínas	1'0	0'35
Cenizas	0'3	0'40

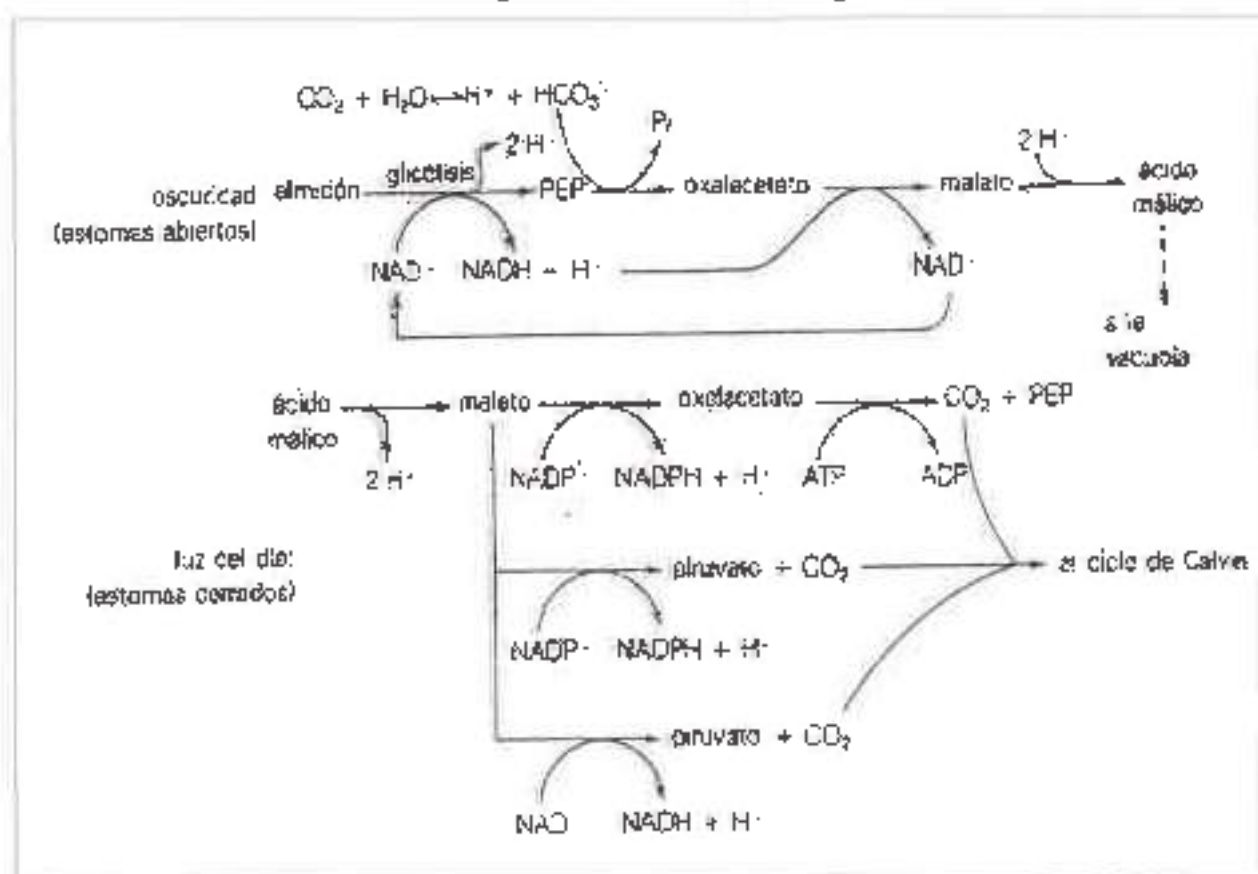
Fuente: Fernández y Saiz, 1990 (tomado de Yagman, 1966).

4.2. FISIOLÓGIA

El nopal está especialmente adaptado a zonas cálidas, áridas y semiáridas, soportando especialmente las más extremas condiciones de sequía estival. Se trata de una planta suculenta o crasa (posee tejidos acumuladores carnosos), que acumula gran cantidad de agua en sus tallos, lo que le permite soportar largos periodos de sequía. Esta peculiaridad del nopal es debida al tipo de metabolismo especial, lo que le permite producir una gran cantidad de materia orgánica con una gran eficiencia en la utilización del agua: así, mientras un cereal consume del orden de 600 l de agua para formar 1 kg de materia orgánica, en la chumbera se forma la misma cantidad utilizando valores hasta diez veces inferiores (Fernández y Saiz, 1990). Este tipo de metabo-

lismo es conocido como Metabolismo Ácido de las Crasuláceas, conocido en inglés como *Crasulacean Acid Metabolism* (CAM). A las plantas que poseen este tipo de metabolismo se les denomina plantas CAM, lo que les permite reducir la pérdida de agua por los estomas durante el día; en gran parte de las horas del día, las más calurosas, mantienen los estomas cerrados, abriéndolos durante la noche, momento durante el que el CO_2 llega a las células fotosintéticas, donde es fijado en forma de ácido málico que se almacena en las vacuolas. Durante el día el ácido málico sale al citoplasma, donde se va descarboxilando, siendo el CO_2 que se produce captado por los cloroplastos: en éstos se realiza el proceso de fijación y reducción del CO_2 a través del ciclo de Calvin, produciéndose azúcares como en el resto de las plantas mediante la captación de la radiación solar. El esquema de este proceso es el que se indica a continuación.

Figura 23
Resumen de la fijación del CO_2 en las plantas CAM



El hecho de que por la noche se almacene ácido málico en las vacuolas, que durante el día se va transformando en azúcares, explica el que a los animales no les gusten las palas de chumbera por la mañana (por su considerable acidez, debido al almacenamiento de ácido málico), mientras que a mediodía y por la tarde, cuando se han producido los azúcares (han perdido la acidez), el ganado no tiene problemas para su consumo (Fernández y Saiz, 1990).

Además de ser una planta CAM, el nopal presenta algunas adaptaciones fisiológicas que lo hacen especialmente adecuado para su cultivo en zonas áridas. Entre éstas cabe citar: la formación de un sistema radicular muy superficial capaz de captar el

agua de lluvia por pequeñas que sean las precipitaciones, perdiendo las raíces absorbentes en periodo de sequía, lo que evita la pérdida de agua hacia el suelo a través de ellas; la epidermis del tallo tiene una capa de cutícula que evita la pérdida de agua, presentando además estomas semihundidos, lo que dificulta la deshidratación producida por el viento, permaneciendo éstos cerrados por el día y abiertos por la noche cuando la humedad relativa es mayor; el color blanquecino de la cutícula refleja los rayos solares evitando un calentamiento excesivo de la planta; las hojas son caducas, evitando por tanto las pérdidas de agua por evaporación; la presencia de espinas permite mayor condensación de agua sobre la planta que puede ser aprovechada por ésta; los cladodios son fotosintéticos y carnosos, lo que les permiten almacenar gran cantidad de agua que es utilizada en los periodos de sequía.

4.2.1. Crecimiento

El crecimiento vegetativo se realiza a través de las yemas vegetativas existentes en las areolas, iniciándose en el Sureste español a primeros de marzo; en las palas puede observarse el desarrollo de los conos vegetativos que originan nuevos cladodios, permitiendo la ramificación de la planta. Al mismo tiempo se inicia el crecimiento de las yemas de flor, distinguiéndose unas de otras al poco tiempo de iniciarse la actividad vegetativa.

5. ECOLOGÍA Y VALOR ECOLÓGICO DEL NOPAL

El nopal es una especie que presenta una gran capacidad de adaptación a zonas áridas y semiáridas. Puede vegetar con desarrollo óptimo desde los 116 mm de lluvia anuales hasta los 1.800 mm, viéndose afectada por la alta humedad relativa del aire y del suelo debido a la incidencia de hongos y bacterias, que originan podredumbres, clorosis y, en general, deficiente desarrollo vegetativo (de la Rosa y Santana, 1998). Es sensible a los suelos encharcados, por lo que en zonas con este riesgo debe establecerse un drenaje adecuado.

Prefiere clima templado-cálido con abundante insolación y el límite máximo para su cultivo en el hemisferio Norte se encuentra cerca de los 40° de latitud (Fernández y Saiz, 1990). Respecto a las temperaturas, puede decirse que la planta es capaz de adaptarse a un amplio rango, siendo más perjudiciales las bajas temperaturas que las altas. Según el departamento de Asistencia Técnica de PROMAN (de la Rosa y Santana, 1998), las condiciones favorables de temperatura pueden resumirse en la tabla siguiente.

Tabla 83

Características térmicas favorables para el cultivo del nopal

Condiciones favorables	Observaciones
Temperatura media anual: 15-16 °C	El óptimo para el buen desarrollo y fructificación de la planta se encuentra dentro de estos límites, aunque también puede prosperar en los extremos de éstos.
Temperatura máxima: 36 °C	El nopal puede desarrollar a temperaturas más altas, pero no se tienen datos de éstas relacionados con la producción y/o floración.
Temperatura mínima: 6 °C	Las bajas temperaturas, para no afectar al cultivo, deben tener un amplio periodo de retorno.

Es una especie muy resistente a la sequía que se adapta bien a temperaturas medias máximas de 20 a 30°C, necesitando temperaturas de 25 a 32°C y mínimas de 6°C para una buena maduración de los frutos; puede soportar temperaturas extremas de hasta 50°C, no debiéndose producir periodos largos de tiempo con temperaturas inferiores a los 3°C; por debajo de los -4°C se pueden producir daños irreparables para la planta, siendo más sensibles las plantaciones nuevas y las que producen de forma continuada y repetida, apareciendo como más resistentes a las bajas temperaturas las variedades con espinas (Fernández y Saiz, 1990). Otros autores indican que la planta puede soportar temperaturas de hasta -20°C.

En el área mediterránea, el nopal crece en lugares secos y soleados; incluso en zonas en las que apenas existe suelo, adaptándose a cualquier tipo de terreno, con excepción de los arcillosos y húmedos, prefiriendo los calcáreos, pedregosos, francos y arenosos, con pH comprendido entre 6'4 y 8'5. En plantaciones comerciales, para obtener producciones de calidad, aunque no es exigente en abonado, debe fertilizarse; igualmente responde muy favorablemente al riego en verano, aunque es capaz de soportar las altas temperaturas y la sequía de este periodo. Su resistencia a la caliza debe ser muy alta, ya que se le ha visto crecer en suelos con alto contenido en caliza activa (>22%), sin mostrar síntomas de clorosis, y en otras en las que no existe apenas suelo, donde no existía ninguna otras plantas espontáneas o bien se secan cuando el periodo de sequía se prolonga.

En España se observa en todas las provincias costeras del mediterráneo y del Sur, siendo menor su presencia a medida que nos adentramos hacia el interior, llegando a desaparecer en muchas zonas del interior de la península ibérica. Se adapta a situaciones de aridez extremas, por lo que puede ser una planta para la repoblación inicial de montes, en zonas casi sin suelo, zonas desérticas y semidesérticas. Por ello, presenta un alto valor ecológico que todavía no ha sido suficientemente explotado; además, su uso conllevaría un valor socioeconómico añadido, tal como ya se indicó en el cultivo del alcaparro.

En México las mejores zonas productoras son aquellas donde se dan precipitaciones entre los 400 y 600 mm anuales, con una temperatura media anual de 18 a 20°C y en altitudes de 1.500 a 2.500 m.s.n.m. (Becerra, 1999).

6. PLANTACIÓN Y LABORES DE CULTIVO

La experiencia demuestra que el nopal se adapta a las peores condiciones de suelo y es capaz de vegetar en condiciones de clima desfavorables, siendo capaz de vegetar en los lugares más difíciles e insospechados. Así se puede ver en zonas donde prácticamente no existe suelo, en terraplenes, etc. Pero también, al mismo tiempo, se ha podido observar que cuando esta especie recibe los más mínimos cuidados culturales, su desarrollo y productividad aumentan considerablemente.

6.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO Y PLANTACIÓN

6.1.1. Preparación del terreno

La realización de una plantación de nopal, como la de cualquier otro frutal que permanecerá un gran número de años en el terreno de cultivo, precisa una preparación previa del terreno para su acondicionamiento, aunque ésta sea mínima.

El suelo bien aireado favorece el crecimiento y la fructificación, mientras que en los suelos compactos el crecimiento se ralentiza y la fructificación es escasa. Por tanto, debe prepararse el suelo con una labor de desfonde y, en el caso de terrenos impermeables, debe establecerse un sistema de drenaje que impida el encharcamiento. La labor de subsolado, que facilitará el desarrollo inicial de su sistema radicular, irá seguida de un pase cruzado de gradas con lo que el terreno quedará suficientemente liso para la realización del marqueo y apertura de hoyos.

La planta desarrolla un sistema radicular bastante extendido y poco profundo que le permite realizar el intercambio gaseoso durante el día y captar las lluvias más insignificantes, razón por lo que se adapta muy bien al sistema de no cultivo, ya que de este modo no se producen daños en el sistema radicular con los aperos de labranza.

6.1.2. Abonado de fondo y de cobertura

El abonado de fondo se incorporará en otoño, aprovechando el pase cruzado de gradas indicado anteriormente.

Los estudios sobre las necesidades nutritivas de la especie son escasos, aunque se ha comprobado que la planta responde favorablemente a la fertilización. En zonas como México se emplea el estiércol como abono orgánico que mejora la estructura del suelo, a la vez que aporta elementos minerales; sin embargo, en España al asociarse esta planta a terrenos marginales y al asignarle los agricultores una gran rusticidad, no se suelen realizar estercoladuras, aunque naturalmente son muy recomendables. Así Fernández y Saiz (1990) indican que la planta responde bien a la aportación de N, P y K, aconsejando las siguientes dosis por hectárea,

Elemento	Dosis (U.F./ha)
N	60-65
P ₂ O ₅	50
K ₂ O	25

debiéndose añadir además durante el mes de mayo, si hay humedad suficiente o cae una pequeña lluvia, 20 ó 30 U.F. de N por hectárea en forma nítrica, para favorecer la floración al mes siguiente. Este aspecto será tratado más adelante, de modo específico para cada una de las orientaciones productivas.

En plantaciones comerciales modernas, regadas por goteo, la fertilización se efectúa como en otros frutales, obteniéndose excelentes producciones, aunque no conocemos estudios sobre las necesidades de fertilización de la especie ni programas de fertilización científicamente contrastados.

6.1.3. Marqueo, apertura de hoyos y plantación

Antes de realizar la plantación debe procederse al marqueo del terreno. El marco de plantación elegido será función del desarrollo esperado de la variedad elegida, de las condiciones de cultivo y de la orientación de la producción (frutos, verdura, forraje, cochinilla). Los marcos más usuales y densidad de plantación se indican en la tabla siguiente.

Tabla 84
Marco y densidad de plantación según la orientación productiva

Orientación productiva	Marco (mxm)	Nº de plantas/ha
Producción de frutos	4 x 4; 4 x 2.5; 3 x 2	625-1.666
Producción de verdura	1.50 x 0.40; 1.25 x 0.40; 1 x 0.25	16.666-40.000
Producción de forraje	Muy variable	Desde 600 a 80.000

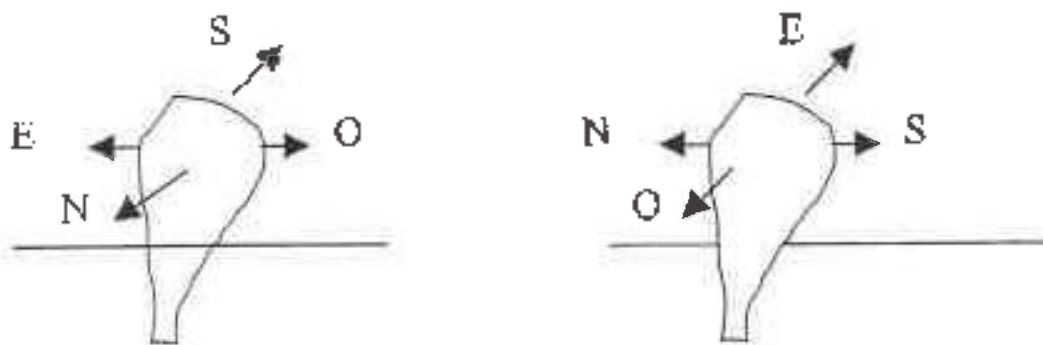
También se han ensayado otros marcos en este frutal como: 3 x 4 m y 2 x 5 m, o incluso mayores cuando se asocia a otro frutal. Si se trata de una plantación en seco o en un monte destinada fundamentalmente a evitar o reducir la erosión, pueden elegirse marcos más estrechos.

Como se observa la variedad de marcos de plantación es grande, dependiendo fundamentalmente de la orientación del cultivo y de variedad utilizada; más adelante se profundizará más sobre este aspecto que resulta de gran importancia para alcanzar una rentabilidad adecuada, tomando como referencia los estudios de distintos investigadores de México, que es el país donde mayor número de estudios se realizan sobre el nopal.

Para realizar la plantación pueden hacerse pequeños hoyos para facilitar el enterrado parcial de la pala completa o fracción de ella utilizada como estaca para la propagación, ya que no suelen utilizarse plantas enraizadas para la realización de nuevas

plantaciones, debido a la facilidad de enraizamiento de la especie. La plantación se realiza enterrando 1/3 la penca o trozo de ella utilizado. La orientación de pala puesta a enraizar es un aspecto a considerar, ya que en zonas de gran insolación se pueden producir quemaduras, razón por la que es conveniente plantarlas en la orientación Este-Oeste. Por el contrario, en otros casos, se recomienda poner el cladodio en la orientación Norte-Sur, ya que de este modo se consigue la mayor captación de luz y la mayor producción de carbohidratos.

Figura 24
Orientaciones de la pala en la plantación



La plantación debe realizarse a finales del invierno, cuando la planta está todavía en reposo invernal, después de las lluvias, pudiendo retrasarse hasta el mes de mayo o junio, utilizando pencas que han sido recolectadas 2-4 semanas antes para que la herida ocasionada al cortarlas cicatrice. La plantación suele realizarse en surcos, si no se dispone de riego por goteo, orientando las filas de acuerdo con los criterios expuestos anteriormente. Conviene que el terreno no tenga demasiada humedad para evitar pudriciones y realizar un riego tras varios meses desde la plantación con 10-15 l de agua por planta, en caso de que no se produzcan lluvias después del enraizamiento. Los hoyos o surcos sobre los que se realizará la plantación estarán algún tiempo abiertos para favorecer su desinfección por el sol y evitar posibles podredumbres; en México recomiendan incorporar a los hoyos de plantación 1/3 de tierra y 2/3 de estiércol de vacuno bien hecho.

Durante los dos primeros años de cultivo, resulta muy adecuado realizar las cavas superficiales necesarias tras cada lluvia o riego, para evitar que se agriete el terreno y reducir las pérdidas de humedad en el suelo, lo que facilitará el enraizamiento y desarrollo de las plantas; estas cavas servirán al mismo tiempo para eliminar las malas hierbas que compiten por el agua y los nutrientes con el cultivo, aspecto muy importante cuando estos dos factores esenciales para la producción son escasos. El uso de herbicidas es una alternativa adecuada y rentable para combatir las malas hierbas.

6.2. PODAS

La poda del nopal ha de hacerse teniendo en cuenta las consideraciones generales para el resto de frutales: poda de formación, de producción y de rejuvenecimiento, pero además hay que considerar la orientación productiva de la plantación, cuyos aspectos específicos trataremos más adelante.

6.2.1. Poda de formación

Tiene por objeto formar una planta regular y equilibrada. Esta poda se efectúa desde el 2º año hasta que la planta entra en producción 3º-4º año, sin olvidar que se continuará practicando al mismo tiempo que la poda de producción, ya que la planta sigue creciendo y todavía no ha alcanzado su tamaño definitivo, que estará determinado por el productor, no correspondiéndose con el que la planta alcanzaría en condiciones naturales.

La forma que se debe dar a este árbol está relacionada con el sistema de recolección y marco de plantación, pudiendo adoptarse desde formas globosas hasta más o menos planas. Para ello se eliminarán las pencas mal orientadas respecto a la deseada o las que presenten ángulos inadecuados para la iluminación solar, las que se encuentren demasiado juntas y las que se encuentren en la base del primer cladodio que formará el tronco del nuevo árbol.

La altura de la planta no será normalmente superior a los 2 m con objeto de facilitar la recolección manual; igualmente, su anchura estará relacionada con esta tarea, por lo que generalmente no superará los 1'5-2 m.

