

1

Dagoberto Castro Restrepo
Jesús Jaiber Díaz García
Raquel Serna Betancur
María Denis Martínez Tobón
Paola Andrea Urrea
Katalina Muñoz Durango
Edison Javier Osorio Durango

 Colección
CIENTAS
tecnología y salud



Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales

 **UCO**
Universidad Católica de Oriente



Colección
Ciencias
tecnología y salud

1

Cultivo y producción
de plantas aromáticas y medicinales



1

Dagoberto Castro Restrepo
Jesús Jaiber Díaz García
Raquel Serna Betancur
María Denis Martínez Tobón
Paola Andrea Urrea
Katalina Muñoz Durango
Edison Javier Osorio Durango



Cultivo y producción

de plantas aromáticas y medicinales

Castro Restrepo, Dagoberto

Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales.

Dagoberto Castro Restrepo, Jesús Jaiber Díaz García, Raquel Serna Betancur, María Denis Martínez Tobón, Paola Andrea Urrea, Katalina Muñoz Durango, Edison Javier Osorio Durango

2 ed. Rionegro: Universidad Católica de Oriente, 2013.

98p. ; 14x23 cm. Colección Ciencias, Tecnología y Salud

ISBN versión impresa: 978-958-8385-73-0

ISBN versión digital: 978-958-8385-74-7

1. Selección de plantas madre. 2. Propagación sexual y asexual. 3. Manejo agronómico. 4. Metabolitos secundarios

© Dagoberto Castro Restrepo

© Jesús Jaiber Díaz García

© Raquel Serna Betancur

© María Denis Martínez Tobón

© Paola Andrea Urrea

© Katalina Muñoz Durango

© Edison Javier Osorio Durango

© Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente

Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales. Colección

ISBN versión impresa: 978-958-8385-73-0

ISBN versión digital: 978-958-8385-74-7

Segunda edición, 2013

Título original primera edición 2011: Importancia de la calidad en el material de siembra en plantas aromáticas y medicinales

Grupos de Investigación: Unidad de Biotecnología Vegetal, Agroindustria (Universidad Católica de Oriente) y Grupos de Sustancias Bioactivas (Universidad de Antioquia).

Canciller: Mons. Fidel León Cadavid Marín

Rector: Mons. Darío Gómez Zuluaga

Director Académico: (E) Wolfy Leandro Ríos Betancur

Director de Investigación y Desarrollo: Dagoberto Castro Restrepo. Ph.D.

Editor: Dagoberto Castro Restrepo. Ph.D.

Diseño y diagramación: Ana Milena Gómez C., Canvas

Corrección de estilo y forma: Divegraficas Ltda.

Diseño de portada: Mauricio Márquez, Canvas

Fotografías: Unidad de Biotecnología Vegetal - UCO * Unidad de Sanidad Vegetal - UCO

Dirección editorial:

Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente

editorialuco@uco.edu.co

www.uco.edu.co

PBX: +(57)(4)5699090

Sector 3. Cra. 46 N° 40B-50 (Rionegro, Antioquia – Colombia)

Impresión:

Divegraficas Ltda.

Carrera 53 No. 54-30 PBX: 511 76 16 Medellín, Colombia

www.divegraficas.com

Este documento se puede reproducir con fines académicos, citando la fuente respectiva. Todas las obras editadas por el Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente son arbitradas.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES	13
2. SELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL	17
2.1. Plantas medicinales y aromáticas de interés	18
2.1.1. Manzanilla (<i>Matricaria chamomilla</i> L.) (Publicada en: Species Plantarum 2: 891. 1753)	19
2.1.2. Caléndula (<i>Calendula officinalis</i> L.) (Publicada en: Species Plantarum 2: 921. 1753)	20
2.1.3. Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.) (Publicada en: Species Plantarum 2: 827, 1753)	21
2.1.4. Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.) (Publicada en Species Plantarum 2: 591, 1753)	22
2.1.5. Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) (Publicada en: Species Plantarum 1: 23. 1753)	22
2.1.6. Diente de león (<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.) (Publicada en: Primitiae Florae Holsaticae 56. 1780)	23



2.1.7. Falso diente de león (<i>Hypochaeris radicata</i>) (Publicada en: Primitiae Florae Holsaticae 56. 1780).....	24
2.1.8. Menta (<i>Mentha piperita</i> var. <i>citrata</i>).....	26
3. PROPAGACIÓN DE PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES.....	29
3.1. Propagación sexual.....	29
3.1.1. Caléndula.....	29
3.1.2. Manzanilla.....	30
3.1.3. Diente de león.....	31
3.1.4. Alcachofa.....	31
3.2. Propagación asexual o vegetativa.....	31
3.2.1. Minijardines clonales hidropónicos (MJCH)...	33
Establecimiento de plantas madres o minicepas	33
Enraizamiento de miniestacas a partir de minicepas.....	35
Enraizamiento de miniesquejes de romero	35
Enraizamiento de miniesquejes de tomillo	36
Enraizamiento de miniesquejes de menta	37
Producción de esquejes de alcachofa.....	38
3.2.2. Propagación <i>in vitro</i>	39
Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.).....	40
Menta (<i>Mentha x piperita</i> L.)	42
Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.).....	42



4. MANEJO AGRONÓMICO	47
4.1. Análisis de suelos.....	48
4.2. Análisis de agua.....	50
4.3. Cultivo de caléndula (<i>Calendula officinalis</i> L.)	50
4.4. Cultivo de manzanilla (<i>Matricaria chamomilla</i>)	52
4.5. Cultivo de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.)	54
4.6. Cultivo de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.).....	56
4.7. Cultivo de romero (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	58
4.8. Cultivo de Diente de León (<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.).....	61
4.9. Cultivo de menta (<i>Mentha piperita</i> var. <i>citrata</i>).....	62
4.10. Instalación del acolchado plástico o “mulch” ..64	
4.11. Utilización de microorganismos y extractos vegetales para mejorar la calidad de plantas aromáticas y medicinales.....	65
4.12. Especificaciones técnicas de la marquesina ..66	
5. PROBLEMAS FITOSANITARIOS	67
5.1. Enfermedades	67
5.2. Plagas.....	67
6. METABOLITOS SECUNDARIOS	75
6.1. Compuestos fenólicos.....	76
6.1.1. Los fenilpropanos (compuestos C_6C_3)	78
6.1.2. Los lignanos o compuestos $(C_6C_3)_2$	78
6.1.3. Las cumarinas (compuestos C_6C_3)	79
6.1.4. Los flavonoides (compuestos $C_6C_3C_6$).....	79



6.1.5. Las antraquinonas	80
6.2. Terpenoides	81
6.2.1. Clasificación de los terpenoides	81
6.2.2. Los aceites esenciales.....	83
6.3. Los alcaloides	86
6.3.1. Papel de los alcaloides en los vegetales.....	87
6.4. Metabolitos analizados en material vegetal cultivado en el Oriente Antioqueño.....	88
6.4.1. Resultados.....	90
REFERENCIAS.....	93



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plantas medicinales y aromáticas de interés.....	25
Figura 2. <i>Mentha piperita L.</i> , <i>Mentha spicata L.</i> y <i>Mentha suaveolens Ehrh.</i>	27
Figura 3. Infraestructura básica de minijardines clonales hidropónicos.....	34
Figura 4. Cosecha y siembra de miniesquejes de romero.	36
Figura 5. Cosecha y siembra de miniesquejes de tomillo.....	37
Figura 6. Cosecha y siembra de miniesquejes de menta.....	38
Figura 7. Rompimiento de dominancia apical e inicio de brotación de alcachofa.	39
Figura 8. Establecimiento, proliferación, elongación y aclimatización de <i>Thymus vulgaris L.</i>	41
Figura 9. Establecimiento, proliferación, elongación y aclimatización de <i>Mentha piperita L.</i>	43
Figura 10. Establecimiento, proliferación, elongación y aclimatización de <i>Cynara scolymus L.</i>	44
Figura 11. Vista isométrica virtual y real de la herramienta de recolección de caléndula y manzanilla.....	52
Figura 12. Vista isométrica virtual y real de una herramienta de recolección alcachofa.....	56
Figura 13. Vista isométrica virtual y real de una herramienta de recolección tomillo.	58



Figura 14. Vista isométrica virtual y real de una herramienta de recolección romero y menta.....	60
Figura 15. Vista isométrica virtual y real de una herramienta de recolección diente de león.....	62
Figura 16. Instalación del acolchado plástico.	65
Figura 17. Marquesina para el secado de plantas aromáticas.....	66
Figura 18. Proceso que se lleva a cabo para realizar el análisis de un material vegetal.....	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Enfermedades	68
Tabla 2. Plagas.....	70
Tabla 3. Rutas biosintéticas a los principales metabolitos secundarios.	76
Tabla 4. Clases de compuestos fenólicos en plantas.....	77
Tabla 5. Aplicaciones y usos de los aceites esenciales.....	86



INTRODUCCIÓN

La cadena productiva de plantas medicinales y aromáticas en Colombia presenta una creciente dinámica productiva. Se estima que el sector genera 8.200 empleos directos en laboratorios, que hoy alcanzan cerca de 100 empresas y más de 2.500 establecimientos comercializadores. Estos eslabones han generado en años recientes una infraestructura considerable que impacta principalmente las últimas etapas del proceso (transformación y comercialización). Sin embargo, existe una etapa inicial que, como premisa general, debería considerarse de mayor importancia e impacto, como es la producción de materias primas (plantas, partes de plantas, secas o húmedas, pulverizadas o no y en diferente estado de embalaje). Considerando que el 54% de los laboratorios utiliza como materia prima vegetal plantas medicinales, el 23% extractos vegetales, y el otro 23% diferentes tipos de materia prima, como pulpas de fruta fresca, alimentos y plantas pulverizadas, es importante centrar la atención en los procedimientos de producción del material vegetal, toda vez que el 56% de estas plantas son registradas como provenientes de cultivo. Entre ellas se encuentran algunas de alta demanda, como la alcachofa (*Cynara scolymus*), la caléndula (*Calendula officinalis*), la valeriana (*Valeriana officinalis*) y el romero (*Rosmarinus officinalis*).