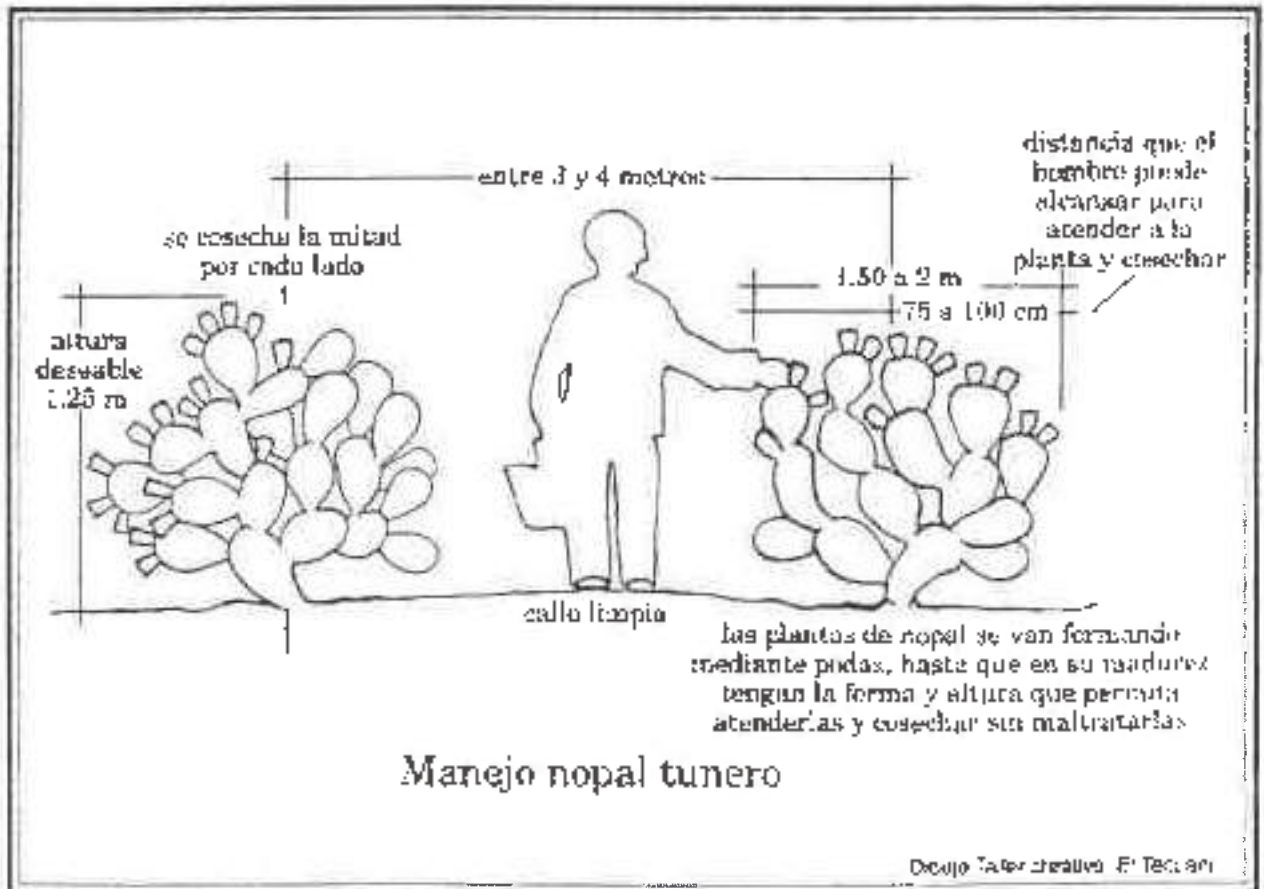


Fotografía 151. *Detalle de corte de poda bien realizado.*



Fotografía 152. *Detalle de corte de poda mal ejecutado.*

Figura 25
Formación del nopal



Fuente: Barros y Buenrostro,

Se recomienda realizar la poda antes de la brotación, a finales de invierno, aunque si se trata de una zona lluviosa o lugares de umbría, para evitar el desarrollo de enfermedades en las heridas, ésta puede retrasarse hasta el mes de mayo, o bien realizarla inmediatamente después de recolectar la cosecha de verano (hacia el mes de septiembre). Los cortes en los cladodios deben realizarse dejando una porción del cladodio eliminado (aproximadamente 1 cm) para facilitar la cicatrización de la herida sin que ésta afecte al cladodio que permanece.



Fotografía 153. Cladodios podados.

Una forma de aprovechar el agua de las pencas podadas en zonas áridas en las que la posibilidad de riego es escasa o no existe, es incorporar al suelo mediante una labor las pencas troceadas, con lo que el agua que poseen puede ser aprovechada por el cultivo, aunque el coste de la operación, salvo que coincida con una labor de cultivo, no se justifica en zonas donde existe posibilidad de regar.

6.2.2. Poda de producción

Se suele realizar a partir del 4º año, al mismo tiempo que todavía puede practicarse la poda de formación.

Para realizar la poda de producción ha de tenerse en cuenta que:

- 1º. Los cladodios del año no suelen dar fruto.
- 2º. En las palas de un año se suele producir el 90% de los frutos.
- 3º. Los artículos de 2-3 años son poco productivos.

La época de realización es la indicada para la poda de formación.

Con esta poda se pretende regularizar la producción durante la vida comercial de la planta, evitando la alternancia. Al mismo tiempo se consiguen producciones óptimas, ya que se mantiene un equilibrio entre elementos productivos e improductivos, se facilita la recolección y se fomenta la brotación de nuevos cladodios que serán la base de la producción al año siguiente. No debe realizarse una excesiva eliminación de palas de 3 y 2 años, ya que el número de cladodios de 1 año podría ser excesivo y reducirse el tamaño y calidad de los mismos, por lo que conviene mantener un equilibrio entre los de 1 año y los de 2 o más años, asegurando al mismo tiempo la renovación de la planta.

Durante todas las fases de la vida de la plantación, se han de eliminar las palas que han sufrido ataques importantes de plagas, las que padecen enfermedades o las que han sufrido accidentes meteorológicos como los daños por granizo.

6.2.3. Poda de rejuvenecimiento

Se realiza cuando la planta presenta síntomas de envejecimiento y la producción se reduce de modo que peligra la rentabilidad de la explotación. En este momento debe practicarse una poda severa que asegure la renovación de la planta y el incremento de la cosecha. Lo normal sería practicarla al mismo tiempo que la poda de producción de modo que ciertas partes de la planta fuesen renovadas antes de que se produzca una caída importante de la producción, renovando completamente la planta en 2 ó 3 años.

Cuando la planta presenta síntomas de envejecimiento y la producción ha caído, es recomendable realizar la renovación a partir de los chupones vigorosos que suelen producirse en la base de la planta, próximos al suelo, cortando la planta a unos 50-60 cm del suelo e incrementando la fertilización para la rápida formación de la nueva planta a partir de estos chupones, con los que en 3-4 años se vuelve a recuperar el porte y la productividad de la plantación.

A diferencia de las plantas dedicadas a la producción de frutos, cuando la poda se realiza en las destinadas a la producción de verdura o a forraje, sólo se tiene en cuenta la necesidad de eliminar las palas enfermas o las que han sufrido algún tipo de daño, buscando siempre el adecuado equilibrio de la planta y la orientación de los cladodios.

6.3. NECESIDADES NUTRITIVAS

Las necesidades nutritivas del nopal han sido poco estudiadas hasta el momento; sin embargo, los estudios realizados indican la necesidad de realizar aportes de nutrientes para obtener altas producciones.

En un experimento realizado en solución nutritiva aireada para conocer la cinética de absorción del nitrógeno en forma nítrica y en forma amoniacal en *Opuntia ficus-indica*, se puso de manifiesto que la mayor parte del nitrógeno lo absorbe en forma nítrica, obteniéndose en las plantas fertilizadas con esta forma de nitrógeno un mayor porcentaje de materia seca en brotes (20%) y también en el sistema radicular (Lozano *et al.*, 1997). Estos autores concluyen que:

- *Opuntia ficus-indica*, en condiciones de hidroponía, muestra una tasa de absorción de N mayor cuando éste se aporta en forma NO_3^- que cuando se aporta en forma NH_4^+ .
- Los niveles más altos de absorción de NO_3^- se asociaron a una mayor producción de materia seca.
- El pH de la solución nutritiva cambió durante el desarrollo del experimento, elevándose con el tratamiento de NO_3^- y disminuyendo con el tratamiento de NH_4^+ .

En México, la fertilización con estiércol es una práctica habitual en el cultivo del nopal, tal como indican Vázquez y Gallegos (1997); así en la zona de Milpa Alta (México), llegan a aplicar hasta 800 t/ha de estiércol de bovino en explotaciones para nopali-to (nopal-verdura), mientras que en otras aplican de 100 a 200 t/ha en el primer año, completando la fertilización en el segundo año mediante abonos químicos con unos 100 kg/ha de nitrógeno y 80 kg/ha de fósforo. En un ensayo realizado con los cultivares Villanueva y Jalpa de *Opuntia ficus-indica*, obtuvieron que la aplicación de estiércol a dosis elevadas aumenta la producción de nopaliitos, existiendo diferencias significativas entre la dosis más elevada (600 t/ha) y las otras ensayadas (400 y 200 t/ha), en el segundo año de producción, tal como se puede apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 85
Producción media de nopaliitos durante 1995 y 1996
a distintas dosis de estiércol de vacuno

Nivel de estiércol (t/ha)	Peso de nopaliitos cosechados (kg/m^2)	Largo de brotes (cm)	Ancho de brotes (cm)	Peso por nopaliito (g)
600	2618 a	1624 a	814 a	890 a
400	2021 b	1486 ab	744 a	880 a
200	1704 b	1001 b	740 a	850 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a un $\alpha = 0.05$.

Otro estudio-encuesta, realizado en la misma región (Fierro, 1997), indica que para la producción de nopalitos la mitad de los agricultores encuestados utilizan fertilizantes minerales y que el 100% utilizan estiércol de vacuno, llegando a utilizar hasta 500 t/ha y 250 t/ha de promedio como fuente de nutrientes, que además es fuente de calor y retiene la humedad; se llegaban a dar hasta 40 cortes al año y se obtenía una producción de 45 a 60 t/ha.

En Sicilia utilizan fertilizantes químicos una vez al año, en noviembre-diciembre, usando la fórmula 20-10-10, a razón de 2 kg/planta, lo que da un total de 190-95-95 kg/ha, añadiendo además en uno de los riegos de julio o agosto 200-300 g/planta con el equilibrio 1-2-2; los pocos agricultores que disponen de materia orgánica, la utilizan a razón de 20 kg/planta, al inicio de las lluvias (noviembre o diciembre) (Flores, 1997).

6.4. NECESIDADES HÍDRICAS

Su sistema radicular es generalmente superficial, con capacidad de explorar una gran superficie y de aprovechar las lluvias por pequeñas que sean, gracias a esta particularidad; pierde las raíces absorbentes en períodos de sequía, lo que es una ventaja para el ahorro de agua, a la vez que es capaz de formarlas rápidamente en los períodos de lluvias. Aunque en España no existen estudios sobre las necesidades hídricas del nopal, la experiencia de su cultivo indica que en zonas con pluviometría muy escasa la producción puede sacarse adelante con 1.500-3.000 m³/ha-año, tal como indica también Franck (1999) en Chile.

No conocemos estudios acerca de las necesidades hídricas de esta planta en el Sureste español, aunque puede decirse que sus requerimientos son muy inferiores a otras plantas, especialmente si se realizan las labores que reducen la evaporación del agua del suelo tras las lluvias o riegos, cuando esto sea posible. En secano se pueden obtener producciones sin regar, aunque con el riego se aumenta considerablemente la producción. La cantidad y calidad de la cosecha aumenta significativamente cuando se aplican riegos en los períodos críticos, aunque la planta es capaz de producir en zonas con 150-300 mm de lluvia al año, mal repartidos en el tiempo, sin riegos y con suelos pobres.

Los trabajos realizados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid (Fernández y Saiz, 1990), en cultivo bajo cubierta de polietileno térmico durante la época invernal, relacionan la productividad en materia seca con el agua aportada al cultivo de chumbera durante los tres primeros años de vida de las plantas, tal como se expone en la tabla siguiente.

Tabla 86
Producción media estimada de las plantas de chumbera
según el régimen de riego, durante los tres primeros años de crecimiento

Regímenes de riego (mm/año)	Producción por hectárea (marco 1x1 m) en materia seca				
	Primer año	Segundo año		Tercer año	
		Total	Media anual	Total	Media anual
200	1'04	4'90	2'45	8'82	2'94
240	3'19	14'21	7'10	25'07	8'35
400	6'44	18'16	9'03	28'63	9'54
600	9'53	28'31	14'15	47'52	15'84

Fuente: Fernández y Sainz, 1990

Este experimento puso de manifiesto que la productividad de la chumbera aumenta a medida que aumenta el agua aportada.

En Sicilia, en el cultivo para la producción de frutos, los agricultores utilizan el riego por inundación, la aspersión y el goteo. El gasto de agua se cifra en 1.800-2.100 m³/ha-año, mientras en España la mayor parte de las plantaciones no se riegan, aunque se encuentran en zonas muy secas, y las más modernas y bien planificadas suelen disponer de riego por goteo, sistema que se ha impuesto en los últimos años, con lo que las labores para acumular agua han perdido importancia, practicándose en ellas el no cultivo o un sistema mixto que permite triturar y enterrar las palas procedentes de la poda.

6.5. LABOREO Y/O APLICACIÓN DE HERBICIDAS

Como en otros cultivos, con las labores de cava que se practiquen se pretende conseguir varios objetivos: eliminar o reducir la competencia de las malas hierbas por los nutrientes y el agua, reducir las pérdidas de agua por evaporación, etc. En el caso específico del nopal, que generalmente ocupa terrenos de secano o montes en zonas semi-desérticas, tiene una gran importancia, al menos durante el primer año, dar cavas superficiales periódicas con objeto de reducir la evaporación de agua.

La aplicación de herbicidas permite eliminar las malas hierbas, obteniendo un mejor control de éstas y reduciendo los gastos por este concepto. Los herbicidas más utilizados en España han sido diquat y paraquat (de contacto) y el glifosato (sistémico).

7. PROPAGACIÓN DEL NOPAL

La chumbera es una planta espontánea en su zona de origen, presentando una excelente adaptación a todos los países ribereños del Mediterráneo, con grandes ventajas para su cultivo en zonas áridas y semiáridas. Aunque su propagación suele realizarse por multiplicación vegetativa, también puede hacerse mediante sus semillas.

La propagación asexual es la más utilizada en la actualidad, permitiendo una rápi-

da multiplicación de los individuos interesantes y una pronta entrada en producción. Para ello se pueden utilizar tallos enteros, trozos de tallos, trozos de raíz, etc.

7.1. PROPAGACIÓN POR SEMILLA

La propagación a través de las semillas no suele realizarse en plantaciones comerciales de nopal. Su uso queda habitualmente restringido a los programas de mejora genética para la obtención de nuevos genotipos. Como en el resto de frutales, las plantas obtenidas, además de presentar una gran heterogeneidad tardan más tiempo en entrar en producción de frutos.

En condiciones naturales, tanto los pájaros como el ganado y otros animales son vectores efectivos para realizar la diseminación de las semillas de esta especie, razón por la que a veces aparece en los lugares más insospechados, como en la cima de una roca inaccesible o en el tejado de una casa de campo abandonada.

Debido a la existencia de cubiertas duras en la semilla, la germinación se ve dificultada, de modo que se han ensayado distintos procedimientos para aumentar el porcentaje de germinación y conseguir una mayor uniformidad del proceso. Entre otros se cita la escaificación con ácido sulfúrico, aunque no nos detendremos en ellos dada la escasa importancia que actualmente presenta este sistema de propagación.

La temperatura óptima de germinación se sitúa entre 22 y 29°C, germinando en un periodo de 5 a 15 días si no les falta humedad. Se recomienda la desinfección de las semillas con productos fungicidas antes de la siembra, debiéndose cubrir con una fina capa de arena (1 mm), pudiendo germinar del orden de 10.000 semillas/m²; el transplante a un medio más adecuado debe realizarse cuando las plantas tienen unos 2'5 cm de altura, situándolas a unos 10 cm de separación y añadiendo pequeñas dosis de fertilizante (N-P-K) en el agua de riego y fungicidas; durante el invierno se evitarán las temperaturas inferiores a 8°C, pudiéndose obtener al cabo de 8-14 meses plantas de 20-40 cm de altura, adecuadas para su transplante al terreno definitivo (Bocerra, 1999).

7.2. PROPAGACIÓN VEGETATIVA

La gran dispersión genética que se produce con la propagación por semilla, obliga a realizar la propagación vegetativa, cuando se quiere conservar las características varietales. Entre los métodos utilizados en la especie para su multiplicación vegetativa destacan los que se exponen a continuación.

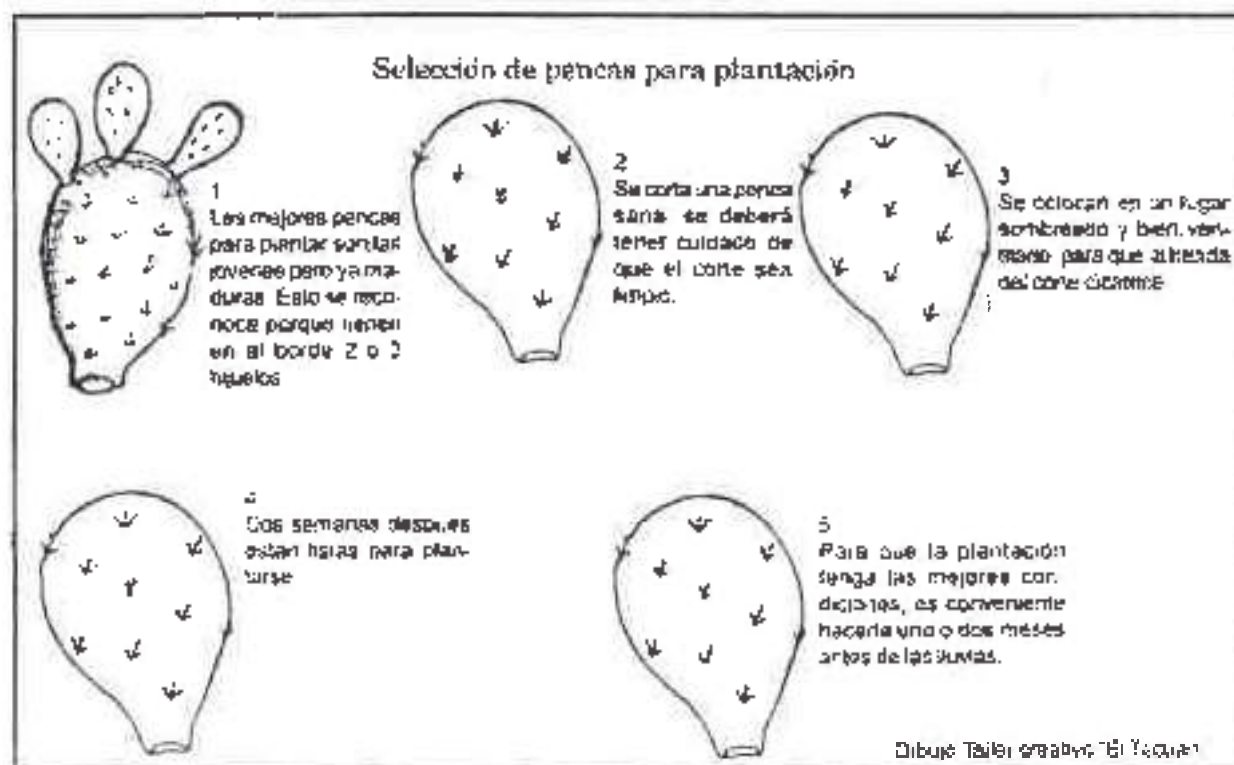
7.2.1. Multiplicación por cladodios completos

Es el método más utilizado, permitiendo obtener plantas que inician su producción al tercer año.

Los cladodios elegidos procederán de plantas sanas, sin plagas ni deformaciones, preferentemente de 6 meses a 1 año de edad, obteniéndolas mediante un corte limpio por la zona de unión entre pencas. Estas pencas aún debiendo ser jóvenes, estarán suficientemente maduras. Asimismo, se deberá tener cuidado para que las propias espinas de las pencas no ocasionen heridas que puedan ser vías de infección, debiendo almacenarse en un lugar seco y ventilado durante dos semanas para asegurar una buena cicatrización (Barros y Buenrostro, 1998).

Las heridas pueden tratarse con pasta bordelesa (1-1-10; sulfato de cobre tribásico-cal-agua) mediante brocha.

Figura 26
Esquema para la selección y plantación de pencas



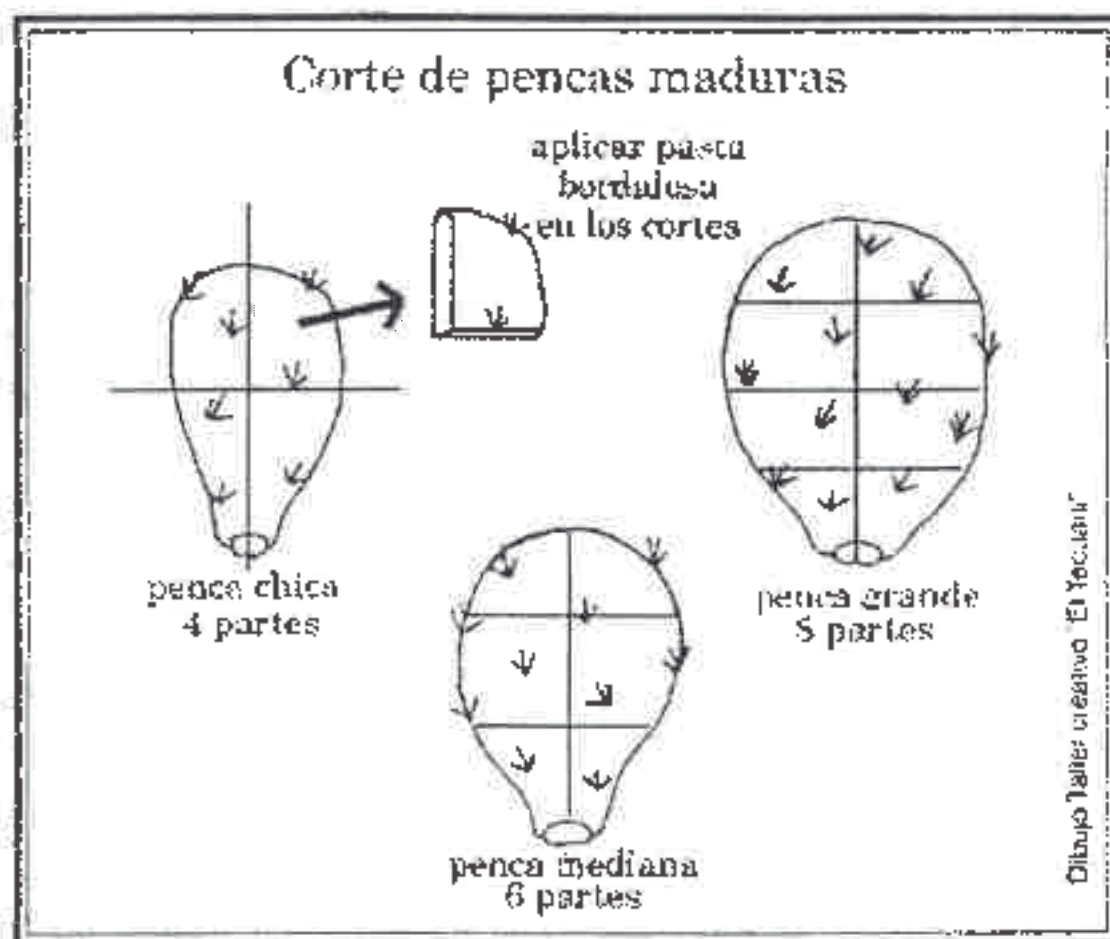
Fuente: Barros y Buenrostro, 1998

7.2.2. Multiplicación por fracciones de cladodios

Este procedimiento, básicamente igual al anterior, se utiliza cuando se dispone de pocas pencas o se desea abaratar los costos de transporte. Las pencas recolectadas y una vez cicatrizada la herida como se indicó anteriormente, se fraccionan en 8 ó 10 partes, tratando los cortes con pasta bordelesa y dejándolas a la sombra durante una semana; posteriormente se colocan los trozos a una distancia de 20 cm entre sí, en un sustrato compuesto por tierra, arena y estiércol a partes iguales, en parcelas de 1'2 x 5 m y hasta 100 m de longitud; una vez colocadas las fracciones se les añade una pequeña cantidad de la mezcla de sustrato indicada, sin cubrirlas totalmente, dando riegos

ligeros al plantel cada 7 días hasta que se inicie el enraizamiento y aparezcan los nuevos brotes: cuando los brotes alcanzan los 10-12 cm de altura, se terminan de cubrir los trozos de penca para que terminen de enraizar, de modo que a los 6 meses se tienen plantas listas para transplantar al lugar definitivo (de la Rosa y Santana, 1998).

Figura 27
Esquema para la propagación por fracciones de cladodios



Fuente: Barral y Buenrostro, 1998

7.2.3. Propagación por cultivo de tejidos

Este método de propagación no es habitual en el nopal, ya que la propagación mediante pencas enteras o trozos de ellas, resulta muy económica, y debido al pequeño crecimiento del cultivo tampoco se necesitan grandes cantidades de material para las nuevas plantaciones.

Sin embargo, distintos investigadores han puesto a punto técnicas para la propagación a través del cultivo de tejidos, que únicamente se recomienda cuando:

- No se dispone de suficiente material para la propagación, por lo que la propagación en laboratorio puede resolver el problema.
- Cuando se detecte la presencia de alguna enfermedad que se desee eliminar.

Según describe Becerra (1999), la técnica utiliza cladodios de 5-8 cm de longitud, desarrollados en invernadero. Para desinfectarlos se recomienda eliminar las espinas con una pinza y enjuagar la penca con agua y jabón; posteriormente se pasan a una solución de alcohol al 70% durante un minuto, sumergiéndolas a continuación en una solución de hipoclorito de sodio al 20% durante 10 minutos, se enjuagan 3 veces con agua destilada esterilizada y se procede a la siembra de fracciones de cladodios de 1 cm² aproximadamente, que contenga una yema o areola. El medio utilizado para el enraizamiento son las sales de Murashige y Skoog, al 50%, suplementándolo con 0.4 mg/l de mioinositol, 2 mg/l de benciladenina, 45 mg/l de sacarosa y 6 mg/l de agar, ajustando el pH a 5.7 ± 0.1 con NaOH o HCl.

7.2.4. Propagación por injerto

Dada la rusticidad de la planta, no se realizan injertos en plantaciones comerciales, ya que la propagación mediante pencas permite la multiplicación de las variedades interesantes de modo sencillo.

Sin embargo, esta técnica ha sido utilizada con éxito en México en alguna ocasión para aprovechar las características de algunas especies, capaces de resistir las peores condiciones del desierto, injertando sobre ellas variedades adecuadas para la producción de forrajes, frutos o nopalitos. Por el momento la técnica no se ha extendido, ya que además existen dificultades para la brotación de la yema injertada. El injerto utilizado fue el de púa.

8. ORIENTACIONES PRODUCTIVAS Y MATERIAL VEGETAL UTILIZADO

Como se ha indicado anteriormente, la utilización de patrones en las distintas especies de nopal no es una técnica habitual, dada la rusticidad de la planta así como su facilidad para sobrevivir en ambientes semidesérticos o desérticos. Por tanto, sólo podemos indicar que esta es una posibilidad abierta que únicamente tendrá interés cuando se conozca mejor la especie y los factores edáficos que limitan la productividad o la calidad.

Actualmente, las distintas variedades conocidas y explotadas comercialmente, se propagan a partir de sus cladodios, y según su aptitud puede cultivarse para una o varias orientaciones productivas.

8.1. PRODUCCIÓN DE FRUTOS

La producción de tunas o higos chumbos es la orientación principal perseguida en la mayor parte de los países. En la región mediterránea y en México la especie mayoritariamente destinada a este fin es *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, sin embargo en

este país, dependiendo de regiones, se utilizan distintas especies cultivadas para la producción de tunas, lo que origina la obtención de frutos de distintos tamaños, formas y colores: entre éstas, las consideradas buenas productoras de frutos son (Beccerra, 1999):

– **Nopal manso:** *Opuntia megacantha* Salm-Dick

La planta alcanza unos 5 m de altura y sus cladodios, de forma elíptica, llegan a medir 40-50 cm de largo, e incluso 60 cm. Su fruto es muy espinoso, siendo uno de los más apreciados para el consumo en fresco y para comerlo seco como tuna-pasa.

– **Nopal cardón o tuna cardona:** *Opuntia streptacantha* Lemaire

Planta corpulenta, arborescente, de unos 5 m de altura, con cladodios de 25-30 cm de largo, de color verde oscuro; presenta areolas muy pequeñas y próximas entre sí, con numerosas espinas y flores amarillas o anaranjadas. Fruto muy succulento y con menor número de semillas que el de las demás especies.

– **Tuna Alfajayucan:** *Opuntia amythaea* Tenore

Nopal arbustivo con cladodios de 30-40 cm de largo, gruesos, de color verde oscuro, areolas pequeñas y espinas bien desarrolladas y otras rudimentarias que aumentan con la edad. Fruto grande con ahuetes desde la base, de pulpa muy jugosa y dulce, de color blanco amarillento.

– **Tuna amarilla o de Castilla:** *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

Es el nopal más cultivado en México y en el resto de países productores de tuna; puede alcanzar los 5 m de altura, con cladodios de 30-60 cm de largo y 20-40 cm de ancho; sus areolas son distantes entre sí, pequeñas y de forma elíptica; espinas casi siempre ausentes y cuando existen son escasas y pequeñas; glóquidas más o menos numerosas, amarillas, caducas; flores de 7 a 10 cm de diámetro y de 6 a 8 cm de largo. Fruto oval, de 5 a 10 cm de largo y 4-8 cm de diámetro.

– **Tuna camuesa:** *Opuntia robusta* Wendlan

Nopal pequeño, cuya altura llega a 2-3 m, de pencas ovoides o circulares de 25-40 cm de largo, de color verde glauco; areolas sin espinas con muchas glóquidas o ahuetes; flores amarillas de 5 cm de diámetro y 7 cm de largo; fruto semigloboso de 10 cm de largo, color púrpura cuando está maduro, con pocas semillas; maduración muy precoz (primeros de mayo).

– **Tuna chaveña:** *Opuntia hyptiacantha*

Nopal arborescente, de unos 4 m de altura, con cladodios de 20-30 cm de largo gruesos y de color verde oscuro; areolas pequeñas, con fieltro moreno o algunos pelos negros, espinosos. Flor roja, fruto globoso y con amplio ombligo amarillento hasta púrpureo.

En el área mediterránea el cultivo del nopal utiliza con exclusividad la especie

Opuntia ficus-indica (L.) Miller, y las variedades en esta área no están suficientemente estudiadas ni tipificadas, por lo que es preciso realizar un trabajo de selección, considerando los criterios que se indican más adelante, entre otros. Las más citadas en el Sureste español son:

– **Verdales o amarillos:** de pulpa amarilla y con bastantes semillas; color exterior verde amarillento y pulpa amarilla.

– **Moradas:** de piel morada y pulpa morada, con bastantes semillas; aunque aceptables, sus características organolépticas son inferiores a las de los verdales; tamaño grande.

– **Sanguinos:** aunque agradables, quedan depreciados por el gran número de semillas que poseen.

– **Sin piñón:** Presenta pocas semillas, con pulpa parda y buen sabor, reflorescente.

– **Blancos:** de piel amarillo rosada y pulpa blanca, resultando algo menos dulces que los anteriores; presentan pocas semillas.

Cabe indicar que las variedades moradas o rosas resultan más atractivas para el consumidor y que la gran diseminación a través de las semillas, durante cinco siglos de cultivo en España, ha originado un considerable número de genotipos distintos, que no han sido seleccionados por su escasa importancia económica; sin embargo, el estudio y selección del material autóctono es de gran interés y permitiría obtener nuevas variedades, más productivas y de mayor calidad, al tiempo que adaptadas a nuestras condiciones ecológicas.

8.1.1. Estimación de los gastos de cultivo

La estimación de gastos e ingresos de cultivo de una plantación en plena producción, con 666 plantas/ha (de la Rosa y Santana, 1998), puede obtenerse a partir de los siguientes datos:

Plena producción: 8^o-10^o año.

Producción: 20.000 kg.

Eliminación de malas hierbas: 12 jornales.

Gasto de insecticidas: 3'5 l.

Aplicación de insecticidas: 4 jornales.

Abono orgánico: 7 t.

Transporte de estiércol: 1 viaje de camión con volquete.

Aplicación de abono orgánico: 10 jornales.

Recolección: 40 jornales.

Poda: 5 jornales.

A los gastos anteriores habrá que sumarle el transporte hasta el almacén, los gastos de confección y los envases.

La estimación de la producción, desde la plantación, según los autores citados y estimaciones propias podría realizarse del modo siguiente:

Año	Producción (kg/ha)
1	0'0
2	0'0
3	1.300
4	3.000
5	4.000
6	7.000
7	12.000
8	15.000
9	18.000
10	20.000

En plantaciones bien cuidadas y con cultivares productivos se puede obtener una producción de 30 t/ha. A partir de los 20 años la producción comienza a decrecer, debiendo renovarse o eliminar hacia los 25-30 años.

La recolección se efectúa a mano, con guantes, y girando el fruto, o con tenazas apropiadas, procurando no producir lesiones en su piel por rotura, por lo que la utilización de un cuchillo para realizar el corte está muy indicada; asimismo se evitarán los pinchazos, que originarían podredumbres y los golpes al depositarlos en los recipientes de transporte (cubos, cajas de recolección, cestos y cajas de campo). El contenido en S.S. debe ser superior a 8'5° Brix. El corte de la tuna debe realizarse por la mañana, de modo que con la humedad del ambiente las espinas estarán menos rígidas y producirán menos daños; si el corte se realiza con un trozo de cludodio la tuna dura 3-4 semanas. El desespinado se realizaba antiguamente en el propio campo, por barrido; en la actualidad existen máquinas que permiten realizarlo de forma mecánica en la industria en la que se envasan para su comercialización, utilizando para ello cepillos (rodillos con cerdas) y eliminando las espinas mediante corriente de aire que las succiona, obteniéndose mejor calidad que con el procedimiento tradicional de barrido (Flores *et al.*, 1995; Flores, 1997).

Los envases para la comercialización tienen una capacidad de 5 ó 10 Kg.

8.1.2. Adelanto de la cosecha

Con la aplicación de agua y fertilizantes en el cv. Reyna (tuna Alfajayucan), la floración y la cosecha se adelantaron 16 días. Las plantas respondieron al *stress* de humedad, el rendimiento aumentó un 100% y se obtuvo un 60% de maduración de frutos en el primer corte (Aguilar, 1997). Este aspecto ha sido también constatado en las plantaciones españolas cultivadas.

8.1.3. Retraso de la cosecha

En todo el mundo se han realizado estudios para conseguir un retraso en la cose-

cha con objeto de obtener fruta de la misma planta en dos épocas diferentes, lo que constituye una práctica habitual de cultivo en Italia y en España: la técnica consiste en la eliminación de las flores y de los cladodios jóvenes emitidos en primavera, practicándose hacia el mes de mayo o junio. En España esta técnica se conoce con el nombre de tirado de frutos, realizándose en el mes de junio; mediante esta operación se eliminan el 90% de los frutos recién cuajados, con lo que se provoca una nueva floración que origina una segunda cosecha de **higos de retallo**. El tirado de frutos se realiza a mano, utilizando guantes de piel, o mediante un palo para llegar a los frutos más alejados.

Si el tirado de frutos se realiza de forma escalonada se obtendrá una segunda cosecha, también escalonada, con lo que se puede recolectar durante los meses de octubre, noviembre y diciembre; los frutos obtenidos son de mayor peso y mejores características organolépticas que los obtenidos en agosto, pero lo más importante es atrasar la producción con lo que se pueden obtener mejores precios del producto.

Un estudio realizado en México (Fernández Montes, 1997) con 5 variedades de nopal tunero pone de manifiesto la existencia de diferencias intervarietales en la aptitud para la producción de frutos tardíos (las variedades Rosalito y Cristalina tuvieron mejor comportamiento que Copa de Oro, Reyna y Esmeralda), constatándose que las plantas vigorosas con adecuado manejo del cultivo y fertilización ofrecen mayores posibilidades de rebrotación y, por tanto, de atraso de la cosecha.

8.2. PRODUCCIÓN DE VERDURA

La producción de verdura procedente del nopal (nopalitos), se obtiene fundamentalmente de nopales silvestres y una pequeña cantidad de nopales cultivados. La especie que mejores características presenta para la producción de nopalitos es *Opuntia ficus-indica*, ya que presenta características más deseables para este fin como son: menor acidez, menor espinosidad, succulentos, con poco mucílago, etc., siendo más apreciados por los consumidores (de la Rosa y Santana, 1998).

El nopal verdura se consume por gran parte de la población mexicana desde la época prehispánica constituyendo su uso una amplia variedad de posibilidades tras ser desespinados: sopas, cremas, guisados, ensaladas, postres, bebidas y productos industrializados, y aunque no constituyen un alimento completo, constituyen un complemento alimenticio al igual que otra verdura; su cultivo en México se realiza tanto al aire libre (la mayor parte se obtiene de plantas silvestres) como en microtúneles de plástico.

8.2.1. Cultivo al aire libre

La producción de nopal verdura al aire libre presenta el inconveniente de no poder obtener brotes nuevos en las épocas invernales, aunque presenta la ventaja de tener un coste de establecimiento menor que los microtúneles (de la Rosa y Santana, 1998);

estos autores indican que la mayoría de las especies de nopal, silvestres o cultivadas, son aptas para el consumo como verdura fresca y que en general producen brotes tiernos en diferentes épocas del año, sobre todo en la época de lluvias. A continuación se citan las especies y variedades explotadas para este fin en el estado de San Luis Potosí, bien para el consumo como verdura fresca como para enlatarlo:

Nopal cardón (*Opuntia streptacantha*) y **nopal de tuna tapona** (*Opuntia robusta*), que crecen de forma silvestre.

– **Variedades de *Opuntia ficus-indica***: Alba, Lutea, Asperma, Piriforme y Sero-tinia.

Asimismo, los autores citados, indican que en la producción de brotes tiernos para verdura existen variedades especializadas, entre las que se encuentran las siguientes: Tlaconapal (*Opuntia inermis*), Copena V-1, Copena F-1 e Italiana.

8.2.2. Cultivo en microtúneles

Presentan la ventaja de poder obtener brotes tiernos en cualquier época del año.

Dado que el establecimiento de los microtúneles impedirá dar labores para incorporar materia orgánica, y considerando que se trata de plantaciones intensivas, los distintos autores recomiendan hacer una buena preparación del suelo que incluya: des-fonde, pases cruzados de gradas para dejar el suelo mullido, desinfección del suelo, desinfección del estiércol que se incorpore para evitar la contaminación del suelo con los huevos de insectos, nematodos, ácaros, etc. (recomiendan la aplicación de unas 350 t/ha antes de las labores citadas más otras 50 t/ha superficialmente para conservar la humedad), además recomiendan utilizar 2 t de urea o 4 t de $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ por hectárea cada 6 meses (de la Rosa y Santana, 1998). En este sistema consiguen una densidad útil de plantación de 16 plantas/m², siendo la superficie útil de cultivo bajo microtúneles de 6.168 m²/ha.



Fotografía 154. Plantación para obtener nopalitos en microtúneles.

8.3. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

El nopal resulta un forraje bien aceptado por los rumiantes, produciendo por unidad de agua siete veces más energía que la alfalfa, aunque presenta ciertas desventa-

jas como requerir grandes cantidades para cubrir las necesidades así como la presencia de espinas y aunque es conveniente darlo junto con otros forrajes, constituye un excelente forraje para zonas áridas y semiáridas (Fernández y Saiz, 1990). En estas zonas la presencia del nopal permite obtener un forraje que no sería posible obtener con otras plantas forrajeras.

Para la obtención de forraje se han utilizado las distintas especies (de la Rosa y Santana, 1998); sin embargo, algunas presentan características más adecuadas para este uso como son: grosor, succulencia, ausencia de espinas y aceptación por el ganado. Entre estas se encuentran las expuestas en la tabla siguiente.

Tabla 87
Variedades de nopal usadas como forraje

NOMBRE COMÚN	NOMBRE TÉCNICO
Nopal rastrero	<i>O. rastrera</i>
Nopal rastrero	<i>O. lindheimeri</i>
Nopal cuija	<i>O. cambriensis</i>
Nopal duraznillo	<i>O. leucotricha</i>
Nopal coyotillo	<i>O. azurea</i>
Nopal tapón	<i>O. robusta</i>
Nopal cardón	<i>O. streptacantha</i>
Nopal cardenche	<i>O. imbricata</i>
Nopal de Castilla	<i>O. ficus-indica</i>

Fuente: de la Rosa y Santana, 1998.

La especie *O. ficus-indica*, carece de espinas, es de buen tamaño, sabor y succulencia, por lo que resulta muy adecuada para su establecimiento como planta forrajera. En un estudio realizado con esta especie por García en 1973 (de la Rosa y Santana, 1998), y con una densidad de plantación de 40.000 plantas/ha, se obtuvieron entre 150 y 180 t/ha.