Pese a la gran demanda actual por plantas medicinales y aromáticas, existe un problema notorio con la oferta, caracterizada por productos que no cumplen los requerimientos mínimos de higiene y buenas prácticas agrícolas (BPA); de allí que las empresas transformadoras prefieran importar las materias



primas o comprar el material fresco a muy bajo precio y realizar ellos mismos todos los análisis de control de calidad, asumiendo los riesgos que esto conlleva, a saber: una alta heterogeneidad en el producto final, no trazabilidad dado que se desconoce la fuente y la falta de control en los pasos claves de la transformación post-cosecha. Por tal razón, se hace necesario desarrollar una cadena productiva de plantas medicinales y aromáticas, en la cual se plantee el cumplimiento de todos los requisitos necesarios en el cultivo, la recolección y el procesamiento (secado, molienda, empaque), de tal manera que la materia prima se ajuste a unos requerimientos de calidad microbiológica, química y fisicoquímica, de acuerdo con la normatividad vigente en el país (Decreto 2266 de Julio 15, 2004) y en armonización con la legislación internacional (monografías).

En este proceso de fortalecimiento de la cadena productiva de plantas medicinales y aromáticas, se requiere involucrar a todos los eslabones o actores, entre ellos, el de los productores, mirado como uno de los principales aportantes al ejercicio productivo de los cultivos de plantas medicinales y aromáticas y a la consolidación de los mercados internos y externos.

El presente documento pretende contribuir al mejoramiento de la calidad y la trazabilidad de la materia prima cultivada en el Oriente Antioqueño, incluyendo: la alcachofa, la caléndula, el diente de león, la menta, la manzanilla, el romero y el tomillo. La propuesta se basa en la identificación de modelos productivos adaptados a las condiciones regionales para especies seleccionadas. Sin lugar a dudas, la generación de un ingreso complementario a la producción actual, junto con el fortalecimiento de la capacidad de producción, mejorará la competitividad en los mercados nacionales e internacionales.



1. IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES

Las plantas medicinales contienen sustancias químicas que se conocen como principios activos; éstos ejercen una acción farmacológica beneficiosa o perjudicial sobre el organismo vivo. Su utilidad primordial, a veces específica, es servir como droga o medicamento que alivie la enfermedad o restablezca la salud perdida. Por lo tanto, la droga se obtiene de las partes del vegetal que contienen los principios activos, es decir, su parte útil. Si sufre una manipulación diferente del secado o el troceado, la droga se denomina medicamento. A su vez, las plantas aromáticas son aquellas plantas medicinales cuyos principios activos están constituidos, total o parcialmente, por esencias. En este mismo sentido, las plantas condimentarias o especias son plantas aromáticas que el hombre utiliza en los alimentos para acentuar y mejorar el sabor, olor y color de los alimentos.

Las plantas aromáticas, condimentarias y medicinales han experimentado un auge en la demanda, a tal punto que se ha configurado un mercado de características particulares. De concedérsele la importancia y la atención necesarias se podría crear un nuevo renglón productivo con grandes posibilidades en el mercado mundial y la posibilidad de generar importantes divisas para el país y el departamento, con el impulso al empleo que ello supone.

La oferta colombiana de plantas aromáticas y medicinales ha estado circunscrita durante muchos años al cultivo rústico y tímido de unos pocos agricultores que, animados por sus costumbres ancestrales, han conservado estos cultivos en sus pe-



queñas parcelas, de allí la percepción general del problema de informalidad. Para mantener e incrementar los volúmenes de producción se requiere incorporar tecnología y seleccionar cultivares adecuados para cada zona.

En el caso de cultivos como la alcachofa, la caléndula, la hierbabuena, la manzanilla, el romero y el tomillo, uno de los problemas es la falta de materiales de siembra debidamente caracterizados por su adaptación a las condiciones agroecológicas de la región del Oriente Antioqueño, y que estas garanticen una materia prima, que cumpla los requisitos de calidad de la industria farmacéutica. Entre las causas de esta problemática se encuentran la informalidad en la obtención de materiales de siembra, pues por lo general su empleo está soportado en el conocimiento empírico. Así, los productores seleccionan sus propios materiales y los intercambian con sus vecinos, ya que no existen centros de distribución que garanticen el abastecimiento de este insumo. Esta situación conlleva a que existan materiales con calidades muy disímiles, lo que hace muy importante tanto su exacta determinación taxonómica como la calidad de los principios activos que se desean aprovechar.

Aunque no se dispone de información sobre rendimientos de los cultivos anteriormente mencionados, se puede tomar la situación general del país donde se informa cómo ha crecido el área sembrada a un ritmo promedio del 10%, tomando como referencia unas 650 Ha en el 2006. Sin embargo, se aprecia que los rendimientos han disminuido hasta en un 50%, si se compara las 9 tn/ha en el 2005 frente a 5 tn/ha en el 2006, lo cual se refleja como un efecto de la situación anterior (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, s.f.).

Si se quiere tener una participación eficaz en el mercado nacional e internacional de plantas medicinales y aromáticas, es necesario abordar el paradigma de la calidad. Esto se refiere básicamente a obtener productos bajo procesos controlados, con producción limpia u orgánica y con un cumplimiento estricto de la normatividad. Debemos desarrollar plantas medicinales por un lado, con un alto rendimiento en material vegetal, pero tam-



bién en principios activos. Esto es un gran reto, ya que tradicionalmente se acostumbra a medir la producción en volúmenes o peso de lo que se obtiene en el campo. Sin embargo, en lo que respecta a las plantas medicinales, el volumen es solo una parte del éxito, pues después se debe secar la planta y analizar el o los principios activos que van a marcar la verdadera calidad del producto. Se requiere, por lo tanto, seguir protocolos de selección y propagación del material de siembra con altos estándares de calidad.

La presente edición está estructurada en seis apartados. El primero se refiere a una breve reseña sobre la importancia de las plantas aromáticas y medicinales. El segundo y el tercer apartado se ocupan de la selección del material, donde se describe la utilización de la caracterización botánica para garantizar que se cultivarán los géneros y especies verdaderos y las técnicas de propagación mediante cultivo de tejidos vegetales *in vitro* y en minijardines clonales hidropónicos. En el cuarto y quinto capítulos, se presentan los procesos de manejo agronómico y las enfermedades y plagas que afectan a los cultivos. Finalmente en el sexto capítulo se abordan los aspectos relacionados con la presencia de metabolitos secundarios como sustancias que le aportan valor agregado.



2. SELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

El primer paso en cualquier proceso de propagación es seleccionar el material vegetal con características agronómicas superiores, de manera que se pueda garantizar un alto rendimiento en la producción de biomasa. Para este tipo de plantas adicionalmente se requiere garantizar la cantidad y calidad de sus principios activos. De este modo, en la selección se acumulan genes en una población con el fin de controlar la expresión de las características esperadas. La selección en poblaciones silvestres es la forma más común de mejoramiento de especies medicinales, porque muchas de las especies se encuentran en estado silvestre con alta variabilidad genética (Pank, 2006). Los métodos de selección más usados en este proceso son: la selección masal, la hibridación y, en especial, el mejoramiento clonal, en cuanto permite incorporar la ganancia genética y acortar los procedimientos de mejoramiento. A continuación se describe cada uno de los métodos.