Tabla 88
Resultados del análisis bromatológico de Opuntia ficus-indica con base en materia seca

Variedad	Materia seca	Materia orgánica	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra	Ceniza	ELN
<i>O. ficus-indica</i> , var. Amarillo rojo	11'29	83'93	3'80	1'38	7'62	13'07	74'13
<i>O. ficus-indica</i> , var. Oaxaca	10'16	84'60	3'11	1'24	8'00	15'40	72'25
<i>O. ficus-indica</i> , var. N°1	8'07	77'96	5'24	1'52	7'82	22'04	63'38
<i>O. ficus-indica</i> , var. Forrajera	7'96	80'08	4'04	1'43	8'94	19'92	65'67
<i>O. ficus-indica</i> , var. Tapona	8'00	91'12	6'88	1'00	-.-	8'88	81'25

Fuente: de la Rosa y Santana (tomado de Flores, 1977).

Tabla 89
Porcentaje de digestibilidad del nopal (*O. ficus-indica*)

Especie	Materia orgánica	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra	ELN
Bovino	71'00	55'00	70'00	46'00	78'00
Ovino	68'60	68'00	31'00	53'20	73'00

Fuente: de la Rosa y Santana, 1998 (tomado de Flores, 1977).

A título orientativo, en la bibliografía se cita que el ganado bovino adulto puede consumir entre 40 y 50 kg/día de nopal y una vaca lechera unos 90 kg/día, mientras el ganado menor consume unos 10 kg/día (de la Rosa y Santana, 1998).

8.4. PRODUCCIÓN DE COCHINILLA

La grana o cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) es uno de los pigmentos naturales más empleados de todos los tiempos. Los españoles la descubren en Nueva España (México), donde los indios son verdaderos especialistas en el cultivo y uso de la grana. El comercio de este producto tuvo gran interés, de modo que era la segunda fuente de ingresos de la corona española procedentes de México, después de la plata. Con la aparición de los colorantes sintéticos, decayó el interés por este colorante natural tan apreciado por los indios y por el resto de civilizaciones desde el descubrimiento de América. Sin embargo hoy hay un interés renovado por los colorantes naturales, como la grana, debido a los problemas de salud que presentan los colorantes sintéticos.

Los principales países productores de grana son Perú, España, Chile y Bolivia, recomendándose para ello en México la especie *Opuntia ficus-indica* (Bercerra, 1999).

El principal componente de la cochinilla es el ácido carmínico y se perfila como una excelente alternativa para sustituir a algunos tintes sintéticos, pero es preciso establecer metodologías para obtener una excelente producción (Vigueras *et al.*, 1997). A continuación se expone un análisis de grana según un ensayo de cultivo realizado por los autores citados.

Tabla 90
Análisis de calidad para cochinilla de primera obtenida en cladodio suspendido (I) y cladodio sembrado (II)

Ensayo	I	II
Humedad (%)	34	4
Cenizas (%)	39	29
Ácido carmínico (%)	21'42	19'41
Tamaño	14 mesh	14 mesh

En un trabajo de Ponce y Flores (1997), se obtiene como conclusión que, una

vez aclimatada la grana, se puede esperar una producción de unos 4 kg de grana por cada 1.000 pencas de nopal cada 3 meses, demostrándose al mismo tiempo que la actividad es rentable con viabilidad económica y con un beneficio social que contribuye a mejorar las condiciones de vida en la región de Mixteca Poblana (México).

9. ESTUDIOS BÁSICOS PARA LA TIPIFICACIÓN DEL NOPAL Y CARACTERES EXIGIBLES

Es preciso acometer los estudios que permitan tipificar y seleccionar los individuos más adecuados para el uso al que se destinen. Entre los caracteres buscados en esta especie, destacan:

- Productividad de la planta, especialmente en frutos que son el producto más apreciado en Europa.
- Ausencia de espinas. Las plantas inermes presentan las ventajas de facilitar la labor de recolección, permitiendo obtener mayores rendimientos en esta tarea.
- Variedades que cubran un amplio periodo de recolección.
- Frutos grandes (>120 g) y con pocas semillas normales o mayor porcentaje de semillas abortivas, ya que estas últimas desarrollan igualmente la pulpa.
- Color del fruto atractivo.
- Sabor y aroma agradables.
- Alto contenido en sólidos solubles (>15%) y baja acidez.
- Resistencia de los frutos a la manipulación y al transporte.
- Aunque la planta en general se conoce como resistente a la sequía, salinidad y caliza activa, se seleccionarán los individuos que presenten la mayor resistencia a estos factores.
- Resistencia a plagas y enfermedades.

En México existen programas de mejora que persiguen aprovechar la variabilidad genética de la especie o especies, intentando con ello conseguir individuos de características relevantes de la planta y del fruto, como los indicados anteriormente (Fernández *et al.*, 1997).

En cuanto a las características exigibles a las plantas utilizadas como forraje, se citan (de la Rosa y Santana, 1998):

- Crecimiento rápido.
- Gran desarrollo vegetativo.
- Plantas inermes.
- Alto valor nutritivo.
- Buena aceptación por el ganado.
- Resistencia a plagas y enfermedades.

10. ACCIDENTES, PLAGAS Y ENFERMEDADES

10.1. ACCIDENTES

El nopal puede sufrir accidentes como el resto de los frutales. En la zona de cultivo del Sureste español, la planta puede sufrir daños por viento, aunque soporta bastante bien los que se producen en este área. No tiene problemas de encharcamiento, ya que se cultiva en zonas que se caracterizan por la escasez de lluvia y tampoco sufre daños por frío, pues en la época de riesgo de heladas no tiene flores ni frutos y la planta soporta bien las condiciones invernales de esta región.

Únicamente el granizo, que suele producirse en las tormentas de finales de primavera o principios de verano, puede ocasionar daños más o menos importantes, sobre flores, frutos y cladodios.



Fotografía 155. Daños por granizo y pedrisco.

10.2. PLAGAS

Cuando la planta es espontánea no suele padecer problemas de importancia. Los ataques de insectos pueden tener cierta importancia relativa en plantaciones regulares más o menos intensivas. Este es un problema que puede ir en aumento y que al igual que ocurre en otros frutales suele ir ligado a la intensificación del cultivo, por lo que en el futuro, si su cultivo se intensifica, cabría esperar mayores daños por plagas que los que se producen en la actualidad, que son prácticamente despreciables. En las Islas Canarias se cultiva la cochinilla o grana, que en otros lugares puede constituir una plaga, si no se utiliza para extraer el carmín.

Dado que en México el cultivo del nopal es muy importante, haremos un breve resumen de las plagas que afectan al nopal en este país, como referencia que puede

resultar útil, aunque sin detallar aspectos como la biología de la plaga o enfermedad y cuya información completa puede consultarse en el trabajo de De la Rosa y Santana (1998), del que realizamos este extracto, y en otros.

Picudo Barrenador (*Cactophagus spinuleae* Gyll):

Orden: *Coleóptera*.

Familia: *Curculionidae*.

Daños: La larva practica galerías en las pencas, sobre todo en las más antiguas y leñosas; las galerías quedan selladas por una secreción amarillenta o café amarillento, que con el tiempo va adquiriendo una coloración negra, por la cual se identifica la presencia de la plaga. A medida que aumentan las galerías, la planta va decayendo hasta la muerte. Los adultos causan daño menor, ya que se alimentan de los hordos de las pencas.

Control: el control químico de los adultos puede realizar con Endosulfan C.E. 25% a 1-2 l/200 l de agua, o similar durante los meses de mayo a septiembre. Las larvas pueden sacarse manualmente de las galerías con la ayuda de un cuchillo

Picudo de las espinas (*Cylindrocopturus biradistus* Champs):

Orden *Coleóptera*.

Familia: *Curculionidae*.

Daños: La larva se introduce en la base de las espinas produciendo hasta 75 heridas por penca y provocando una gomosis cerosa a modo de cintas blancas, que con el paso del tiempo se tornan café amarillentas y finalmente negras; la zona afectada forma finalmente una costra. Las larvas no hacen galerías, sino que sólo afectan al tejido basal de las espinas. Los adultos se alimentan de pencas tiernas haciendo pequeñas perforaciones de 1-1'5 mm de diámetro y de 1'5 mm de profundidad. Un ataque severo afecta al desarrollo de frutos y de brotes vegetativos.

Control: El control de los adultos puede realizarse con Folidol C.E. 50% a 1-1'5 l/200 l de agua en los meses de abril y mayo. La destrucción de las pencas infectadas permite eliminar las larvas y pupas.

Gusano blanco del nopal (*Lanifera cyclades* Druce):

Orden: *Lepidoptera*.

Familia: *Piratidae*.

Daños: Las larvas practican galerías en la mayoría de las pencas basales y en el tronco de modo que la producción decae fuertemente.

Control: El tratamiento de los adultos se efectúa con productos similares al picudo de las espinas. Las larvas son utilizadas en algunos lugares para consumo humano, con lo que al realizar la extracción de éstas efectúan su control.

Gusano cebra (*Olicella nephelopsa* Dyar)

Orden: *Lepidóptera*.

Familia: *Phycitidae*.

Daños: Las larvas de primer estadio forman galerías poco profundas cerca de las espinas, destruyendo zonas de hasta 6 cm de diámetro y dejando sólo la epidermis. Al

alcanzar el segundo estadio, sólo se establece una por penca y a veces dos, detectándose por el abultamiento que producen. Las palas afectadas no producen frutos ni brotes y si lo hacen quedan raquíticos y de mala calidad.

Control: con Carbaril C.E. 80% con 200-400 ml/200 l de agua o similares, en los meses de enero a junio. Los adultos, huevecillos y larvas de primer estadio pueden destruirse mecánicamente por encontrarse fuera de la penca, resultando recomendable extraer las larvas del interior de la misma.

Cochinilla o grana (*Dactylopius indicus* Green):

Orden: *Homóptera*.

Familia: *Dactylopiidae*.

Daños: Las ninfas y adultos hembra succionan la savia de la planta, produciendo en las pencas y en los frutos áreas cloróticas, ligeramente hundidas. Se han observado casos de ataque severo en los que esta plaga llega a cubrir totalmente las pencas, matándolas en poco tiempo. Las partes afectadas parecen estar cubiertas por masas de algodón que al ser presionadas expelen un líquido de color rojo carmín.

Control: Con Folidol C.E. 50% a 1-1'5 l/200 l de agua o similares. Se recomienda la destrucción del insecto por barrido de la penca afectada y destrucción de las que presenten fuertes infestaciones.

Chinche gris (*Chelinidea tabulata* Bur):

Orden: *Hemíptera*.

Familia: *Coreidae*.

Daños: Los adultos y ninfas extraen los jugos de los cladodios provocando manchas cloróticas de 8 a 10 mm de diámetro, observándose en el centro un punto verde oscuro provocado por el aparato bucal del chinche. Provoca un debilitamiento de la planta y cuando el ataque es severo los brotes y frutos son de mala calidad.

Control: Se recomienda usar Folidol C.E. 50% a 1-1'5 l/200 l de agua o similares, durante los meses de julio y agosto.

Chinche roja (*Hesperolabops gelastop* Kirk):

Orden: *Hemíptera*.

Familia: *Miridae*.

Daños: Los adultos y ninfas succionan la savia produciendo pequeñas pústulas que se toman cloróticas, para posteriormente agrandarse y convertirse en una costra levantada de color café claro. Cuando el daño es grave se pueden formar grietas y desgajamiento de pencas; las pencas muy dañadas no producen.

Control: Aplicación de Folidol C.E 50% a 1-1'5 l/200 l de agua o similares.

Gallina ciega (*Phyllophaga* spp.):

Orden: *Coleóptera*.

Familia: *Scarabeidae*.

Daños: Las larvas causan daños al sistema radicular y en ataques severos pueden provocar la muerte de la planta.

Control: Carbofuran granulado a 20-25 g/planta.

Gusano de alambre: (*Diabrotica spp.*):

Orden: *Coleóptera*.

Familia: *Crisomelidae*.

Daños: La larva ataca a las raíces y otras partes subterráneas de la planta, produciendo su marchitez.

Control: Triclorfón en polvo a 60-70 g/planta.

Trips del nopal (*Sericotrips opuntia* Hood):

Orden: *Tysanóptera*.

Familia: *Thripidae*.

Daños: En primavera, cuando empieza la brotación, las larvas, ninfas y adultos se dirigen hacia los brotes tiernos para alimentarse, raspando y succionando la savia. Los órganos atacados se cubren de manchas de color amarillo o gris blanquecino, adquiriendo un aspecto jaspeado; más tarde aparece la marchitez o coloración parda. Cuando la población es numerosa, produce el marchitamiento de brotes vegetativos y frutos.

Control: Malation C.E. 84% a 300-500 ml/200 l de agua desde febrero a junio.

Otras plagas de menor importancia:

Mosca del nopal (*Dastops bennetti* Mc Alpine)

Orden: *Diptera*.

Familia: *Lonchaeidae*.

Daños: Las larvas producen tumores ovales en el borde de los cladodios, tomando finalmente un color oscuro o café y se hunde la superficie del tejido interno.

Control: Eliminar las pencas infectadas por las larvas.

Cerambicido del nopal (*Moneilema variolare* Thom):

Orden: *Coleóptera*.

Familia: *Cerambicidae*.

Daños: Las larvas se alimentan de las partes leñosas más viejas de la planta pudiendo provocar un decaimiento general. Los adultos se alimentan de la parte superficial de los cladodios y de los brotes tiernos. Su población es baja y no suele ser problema.

Control: se recomienda la destrucción mecánica de larvas y adultos en caso de fuerte infección y los insecticidas recomendados contra el picudo barrenador.

Minador del nopal (se cree que existen dos especies):

Orden: *Lepidóptera*.

Familia: *Gelechiidae*.

Daños: La larva practica galerías bajo la epidermis del cladodio, y los daños todavía son cuantiosos.

Control: Se recomienda la destrucción mecánica.

Escama de los cactus (*Opuntia* spp. *phylococcus* Cock):

Control: Folidol (1 l/200 l de agua).

Caracol de los jardines (*Helix aspersa* Muller):

Control: Se suele recolectar para consumo humano.

10.3. ENFERMEDADES

Los conocimientos sobre el ataque de enfermedades en España son escasos, ya que apenas se realizan estudios sobre esta especie debido a su rusticidad y a la escasez de plantaciones comerciales. Sin embargo, conviene citar al menos las descritas en México.

Mancha bacteriana (*Bacterium* sp.):

La penca adquieren al principio color amarillo, cambiando a café o negro a medida que avanza el daño, adquiriendo consistencia blanda y despidiendo olor desagradable.

Tratamiento: Zineb a 300-600 g/100 l de agua u otros. Las plantas afectadas deben quemarse.

Mancha o secamiento de la penca (*Alternaria* sp.):

Se observan manchas cloróticas con el centro y márgenes más oscuros; cuando son numerosas las pencas comienzan a secarse.

Tratamiento: Captan a dosis de 1-1'5 kg/400-500 l de agua. En caso de daño grave destruir las palas afectadas.

Anteñosis (*Colletotrichum* sp.):

Se aprecian manchas color café con tonalidades rojizas, que generalmente inician en el borde y van progresando hacia la base de la penca, pudiendo presentarse en ocasiones en frutos.

Tratamiento: Aplicación cada 15-20 días con Captan a dosis de 1-1'5 kg/400-500 l de agua. Destrucción de las pencas en caso de ataques severos.

Pudrición de la epidermis (*Phoma* sp.):

Se aprecian manchas oscuras y hundidas en pencas y frutos que, al avanzar la enfermedad se agrandan y ennegrecen, a la vez que forman ampollas.

Tratamiento: Aplicación de Captan a dosis de 1-1'5 kg/400-500 l de agua. Destrucción de las pencas en caso de ataque severo.

Negrilla o fumaginas (*Capnodium* sp.):

Se desarrolla sobre exudados o excrementos de insectos, impidiendo la fotosíntesis. Se combate con Zineb o Captan a las dosis indicadas.

Oro del nopal (agente no identificado):

Se aprecia una coloración dorada amarillenta en la base de las espinas y las areolas un poco hundidas, evolucionando a manchas de color café claro, que avanzan cubriendo la superficie de la penca, impidiendo la fotosíntesis. Cuando afecta al fruto éste no se desarrolla normalmente.

Tratamiento: caldo bordelés al 1% (1 kg de sulfato de cobre tribásico + 1 kg de cal + 100 l de agua) cada 15-20 días.

Engrosamiento de cladodios (virus o micoplasma no identificado):

Se detiene el crecimiento de la planta y deja de producir frutos. Aparecen tumores, engrosamiento de los cladodios y apariencia de envejecimiento. Se recomienda quemar las plantas afectadas y desinfectar con hipoclorito de sodio al 1.5% las herramientas usadas.

11. RECOLECCIÓN

La recolección se realiza a mano usando guantes de piel o de hule o mediante tenazas especiales. La recolección debe realizarse a primeras horas de la mañana para evitar que las espinas dañen los frutos, procediendo después al barrido (para eliminar las espinas) o al desespinado mecánico en las industrias de confección.

La época normal de recolección son los meses de julio-agosto, mientras que cuando se practica el tirado de frutos recién cuajados se obtiene una segunda cosecha que, en función del escalonamiento del tirado permite obtener frutos desde octubre hasta diciembre.

El producto suele ser comercializado en España por los propios agricultores, mientras que en países donde la producción es grande como el caso de México se comercializa en mercados locales por los propios productores o se utilizan industrias de confección en las cuales se realiza el desespinado mecánico y envasado, incorporándose a las cadenas de comercialización nacional e internacional.

12. APROVECHAMIENTOS E INDUSTRIALIZACIÓN

El aprovechamiento del nopal por los indígenas del continente americano era integral, consumiéndose tanto los cladodios, como los frutos, frescos o secos, o utilizándolo como fuente de agua en periodos de sequía, o sus raíces. Las posibilidades de la planta son altísimas, constituyendo una alternativa para zonas áridas en las que la obtención de los distintos productos naturales no podría tener apenas competencia, gracias a sus características y posibilidades de adaptación. A continuación citaremos los usos más frecuentes sin entrar en detalles, pudiendo el lector interesado consultar distintas obras sobre el tema, ya que la cantidad de usos y recetas es muy amplia. Del nopal se pueden obtener un gran número de productos como colorantes, mucílagos, pectinas, celulosa, colorantes, aceite de la semilla, azúcares, jugos, etc. En distintas Universidades y Centros de Investigación se han realizado numerosos estudios

para la obtención de productos derivados del nopal y de su fruto, tales como harinas, edulcorantes, confituras, gelatinas, mermeladas, galletas, etc.

El principal aprovechamiento es la producción de tunas o higos chumbos para el consumo en fresco.

12.1. PRODUCTOS TRADICIONALES OBTENIDOS DEL FRUTO

Melcocha: "miel" espesa obtenida tras exprimir la pulpa, quitar las semillas y concentrar.

Queso de tuna: Producto tradicional obtenido a partir de la melcocha. Se presenta en formas rectangulares o cilíndricas, de 0.5 a 12 kg.

Miel de tuna: Se obtiene por concentración de la pulpa sin desmenuzar hasta que la "miel" alcanza 32 a 35 °baumé.

Colonche: Bebida obtenida tras una fermentación, procediendo al final a separar las semillas y la pulpa.

12.2. PRODUCTOS INDUSTRIALES OBTENIDOS DEL FRUTO

Jugo de tuna: es rico en azúcares (fructosa y glucosa) y de baja acidez. El jugo de la tuna verde es muy susceptible de sufrir deterioros con los tratamientos térmicos, mientras que el de tuna de color púrpura (color debido a la presencia de betalainas), es más resistente a los tratamientos térmicos y su color, sabor y aroma se mantienen mejor (Sáenz, 1997).

Edulcorantes: La riqueza en azúcares del jugo de tuna (14-17% de S.S.), permite obtener un edulcorante líquido, tras concentrar a 60°brix. Su dulzor es agradable e intermedio entre la glucosa y la fructosa (Sáenz, 1997).

Deshidratados: Se ha desarrollado con éxito una "barra energética" a base de pulpa de tuna, pudiéndose considerar un concentrado de fruta, con un 80-85% de S.S. y 319-327 cal/100 g (Sáenz, 1997).

Geles: obtenidos mediante el uso de pulpa y agentes espesantes fundamentalmente (Sáenz, 1997).

Mermeladas: utilizando como base la pulpa de la tuna.

Sorbete de higo chumbo: helado.

Pastas para alimentación animal: La semilla molida es un alimento adecuado para el ganado. La semilla contiene alrededor de un 20% de grasa comestible, de interés para alimentación humana o animal (Becerra, 1999).

12.3. PRODUCTOS INDUSTRIALES OBTENIDOS DE LOS CLADODIOS

Productos confitados: trozos de cladodios recubiertos o no de chocolate (Sáenz, 1997).