- *Selección masal o natural:* requiere la prospección y el inventario botánico, genético y químico de los materiales existentes. El inventario botánico permite revelar la homogeneidad o heterogeneidad morfológica en individuos en los que la presencia o dominancia de componentes químicos se debe bien a factores externos del medio ambiente (ecotipos), o bien a factores genéticos del individuo (genotipos), y a la composición química (quimiotipos) (Muñoz, 2002).
- *Hibridación:* es el cruzamiento de variedades o razas de una misma especie o de dos especies próximas o distantes. Nu-



merosas hibridaciones de estas plantas presentan ciertas ventajas con respecto a sus padres, como mayor vigor y resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a la sequía o contenido de principios activos. En este aspecto se destaca la especie menta piperita (*M. aquatica* X *M. viridis*).

- *Mejoramiento clonal*: en los ejemplares preseleccionados químicamente según su procedencia, se toman pequeñas muestras de individuos con la expresión fenológica más favorable para la extracción y el análisis de sus componentes, así como esquejes o hijos para reproducir vegetativamente el genotipo preseleccionado. La reproducción se hace mediante técnicas convencionales de enraizamiento o por cultivo de tejidos, tal como se mostrará más adelante. Posteriormente, las plantas seleccionadas se llevan a ensayos experimentales de clones, donde se evalúan en diferentes condiciones agroambientales con el propósito de estudiar su evolución fenológica y química. Las plantas que conservan unas características similares o superiores a la planta madre original se pueden considerar genotipos, y ejemplares aptos para la multiplicación vegetativa o bien para obtener semilla.

2.1. Plantas medicinales y aromáticas de interés

La oferta colombiana de plantas aromáticas y medicinales se ha desarrollado como actividad agrícola con bajo perfil tecnológico en pequeñas parcelas, centrado pocas especies y familias, de uso aromático especialmente. Aunque la mayoría de estas hierbas y especias son muy conocidas en el Antiguo Mundo, existen especies y variedades bien adaptadas o propias de nuestra biodiversidad que algunos expertos señalan como las más prometedoras, en el esquema de producción sostenible, para la comercialización, bien sea como productos frescos y secos, o como sus derivados procesados, tales como aceites esenciales, oleorresinas



y extractos hidroalcohólicos requeridos por la industria, como por ejemplo, la industria fitofarmacéutica, de importante desarrollo actualmente en el mundo.

De acuerdo con encuestas realizadas por el Instituto Alexander von Humboldt (Díaz, 2003), en el país se distribuyeron y comercializaron un total de 156 plantas medicinales y aromáticas. La especie con mayor volumen de comercialización en el país es la caléndula (*Calendula officinalis*), según consideró el 63,3% de los laboratorios naturistas que participaron en la mencionada encuesta. A esta planta le sigue la alcachofa (*Cynara scolymus*), con un 54,5%, y la valeriana (*Valeriana officinalis*), con un 45,5%. Otras plantas de interés son el diente de león (*Taraxacum officinale*), la menta (*Mentha piperita*), la manzanilla (*Matricaria chamomilla*), el romero (*Rosmarinus officinalis*) y el tomillo (*Thymus vulgaris*).

A continuación se presenta una descripción botánica de las siete especies de plantas aromáticas y medicinales de interés, así como información relevante de las mismas. Es conveniente aclarar que los usos tradicionales que se reportan para las especies vegetales corresponden a los encontrados en la bibliografía y, como es natural, no todos ellos han sido objeto de una comparación científica, por lo tanto, para efectos de utilización con fines medicinales, solamente se tendrán en cuenta las indicaciones reportadas en el *Vademécum colombiano de plantas medicinales* (Ministerio de la Protección Social, 2008).

2.1.1. Manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) (Publicada en: *Species Plantarum* 2: 891. 1753)

- **Nombre común:** Manzanilla, manzanilla de Aragón, manzanilla dulce, camomila.
- **Familia:** Asteraceae.
- **Descripción:** la manzanilla es una hierba de tallo erecto y glabro, que crece hasta 50 cm de altura; las hojas son alternas y bipinnatisectas de color verde claro y muy aromá-



ticas. Las ramas terminan en capítulos con un botón en el centro (flores) de color amarillo, y una corona de brácteas en forma de lengüetas de color blanco (Figura 1a).

- **Distribución:** planta europea y del norte de Asia, propia de climas fríos (García, 1975).
- **Parte utilizada:** flores.
- **Usos tradicionales:** la planta se emplea para tratar dolores menstruales, dolor de estómago, dolor de cabeza y de dientes, diarrea, cólicos, úlcera gástrica, dispepsia, cefalea, hemorroides y flatulencia. Se usa además como antiinflamatorio, fungicida, bactericida, espasmolítico y expectorante. Alivia y relaja los nervios; se emplea también en ataques de asma (Ministerio de la Protección Social, 2008).
- **Indicaciones:**
 - *Uso interno:* antiinflamatorio, antiespasmódico, coadyuvante en el tratamiento sintomático de trastornos digestivos.
 - *Uso externo:* antiinflamatorio, coadyuvante en el tratamiento de inflamaciones e irritaciones de piel y mucosas (Ministerio de la Protección Social, 2008).

2.1.2. Caléndula (*Calendula officinalis* L.)

(Publicada en: *Species Plantarum* 2: 921. 1753)

- **Nombre común:** botón de oro, corona de rey, flamenquilla, flor de difunto, entre otros.
- **Familia:** Asteraceae.
- **Descripción:** la caléndula es una planta herbácea hasta de 80 cm de altura, ramificada, con tallos erectos y pubescentes. Las hojas son alternas, con un margen entero o un ligeramente denticuladas, de consistencia suculentas. Las flores están en capítulos terminales o axilares, con un pedúnculo floral de hasta 18 cm, pubescentes con flores desde amarillo-blanco hasta anaranjadas (García, 1975) (Figura 1b).
- **Distribución:** es una planta originaria del sur de Europa y Asia, cultivada en climas fríos de Colombia.



- **Parte utilizada:** flores.
- **Usos tradicionales:** la caléndula es ampliamente utilizada como antiinflamatorio, antiséptico, astringente, estimulante hepático y especialmente de la actividad biliar. Las flores se emplean en caso de acné, contusiones, golpes, torceduras, eczemas, quemaduras, picaduras de insectos, irritaciones cutáneas. Los pétalos retirados de la cabezuela se emplean contra trastornos ginecológicos (amenorrea, dismenorrea y vulvovaginitis) y en forma de colirios contra la conjuntivitis (Ministerio de la Protección Social, 2008).
- **Indicaciones:**
 - *Uso interno:* antiinflamatorio. Tratamiento de alteraciones inflamatorias bucofaríngeas.
 - *Uso externo:* antiinflamatorio, cicatrizante. Tratamiento tópico de inflamaciones de piel y mucosas (Ministerio de la Protección Social, 2008).

2.1.3. Alcachofa (*Cynara scolymus* L.) (Publicada en: *Species Plantarum* 2: 827, 1753)

- **Nombre común:** alcachofa, alcaucil, morrilla, etc.
- **Familia:** Asteraceae.
- **Descripción:** es una planta herbácea de tallo alto y erguido, estriado; hojas lobadas y espinescentes, con tallos que terminan en grandes cabezuelas carnosas compuestas de brácteas. Las hojas tienen color verde claro en el haz, y en el envés están cubiertas por unas fibrillas blanquecinas que le dan un aspecto pálido; en la vena principal tienen costillas longitudinales muy prominentes (Figura 1c). Las flores son de color azulado, agrupadas y con numerosas y largas brácteas. El fruto es un aquenio ovalado, de papilas plumadas (Chessi, 1998).
- **Distribución:** planta original del Mediterráneo y el noroeste de África, cultivada en climas templados, principalmente con usos alimenticios.
- **Parte utilizada:** hojas.
- **Usos tradicionales:** el jugo de la cocción de las hojas de alcachofa se utiliza popularmente en el tratamiento de la ane-



mia, la diabetes, el estreñimiento, los cálculos de la vesícula biliar y la gota. Las hojas secas en decocción, tinturas, vino medicinal o extracto son empleadas para activar la vesícula, proteger el hígado, disminuir el colesterol en la sangre y facilitar la digestión (Ministerio de la Protección Social, 2008). Además, se considera diurética y fuente nutricional de minerales, vitaminas y fibra. Por otro lado, su bajo contenido en calorías hace que sea útil en dietas adelgazantes.

- **Indicaciones:**
 - *Uso interno:* colerético, colagogo, coadyuvante en el tratamiento de dispepsias (Ministerio de la Protección Social, 2008)

2.1.4. Tomillo (*Thymus vulgaris* L.) (Publicada en *Species Plantarum* 2: 591, 1753)

- **Nombre común:** tomillo limonero.
- **Familia:** Lamiaceae.
- **Descripción:** el tomillo es una hierba erecta de 40 cm muy ramificada, con ramificaciones leñosas y algo pubescentes; posee hojas opuestas de forma variada, frecuentemente obovado-lanceoladas hasta lanceoladas-estrechas de 3 a 6 mm de largo y 1-3 mm de ancho, pubescentes y de borde entero (Figura 1d); la inflorescencia es verticilada de pocas flores color púrpura (García, 1975).
- **Distribución:** propia de la región Mediterránea y cultivada en Europa, Asia y América.
- **Usos:** fuertemente aromática. Además de usarse como condimento, sirve como antiséptico en úlceras y heridas, y en infusión contra la bronquitis, la laringitis y como antidiarreico. Combate infecciones y puede calmar migrañas.

2.1.5. Romero (*Rosmarinus officinalis* L.) (Publicada en: *Species Plantarum* 1: 23. 1753)

- **Nombre común:** romero, rosmarinos, hierba de la memoria y hierba de las coronas.



- **Familia:** Lamiaceae.
- **Descripción:** arbusto hasta de 2 m con hojas opuestas, lineales de 3 cm de largo y borde muy arrollado; coriáceas y pubescencia blanquecina o grisáceo en el envés y sésiles. Inflorescencia terminal en racimos cortos con brácteas largas (Figura 1e), las flores son de color azul lila o blanquecino (García, 1975).
- **Distribución:** se cultiva en clima frío hasta los 2800 msnm; su hábitat natural es la región mediterránea, el sur de Europa, norte de África y también el Asia menor.
- **Parte utilizada:** Hojas y flores.
- **Usos tradicionales:** En infusión, decocción o cataplasma, se usa como antiséptico, antiespasmódico, diurético e hipotensor. Principalmente de sus hojas se prepara el alcohol de romero, usado en la prevención de úlceras y para tratar dolores reumáticos y lumbagos. Su infusión se usa contra la tos y otras afecciones respiratorias. La planta se emplea como colerético, colagogo, estimulante del apetito y de las secreciones gástricas y en el tratamiento de desórdenes digestivos y flatulencia. Externamente, en forma de emplasto, para tratar eczemas o acelerar la cicatrización de heridas (Ministerio de la Protección Social, 2008).
- **Indicaciones:**
 - *Uso interno:* antiespasmódico, coadyuvante en el tratamiento de flatulencias, meteorismo y espasmos digestivos (Ministerio de la Protección Social, 2008).

2.1.6. Diente de león (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) (Publicada en: *Primitiae Florae Holsaticae* 56. 1780)

- **Nombre común:** diente de león, amargón, achicoria amarga, hocico de puerco.
- **Familia:** Asteraceae.
- **Descripción:** posee una raíz pivotante de la que se origina un tallo corto que exhibe un látex blanco en la raíz; las hojas son dentadas y dispuestas en roseta, en medio de las que levantan las inflorescencias en forma de cabezuela, con flores amarillas (Figura 1f) (Chessi, 1998).



Esta especie tiene como sinónima *Taraxacum dens-leonis* Desf. taxón que en algunos tratados botánicos se plantea como existente.

- **Parte utilizada:** hojas y raíz.
- **Distribución:** originaria de Europa, cosmopolita, abundante en subpáramo y sabanas de clima frío entre 1800 y 3000 msnm.
- **Usos tradicionales:** sus hojas se emplean en medicina popular en infusión y decocción, por sus propiedades diuréticas y estomáquicas. En Francia las mismas son empleadas en ensaladas, ya que tienen un sabor muy agradable. La raíz se usa como laxante suave, amargo, diurético y colágeno. Se emplea contra enfermedades del hígado y de la piel, para disminuir los niveles de ácido úrico en la sangre en pacientes con gota, para tratar afecciones gástricas, erradicar verrugas y para tratar el paludismo (Ministerio de la Protección Social, 2008).
- **Indicaciones:**
 - *Uso interno:* diurético, coadyuvante en el tratamiento de alteraciones de la secreción biliar (Ministerio de la Protección Social, 2008).

2.1.7. Falso diente de león (*Hypochaeris radicata*) (Publicada en: *Primitiae Florae Holsaticae* 56. 1780)

Esta especie, conocida con el nombre vulgar de diente de león, no constituye una especie aprobada como medicinal en el *Vademécum colombiano de plantas medicinales* (Ministerio de la Protección Social, 2008).

- **Nombre común:** hierba del chanco, hierba del halcón.
- **Familia:** Asteraceae.
- **Descripción:** de acuerdo con Hinojosa y Cruz (2008), es una hierba perenne de 29 a 67 cm de alto, con raíces axonomorfas; el tallo está poco o nada ramificado y es erecto, delgado, con látex. Las hojas están dispuestas en roseta basal. Las cabezuelas son homógamas, liguladas, terminales y



solitarias; el pedúnculo es similar al tallo provisto de brácteas lanceoladas de 2 a 3 mm campanulado (Figura 1g).

- **Distribución:** Originaria de Europa, norte de África y oeste de Asia.



Figura 1. Plantas medicinales y aromáticas de interés. a) *Matricaria chamomilla*; b) *Calendula officinalis*; c) *Cynara scolymus*; d) *Thymus vulgaris*; e) *Rosmarinus officinalis*; f) *Taraxacum officinale* y g) *Hypochaeris radicata*.



2.1.8. Menta (*Mentha piperita* var. *citrata*)

- **Nombre común:** menta.
- **Familia:** Lamiaceae.
- **Descripción:** es una planta herbácea, de color verde, muy ramificada con tallos erguidos y pubescentes, hojas opuestas ovaladas, un tanto aserradas y pubescentes muy aromáticas (Figura 2a). Las flores de color lila-azulado se agrupan en espigas terminales (Chessi, 1998).
- **Distribución:** es originaria de regiones asiáticas como la antigua Mesopotamia. Se cultiva bastante en Alemania, en los alrededores de Turingia; así como en Francia, Inglaterra, Rusia, India y Japón (García, 1975).
- **Parte utilizada:** hojas.
- **Usos tradicionales:** la planta se emplea como carminativo y antiflatulento, para aliviar dolores de estómago, náuseas, fiebre y dolor de cabeza. Las hojas y flores se emplean como antiespasmódicos, diaforéticos y estomáquicos (Ministerio de la Protección Social, 2008). Se usa para aliviar la congestión nasal, calmar palpitaciones cardíacas, diarreas y expulsar cálculos biliares. Es una planta típica en la comida inglesa, en la que se usa fresca o seca, ya que no pierde su aroma, además de usarse para el té; es un excelente aderezo que congenia con casi todas las comidas y aderezos. Su aroma se extrae para aromatizar licores, chocolates y caramelos. Su uso en exceso puede causar intoxicaciones.
- **Indicaciones:**
 - *Uso interno:* antiespasmódico, antiflatulento (Ministerio de la Protección Social, 2008).

El género *Mentha* está constituido por numerosas especies muy similares y, en la mayoría de las veces, bastante difíciles de clasificar, lo cual puede ocasionar la recolección de especies similares. Esto se debe a la capacidad de hibridación o mestizaje de las especies del género, entre ellas la hierbabuena (*Mentha spicata* L.) y (*Mentha suaveolens* Ehrh.) (det.: J.L. Fernández / XI-2009) Variante cultivada, con escaso indumento (probablemente por introgresión con *M. spicata* L.) (Figuras 2b, 2c).



Figura 2. a) *Mentha piperita* L., b) *Mentha spicata* L. y c) *Mentha suaveolens* Ehrh.



3. PROPAGACIÓN DE PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES

3.1. Propagación sexual

Se efectúa por medio de semillas resultantes de procesos de autofecundación o polinización cruzada natural, dependiendo de la especie. Las semillas permiten que una planta colonice una zona extensa y pueden permanecer aletargadas hasta que las condiciones sean favorables, lo que incrementa enormemente sus posibilidades de supervivencia. Según la especie, este tipo de reproducción puede ser sencillo y económico; sin embargo, tiene el inconveniente de que combina los genes de sus progenitores y genera porcentajes de variabilidad genética por lo que se pueden perder características deseables de los progenitores (Trujillo & Molano, 2007).

Muchas especies de plantas medicinales y aromáticas se reproducen por medio de semilla sexual; es el caso de la manzanilla, el diente de león, la caléndula y la alcachofa. Estas semillas se deben almacenar en un lugar adecuado, protegido de la luz solar directa, de la humedad y altas temperaturas.

3.1.1. Caléndula

La caléndula puede ser sembrada de manera directa en el campo o por trasplante. En el primer caso tiene la ventaja de hacer una sola actividad y se recomienda cuando se tienen grandes



áreas con posibilidad de mecanización; se tiene la desventaja de la poca uniformidad de las plantas. En el caso de siembra por trasplante se pueden incrementar los costos de establecimiento, pero se compensa por un desarrollo homogéneo y más rápido de las plantas.

La siembra en forma directa se siembran en filas distancias entre 50 y 70 cm., a chorrillo, con posterior raleo, o distanciadas unos 30 cm. una de otra en la línea. Una vez sembrada la semilla, se debe cubrir suavemente con una capa de 2-3 cm. de tierra.