Harinas: obtenidas tras el secado de cladodios, (Sáenz, 1997). Presentan un alto contenido de fibra dietética.

Mucílagos: conocidos también como gomas, tienen interés en la industria alimentaria: el mucílago de la tuna es un compuesto formado por diversos azúcares y con cierto contenido de pectinas (Sáenz, 1997).

12.4. NOPAL VERDURA

Con los cladodios tiernos se pueden preparar multitud de platos, de los que citaremos algunos grupos, sin detallar los distintos preparados que se pueden obtener en cada grupo: sopas, ensaladas, acompañamientos, salsas, y postres. Bajo este epígrafe se incluyen la mayoría de los productos tradicionales de la cocina mexicana en la que intervienen los nopalitos, desde platos con carne, hasta mermeladas y helados, constituyendo un riquísimo recetario que refleja la tradición y cultura de los distintos pueblos que durante miles de años usaron el nopal no sólo para su supervivencia sino también como base económica, cultura y creencias religiosas.

12.5. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

El nopal constituyó desde siempre una alternativa para la alimentación del ganado en México, pero a partir de la conquista de América por los españoles se incrementó su uso para la cría del ganado ovino, caprino, bovino y equino, resultando imprescindible en los años de sequía. En la actualidad, como ya se indicó anteriormente, se han seleccionado las especies y variedades más idóneas para su cultivo con este fin.

12.6. USO MEDICINAL

Las culturas prehispánicas conocían distintos remedios utilizando como base el nopal. Así tenían remedios para la fiebre, la tos, dolor de muelas, hernias, úlceras, problemas renales, etc.

Recientemente (1997) en Valencia (España), un grupo de científicos corroboró la propiedad anticancerígena del carmín (ácido carmínico), principal componente de los lápices de labios y que se obtiene de la cochinilla cultivada en el nopal.

12.7. PRODUCCIÓN DE GRANA O COCHINILLA

El nopal sirve de alimento a la cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa), de la que se aprovecha la grana (excrecencia del insecto), a partir de la cual se obtiene un colorante rojo muy apreciado desde la antigüedad y cuyo principal componente es el ácido carmínico. En la actualidad los colorantes naturales tienen gran interés debido a los problemas que cada día se descubren por el uso de los sintéticos como

las anilinas. Para obtener 1 kg de grana se necesitan 140.000 insectos (Fernández y Sautz, 1990).

12.8. FORMACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

El nopal es capaz de vivir en zonas donde apenas existe suelo o en la grieta de una roca, contribuyendo a la formación de suelo. Por esta razón y por su capacidad de adaptación a zonas áridas y desérticas es una planta que contribuye eficazmente en la conservación de suelos, reduciendo el proceso de erosión.

13. COMERCIALIZACIÓN

Resulta difícil realizar una valoración de la producción mundial de esta planta que en muchas ocasiones es espontánea, limitándose el hombre a realizar la recolección de sus distintos órganos aprovechables para el consumo humano, o animal.

En México se estima que existen 3.000.000 ha de nopaleras silvestres con suficiente densidad para ser aprovechadas económicamente, y las cultivadas superan las 210.000 ha, de las que 150.000 ha se destinan al forraje, 50.000 ha para tuna, 10.000 ha para nopalitos y aproximadamente 100 ha para producir grana cochinilla (Flores *et al.*, 1995). Éstos indican que la producción media cuando los agricultores realizan prácticas de cultivo adecuadas puede estar entre las 25-30 t/ha., mientras que el promedio se sitúa en este país en 6'22 t/ha).

Tabla 91
Países productores, superficies, rendimientos medios, producción, exportación e importación y consumo aparente de tuna

Países	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Exportación (t)	Importación (t)	Consumo per cápita (kg/hab.)
México	50.000	6'5	325.000	2.100	0	3'69
Italia	2.500	200	50.000	15.000	100	0'61
Sudáfrica	1.500	100	15.000	250	0	0'40
Chile	1.000	80	8.000	40	0	0'57
Israel	300	250	7.500	60	0	2'98
E.U.A.	200	200	4.000	100	8.000	0'60

Fuente: Flores *et al.*, 1995. Elaborada con datos entre 1993 y 1995.

En cuanto a la producción española hay que tener en cuenta que en las provincias tradicionalmente productoras y consumidoras del higo chumbo, no existen datos sobre su consumo.

13.1. PRODUCCIÓN Y COMERCIO INTERIOR

La producción española de nopal y el valor percibido por los agricultores puede verse en la tabla siguiente.

Tabla 92
Serie histórica sobre superficie, rendimiento y producción de chumbera

Años	Superficie en producción (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Precio medio percibido por los agricultores (Ptas./Kg)	Valor (Millones de Ptas.)
1960	4.400	10'3	63.348	0'81	51
1970	4.283	9'4	52.230	2'05	107
1980	7.062	1'82	15.481	9'60	143
1990	4.306	4'36	18.782	53'76	1.010
1995	1.528	3'92	1.695	72'24	122

Fuente: MAPA, 1997.

En la tabla anterior puede observarse un incremento importante de la superficie de cultivo a partir de 1980, reduciéndose ésta progresivamente hasta la actualidad, pudiendo decir que se encuentra en clara recesión.

En la tabla siguiente podemos apreciar la importancia de las distintas provincias españolas productoras.

Tabla 93
Análisis provincial de la producción de chumbera (1995)

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie en plantación regular					Plantas diseminadas (número)
	Total			En producción		
	Secano (ha)	Regadio (ha)	Total (ha)	Secano (ha)	Regadio (ha)	
Baleares	1.354		1.354	1.354		7.976
Cataluña	41		41	41		72
Castilla-La Mancha						1.653
C. Valenciana	6	7	13	4	4	2.464
R. de Murcia	42	30	72	42	23	?
Andalucía	102	8	110	100	1	117.631
Canarias						30.400
Extremadura						55.000
España	1.504	45	1.549	1.500	28	219.217

Fuente: MAPA, 1997.

Tabla 94
Producción de higos chumbos en España (1995) (en algunas C. Autónomas)

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie en plantación regular						Producción (toneladas)
	Superficie en producción (ha).			Rendimiento de la superficie de producción (kg/ha)			
	Secano (ha)	Regadio (ha)	Nº árboles diseminados	Secano (t/ha)	Regadio (t/ha)	En árboles diseminados (kg/ha)	
Baleares	41			708		20	322
C. Valenciana	6	7	2.464	3.875	6.235	11	68
R. de Murcia	42	30	?	738	6870		189
Andalucía	102	8	117.631	1.023	3.850	6	778
Canarias			30.400			5	152
Extremadura			55.000			3	165
España	1.504	45	219.217	207	6.667	5	1.695

Fuente: MAPA, 1997

14. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA PULPA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CLADODIOS

Tabla 95
Características tecnológicas de la pulpa de nopal

Parámetro	% fruto fresco
Pulpa y semillas	49'6
Piel	50'4
pH	6'73
Acidez (% ác. Cítrico)	0'06
°Brix (TSS)	14'06
Sólidos totales	16'20
Pectina	0'17
Vitamina C (mg %)	20'33
B-caroteno (mg %)	0'53

Fuente: Sáenz, 1998 (tomado de Sepúlveda y Sáenz, 1990).

Tabla 96
Composición química de los cladodios (%) sobre materia seca

Age (year)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Crude fiber (%)	PNE (%)
1	5'4	1'29	18'2	12'0	63'1
2	4'2	1'40	13'2	14'5	66'7
3	3'7	1'33	14'2	17'0	63'7
4	2'9	1'67	14'4	17'5	63'9

Fuente: Sáenz, 1998 (tomado de Pimienta, 1990).

15. DESCRIPTORES Y BASE DE DATOS DE MATERIAL DE NOPAL EN LAS COLECCIONES EUROPEAS PARTICIPANTES EN EL PROYECTO DE LA U.E. RESGEN29-CT95

Project on "Minor Fruit Tree Species Conservation" - RESGEN29

15.1. DESCRIPTOR LIST FOR CACTUS PEAR (*Opuntia* spp.)

PASSPORT - Accession and collection data

1 - European Minor Fruit Tree Species Database (EMFTSD) number: unique numerical identifier for an accession.

2 - Species: to be repeated for each accession (botanical name).

3 - Accession designation: name of the accession (cultivar, breeder's designation, donor's designation).

4 - Accession synonym: a synonym to the accession designation. For each species with synonyms, a common accession designation should be identified for each partner and then synonym(s) should be quoted here.

5 - Donor name: name of the institution or individual responsible for donating the accession.

6 - Acquisition date: the date on which the accession entered the collection in the form of DDMMYYYY.

7 - Institute number: the partner number from Technical Annex of Project. The same number reported in the Institutions Database file.

8 - Country keeping the accession: two letters acronym of country in which the partner and the collection is located (see attached list).

9 - Collection site: if one Institution holds accessions in more than one environmentally different field, each field should have an identifier site number.

10 - Country of origin: when certainly known two letter abbreviation (according to attached list) for country of origin of the accession, if not sure type "uncertain".

11 - Collection source

1 = wild

2 = abandoned farm land

3 = farm land

4 = nursery

5 = institute

6 = other

12 - Status of sample

1 = wild

2 = breeder's line

3 = primitive cultivar (landrace)

4 = advanced cultivar (bred)

5 = other or uncertain

FIRST CHARACTERISATION

13 - End use

- 0 = no use
- 1 = fruit
- 2 = forage
- 3 = nopalitos
- 4 = cochineal
- 5 = ornamental
- 6 = other

14 - Identification of material

- 1 = verified
- 2 = probable
- 3 = uncertain

15 - Plant status

- 1 = dying
- 2 = old-declining
- 3 = mature-diseased
- 4 = young-diseased
- 5 = mature- non vigorous
- 6 = mature-vigorous
- 7 = young-not bearing
- 8 = healthy-cropping poorly
- 9 = healthy-cropping well

16 - Collector's notes

FURTHER CHARACTERISATION AND EVALUATION

17 - Plant size

- 1 = small (height <1.5 m)
- 2 = medium (height 1.6-2.0 m)
- 3 = large (height >2.1 m)

18 - Plant shape (figure 1)

- 1 = flat (width>height)
- 2 = round (width = height)
- 3 = elongate (width<height)

19 - Plant habit

- 1 = upright
- 2 = medium
- 3 = spreading

4 = prostrate

5 = shrubby

6 = arborescent

20 - Plant vigour

- 1 = very weak
- 2 = weak
- 3 = medium
- 4 = strong
- 5 = very strong

21 - Fruit yield

- 1 = low (Fruit/1-year cladodes <1)
- 3 = medium (Fruit/1-year cladodes 1 to 5)
- 5 = high (Fruit/1-year cladodes >5)

CLADODES

22 - Shape

- 1 = ovate
- 2 = round
- 3 = elliptic

23 - Colour

- 1 = silver
- 2 = grey
- 3 = yellow-green
- 4 = green
- 5 = deep green

24 - Spines

- 0 = absent
- 3 = few
- 5 = intermediate
- 7 = many

25 - Spine shape

- 1 = emergent
- 2 = sunken

26 - Glochides

- 0 = absent
- 3 = few

5 = medium

7 = many

FLOWER**27 - Flowering time**

1 = very early

3 = medium

5 = very late

28 - Flowering time (2nd bloom)

1 = very early

3 = medium

5 = very late

29 - Petal colour

1 = yellow

2 = golden

3 = scarlet

4 = greenish

FRUIT**30 - Shape**

1 = ovoid

2 = round

3 = elliptic

4 = oblong

31 - Size

1 = very small (<80g)

2 = small (81-120g)

3 = medium (121-150g)

4 = large (151-200g)

5 = very large (>200g)

32 - Receptacular scar position

1 = elevated

2 = flattened

3 = sunken

33 - Peel colour

1 = white

2 = light green

3 = greenish

4 = yellow

5 = dark yellow

6 = orange

7 = pink

8 = red

9 = deep red

10 = purple

11 = mottled

34 - Glochides

0 = absent

3 = few

5 = medium

7 = many

35 - Pulp colour

1 = green

2 = white

3 = light yellow

4 = yellow

5 = dark yellow

6 = orange

7 = pink

8 = red

9 = deep red

10 = purple

36 - Pulp firmness

1 = soft

2 = medium

3 = firm

37 - Seed number (n/fruit)

1 = very few (<100)

2 = few (101-200)

3 = medium (201-300)

4 = many (301-500)

5 = good many (> 500)

38 - Ripening date

1 = first crop (Over 50% of fruit at colour break)

2 = second crop (Over 50% of fruit at colour break)

39 - Fruit taste

1 = neutral

2 = sweet

3 = very sweet

40 - Plant resistance to low temperatures

3 = low

5 = medium

7 = high

9 = no information

41 - Fruit resistance to handling

3 = low

5 = medium

7 = high

9 = no information

15.2. BASE DE DATOS DE MATERIAL VEGETAL DE NOPAL.

EX SITU COLLECTED ACCESSIONS

Accession designation	EMFTSD Number
A1	10031
A2	10032
ALGERIAN 3/2	9310
AMERICAN GIANT	9311
APIRENA (SANTA MARGHERITA)	9313
B1	10033
BB	10060
BIANCA	3301
BIANCA (GRANATA BRONTE)	9314
BIANCA (RUBINO)	9315
BIANCA (SAN CONO)	9316
BIANCA (VALCORRENTI-TREARIE)	9317
BIANCA DI BRONTE	10069
BIANCA SAN CONO	10070
BIANCA VANIGLIA MEZZOJUSO	9318
BLUE MOTTO 12/11	9300
BS1	10034
BSS	10061
C1	10035
C4	10036
C5	10037
CH6	10038

Accession designation	EMFTSD Number
CH7	10039
CV1	10040
ESCUDEROS 1	8501
FRESA 1	8500
FUSICAULIS 193	9301
GIALLA	3303
GIALLA (BARI)	9319
GIALLA (MANFREDONIA)	9321
GIALLA (PETRAP)	9323
GIALLA (SAN CONO)	9324
GIALLA (VALCORRENTI-TREARIE)	9325
GIALLA APIRENA	10071
GIALLA FEMMININA (RUBINO)	9320
GIALLA MASCHIO (RUBINO)	9322
GIALLA TRUNZARA	10072
GO	10062
GSH	10063
GUAYAQUIL 9	9302
GYMNOCARPO 9	9303
ISRAELE	3304
ISRAELE	9312
KA1	5011
KA2	5012
KA3	5013
KA4	5014
KE1	5015
KE2	5016
KE3	5017
L0	10041
L2	10042
L3	10043
LA1	5007
M1	10044
M2	10045
M3	10046
MALTA 10/10	9304
MEXICAN 19	9305
MORADO 17/11	9306
MR1	10047
O1	10048
O2	10049
O3	10050
OO1	10051

Accession designation	EMFTSD Number
OPUNTIA AMYCLAEA (SARD.)	10074
OPUNTIA AMYCLAEA (SIC.)	10075
OPUNTIA AMYCLEA AMYCLEA (CATENANUOVA)	9345
OPUNTIA AMYCLEA LEUCOSARCA (BRONTE)	9346
OPUNTIA BASILARIS	10076
OPUNTIA DILLENI	10077
OPUNTIA LINDHEIMERI	10078
OPUNTIA LITTORALIS	10079
OPUNTIA POLYACANTHA	10080
OPUNTIA RASIRERA	10081
OPUNTIA ROBUSTA	10082
OPUNTIA ROBUSTA (FALCONARA)	9347
OPUNTIA SOEHERENSII	10083
OPUNTIA STRICTA (TERRASINI)	9348
OPUNTIA SULPHUREA	10084
OPUNTIA WINTERIANA	10085
OSI	10052
OTI	10053
P1	10054
P2	10055
PALA ANOMALA (GIAMBALVO)	9344
PIÑON	8502
RAU	10056
RB	10064
RC	10065
RE1	5005
RE2	5006
RO1	5008
RO2	5009
RO3	5010
ROLY POLY	9307
ROSSA	3302
ROSSA (BARI)	9327
ROSSA (BRONTE)	9328
ROSSA (SAN CONO)	9332
ROSSA (SANTA MARGHERITA)	9333
ROSSA ABIEC (BARI)	9326
ROSSA FEMMINA (RUBINO)	9329
ROSSA GRANATA (BRONTE)	9330
ROSSA MASCHIO (RUBINO)	9331
ROSSA SAN CONO	10073
RSS	10066

Accession designation	EMFTSD Number
RV	10067
S	10068
SKINNERS COURT 1/13	9308
T1	10057
TN 1	3305
TN 2	3306
TRUNZARA BIANCA (BRONTE)	9335
TRUNZARA BIANCA (RUBINO)	9336
TRUNZARA BIANCA (SAN CONO)	9334
TRUNZARA BIANCA (VALCORRENTI-TREARIE)	9337
TRUNZARA GIALLA (BRONTE)	9338
TRUNZARA GIALLA (RUBINO)	9339
TRUNZARA GIALLA (SAN CONO)	9340
TRUNZARA ROSSA (BRONTE)	9341
TRUNZARA ROSSA (RUBINO)	9342
TRUNZARA ROSSA (VALCORRENTI-TREARIE)	9343
V1	10058
V2	10059
XA1	5000
XA2	5001
XA3	5002
XA4	5003
XA5	5004
ZASTRON 4	9309



Fotografía 156. Sección de cladodio en el que se observa el chlorenchima y el parénquima medular.



Fotografía 157. Nepal de más de 50 años, en una zona sin suelo y con los cladodios doblados por la falta de agua (mes de agosto) y el peso de la cosecha.



Fotografía 158. Formación de nuevos cladodios en los que se observan las espinas en las axilas de las hojas, distribuidas casi regularmente por el cladodio.



Fotografía 159. Cladodio de *Opuntia ficus-indica* sin espinas en el que se observan las areolas y brotes de flor en el borde.



Fotografía 160. Abeja en interior de flor en nopal sin espinas.



Fotografía 161. Detalle de flor abierta en nopal con espinas.



Fotografía 162 Flor naranja en nopal con espinas.



Fotografía 163 Flor amarilla en nopal con espinas.



Fotografía 164. Frutos en planta con falta de agua en agosto.



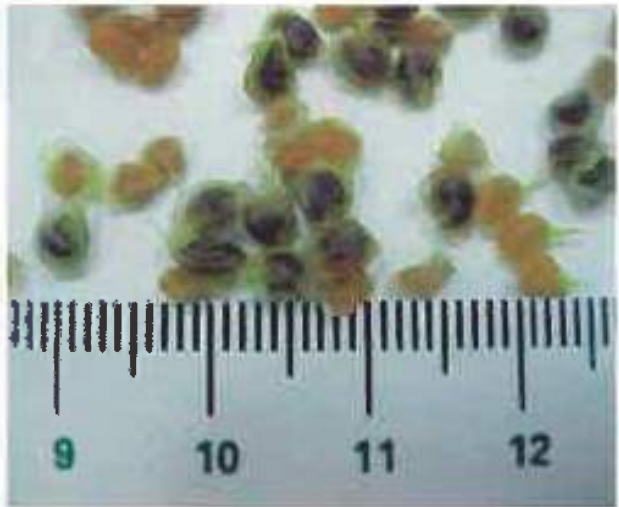
Fotografía 165. Frutos en planta sin déficit de agua en el mes de agosto.



Fotografía 166. Brotación de yemas fructíferas sobre frutos existentes.



Fotografía 167. Detalle del "ombiligo" del fruto.



Fotografía 168. Semillas de nopal con restos de pulpa.



Fotografía 169. Plantación comercial con riego por goteo en España.



Fotografía 170. *Nopal con espinas en el norte de Chile.*



Fotografía 171. *Nopales silvestres.*



Fotografía 172. Detalle de come de un cladodio en la posta.



Fotografía 173. Nopal con producción de frutos exclusivamente en el borde del cladodio



Fotografía 174. Plantación de pencas para nopales.



Fotografía 175. *Plantación de nopal para rindera.*



Fotografía 176. *Daños por pedrisco y gránico.*



Fotografía 177. *Nopal silvestre de gran producción.*



Fotografía 178. *Cortes practicados para facilitar el pelado del fruto.*



Fotografía 179. *Pelado del fruto.*



Fotografía 180. *Nopalitos encurtidos.*



Fotografía 181.
Cultivo asociado de nopal y granado.



Fotografía 182
Daño por roedores.



Fotografía 183.
Fruto maduro.

Glosario

Absorber. Tomar agua, nutrientes u otros elementos o sustancias por las raíces u otros órganos de las plantas.

Ácido Abscísico (ABA). Inhibidor natural del crecimiento.

Ácido indol-butírico (AIB). Ácido 1H-indol-3-butanoico. Regulador de crecimiento tipo auxina. Considerado inicialmente como auxina sintética, se ha encontrado en maíz y en algunas dicotiledóneas. Muy utilizado para inducir la formación de raíces.