La siembra por trasplante se realiza en bandejas semilleras de 128 cavidades, utilizando como sustrato turba o fibra de coco: cisco o cascarilla de arroz en relación 2:1. Por cada hoyo se coloca una semilla, la cual se entierra a una profundidad aproximada de 1 cm. Las bandejas se trasladan a un túnel cubierto con plástico que permita mantener la humedad (90%) y la temperatura (24°C a 26°C) con el fin de favorecer la germinación.

Cuatro días después de la siembra emergen las primeras plántulas y permanecen en esta zona durante dos semanas. El porcentaje promedio de germinación es del 85%. Pasados 35 días las plántulas están listas para llevar al campo.

3.1.2. Manzanilla

La germinación de semillas se hace en cajas semilleras. Como sustrato, se recomienda utilizar turba. El procedimiento es como sigue: se toman 2 gramos aproximadamente (esto debido a que el tamaño de las semillas es muy pequeño), se espolvorean sobre el sustrato; posteriormente, se aplica el riego con cuidado y se mantienen en condiciones de cámara húmeda. Cinco días después de la siembra, inicia la emergencia de las plántulas. Un mes después de la germinación las plántulas se trasplantan a bandejas semilleras con turba más cisco de arroz, y veinte días después, están listas para ser llevadas al campo.



3.1.3. Diente de león

Al igual que las anteriores, la germinación de las semillas puede hacerse en cajas semilleras, utilizando arena estéril o turba como sustrato. Una vez realizada la siembra, se llevan las cajas a una cámara húmeda donde se favorece la germinación, allí permanecen quince días, para luego ser trasladadas al área de aclimatación. Las plántulas inician la emergencia a los ocho días de la siembra; el trasplante a bandejas semilleras se realiza a los quince días de la emergencia, y un mes después, el material vegetal está listo para la siembra en campo. El porcentaje de germinación corresponde al 90%.

3.1.4. Alcachofa

La siembra de las semillas se realiza en cajas semilleras en las cuales se utiliza arena como sustrato; seis días después de la siembra se inicia el proceso de germinación y una vez presentan dos hojas verdaderas se trasplantan a bolsas de 300 gramos de capacidad con un sustrato compuesto por tierra negra y cisco de arroz en relación 1:1 previamente desinfectado. Se debe garantizar el riego permanente. A los sesenta días, las plántulas están listas para ser sembradas en campo. El porcentaje promedio de germinación es de 85%.

3.2. Propagación asexual o vegetativa

La propagación vegetativa o clonación se define como la reproducción de una planta a partir de una célula, un tejido o un órgano (raíces, tallos, ramas, hojas, flores). Cuando se hace multiplicación asexual, se obtiene una planta que es exactamente igual a la madre (un clon) (Trujillo & Molano, 2007). Entre las especies de plantas aromáticas y medicinales se propagan por esquejes el romero, el tomillo, la menta y la alcachofa.



Según Vásquez et al. (1997, como es citado en Trujillo & Molano, 2007), la propagación vegetativa tiene tres variantes: la primera es aquella realizada a través de partes vegetativas, como rizomas, estacas, bulbos, tubérculos, estolones, y segmentos de órganos, como tallos y hojas. La segunda es la propagación por injertos, donde se adhieren segmentos de una planta a otra receptiva más resistente o de mejores características. La tercera es la propagación mediante la técnica de cultivo de tejidos *in vitro*, en la cual células o pequeñas partes de tejidos u órganos son cultivados en condiciones controladas de laboratorio. A continuación se presentan algunas ventajas y desventajas de este tipo de propagación.

Ventajas:

- Conserva genotipos superiores que determinan características genéticas favorables, como resistencia a plagas o enfermedades, crecimiento, producción, calidad de frutos, tolerancia a condiciones extremas de humedad o sequía, etc. Estas características se pueden “perder” por el cruzamiento genético en la propagación sexual (Trujillo & Molano, 2007).
- Es más eficiente cuando la reproducción sexual no es el método más viable o eficaz.
- Propaga especies cuyas semillas presentan problemas de germinación o de almacenamiento o son de ciclo reproductivo largo.
- Aprovechar las características genéticas favorables de dos plantas en una sola planta.
- Maneja las diferentes fases del desarrollo de las plantas.
- Obtiene plantaciones uniformes o la producción de un determinado número de individuos con identidad genética.

Desventajas:

Dispersa enfermedades, especialmente bacteriales y virales; por lo tanto, se recomienda la indexación de las plantas madres.



La estrechez genética de las poblaciones propagadas vegetativamente suele convertirse en un problema, pues este tipo de reproducción no permite la recombinación genética que favorece la evolución y la adaptación de las especies (Trujillo & Molano, 2007).

3.2.1. Minijardines clonales hidropónicos (MJCH)

La técnica de MJCH es una derivación de la micropropagación que, a su vez, se fusionó con conceptos de fertirrigación hidropónica, por lo cual constituye un complemento del proceso de propagación vegetativa clonal, la cual se ha utilizado especialmente con especies forestales.

De acuerdo con Castro & Silveira (2010), la infraestructura básica de un MJCH es la siguiente: un espacio cubierto con plástico tipo invernadero (Figura 3a), distribuido en tres zonas: 1) minicepas o plantas madre (Figura 3b), ubicadas en un sustrato compuesto de arena o cuarzo y con sistema de fertirriego por goteo para una adecuada nutrición. Las minicepas se usan para la producción de miniestacas que luego serán enraizadas. 2) Cámara húmeda (Figura 3c) para el enraizamiento de las miniestacas, en la cual se controlan las condiciones de luminosidad (sombrio por lo menos en 75%), temperatura (28 a 32°C) y humedad relativa (95 al 100%). Es recomendable emplear un sistema de control de temperatura y riego mediante nebulización. Los recipientes para el enraizamiento son semilleros o preferiblemente tubetes con un sustrato compuesto por diferentes mezclas de corteza compostada de pino, turba, cascarilla de arroz o vermiculita, entre otras. 3) Aclimatización o rustificación (Figura 3d), en la cual los brotes enraizados se desarrollan hasta obtener las plantas listas para llevar a campo.

- **Establecimiento de plantas madres o minicepas**

Las minicepas se pueden originar a partir de plantas propagadas *in vitro* o de estacas o esquejes obtenidos de plantas seleccionadas. Se siembran en las canaletas, donde se uti-

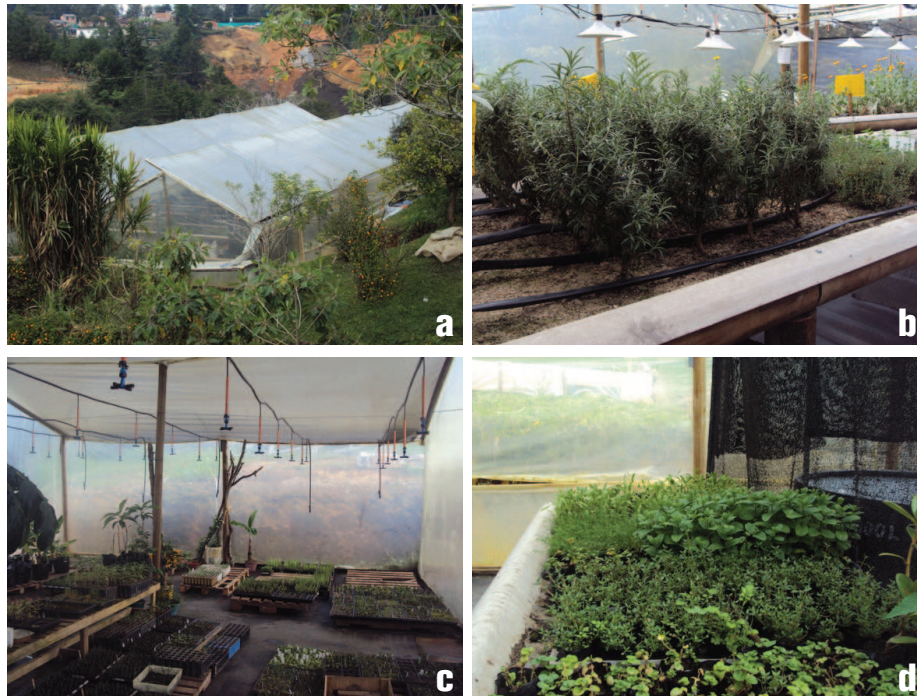


Figura 3. Infraestructura básica de minijardines clonales hidropónicos:
a) invernadero, b) minicepas en canaletas, c) cámara húmeda,
d) aclimatización.

liza como sustrato arena de río previamente desinfectada (Dazomet en dosis de 50 g/m^2). A partir del primer mes después de la siembra, las plantas reciben podas de formación. La altura recomendada para la primera poda está en el rango de 5 a 7 cm, y por planta o miniestaca deberán permitirse como mínimo un par de láminas foliares, con el fin de promover la brotación axilar. Se recomienda una densidad de siembra de 80 a 100 unidades por metro cuadrado.

- **Nutrición:** la fertilización de los materiales establecidos en minijardines clonales se realiza periódicamente. Para ello, se utilizan sales minerales, como sulfato de amonio (5g/L), nitrato de potasio (2g/L) y ácido fosfórico (2ml/L), con una periodicidad de tres veces a la semana. Además, se pueden aplicar biopreparados, como el caldo súper cuatro, el cual aporta gran cantidad de elementos menores. El volumen de riego se recomienda de cinco a siete L/m^2 por día.



- **Control fitosanitario:** se realizan periódicamente monitoreos de plagas y enfermedades para determinar prácticas de manejo y control. Para ello, se revisa el haz y el envés de las hojas, los ápices de los esquejes, el sustrato, entre otros. Normalmente se observan plagas como áfidos, larvas comedoras de follaje, larvas de fungus gnat, que causan daños a las plántulas y son difíciles de controlar. En cuanto a las enfermedades, se puede presentar cenicilla en romero y alcachofa, que se controla fácilmente aplicando productos azufrados (Elosal 3cc/L).

- **Enraizamiento de miniestacas a partir de minicepas**

La propagación mediante miniestacas consiste en cosechar esquejes con una longitud entre tres y cinco cm de las minicepas, colocarlas en bandejas semilleras con un sustrato para estimular la emisión de raíces, el desarrollo de la parte aérea y finalmente obtener una nueva planta.

- **Enraizamiento de miniesquejes de romero**

Para esta especie se realizan cosechas de miniesquejes cada 20 días de las plantas madre (minicepas) mantenidas en canaletas. Esta actividad se realiza con una tijera previamente desinfectada con hipoclorito de sodio al 2%. Como sustrato se utiliza una mezcla de turba más cisco quemado en relación 2:1.

Los miniesquejes cosechados son enraizados en bandejas semilleras colocando en la base de éstos hormonagro como estimulante de enraizamiento. Una vez sembrados los miniesquejes, son llevados a la cámara húmeda en condiciones controladas de humedad relativa y temperatura, por un período de veinticinco días aproximadamente, posteriormente se trasladan a la zona de aclimatización por un período de cuatro semanas (Figura 4).



Figura 4. Cosecha y siembra de miniesquejes de romero.

- Enraizamiento de miniesquejes de tomillo

Las plantas madre mantenidas en los jardines miniclonaes producen esquejes cada veinte días, los cuales se cosechan con una tijera desinfectada con hipoclorito de sodio al 2%. Como sustrato, se utiliza una mezcla de turba más cisco quemado en relación 2:1.

Los miniesquejes cosechados son sembrados en bandejas semilleras, empleando como estimulante de enraizamiento hormonagro. Posteriormente, son llevados a la cámara húmeda en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa por un período aproximado de quince días, y más adelante se trasladan a la zona de aclimatización donde permanecen tres semanas (Figura 5).



Figura 5. Cosecha y siembra de miniesquejes de tomillo.

- **Enraizamiento de miniesquejes de menta**

Las plantas madre que se mantienen en las canaletas se cosechan cada veinte días. Los miniesquejes se cortan con una tijera previamente desinfectada en una solución de hipoclorito de sodio al 2%, y se colocan sobre una bandeja, donde se realiza la poda del follaje para disminuir la transpiración.

Como sustrato se utiliza una mezcla de turba y cisco quemado estéril en relación 2:1. Los esquejes cosechados se siembran en bandejas semilleras sin utilizar ningún estimulante de enraizamiento. Una vez terminado el proceso de siembra se llevan a cámara húmeda, donde se dejan aproximadamente quince



días. Posteriormente, las bandejas se trasladan a la zona de aclimatización donde se dejan dos semanas más (Figura 6).



Figura 6. Cosecha y siembra de miniesquejes de menta.

- Producción de esquejes de alcachofa

Las plantas madre se mantienen en la canaleta por un período aproximado de ocho meses. A partir de este momento, se procede a cortar las hojas centrales de la planta y a eliminar la dominancia apical con la punta de un bisturí, con el fin de inducir la emergencia prematura y rápida de un mayor número de hijuelos; una vez éstos se han diferenciado y tienen cuatro hojas, se separan dejando un hijo como reemplazo de la madre y se trasplantan a bolsas de 300 gramos de capacidad utilizando como sustrato tierra negra más arena estéril en relación 2:1. Se dejan en condiciones de cámara húmeda por un período de dos semanas para facilitar el proceso de enraizamiento y cuatro semanas



más en la zona de aclimatación para permitir su desarrollo (Figura 7).



Figura 7. Rompimiento de dominancia apical e inicio de brotación de alcachofa.

3.2.2. Propagación *in vitro*

La técnica de micropropagación permite la producción a gran escala de plantas libres de agentes patógenos, incluyendo hongos, bacterias, virus. Comercialmente este método se emplea en la propagación de flores de corte, frutales y cultivos comerciales como plátanos, papa, yuca entre otros.

Como se anotó anteriormente, muchas de las plantas aromáticas y medicinales se propagan de forma vegetativa o asexual mediante el uso de estacas, esquejes, división de cepas y otros. Sin embargo, este tipo de propagación puede diseminar problemas fitosanitarios de plagas y enfermedades por la contaminación del material vegetal. Para resolver este problema, en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Universidad Católica de Oriente, se han desarrollado técnicas alternativas de propa-



gación mediante el cultivo de tejidos vegetales *in vitro* que permiten garantizar la producción de materiales de siembra de alta calidad fisiológica y sanitaria para tomillo (*Thymus vulgaris*), menta (*Mentha piperita*) y alcachofa (*Cynara scolymus*).

El proceso se inicia con la selección de las plantas madre, procurando que cumplan con algunos criterios tales como: ser plantas sanas, vigorosas, con buena producción de biomasa y una debida caracterización botánica y taxonómica. Los materiales seleccionados se siembran en condiciones controladas de invernaderos en minijardines clonales donde se realizan procesos de pre-acondicionamiento mediante aplicaciones periódicas de fungicidas en rotación con el propósito de disminuir los porcentajes de contaminación una vez sean introducidas a condiciones *in vitro*.

Tomillo (*Thymus vulgaris* L.)

- **Fase de establecimiento:** como explantes se emplean microestacas de aproximadamente tres centímetros de longitud, las cuales se sumergen en Benomyl (0,5 gr/L) durante quince minutos. A continuación, en condiciones de total asepsia se les hace una desinfección con hipoclorito de sodio al 1% por otros quince minutos. Y finalmente se hacen tres lavados con agua destilada estéril y se procede a la siembra en los medios de cultivo.

Como medio básico se emplea las sales minerales del medio WPM (Lloyd & McCown, 1981), suplementado con ácido cítrico y ácido ascórbico (100 mg/L), sacarosa (30 g/L), Bencil Amino Purina (0,5 mg/L) y agar cultura gel (2,4 g/L). El pH se ajusta a $5,8 \pm 0,1$.

- **Fase de proliferación:** los brotes establecidos *in vitro* son subcultivados en el medio de cultivo compuesto por las sales minerales de MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado con vitaminas MS (1 mg/L), tiamina (0,2 mg/L), sacarosa (30 g/L), la citoquinina Bencil Amino Purina 1,0 mg/L y agar culture gel (2,4 g/L). El pH se ajusta a $5,8 \pm 0,1$.



- **Fase de enraizamiento:** para inducir la formación de raíces in vitro, se toman brotes de 1,0 cm de longitud y se siembran en el medio de cultivo compuesto por las sales minerales MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado con vitaminas MS (1 mg/L), tiamina (0,2 mg/L), la auxina Ácido Indol Butírico (0,5 mg/L), sacarosa (30 g/L) y agar culture gel (2,4 g/L). El pH se ajusta a $5,8 \pm 0,1$.
- **Fase de aclimatización:** para el desarrollo de esta fase se emplean plántulas con tamaños entre 4 y 10 cm de longitud, teniendo en cuenta el desarrollo radical de la planta. La siembra se realiza en bandejas semilleras de 128 hoyos utilizando como sustrato una mezcla de turba y cisco quemado en relación 2:1. Posteriormente se dejan las bandejas en condiciones de cámara húmeda durante cuatro semanas (Figura 8).