Ácido naftalenacético (ANA). Ácido 1- naftalenacético. Regulador de crecimiento sintético tipo auxina. Muy utilizado para promover el aclareo de frutos.

Aclareo. Técnica cultural mediante la que se quitan frutos recién cuajados a los frutales con objeto de favorecer el desarrollo y la calidad de los frutos que quedan. El aclareo puede realizarse manualmente o mediante la aplicación de productos químicos (aclerantes).

Acodo. Procedimiento de propagación vegetativa consistente en enraizar tallos de una planta que permanecen unidos a la misma.

Acrópeto. Que tiene lugar desde la base hacia el extremo de un órgano. Se utiliza este término tanto en procesos de diferenciación como de transporte.

Agostamiento. Transición de brote, de consistencia herbácea, a ramo, de consistencia leñosa, caracterizada por la deposición de lignina en las paredes celulares secundarias.

Ahuate. Espina fina y pequeña, vello fuerte.

Androginóforo. Andróforo. Extensión del receptáculo floral entre los pétalos y los estambres.

Androginóforo. Columna que lleva los estambres. En las Capparidáceas, las flores son generalmente muy llamativas por el desarrollo del eje floral y, en los casos más sencillos, se forma un disco hipogino más o menos grueso; en otros casos se forma una columna que lleva los estambres y el ovario (denominándose androginóforo o ginóforo); en otros casos existen la columna y el disco juntos, originando formas y combinaciones muy diversas.

Angiospermas. Plantas con ovarios cerrados.

Aquenio. Fruto seco que posee una sola semilla y un pericarpio coriáceo no soldado con la semilla (fruto de las compuestas).

Arquíclamídeas. Plantas sin pétalos o con pétalos libres entre sí.

Auxina. Cada uno de los componentes de un grupo de hormonas naturales que regulan y/o provocan, cuando se aplican exógenamente, unas respuestas características en las plantas y sus células, como el mantenimiento de la dominancia apical, el alargamiento celular y la secreción de protones por la membrana celular. Su presencia es necesaria para la división celular.

Balausta. Fruto del granado, en el que el talamo ha adquirido un gran desarrollo.

Basípeto. Que tiene lugar del extremo hacia la base de un órgano. Se utiliza este término tanto en procesos de diferenciación como de transporte.

Baya. Fruto cenocárpico, indehisciente, con el pericarpio completamente carnoso.

Bayá. Fruto con semillas generalmente numerosas y alojadas en un pericarpio totalmente carnoso y blando. Ejemplo: arándano, naranja, uva, granada. La baya verdadera deriva únicamente del ovario (uva), mientras que la falsa baya deriva del ovario más los tejidos del receptáculo como en el caso del arándano azul.

Bífera. Que florece o fructifica dos veces al año.

Bráctea. Hipsófito. Hojas de morfología distinta a los nemofilos, que se forman en el tallo en la proximidad de las flores. En ocasiones, presentan una transformación gradual de las hojas del penantio.

Cabrahigo. Higuera silvestre. Cuando las higueras no son partenocárpicas, se utiliza para polinizar la higuera cultivada.

Caducifolia. Especie de follaje caduco.

Callo. Tejido cicatricial que se forma en los bordes del injerto, en la base de las estaquillas sometidas a enraizamiento o en cualquier herida. Sus células están indiferenciadas.

Caprificación (Encabrahigar, Cabrahigadura). Proceso de polinización de las flores existentes en los siconos de las higueras con polen del cabrahigo o higuera silvestre mediante el insecto *Blatophaga sp.*

Células mirosínicas. Acumulan mirusina. La mirusina es una glucosidasa que descompone el glucósido *sinigrina*, contenido en la mostaza negra, en esencia de mostaza, azúcar de uva (glucosa + fructosa) y sulfato potásico.

Cepa. Parte subterránea del tronco de un árbol o del tallo de una planta vivaz, que está unida a las raíces.

Chancro. Síntoma causado por algunas enfermedades de plantas en el que se observan lesiones externas localizadas, con heridas o hendiduras en la corteza y necrosis del tejido cortical. Resulta de la alteración y desaparición de elementos histológicos periféricos, produciéndose una herida abierta en la que se pueden instaurar procesos de reacción hiperplástica.

Chupón. Ramo de madera de gran vigor y desprovisto de yemas de flor. Suelen crecer rectos desde el tronco y ramas principales de los frutales.

Cleistogámia. Autopolinización previa a la apertura de la flor.

Clon. Población o conjunto de plantas genéticamente idénticas por haberse obtenido de un individuo por propagación asexual.

Clorosis. Amarilleamiento de las hojas. Puede producirse por distintas causas: carencia de hierro, carencia de nitrógeno, asfixia radicular, etc.

Cotiledónes. Hojas embrionales: existen ya en la semilla formando parte del embrión, en número de uno en las monocotiledóneas, dos en las dicotiledóneas y mayor número en muchas especies coníferas. Son hojas que cuando salen al exterior tras la germinación de las especies de germinación epigea, presentan color verde y sin embargo, no son fotosintéticas.

Cromosomas. Estructuras del núcleo de las células compuestas por pares de bases, cuyas secuencias forman los genes. Son las unidades hereditarias.

Cuajado de fruto. Se denomina así al estado fenológico correspondiente al desarrollo del ovario y/o otras estructuras adyacentes tras la floración. Se distingue porque los pétalos se caen y los estambres se secan, presentando el fruto recién cuajado un diámetro de varios milímetros.

Defoliación. Pérdida natural o provocada de las hojas de una planta.

Desertización. Acción y efecto de desertizar.

Desfonde. Labor profunda del suelo, excediendo normalmente los 40 cm. a fin de hacerlo más permeable, aireando las capas inferiores. A diferencia del subsolado, que rompe los horizontes endurecidos inferiores mediante una reja estrecha y robusta, el desfonde se realiza con arados del tipo vertedera.

Despunte. Pinzamiento. Eliminación del extremo apical de un brote para frenar su crecimiento.

Dicotiledóneas. Además de presentar dos cotiledones u hojas embrionales, presentan otras características que las diferencian de las monocotiledóneas como son: hojas con nervadura reticulada (penninervias), flores generalmente penta o tetrámeras, los haces conductores del tallo presentan una disposición cíclica y con *cambium* (hacecillos abiertos). A su vez se clasifican en dos grupos: Arquiclamídeas (sin pétalos, o con pétalos libres entre sí) y Metaclamídeas (con pétalos concrecentes en mayor o menor extensión).

Diferenciación floral. Primer cambio discernible en la transformación de una yema indiferenciada a yema de flor.

Diploide. Planta cuyos cromosomas están duplicados.

Dominancia. Capacidad de prevalecer o sobresalir.

Drupa. Fruto carnoso sincárpico con endocarpo esclerenquimático.

Éltros. Ala anterior coriácea de los coleópteros.

Envero. Cambio de color del fruto cuando empieza a madurar.

Escarificación. Cualquier proceso de rotura, alteración mecánica o reblandecimiento de las cubiertas de la semilla o del endocarpo, que la hace permeable al agua y a los gases. Puede realizarse mecánicamente, con agua caliente, con ácidos, con calor húmedo o a elevadas temperaturas.

Escorrentía. La parte del agua de precipitación que no puede infiltrarse en el área sobre la que cae, sino que vierte fuera de ésta.

Estípula. Estructura foliosa que, por pares, se ubica en la base de la hoja o en el peciolo.

Estratificación. Tratamiento que consiste en someter a un régimen de bajas temperaturas semillas embebidas que se mantienen en un lecho de arena o turba. De este modo se elimina la latencia, facilitando la germinación cuando se transfieren a una temperatura favorable.

Estratificación. Tratamiento que consiste en someter a un régimen de bajas temperaturas semillas embebidas que se mantienen en un lecho de arena o turba. De este modo se elimina la latencia, facilitando la germinación cuando se transfieren a una temperatura favorable.

Fanerógamas. Plantas en las que los órganos sexuales están constituidos por hojas profundamente modificadas, formando las flores. Los estambres poseen sacos polínicos (microsporangios) en cuyo interior se hallan las células masculinas o granos de polen (microsporas), y los carpelos contienen óvulos (macrosporangios) en los cuales se desarrolla la ovocélula (macrospora).

Fenología. Estudio de las relaciones entre las condiciones climáticas y fenómenos biológicos periódicos, como la floración de las plantas.

Fisiopatía. Alteración metabólica provocada por factores abióticos, que puede manifestarse en la planta o en alguno de sus órganos.

Flor gallicola. Flor en la que los óvulos se transforman en "agallas" por la acción de un insecto.

Flor hermafrodita. La que tiene androceo y gineceo. Flor en la que concurren los dos sexos.

Fruto complejo. El que procede de la fructificación en la que concurren otros órganos además de las hojas carpelares. A diferencia de la infrutescencia, que procede de varias flores, éstos proceden siempre de una sola flor.

Frutos verdaderos. Son aquellos que proceden, sin excepción, únicamente de las hojas carpe-

lares (incluyendo los óvulos). Se clasifican en frutos secos y en frutos carnosos. **Frutos secos:** estos a su vez se clasifican en indehiscentes (nuez, aquenio, diaquenio y cariósido) y en Dehiscentes (Folículo, polifolículo, legumbre, silicua y cápsula). **Frutos carnosos:** Drupe y baya.

Giberelina-3 (GA₃). Una de las giberelinas naturales. Se produce en grandes cantidades por el hongo *Gibberella fujikuroi*, que la secreta del medio de incubación y es el procedimiento de obtención más frecuente. Aplicada a los medios de cultivo inhibe, normalmente, la morfogénesis.

Gineceo. Conjunto de los órganos sexuales femeninos (carpelos) de las flores.

Gimnospermas. Plantas con hojas carpelares abiertas.

Ginóforo. Columna que lleva el ovario. Ver ginóforo.

Ginóforo. Extensión del receptáculo entre el androceo y el gineceo que resulta en la elevación de este último.

Glándulas nectaríferas. Nectario. Glándula que secreta una solución concentrada (hasta del 60%) de azúcares, denominada néctar. El néctar contiene normalmente una mezcla de monosacáridos, disacáridos, fundamentalmente sacarosa, y oligosacáridos de bajo grado de polimerización, siendo su composición característica para cada especie.

Gloquita. Ahuate.

Grado Brix. Medida del contenido en sólidos solubles. Expresa el porcentaje de azúcares en una solución.

Granizo. Precipitación formada por granos de hielo translúcidos o transparentes, casi siempre esféricos, de 2 a 5 mm de diámetro, que rebotan en el suelo. Si los granos de hielo son blancos, opacos, se llama *granizo blando o nieve granulada*.

Hábitat. Conjunto local de condiciones geofísicas en las que se desarrolla la vida de una especie o de una comunidad.

Hora-frío. Cada hora con una temperatura inferior a 7 °C. El número acumulado de horas frío se utiliza en pomología para establecer las necesidades de frío invernal para la salida del reposo de las especies frutales.

Idioblastos. Célula que por su forma, tamaño o estructura, se diferencia de las restantes de un tejido homogéneo.

Idioblastos. Células parenquimáticas especializadas.

Inerme. Sin espinas.

Infrutescencia. Conjunto de frutos resultantes de ciertas inflorescencias. A veces muestran la apariencia de proceder de una sola flor. Ejemplo: Higo, breva, mora.

Iniciación floral. Estímulos necesarios para que se produzca la diferenciación floral.

Latencia secundaria. La inducida por un factor ambiental desfavorable en una semilla ya embudada, que impide su germinación o prolonga el período de emergencia de las plántulas.

Látex. Fluido de naturaleza acuosa contenido en los laticíferos. Normalmente es de color blanco y su contenido, variable con las especies, incluye almidón, azúcares, alcaloides, elementos minerales, terpenoides, etc. Se utiliza industrialmente en algunas especies para la obtención de caucho *Hevea brasiliensis*, gutapérrcha *Palaquium gutta* o chicle *Achras zapata*, entre otras sustancias.

Laticífero. Conducto secretor interno formado por células vivas, muy alargadas y, en ocasiones, ramificadas que contienen en su interior una emulsión acuosa de aspecto lechoso denominado látex. Se origina en el embrión y crece con la planta, extendiéndose varios metros desde el extremo de la raíz al extremo del tallo. Puede tener su origen en una sola célula (laticífero simple) o formarse por la fusión de varias (laticífero articulado).

Lignificación. Impregnación de la pared celular con lignina. Es un proceso característico de las células con paredes secundarias. La lignificación se inicia en la lámina media, progresando después en la pared primaria y, por último, en la secundaria.

Limbo. Región aplanada de la hoja. Consta de tejidos conductores (nervios), tejido parenquimático (clorénquima) y una epidermis protectora, estando estructuralmente adaptado para la fotosíntesis.

Mamas. Frutos producidos por el Cabrahigo en la primera generación. Maduran en abril.

Mamonas. Frutos producidos por el Cabrahigo en la tercera generación. Maduran en agosto.

Marqueo. Trazado de la plantación.

Mástic. Ungüento que se emplea para sellar la unión del injerto y proteger las superficies cortadas en patrón e injerto.

Mata. Forma arbustiva de menos de un metro de altura.

Mirosina. Ver células mirosínicas.

Monocotiledóneas. Presentan un solo cotiledón, las hojas son paralelinervias, las flores son trineuras y en el tallo presentan hacesillos conductores esparcidos, sin *cambium* (hacesillos cerrados).

Monopodio. Eje principal de un sistema de ramas, que se forma por el crecimiento de un meristemo apical. Este crecimiento es discontinuo en las plantas perennes, alternando períodos de actividad meristemática con otros en que aquella cesa, y en que el meristemo apical queda normalmente protegido por escamas, formando la yema terminal.

Mosaico. Sintomatología que desarrollan las plantas debida a infecciones víricas, y que se caracteriza por la aparición en las hojas de manchas color verde y amarillo o de diversos tonos de verde.

Mucrón. Punta corta que presenta el extremo de un órgano.

Myrtales (Mirtifloras). Plantas con flores periginas u epiginas, generalmente actinomorfas, con periantio doble. Androceo compuesto de uno o dos verticilos estaminales, a menudo con estambres numerosos por desdoblamiento. Gineceo sincárpico, con carpelos cerrados. Hojas las más de las veces opuestas y sin estipulas. Hierbas o plantas leñosas, generalmente ricas en aceites esenciales.

Nascencia. Emergencia. Protusión de la plántula por encima de la superficie del terreno.

°Be: grado Baumé. Unidad de la escala de densidad Baumé. A 15.6 °C, si n son los grados Baumé de una disolución, su densidad específica se evalúa así: líquidos más densos que el agua, $r = 145 / (145 - n)$; líquidos más ligeros que el agua $p = 140 / (130 + n)$.

Ojo dormido. Período en el que la yema del injerto se encuentra en estado latente.

Ostíolo. Poro o espacio que flanquean las células oclusivas de un estoma, cuyas dimensiones dependen del grado de turgencia de éstas. Facilita el acceso a la cámara subestomática, cavidad situada inmediatamente por debajo del poro. A su través, se efectúa la mayor parte del intercambio gaseoso de las hojas.

- Ovario súpero.** El que se inserta en la flor por encima de los demás verticilos.
- Oviscapto.** Órgano puntiagudo situado en el extremo del abdomen de las hembras de ciertos insectos y de otros artrópodos. Está constituido por una complicada armadura a base de los genitalia. Según los casos, es capaz de picar, perforar, excavar, etc. En general, se utiliza para depositar los huevos en un sustrato favorable para su crecimiento.
- Parénquima.** Tejido vegetal constituido por células vivas de pared delgada (primaria) y relativamente indiferenciadas. Normalmente no presenta una estructura elaborada, si bien puede presentarse una especialización funcional como tejido de reserva (parénquima reservante) o de asimilación (parénquima clorofílico). En algunos casos presenta espacios intercelulares de gran tamaño e intercomunicados (aerénquima).
- Partenocarpia.** Desarrollo natural o inducido del fruto sin semilla. Puede ser originada por la ausencia de polinización y fecundación (partenocarpia en sentido estricto) o por el aborto del embrión.
- Patrón.** Planta sobre la cual se injerta una púa o una yema de otra. El patrón proporciona el sistema radical y una porción del tronco del nuevo individuo.
- Pedrisco.** Se denomina así a la precipitación formada por trozos de hielo irregulares, de diámetro mayor de 5 mm, transparentes o con capas opacas.
- Perianto.** Conjunto de órganos de la flor que rodean los estambres y los carpelos. En las antofitas hay normalmente dos filas de órganos morfológicamente distintas, una exterior o cáliz y otra interior o corola.
- Planta crasa.** Planta suculenta. Aquella cuyos órganos, como hojas o tallos, están rellenos de jugos y son gruesos. Es propia de regiones áridas y desérticas.
- Planta rupícola.** Planta capaz de vivir sobre las rocas.
- Planta termófila.** Planta que necesita altas temperaturas para que se produzca tanto la brotación, como para su crecimiento y floración.
- Polígama.** Especie que presenta flores unisexuales y hermafroditas en la misma o en diferentes plantas.
- Polinizador.** Cultivar utilizado en las plantaciones como fuente de polen.
- Polinizante.** Agente para el transporte del polen, como las abejas y el viento.
- Pollizo.** Sierpe.
- Pomo.** Fruto derivado de la fusión de los ovarios, cáliz y receptáculo; es carnoso e indehiscen-te, con su parte central dividida en tantos compartimentos como carpelos. Es el fruto típico del manzano, peral, membrillero y demás especies de la subfamilia pomóidea.
- Prohigo.** Frutos producidos por el Cabrahigo en la segunda generación. Maduran en junio.
- Punica.** Único género de las punicáceas. Posee 2 especies: *P. granatum* L. (cultivada y de fru-tos comestibles) y *P. granatum nana* L. o *P. nana* L. (arbolitos enanos, utilizada en jardine-ría y de frutos no comestibles).
- Punicaceae (Punicáceas).** Arbolitos con hojas enteras y y flores axilares, muy vistosas, con tálamo aplanado, profundamente cóncavo y carnoso. Sépalos en número de 5 a 7, también car-nosos y persistentes; pétalos: 5-7, alternisépalos. Estambres numerosos, y carpelos en número variable, generalmente 8, superpuestos en 2 verticilos por el desarrollo del tálamo, formando un ovario sincárpico en parte o totalmente con aquél. El fruto es complejo, envuelto más o menos completamente por el tálamo, con varias cavidades polispermas, separadas entre sí por tenues tabiques membranosos. Este fruto recibe el nombre de balausta. Las semillas son gruesas y tienen la cubierta carnosa (testa carnosa o pulposa). Sólo comprende el género Punica.

Pupa. Fase de desarrollo posembriionario de los insectos holometábolos, comprendida entre la larva y el adulto.

Q10. Coeficiente de temperatura. Indica la velocidad de cambio de un proceso o reacción al variar la temperatura 10 °C.

Raíz pivotante. La principal, robusta y penetrante en profundidad, que fija algunas plantas firmemente al suelo. En ocasiones se carga de reservas, situación característica en algunas plantas bienales.

Ramo mixto. El que tiene yemas de flor y de madera.

Receptáculo. Parte del eje floral en el que se asientan las piezas florales.

Sépalo. Cada una de las piezas del cáliz.

Sicoro. Estructura carnosa en cuyo interior se encuentran las flores que después originarán los frutos. Ejemplo: Breva, higo. En estos los frutos que constituyen la infrutescencia son aque-nios (frutos con una sola semilla) en los que se desarrolla una excrescencia carnosa que constituye la pulpa...

Sierpe. Brote que surge de una yema adventicia de la raíz o del cuello de los árboles. En algunas plantas se ha empleado como propágulo en multiplicación vegetativa.

Simpodio. Sistema de ramificación con un eje aparente que se compone realmente por ramas laterales de varios órdenes. En las plantas que lo presentan, la yema terminal se desprende al final de cada período de crecimiento, y éste continúa por una yema lateral en posición subapical, repitiéndose el proceso en cada estación de crecimiento.

Solana. Vertiente de un valle expuesta al sol y opuesta a la umbría.

Subsolado. Labor profunda que se realiza con objeto de eliminar suelas de labor o romper y/o desmenuzar horizontes o capas duras del interior del suelo sin invertir el perfil y minimizando la mezcla vertical del suelo.

Tegmen. Parte leñosa de las semillas de granado (cubiertas interiores), que incluye los cotiledones y el embrión. La cubierta (testa) de estas semillas es carnosa o pulposa.

Tipificación. Clasificación de los productos en clases o categorías comerciales, generalmente definidas en las normas de calidad.

Tresbolillo. Marco hexagonal. Marco de plantación en el que las plantas se disponen en los vértices de un triángulo equilátero, equidistando entre ellos.

Unidad de calor. Grado-día. Unidad de calor que representa un grado de temperatura que en un día dado la temperatura media sobrepasa una temperatura umbral. El número acumulado de grados-día se utiliza para determinar la duración de un proceso, como la maduración del fruto.

Unífera. Que florece o fructifica una vez al año.

Yema axilar. La que se forma en las axilas de las hojas. En general, se ubican sobre la mediana de la hoja tectriz.

Yema latente. La que permanece sin evolucionar durante un tiempo indefinido. Puede forzarse su crecimiento mediante poda.

Yema terminal. La que se forma en la extremidad del brote

Bibliografía

- Adria, R.; Calandrelli, D.; Grassi, G.; Limingelli, F. y Maggio, A. 1992. Effetti dell' "irrigazione sulla produzione e sull' accrescimento del fico nel Cilento. Rivista de Frutticoltura, 11, 75-81.
- Aguilar, A.A. 1997. Efecto del negro y fertilización sobre el adelanto de floración y cosecha de nopal tunero cv. Reyna en el estado de México. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal 140-141. México.
- Aksoy, U.; Balci, R. y Can, H. Z. 2000. Avances en la investigación sobre producción de higos en Turquía. Simposio Internacional sobre cultivos frutales para zonas áridas, 14-30. Universidad de Chile.
- Alonso de Herrera, G. 1513. Agricultura general. Ed. crítica de E. Terrón. 2ª Ed. MAPA. 1988. Madrid. 445 pp.
- Anónimo. 1985. Enciclopedia Universal Ilustrada Espasa Calpe, S.A. Madrid. 52: 994-995
- Anónimo. 1999. Anuario de estadística agraria. MAPA. Madrid.
- Anónimo. 1996. Butlletí d'Informació Agrària nº 119. Generalitat Valenciana. Valencia. 52 pp.
- B.O.E. nº 124. 1984. De 24 de mayo de 1984. Madrid. 14.470-14.470.
- B.O.E. nº 100. 1984. De 26 de abril de 1984. Madrid. 11.394-11.397.
- Barbera, G. 1991. Le câprier (*Capparis spp.*). Programme de recherche Agrimed. Commission des Communautés européennes. Rapport EUR 13617 FR. Luxembourg. 62 pp.
- Barbera, G. 1995. The history of Nopal. FAO: Agronomy, cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant Production and Protection Paper 132: 1-3. Rome.
- Barbera, G. y Di Lorenzo, R. 1984. The caper culture in Italy. Acta Horticulturae, 144, 1 167-1-171
- Becerra, P. 1999. Frutales nativos de zonas áridas de México. Revisión bibliográfica. U. P. de Producción vegetal. EPSO- UMH. 52 pp. Orihuela.
- Bidabé, B. 1963. Contrôle de l'époque de floraison du pommier par une nouvelle conception de l'action des températures. C. R. Acad. Agr. : 934-945
- Bidabé, B. 1965. L'action des températures sur l'évolution des bourgeons de l'entrée en dormance a la floraison. Congès Pomologique, 96 Session: 51-68.
- Botti, C. 1997. La jojoba. Symposium Internacional sobre frutales de zonas áridas. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- Bravo, H.H. 1978. Las cactáceas de México. 2ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Buchanan, D. W. 1977. Manipulation of bloom and ripening dates of three Florida grown peach and nectarine cultivars through sprinkling and shade. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 (4): 466-470.
- Calderón, F. 1983. Frutticultura general. Limusa. Barcelona. 759 pp.
- Castro, R. y Nosti, M. 1987. El alcaparro (*Capparis spinosa* L.) Grasas y aceites. 3: 183-186.
- Columela, L.J.M. 30. De los trabajos del campo. Ed. de A. Holgado Redondo. MAPA. 1988. Madrid.
- Condit, I.J. y Home, W.T. 1933. A mosaic of the fig in California. Phytopathology 23: 52-54
- Costa, Y. 1998. Información personal.
- Couvillon, G. A. y Ercz, A. 1985: Effect of level und duration of hightemperatures of rest in the peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 (4): 579-581.

- Cifl. 1997. Le figuier. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. 264 pp.
- De la Rosa, J.P. y Santana, D. 1998. El nopal: usos, manejo agronómico y costos de producción en México. CNAZA-UACH-CIESTAAM. México. 183 pp.
- De Liñán, C. 1995. Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. 11ª Ed. Ediciones Agrotécnicas, S.L. Madrid. 265-275.
- Domínguez G. Tejero, R. 1976. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. 5ª Ed. Dossat, S.A. Madrid. 955 pp.
- Egea, J. 1989. Necesidades de frío en frutales de hoja caduca. Estado de la cuestión. Fruticultura profesional. Nº 24: 19-25.
- Erez, A. y Couvillon, G.A. 1987. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 (4): 677-680.
- Erez, A. y Lavee, S. 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. *Y. Temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96 (6): 711-714.
- Erez, A.; Couvillon, G. A. y Hendershott, C. H. 1979a: *The effect of cycle length on chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds.* *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (4): 573-576)
- Erez, A.; Couvillon, G. A. y Hendershott, C. H. 1979b: *Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle.* *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (4): 536-540.
- Erez, A. y Yabfowitz, Z. 2000. Técnicas de producción de brevas en Israel. Simposio internacional sobre cultivos frutales para zonas áridas. Universidad de Chile. Chile.
- Esteban, G. 1994. La agricultura y la ganadería extremeñas. Caja de Ahorros de Badajoz. 205-277.
- Ferguson, L.; Michalides, T. y Shorey, H. 1990. The California fig industry horticultural review, Vol 12: 409-490.
- Fernández Montes, M.R. 1997. Atrazo de la época de cosecha de nopal tunero en el Norte de Guanajato. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 146-147. México.
- Fernández Montes, M.R.; Mondragón, J.C. y Pérez, S. 1997. El programa de mejoramiento genético del nopal del INIFAP en Guanajato. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 163-164. México.
- Fernández, J. y Saiz, M. M. 1990. La chumbera como cultivo de zonas áridas. Hojas Divulgadoras: Nº 1/90. MAPA. Madrid. 24 pp.
- Fernández-Escobar, R. 1988. Planificación y diseño de plantaciones frutales. Mundi-Prensa. Madrid. 205 pp.
- Fernández-Escobar, R. y Martín, R. 1987. Chemical treatments for breaking rest in peach in relation to accumulated chilling. *J. of Horticultural Science*, 62 (4): 457-461.
- Fierro, A. 1997. Producción de nopal-verdura (*Opuntia ficus-indica*) utilizando altos volúmenes de fertilizante orgánico (estiércol de bovino) en Milpa Alta D.F. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 133-134. México.
- Fishman, S.; Erez, A. y Couvillon, G. A.. 1987a: *The temperature dependence of dormancy breaking in plants: mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition.* *J. theor. Biol.* 124, 473-483.
- Fishman, S.; Erez, A. y Couvillon, G. A.. 1987b: *The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Computer simulation of processes studied under controlled temperatures.* *J. theor. Biol.* 126, 309-321.

- Flores, A. 1990. La higuera. Mundi-Prensa. Madrid. 190 pp.
- Flores, C.A. 1997. La producción de tuna en san Cono, Sicilia, Italia. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 158-159. México.
- Flores, C.A.; de Luna, J.M. y Ramírez, P.P. 1995. Mercado mundial de la tuna. ASERCA-UACH-CIESTAAM. Chapingo. 119 pp.
- Font Quer, P. 1959. Curso de botánica general y aplicada. Labor S.A. Barcelona. 483 pp.
- Font Quer, P. 1979. Plantas medicinales. El Dioscórides renovado. Labor, S.A. Barcelona. 1.031 pp.
- Francis, F.J. 1975. J. Food Sci. 40: 417.
- Franck, N. 1999. Tuna: antecedentes generales y método de cultivo (*Opuntia ficus-indica*). Cinco cultivos para las zonas áridas: higuera, granado alcaparra, jobba y tuna. Universidad de Chile.
- García, J.M. 1991. El cultivo de la tapenera en la zona de Lorca. E.U.I.T.A. de Orihuela (U.P.V.). Orihuela. 188 pp.
- García, M.J. 1997. Variedades de higueras españolas. EPSO (U.P.V.). Orihuela. 116 pp.
- Garrido, R. y Martínez, F. Cálculo de la temperatura instantánea del aire a partir de la máxima y mínima diaria y el análisis de Fourier. Aplicaciones en la Cuenca del Segura. Paralelo 37°. nº 13. 113-125 pp.
- Gerreino, R.; Scalabrelli, G. and Flocchi, C. 1991. Influence of light and chilling condition on apricot bud opening. Acta Hort., 293:327-330.
- Gil-Albert, F. 1969. Factores limitativos en fruticultura: Deficiencia en horas-frío. INIA. Madrid. 42 pp.
- Gil-Albert, F. 1989a. Tratado de arboricultura frutal. Vol. I: Aspectos de la morfología y fisiología del árbol frutal. Mundi-Prensa. Madrid. 103 pp.
- Gil-Albert, F. 1989b. Tratado de arboricultura frutal. Vol. II: La ecología del árbol frutal. 2ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 207 pp.
- Gil-Albert, F. 1998. Tratado de arboricultura frutal vol: II. La ecología del árbol frutal. MAPA. Mundi-Prensa. Madrid. 207 pp.
- Gilreath, P.R. y Buchanan, D. W. 1981. Rest prediction model for low-chilling "Sungold" nectarine. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 106 (4): 426-429.
- Gómez de Barreda, D. 1994. Sistemas de manejo del suelo en citricultura: Tratamientos herbicidas. Generalitat Valenciana. Valencia. 386 pp.
- Gómez, J.A. 1997. Estudio de las variedades de higueras (*Ficus carica* L.) y adaptación a la comercialización (T.F.C.). EPSO (U.P.V.), Orihuela. 116 pp.
- Guillen, C.; Puebla, M. y Toribio, F. 1995. Propagación de la higuera mediante estaquillado leñoso. VI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Barcelona.
- Hauagge, R. y Cummings, J. 1991. Dormienza e fabbisogno in freddo del melo in clima temperati e sub-tropicali. Riv. Frutt., 2: 59-64.
- Kadam y Patyl. 1984. Effects of N, P, K on fig. Journal of Maharashtra Agricultural Universities. 9 (1), Horticultural Abstracts. Tomo 54 N° 2.
- Lazcano, C.A.; Ferderick, T.D.; Sharon, A.D. y Estrada, A. 1997. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 125-126. México.
- Lopes, P.R.C., Gisbert, J.M., Gómez, I.D., Souza, L.D., de Almeida, O.A. 2000. Evaluación de dosis de ácido polimaléico en la reducción de los niveles de salinidad y sodicidad del suelo. Agrícola Vergel 217: 9-16.
- Luna, F. y Pérez, M. 1985. La tapenera o alcaparra: cultivo y aprovechamiento. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 127 pp.

- Macchia, M. y Casano, S. 1993. Propagation of caper (*Capparis spinosa* L.). Horticultural Abstracts (1994) 64 (1) 661.
- MAPA. 1997. Anuario de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Martelli, G.P.; Castellano, M.A. y Laforteza, R. 1993. An ultrastructural study of fig mosaic. Phytopathology 32: 33-43.
- Martín de Santa Olalla, F. Y De Juan, J.A. 1993. Agronomía del Riego. Mundi-Prensa. Madrid. 732 pp.
- Martínez, A. 1979. Necesidades de frío invernal de variedades de albaricoquero. INIA. Madrid. 196-202 pp.
- Martínez-Zaporta, F. 1964. Fruticultura. Inst. Nac. de Inv. Agron. (INIA) Madrid.
- Massa, J. y Luna, F. 1985. Cuidados de cultivo a la tapenera. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia. Servicio de Extensión Agraria-H.D. n° 3/85. Murcia.
- Melgarejo, P. 1996. Apuntes de Frutales de Zonas Áridas. E.P.S.O. Universidad Politécnica de Valencia. Orihuela.
- Melgarejo, P. 1996. El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal. Modelos y métodos para determinar la acumulación de frío y de calor en frutales. A. Madrid Vicente Ed. Madrid. 166 pp.
- Melgarejo, P. 1996. La higuera. Autor-Editor. Orihuela. 83 pp.
- Melgarejo, P. 1999. El cultivo de la higuera. A. Madrid Vicente, Ed. Madrid, 114 pp.
- Melgarejo, P. 1999. La tapenera. A. Madrid Vicente. Ed. Madrid, 93 pp.
- Navarro, J.F. 1995. Trabajo Fin de Carrera: Caracterización de la Región de Murcia según la acumulación de frío invernal. E.P.S.O. (U.P.V.). Orihuela. 294 pp.
- Nitransky, S. 1993. Termination of deep dormancy of generative buds in different apricot cultivars. Zahradnictvi-UZPI. 20: 1-10.
- Nosti, M. y Castro, R. 1987. Los constituyentes de las alcaparras y su variación con el aderezo. Grasas y aceites 3: 173-175.
- Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. Mundi-Prensa, 3ª Ed. Madrid. 513 pp.
- Portares, F. 1980. Fisiopatías de los cítricos. II Curso Internacional de especialización en cítricos. INIA- CRIDA 07. Valencia.
- Ponce, P. y Flores, C. A. 1997. Producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus*). una alternativa para el desarrollo rural sustentable en la Mixteca Poblana. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 185. México.
- Prat, L. 1998. Alcaparra: Métodos de cultivo, potencial productivo y procesamiento. Seminario Internacional sobre higuera, granado, alcaparra y jojoba. Facultad de Ciencias agrarias y Forestales (Universidad de Chile).
- Prataviara, A.G. y Godoy, R.A. 1985. El cultivo de la higuera. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias, Centro Regional Catamarca. La Rioja. Estación Experimental Agropecuaria Catamarca.
- Primo Yúfera, E. y Carrasco Dorrien, J.M. 1977. Química agrícola. Tomo I: Suelos y fertilizantes. Tomo II: Plaguicidas y fitoreguladores. Ed. Alhambra. Madrid.
- Puech, A.A., Rebeiz, C.A., Catlin, P.B. and Crane, J.C. 1975. J. Food Sci. 40: 775-779.
- Pugnaire, F.I. y Esteban, E. 1991. Nutritional adaptations of caper shrub (*Capparis ovata* Desf.) to environmental stress. Horticultural Abstracts (1993) 63 (2) 1448.
- Rao, R.S. y Raghavan, R.S. 1964. *Capparis mooni* Wt: a reinvestigation of its identity and value as a drug. J. Sci. Indust. Res. New Delhi. 23: 53-57.
- Rebour, H. 1970. Frutales mediterráneos (trad. de Gil-Albert, F.). Mundi Prensa. Madrid. 410 pp.

- Ricci, P. 1973. Studies on the rooting of fresh figs after harvest. *Annales de phytopathologie*: 4(2) 109-107.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D. y Walker, R.D. 1974. A Model for Estimating Completion of Rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach Trees. *Hortscience* 9: 331-332.
- Richardson, E.A.; Seeley, S.D.; Walker, R.D.; Anderson, J.; Ashcroft, G. 1975. Pheno-climatology of spring peach bud development. *Hortscience* 10(3): 236-237.
- Riquelme, A. 1994. Contribución al estudio de los estados fenológicos de la higuera (*Ficus carica* L.) EPSO (UPV). Orihuela. 89 pp.
- Rodrigo, M.; Lázaro, M.J.; Alvarruiz, A. y Giner, V. 1992. Compositions of capers (*Capparis spinosa*): Influence of cultivar, size and harvest date. *Horticultural Abstracts* (1994) 64 (3) 2234.
- Rodríguez, A. y López, J.J. 1997. Los nopales del campo experimental de Matehuala. S.L.P. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 116-117. México.
- Rodríguez, J.; Martínez, A.; Fritos, D.; Revilla, A.; Hernández, J. M. y González, E. 1987. Comportamiento, obtención y selección de material vegetal en frutales caducifolios (Centro de Murcia). Resúmenes de los proyectos de investigación de I+D. I N I A Madrid. 61-63.
- Sáenz, C. 1997. Avances en la industrialización del nopal tunero en Chile. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 39-44. México.
- Sáenz, C. 1998. Alternatives to process cactus pear. FAO international cooperation network on cactus pear. *Cactusnet newsletter* 1998. 8-10.
- Sánchez-Capuchino, J.A. 1967. Contribución al conocimiento de necesidades en frío invernal de variedades frutícolas (I, II y III). *Levante Agrícola*.
- Scif, S.A. and Hassan, M.M. 1992. Growth, yield, chilling and growing degree hours requirements of apricot trees. *Egyptian J. Hort.*, 19: 43-54.
- Shaltout, A.D. and Unrath, C.R. 1983. Rest completion prediction model for "Starkinson Delicious" apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108 (6): 957-961.
- Smith, I.M.; Dunez, J.; Lelliott, R.A. y Archer, S.A. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Mundi-Prensa. Madrid. 671 pp.
- Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 1999. Diccionario de Ciencias Hortícolas. SECH. Mundi-Prensa. Madrid. 605 pp.
- Strasburger, E.; Noll, F.; Schenck, H. y Schimper, A.F. 1986. Botánica (traducción del Dr. Oriol de Bolus). 7ª edición española. Marín, S.A. Barcelona. 1098 pp.
- Strila, 1975. The frost resistance and winter hardiness of fig species. *Referativny Zhurnal* (1974). 12.55.758. Ucrania. URRSS. In *Horticultural Abstracts*, tomo 45. N8/4702.
- Sugiyma, N.; Roemer, K and Bünnemann, G. 1991. Sugar patterns of exotic fruit from the Hannover market, Germany. *Gartenbauwissenschaft*, 3/91. 126-129.
- Tabuenca, M.C. 1964. Necesidades de frío invernal de variedades de albaricoquero, peral y melocotonero. *An. Aula Dei*, 7(3-4): 113-132.
- Tabuenca, M.C. 1965. Influencia del clima en los frutales. C.S.I.C. Estación Experimental de aula Dei. Zaragoza. 297 pp.
- Tabuenca, M.C. 1968. Necesidades de frío invernal de variedades de peral. *An. Aula Dei*, 7(3-4): 113-132.
- Tabuenca, M.C. 1971a. Caída de yemas de flor de melocotonero. *An. Aula Dei*, 11: 69-97.
- Tabuenca, M.C. 1971b. Influencia del patrón de la época de salida del reposo invernal de la variedad. *An. Aula Dei*, 11: 51-57.

- Tabuenca, M.C. 1979a. Influencia del patrón de la época de salida del reposo invernal de la variedades de melocotonero y de almendro. *An. Aula Dei*, 14(3-4): 469-475.
- Tabuenca, M.C. 1979b. Duración del periodo de reposo a distintas temperaturas y evaluación de las necesidades de frío en variedades de albaricoquero y almendro. *An. Aula Dei*, 14(3-4): 519-531.
- Tabuenca, M.C. 1980. Necesidades de frío invernal y exigencias de calor previas a la floración de variedades de ciruelo europeo. *An. Aula Dei*, 15(1-2): 148-159.
- Tabuenca, M.C. 1983. Necesidades de frío invernal de variedades de ciruelo europeo. *An. Aula Dei*, 16(3-4): 202-207.
- Tabuenca, M.C. 1984. Efectos de distintas temperaturas en otoño y en invierno sobre dos variedades de manzanos. *An. Aula Dei*, 17(3-4): 115-149.
- Tabuenca, M.C. 1985. Factores climatológicos en la producción frutal. *An. Aula Dei*, 18(3-4): 115-149.
- Tabuenca, M.C. y Herrero, J. 1966. Influencia de la temperatura en la época de floración de los frutales. *An. Aula Dei*, 8: 115-153.
- Toribio, F. 1993. Situación del cultivo de la higuera en Extremadura. *Albear* Nº 3, 46-51.
- Toribio, F. y Montes, P. 1996. Variedades de la higuera. Datos para una correcta elección varietal. *Vida Rural*. Año III. Nº 27. 92-95.
- Urbán, J. 1993. La higuera: estudio agronómico para el campo de Alhatera y Elche. E.U.I.T.A - O (U.P.V.). Orihuela. 263 pp.
- Urbano, P. 1995. Tratado de fitotecnia general. Mundi-Prensa. Madrid. 895 pp.
- Vázquez, A.R. y Gallegos, C. 1997. Efecto del estiércol en el segundo año de producción de nopal verdura. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 148-149. México.
- Vigueras, A.L.; Uanderal, C.; Soto, M. y Portillo, I.. 1997. VII Congreso nacional y V internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. 182-183. México.
- Westwood, N.H. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Mundi-Prensa. Madrid. 461 pp.