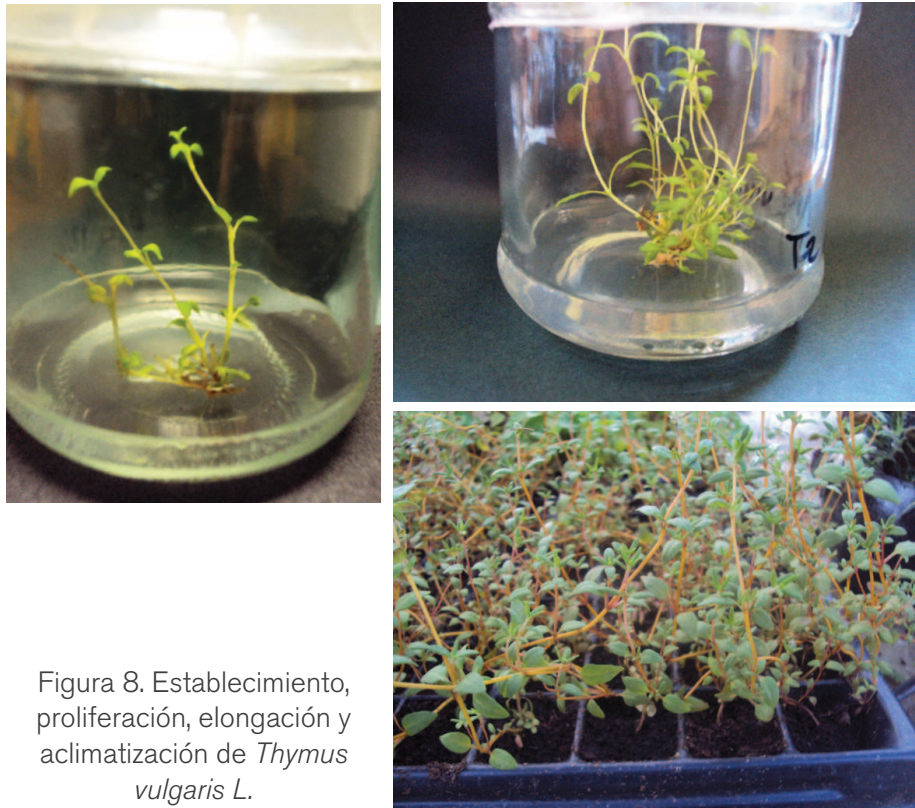


Figura 8. Establecimiento, proliferación, elongación y aclimatización de *Thymus vulgaris* L.



Menta (*Mentha x piperita* L.)

- **Fase de establecimiento:** se emplean explantes nodales de aproximadamente un centímetro de longitud, los cuales una vez cosechados se sumergen en yodo (0,5 cc/L) durante cinco minutos. Más adelante, en condiciones de total asepsia, se colocan en inmersión en etanol al 70% durante dos minutos y posteriormente en hipoclorito de sodio al 1% durante veinte minutos; para terminar con tres lavados con agua destilada estéril y proceder a la siembra en los medios de cultivo.

Como medio básico se emplea las sales minerales del medio MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado con sacarosa (30 g/L), Bencil Amino Purina (0,5 mg/L) y agar culture gel (2,4 g/L). El pH se ajusta a $5,8 \pm 0,1$.

- **Fase de proliferación:** los brotes establecidos in vitro son subcultivados en el medio de cultivo compuesto por las sales minerales de MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado con vitaminas MS (1 mg/L), tiamina (0,2 mg/L), sacarosa (30 g/L), la citoquinina Bencil Amino Purina (0,5 mg/L) y agar culture gel (2,4 g/L). El pH se ajusta a $5,8 \pm 0,1$.
- **Fase de enraizamiento:** esta especie no requiere realizar esta fase, ya que desde la fase de proliferación se presenta alta formación de raíces in vitro.
- **Fase de aclimatización:** la siembra de las plántulas se realiza en bandejas semilleras de 128 hoyos utilizando como sustrato una mezcla de turba y cisco quemado en relación 2:1. Posteriormente se dejan las bandejas en condiciones de cámara húmeda durante cuatro semanas (Figura 9).

Alcachofa (*Cynara scolymus* L.)

- En la **fase de establecimiento** se pueden utilizar dos tipos de explantes:
 - *Material juvenil:* se emplean embriones sexuales los cuales son sumergidos en yodo (0,5 cc/L) durante



Figura 9. Establecimiento, proliferación, elongación y aclimatización de *Mentha piperita* L.

tres minutos, y a continuación, en condiciones de total asepsia, ponerlos en inmersión en etanol al 70% durante dos minutos en cámara de flujo laminar, y posteriormente en hipoclorito de sodio al 1% durante veinte minutos. Finalmente se hacen tres lavados con agua destilada estéril y se procede a la siembra en los medios de cultivo.

- *Material adulto*: se toman yemas procedentes de plantas madre seleccionadas y revigorizadas, se lavan con una solución de yodo y se colocan en inmersión en cumbre (1gr/L) durante seis horas, para proceder a realizar el siguiente protocolo de desinfección en total asepsia en cámara de flujo laminar: inmersión en etanol al 70% durante dos minutos; una segunda desinfección con hipoclorito de sodio al 2% durante veinte minutos, y tres lavados con agua destilada estéril, antes de sembrar en los medios de cultivo.



Como medio básico se emplean las sales minerales del medio MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado con sacarosa (30 g/L), Bencil Amino Purina (0,5 mg/L) y agar culture gel (2,4 g/L). El pH se ajusta a $5,8 \pm 0,1$.

- **Fase de proliferación:** aproximadamente un mes después de establecido el material en condiciones in vitro, los brotes se subcultivan en el medio MS (Murashige & Skoog, 1962) enriquecido con tiamina (0,2 mg/L), vitaminas MS (1mg/L), N-(3-methyl-2-butenyl)-1H-purina-6-amino (2ip) (3mg/L), Ácido Indol Acético (1 mg/L) y sacarosa (30 g/L) y agar culture gel (2,4 gr/L). El pH se ajusta, como en las anteriores, a $5,8 \pm 0,1$.
- **Fase de enraizamiento:** esta especie tampoco requiere pasar por esta fase, ya que desde la proliferación presenta alta formación de raíces in vitro.



Figura 10. Establecimiento, proliferación, elongación y aclimatización de *Cynara scolymus* L.



- **Fase de aclimatización:** la siembra de las plántulas se realiza en bandejas semilleras de 128 hoyos utilizando como sustrato una mezcla de turba y cisco quemado en relación 2:1. A continuación, se dejan las bandejas en condiciones de cámara húmeda durante cuatro semanas (Figura 10).



4. MANEJO AGRONÓMICO

La demanda global por plantas aromáticas y medicinales se expresa en cinco fuentes identificables: i) industria farmacéutica y cosmética, ii) sistemas tradicionales del cuidado de la salud, iii) practicantes individuales de medicina tradicional, iv) usos culinarios. En el presente documento se presentan los procesos para atender la demanda de la industria farmacéutica.

Como se mencionó en capítulos anteriores la calidad del material de siembra y la identificación botánica de las especies que se van a cultivar son aspectos clave para garantizar el éxito de la actividad productiva. Adicionalmente, es importante el mejoramiento genético y la selección de materiales vegetales que se adapten a condiciones específicas de sitio.

A continuación se describen las actividades agronómicas relacionadas con la producción de algunas plantas aromáticas y medicinales que servirán de referencia para el emprendimiento de cultivos en la zona biogeográfica de bosque húmedo montaño bajo (bh-MB); es decir en regiones localizadas entre los 2.000 a 3.000 msnm, con temperaturas entre 18°C a 12°C y promedio anual de lluvias entre 1.000 a 2.000 mm.

Algunas consideraciones generales para el cultivo de plantas aromáticas y medicinales son:

- Evitar sembrar en sitios cercanos a pozos sépticos, letrinas, desagües de baños, cerca de sitios de producción pecuaria



(cerdos, gallinas, vacunos) y no permitir el ingreso de estos a los cultivos.

- Para el manejo de plagas y enfermedades emplear estrategias integradas como prácticas culturales (adecuada nutrición del cultivo, acolchado, semillas certificadas), control manual, control biológico (extractos botánicos, entomopatógenos, rizobacterias). El control químico es una medida como última alternativa que debe ser recomendada por un técnico o asistente acreditado.

4.1. Análisis de suelos

Al elegir el terreno se recomienda observar la población vegetal espontánea que puede servir como indicadora sobre la calidad de los suelos. Por ejemplo la presencia de helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), Chilco (*Baccharis trinervis*) son comunes en suelos pobres, ácidos, mientras que especies como siempreviva (*Commelina diffusa*), cadillo (*Bidens pilosa*) cardo de castilla (*Cynara cardunculus*), ortiga (*Urtica dioica*), raigras (*Lolium multiflorum*), diente de león (*Taraxacum officinale*), y trébol blanco (*Trifolium repens*) prefieren suelos fértiles con buena disponibilidad de materia orgánica. En los suelos bien estructurados se encuentran plantas como cenizo (*Chenopodium album*), ortiga (*Urtica dioica*), paico (*Euphorbia* spp.). En los suelos mal estructurados o compactados, en cambio, se encuentra manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y llantén (*Plantago mayor*). Los suelos bajos o con acumulación de agua presentan cortadera (*Cyperus rotundus*), y duraznillo blanco (*Solanum malacoxylon*). En los suelos con los horizontes modificados prevalecen especies como el yuyo (*Amaranthus quitensis*), quinos (*Chenopodium hircitum*), y crucíferas varias como mostaza, nabiza, nabo y nabón (Moore et al., 2006).