Índices de tablas, figuras, gráficos y fotos

Tablas

1. Zonas climáticas de Lang	22
2. Zonas climáticas de Martonne	22
3. Zonas climáticas de Duntón y Revenga	24
4. Balance de agua según Thornthwaite, en Orihuela (Alicante)	25
5. Tipos climáticos y siglas correspondientes al índice de humedad de Thornthwaite	26
6. Eficacia térmica según Thornthwaite	26
7. Variación estacional de la humedad, según Thornthwaite	27
8. Concentración de la eficacia térmica en verano, según Thornthwaite	28
9. Características del invierno, según UNESCO-FAO	29
10. Valores de la humedad relativa media diaria y coeficiente de sequía	32
11. Clasificación climática reducida, según UNESCO-FAO	33
12. Tipos y subtipos climáticos, según el rigor del invierno (Papadakis) (Urbano, 1995)	35
13. Tipos y subtipos climáticos de verano (Papadakis)	36
14. Caracterización climática y siglas correspondientes al índice hídrico anual (I_h) de Papadakis	38
15. Tipos climáticos según el régimen de humedad (Papadakis)	39
16. Clasificación agroclimática (Papadakis)	39
17. Exigencias climáticas de los cultivos	40
18. Datos agroclimáticos observatorio de Albacete. (Altitud: 700 m)	42
19. Datos agroclimáticos observatorio de Alicante (Altitud: 82 m)	43
20. Datos agroclimáticos observatorio de Málaga. (Altitud: 33 m)	44
21. Datos agroclimáticos observatorio de Murcia (Altitud: 59 m)	45
22. Datos agroclimáticos observatorio de Almería. (Altitud: 7 m)	46
23. Efecto de la aplicación de aceite mineral, DNOC, Tiourea (TL) nitrato de potasio en la floración, foliación y fructificación en manzano Golden Delicious, de 3 años de edad, en Videira (Brasil)	64
24. Correlación de Weinberger	66
25. Método Sharpe	69
26. Modelo Utah	70
27. Modelo de bajas necesidades	72
28. Modelo Carolina del Norte	73
29. Equivalencias temperaturas/unidades frío (Erez y Couvillón)	75
30. Temperaturas soportadas como máximo durante media hora por las diversas especies frutales (Sauner, 1960) ($^{\circ}\text{C}$)	78
31. Número de días hasta floración plena con temperaturas media superior a una dada	88
32. Unidades de calor acumuladas hasta la floración para una temperatura umbral de 6°C	89
33. Suma de las nocturnes diurnas para los diferentes valores de Q_{10}	90
34. Relación entre la temperatura y la época de floración	91
35. Pluviometría media anual en diversas regiones frutícolas españolas	97
36. Efectos producidos por la velocidad del viento	101
37. Especies utilizadas como cortavientos	104
38. Comportamientos medios de determinadas combinaciones injerto/patrón frente a la clorosis férrica	115

39. Sensibilidad a la salinidad de diferentes especies frutales	117
40. Clasificación de los suelos según su porcentaje de sodio intercambiable (Massamón, 1971)	118
41. Suelos salinos	118
42. Toxicidad específica de los iones más frecuentes en suelos salinos	119
43. Tolerancia de las plantas a la salinidad. Disminución del rendimiento	120
44. Interpretación de los niveles de fósforo en el suelo	126
45. Interpretación de los niveles de potasio, magnesio y calcio en suelo, en relación con la capacidad de intercambio catiónico	127
46. Interpretación del análisis de calidad del agua de riego	128
47. Denominación de la higuera en distintos idiomas	132
48. Distribución y producción mundial	133
49. Superficies, rendimiento, producción, valor y comercio exterior	134
50. Superficies y producciones en las provincias españolas más importantes (1995)	135
51. Superficies y producciones, por provincias, en la Comunidad Valenciana (1995)	135
52. Variedades tipo Esmirna	159
53. Variedades partenocárpicas cultivadas en España	165
54. Respuesta al enraizamiento con distintas dosis de auxinas	170
55. Resistencia diferencial a la salinidad de los principales cultivos frutales	172
56. Comportamientos medios de determinadas combinaciones injerto patrón frente a la clorosis férmica	173
57. Calibres y pesos en brevas e higos de la variedad Cotar	205
58. Producciones estuadas en los primeros años según orientación de la cosecha	205
59. Condiciones de conservación recomendadas, tiempo de almacenamiento, producción de calor y características físicas de frutas de especies caducifolias (Westwood, 1982)	207
60. Composición nutritiva de higos frescos y secos (por 100 g de porción comestible)	209
61. Composición en azúcares y ácidos orgánicos de higos frescos (por 100 g de porción comestible)	210
62. Composición en azúcares y ácidos orgánicos de brevas frescas (por 100 g de zumo)	210
63. Composición lírica y mineral de la tapenera	245
64. Exacuación de elementos minerales del suelo según su edad y producción de materia verde en kg/ha	245
65. Abonado orientativo de una plantación de alcaparra, en Kg/ha	246
66. Producción de botones florales de las variedades "Mallorquina" y "Del País", en función de la edad. Valores medios en Kg/plant	261
67. Clasificación de alcaparras por calibre	268
68. Serie histórica sobre superficie, rendimiento y producción de alcaparras en España	280
69. Análisis provincial de la producción de alcaparra	281
70. Producción de tápenas en España (1995)	282
71. Destino de la producción española de alcaparras (1995)	282
72. Serie histórica sobre superficie, rendimiento, producción y valor	283
73. Composición general de las tápenas frescas y en salmuera	287
74. Contenido en elementos minerales de las tápenas frescas y en salmuera	288
75. Contenido en aminoácidos de las tápenas frescas y en salmuera	288
76. Contenido en ácidos grasos de las tápenas frescas y en salmuera	289
77. Nombres que recibe el nopal en distintos idiomas	303
78. Composición ecuestrial en elementos minerales de las jaldas de chumbera	304
79. Composición de pencas de 6 meses a un año de edad	306
80. Constitución y contenido en sólidos solubles del fruto de <i>Opuntia Amyriclaea</i>	309
81. Importancia relativa de las principales fracciones de los frutos de chumbera	310

82. Composición química de la pulpa y corteza de los frutos de chumbera	310
83. Características termicas favorables para el cultivo del nopal	313
84. Marco y densidad de plantación según la orientación productiva	315
85. Producción media de nopalitos durante 1995 y 1996 a distintas dosis de estiércol de vacuno	320
86. Producción media estimada de las plantas de chumbera según el régimen de riego, durante los tres primeros años de crecimiento	322
87. Variedades de nopal usadas como forraje	332
88. Resultados del análisis bromatológico de <i>Opuntia ficus-indica</i> con base en materia seca	332
89. Porcentaje de digestibilidad de nopal (<i>O. ficus-indica</i>)	333
90. Análisis de calidad para cochinilla de primera obtenida en cladonio suspendido (I) y cladonio sembrado (II)	333
91. Países productores, superficies, rendimientos medios, producción, exportación e importación y consumo aparente de tuna	343
92. Serie histórica sobre superficie, rendimiento y producción de chumbera	344
93. Análisis provincial de la producción de chumbera (1995)	344
94. Producción de higos chumbos en España (1995) en algunas C. Autónomas	345
95. Características tecnológicas de la pulpa de nopal	345
96. Composición química de los cladodios (%) sobre materia seca	345

Figuras

1. Diagrama ombrotérmico correspondiente a Madrid	30
2. Diagramas ombrotérmicos y tipos climáticos	31
3. Descripción esquemática de la actividad metabólica en relación con el estado de reposo (Lavee, 1973)	19
4. Descripción esquemática de los cambios de reguladores de crecimiento en relación con el estado de reposo	50
5. Necesidades de bajas-frío según especies	54
6. Representación del método de Cross Raynaud	67
7. Espectro electromagnético y espectros de acción de algunos procesos de la planta	99
8. Esquema indicativo de los límites de eficacia de una barrera cortavientos	102
9. Formas de compensar los efectos del viento	103
10. Generador de yoduro de plata	106
11. Triángulo de texturas	109
12. Yemas vegetativa y de "breva", y cicatriz dejada por la hoja tras su caída	139
13. Esquema de un ramo de varios años en el que se aprecian las brevas y yemas terminal y axilares tomadas en el último periodo vegetativo	141
14. Hoja de higuera	142
15. Sección de un sicono. Flores masculinas y femeninas	143
16. Flores de higuera hembra y macho	144
17. Esquema de la fecundación de la higuera (Rebour, 1970)	145
18. Higos y brevas	148
19. Desarrollo de higos y brevas	153
20. Representación gráfica de los estados fenológicos de la higuera	157
21. Esquema de injerto de púa en cabeza	253
22. Esquema de evolución del género <i>Capparis</i>	286
23. Resumen de la fijación de CO ₂ en las plantas CAM	311
24. Orientaciones de la pala en la plantación	316

25. Formación del nopal	318
26. Esquema para la selección y plantación de pencas	324
27. Esquema para la propagación por fracciones de cladodios	325

Gráficos

1. Variación del peso seco en yemas de albarcoquero	58
2. Respuesta de la curva de temperatura a las tres reacciones propuestas	75
3. Diferentes tipos de estufas anti-heladas	84
4. Comparación de la producción total entre plantas podadas y sin podar (Luna y Pérez, 1985)	244
5. Producción media de tápenas al recar año en las variedades "Mallorquina" y "Del país"	261
6. Producción anual de tápenas en las variedades "Mallorquina" y "Del país"	262

Fotografías

1. Creación de nuevos suelos de cultivo en el desierto de Turpacá (Chile)	23
2. Torre de viento con estufa	83
3. Estufas y torres de viento para protección contra heladas	85
4. Rampas de lanzamiento de cohetes antigranizo. Detalle del cohete y despegue del cohete	106
5. Plantación en mesetas y protección con plástico negro	111
6. Plantación en mesetas y protección con plástico blanco	112
7. Se observan dos frutos en el mismo nudo. Las dos yemas eran fructíferas	139
8. Pollizo muy vigoroso en el que sólo se observa una yema en los nudos de la base	140
9. Pollizo de la foto anterior; se observa la existencia de 2 yemas por nudo a partir de 1.5 m de altura	140
10. <i>Blastophaga prunes</i> L., intentando penetrar en el sicono a través del estíolo	146
11. Detalle del ostiolo	146
12. Breva que ha pasado el invierno en latencia y se desarrolla en primavera	153
13. Brevas sobre un pollizo en el mes de octubre. Detendrán su crecimiento para completarlo en primavera	153
14. Yema de invierno. Se aprecian siconos hinchados	156
15. Inicio de la brotación. Se observan brevas formadas el año anterior	156
16. Yema en estado de grano de pimienta. En la primavera siguiente puede dar lugar a una breva	156
17. Pollizos junto al tronco	169
18. Renovación mediante un pollizo	169
19. Plantación de higueros en meseta	174
20. Arbol formado en espaldeta	174
21. Plantación joven, en pendiente, con riego por goteo	175
22. Aparcado del tronco	180
23. Plantación de alta densidad. Técnicas de poda en verde y nuevas formaciones	186
24. Detalle de la producción de brevas con nuevas técnicas de poda	186
25. Poda severa para estimular la formación de brevas. Obsérvese la formación baja de las ramas para facilitar la poda y la recolección	187
26. Detalle de corte de poda para forzar la producción de brevas sobre los nuevos ramos que se formarán como consecuencia	187
27. Aspecto que presenta la higuera tras la caída de la hoja	188
28. <i>Cercoplastes ruscii</i> L. Disposición sobre los nervios de la hoja	193
29. <i>Saissetia Oleae</i> Bern sobre peciolo	194

30. Breda Colar en el punto óptimo para recolección.....	204
31. Detalle de brevas envasadas en caja de madera con alveolos de cartón.....	204
32. Envasado en campo.....	204
33. Envasado de brevas Colar en almacén. Obsérvense los cubos con los que se transporta el producto desde el campo.....	207
34. Detalle de las brevas envasadas en cajas de madera con alveolos de cartón.....	207
35. Higos en almíbar.....	211
36. Frasco de higos en almíbar.....	211
37. Aspecto de los higos.....	211
38. Árbol de Esmirna.....	218
39. Higo de Esmirna.....	218
40. Aspecto interior de higo de Esmirna.....	218
41. Árbol de Calabacita en secano.....	218
42. Árbol de Calabacita. Formulario tradicional en Extremadura para permitir el paso de animales bajo la copa.....	219
43. Higos de Calabacita.....	219
44. Mutación de Calabacita.....	219
45. Brevas de Cuello de Dama Blanco.....	219
46. Breda de Cuello de Dama Blanco. Obsérvese el color violeta que toma la pulpa al entrar en contacto con el aire.....	219
47. Árbol de Cuello de Dama Negro en secano.....	220
48. Breda de Cuello de Dama Negro.....	220
49. Breda de Cuello de Dama Negro. Obsérvese el color granate de la pulpa.....	220
50. Brevas e higos de la variedad De Rey.....	221
51. Higos de la variedad San Antonio.....	221
52. Huerto de Colar.....	221
53. Breda de Colar madura.....	221
54. Detalle de la productividad y tamaño de las brevas de Colar, próximo a la madurez.....	222
55. Variedad Verdal. El higo de mayor tamaño ha iniciado el agrietado y está prácticamente maduro.....	222
56. Higo Verdal prácticamente maduro.....	222
57. Higo Verdal maduro. Posee una tonalidad más roja (por ser un genotipo) y que exuda líquido azucarado por el ostiolo.....	222
58. Nazaret (todavía en desarrollo).....	222
59. Breda de Libertio.....	223
60. Breda de Lanzuga, todavía sin madurar.....	223
61. Apretos de breva Colar. En este caso los frutos no contienen semillas viables.....	223
62. Detalle de <i>C. Rasca</i> L. sobre nervios.....	223
63. <i>C. Rasca</i> L. sobre higo, rama y hoja.....	223
64. Daños ocasionados por pedrisco en ramas y hojas.....	223
65. Detalle de la recolección.....	224
66. Detalle de brevas recolectadas en caja de campo.....	224
67. Detalle de brevas Colar envasadas en cajas de cartón con alveolos de plástico.....	224
68. Tapenera en el desierto de Tarapacá (Chile).....	226
69. Crecimiento de alcaparra sobre un muro de hormigón y piedra.....	229
70. Crecimiento de alcaparra en el muro de un puente.....	229
71. Imágenes típicas de alcaparra sobre el Muro de las Lamentaciones en Jerusalén.....	229
72. Detalle de las plantas en el muro de la fotografía superior (70).....	229
73. Planta de alcaparra de gran desarrollo.....	230

74. Planta en pendiente de margas calizas, donde prácticamente no crecen otras plantas	231
75. Planta silvestre, con brotaciones del año y ramos secos del año anterior	231
76. Detalle de las espinas.....	232
77. Detalle de espinas en planta deshojada.....	233
78. Planta con tapenas y flores abiertas.....	234
79. Detalle de flor abierta	234
80. Detalle de un ramo con brotaciones anticipadas y de tapenas	235
81. Capuzones.....	235
82. Planta silvestre seca en invierno	237
83. Planta silvestre sobre margas calizas.....	237
84. Tapenera con malla plástica antihierba	237
85. Tapenera de 2 años en el desierto de Tarapacá (Chile), asociada a olivo y regada por goteo.....	240
86. Tapenera en pared vertical de gravas, prácticamente en la cumbre de un monte, en zona muy seca.....	240
87. Tapenera sobre terreno suelto, en zona muy seca.....	240
88. Tapenera en secano, asociada a alhuendo, en suelo pedregoso muy seco.....	240
89. Tapenera en secano, en zona muy árida del Sureste español	241
90. Tapenera en secano, asociada a alhuendo	241
91. Plantación de tapeneras en Pantellería	247
92. Detalle de tapenas en planta sin espinas	247
93. Semillas de alcaparra, invadas y secas	250
94. Plantas recién germinadas	251
95. Detalle de una planta	251
96. Detalle de los ramos en producción en planta sin espinas	255
97. Detalle de ramos productivos y flor en planta sin espinas	255
98. Planta sin espinas con ramos erectos	256
99. Detalle de ramo erecto.....	256
100. Banco de genofitos de alcaparra	257
101. Estado de la planta tras la recolección de tallos	263
102. Presentación de tapenas y capuzones en frascos de cristal	263
103. Tapenas encurtidas	264
104. Capuzones encurtidos	264
105. Bamales de madera con tapenas en maceración al sol	266
106. Detalle de los bamales de madera	266
107. Bamales de plástico a la espera de ser ocupados por tapenas	267
108. Tallo (izquierda), tapenas y flor abierta (derecha abajo) y fruto (derecha arriba)	290
109. Planta sin espinas.....	290
110. Planta sin espinas.....	290
111. Brote de alcaparra	291
112. Detalle de haz y envés de las hojas	291
113. Tallo en crecimiento. Los capillos más alejados del ápice comienzan a abrirse.....	291
114. Detalle del engrosamiento de las hojas debido a condiciones climáticas adversas	291
115. Sección longitudinal del fruto	291
116. Evolución de tapenas (capullos florales) a capuzones (fruto)	292
117. Sección transversal del fruto.....	292
118. Planta silvestre no podada, con nuevas brotaciones en primavera.....	292
119. Poda de una planta adulta	292
120. Planta adulta podada	292
121. Producción de tapenas en planta sin espinas.....	293

122. Detalle de rápenas de la planta anterior.	293
123. Detalle de rápenas y flor abierta	293
124. Detalle de la fructificación	293
125. Tapacera en el desierto de Tarapacá (Chile) asociada a olivo y regada por goteo.	293
126. Plantación regular de alcaparras en secano	293
127. Detalle de planta cultivada sobre meseta y regada por goteo.	294
128. Fruto abierto, apto para la obtención de semillas	294
129. Detalle de flor de tapacera en antesis	294
130. Detalle de la producción de rápenas en el brote	294
131. Detalle de la apertura de los botones florales más alejados del ápice	294
132. Preparación del terreno para semillero en suelo	295
133. Plantas recién germinadas.	295
134. Detalle de las plantas de semilla	295
135. Enraizamiento de estaquillas herbáceas sobre camas calientes y sistema de nebulización.	295
136. Detalle de estaquillas herbáceas	295
137. Aspecto de clon seleccionado por productividad y porte erecto	296
138. Aspecto que muestra una planta en plantación regular de secano	296
139. Planta sin espinas, color verde	296
140. Planta rotada, de porte erecto	296
141. Detalle de la producción de rápenas y flores abiertas en planta sin espinas	296
142. Semillas completas y secciones.	296
143. Panorámica del antiguo mercado o tianguiztil de la ciudad de Tlatelcoaco	300
144. Nopal de pencas elípticas, sin espinas	305
145. Nopal de palas más alargadas que el anterior	305
146. Nopales de más de 50 años en los que se aprecian troncos de abscisión circular en agosto	306
147. Brotación de un nuevo cladodio en el que se aprecian las hojas	307
148. Cladodio de <i>Opuntia ficus-indica</i> en el que se observa la areola con espinas y ahucates.	308
149. Detalle de flor abierta, otras abriendo	309
150. Detalle de las areolas de los frutos	311
151. Detalle de corte de poda bien realizado	317
152. Detalle de corte de poda mal ejecutado.	317
153. Cladodios podados	318
154. Plantación para obtener nopalitos en microtúneles.	331
155. Daños por grunzo y pedrisco	335
156. Sección de cladodio en el que se observa el clorénquima y el parénquima medular	353
157. Nopal de más de 50 años, en una zona sin suelo y con los cladodios doblados por la falta de agua (mes de agosto) y el peso de la cosecha	353
158. Formación de nuevos cladodios en los que se observan las espinas de las axilas de las hojas, distribuidas casi regularmente por el cladodio	353
159. Cladodio de <i>Opuntia ficus-indica</i> sin espinas en el que se observan las areolas y brotes de flor en el borde	353
160. Abeja en interior de flor en nopal sin espinas	354
161. Detalle de flor abierta en nopal con espinas	354
162. Flor naranja en nopal con espinas	354
163. Flor amarilla en nopal con espinas	354
164. Frutos en planta con falta de agua en agosto	355
165. Frutos en planta sin déficit de agua en el mes de agosto	355
166. Brotación de yemas fructíferas sobre frutos existentes	355

167. Detalle del "ombbligo" del fruto.....	356
168. Semillas de nopal con restos de pulpa	356
169. Plantación comercial con riego por goteo en España.....	356
170. Nopal con espinas en el norte de Chile	357
171. Nopales silvestres	357
172. Detalle de corte de un cladodio en la poda	358
173. Nopal con producción de frutos exclusivamente en el borde del cladodio	358
174. Plantación de pencas para nopalitos	358
175. Plantación de nopal para verdur	359
176. Daños por pedrisco y granizo	359
177. Nopal silvestre de gran producción	359
178. Cortes practicados para facilitar el pelado de] fruto	359
179. Pelado del fruto	359
180. Nopales encunidos	359
181. Cultivo asociado de nopal y granado	360
182. Daño por roedores	360
183. Fruto maduro	360