Para el cuidado de la fertilidad y salud del suelo se han desarrollado estrategias relacionadas con cultivos intercalados, rotación, utilización de abonos verdes y la aplicación de materia orgánica mediante la aplicación de compost. En este sentido, la

calidad de la materia orgánica desempeña un papel importante además del aporte en nutrientes en la inocuidad, pues si no tiene un proceso de compostaje adecuado se puede presentar contaminación biológica de los cultivos.

Para los análisis de fertilidad de los suelos se toma una muestra de suelo, con el fin de determinar el contenido de nutrientes en el suelo, analizar las deficiencias y con base en el resultado realizar un plan de fertilización. Además, analizar la presencia de microorganismos asociados al suelo.

La muestra de suelo está compuesta por varias submuestras colectadas de distintas partes del cultivo. Para tomar la muestra se emplea un barreno y bolsas plásticas. Cada una de las muestras debe ir bien identificada, posteriormente se envía al laboratorio para su correspondiente análisis.

En cada uno de los análisis de suelos se anexan las recomendaciones de fertilización para la corrección edáfica y una gráfica interpretativa de los niveles hallados en el suelo. Se recomienda, que un mes antes de la siembra se apliquen las enmiendas (cal y materia orgánica) de acuerdo a con las recomendaciones del asistente técnico de la zona.

Respecto a la aplicación de los fertilizantes se recomiendan algunos aspectos importantes:

- Tener en cuenta la época de desarrollo del cultivo, por ejemplo la edad, si este se encuentra en germinación, desarrollo vegetativo, floración, fructificación o formación de ramas.
- Se debe aplicar el fertilizante cada mes para favorecer la nutrición de las plantas y evitar pérdidas de producto y contaminaciones del suelo y las aguas.
- La aplicación de fertilizantes se debe realizar en épocas de lluvia.
- No abusar de la fertilización nitrogenada debido a que hace la planta más susceptible a enfermedades y se pueden disminuir los metabolitos secundarios.



4.2. Análisis de agua

La calidad del agua de riego para las especies aromáticas, medicinales y condimentarías afecta los rendimientos de los cultivos y las condiciones físicas del suelo. Por lo tanto, es muy importante realizar análisis del agua de riego antes de seleccionar el sitio y los cultivos a producir.

La calidad del agua se determina mediante análisis químicos, físicos y biológicos. Las características físico - químicas del agua de riego se refieren al contenido y composición de sales en el agua, RAS (Relación de Adsorción de Sodio), la alcalinidad y la dureza del agua, parámetros tales como la conductividad eléctrica, pH y sólidos totales disueltos. Respecto a los parámetros biológicos se realiza con el fin de determinar la presencia de enterobacterias (Coliformes totales y *Escherichia coli*) y otros microorganismos patógenos que se pueden encontrar en las fuentes de agua utilizadas para riego y que podrían contaminar el producto final.

4.3. Cultivo de caléndula (*Calendula officinalis* L.)

- **Parte útil:** flores.
- **Ecología:**
 - *Origen:* región mediterránea.
 - *Altitud:* crece en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 2.500 m.
 - *Clima:* requiere condiciones de climas fríos moderados a climas templados, aunque resiste heladas y sequías.
 - *Riego:* el cultivo necesita una adecuada disponibilidad de agua al momento de la siembra. en épocas de verano prolongado se le debe suministrar riego.
 - *Suelo:* aunque es una especie rústica y poco exigente que crece bien en suelos de mediana fertilidad, pero responde muy bien cuando se siembra en suelos ricos en materia orgánica.

- **Preparación del terreno:** en el caso de siembra por transplante, la siembra se realiza en camas de 1.20 metros de ancho x 36 metros de largo cubiertas con acolchado plástico. Se debe remover el suelo, aplicar las enmiendas necesarias (cal, yeso agrícola, roca fosfórica, materia orgánica, hongos entomopatógenos).
- **Siembra:** se utilizan distancias de siembra de 0.30 metros entre plantas y 0.30 metros entre los surcos, para una densidad de 400 plantas/cama de 36 metros cuadrados. Para efectos del cálculo de requerimientos de semilla se estima que 1000 semillas pesan entre 15 a 20 gramos.
- **Control de arvenses:** se recomienda la utilización de cobertura plástica de tal forma que solo es necesario retirar las arvenses manualmente del sitio donde se sembró la planta y de las calles.
- **Fertilización:** se recomienda utilizar abonos orgánicos en este cultivo (gallinaza, lombricompost, compost), la fertilización química se debe hacer de acuerdo con el análisis de suelo.
- **Cosecha:** la floración se inicia a los dos meses aproximadamente después de la siembra y las cosechas se realizan semanalmente colectando las flores que estén completamente abiertas. El ciclo del cultivo es de cuatro meses y la colecta total se realiza en seis cortes semanales. Se recogen las cabezuelas con pedúnculo corto (2 -3 cm) cuando están abiertas por completo. Los rendimientos en masa fresca son 450 gramos/planta/ciclo.

La Figura 11 muestra una herramienta de cosecha para caléndula y manzanilla diseñada en la Universidad Católica de Oriente. Está construida en materiales livianos y de textura amable con el usuario, cuenta con un sistema de recolección en tubo flexible para acumulación en bolsa.

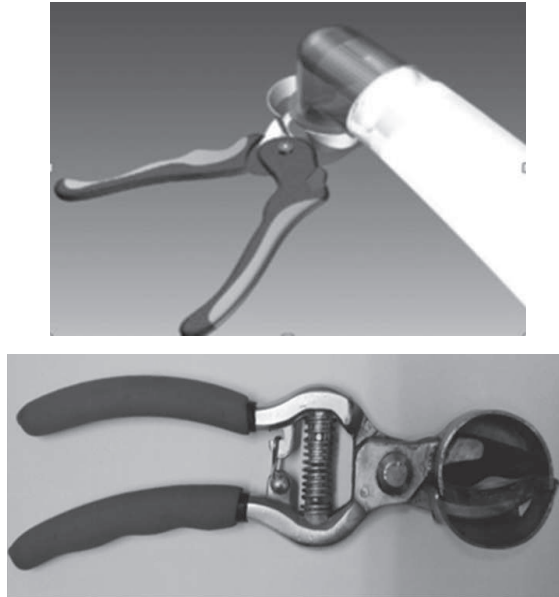


Figura 11. Vista isométrica virtual y real de la herramienta de recolección de caléndula y manzanilla.

- **Poscosecha y secado:** una vez realizada la cosecha se colocan a secar en condiciones de marquesina. Para el secado la caléndula requiere de cuatro días con una temperatura promedio de 40°C. Para obtener un kilo de biomasa seca se requieren seis kilos de biomasa fresca.

4.4. Cultivo de manzanilla (*Matricaria chamomilla*)

- **Parte útil:** flores.
- **Ecología:**
 - Origen: región mediterránea.
 - Altitud: crece en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 2.500 m.
 - Clima: requiere condiciones de climas fríos moderados a climas templados, aunque resiste heladas y sequías.
 - Riego: el cultivo necesita una adecuada disponibilidad

de agua al momento de la siembra. En épocas de verano prolongado se le debe suministrar riego.

- Suelo: aunque es una especie rústica y poco exigente que crece bien en suelos de mediana fertilidad, pero responde muy bien cuando se siembra en suelos ricos en materia orgánica.

- **Preparación del terreno:** la siembra se realiza en camas de 1.20 m. de ancho x 36 metros de largo cubiertas con acolchado plástico. Se debe remover el suelo, aplicar las enmiendas necesarias (cal, yeso agrícola, roca fosfórica, materia orgánica, hongos entomopatógenos).

- **Siembra:** se utilizan distancias de siembra de 0.30 metros entre plantas y 0.30 metros entre los surcos, para una densidad de 400 plantas/cama de 36 metros cuadrados.

- **Control de arvenses:** se recomienda la utilización de cobertura plástica de tal forma que solo es necesario retirar las arvenses manualmente del sitio donde se sembró la planta y de las calles.

- **Fertilización:** responden bien a aplicaciones de materia orgánica (gallinaza, lombricompost, compost), la fertilización química se debe hacer de acuerdo con el análisis de suelo.

- **Cosecha:** la floración se inicia a los dos meses aproximadamente después de la siembra y las cosechas se realizan durante seis semanas colectando las flores que estén abiertas entre un 50 a 100%. Los rendimientos en masa fresca son de 80 gramos/planta/ciclo. 60 días después de la siembra en campo se da inicio a la cosecha, esta se debe realizar una vez por semana durante 6 semanas y/o hasta la senescencia de la planta. Posteriormente se procede a erradicar el cultivo.

- **Poscosecha y secado:** una vez realizada la cosecha se colocan a secar en condiciones de marquesina. Para el secado la manzanilla necesita de 2.5 días, mientras que la caléndula requiere de cuatro días.



4.5. Cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.)

La alcachofa es una especie alógama, perenne, originaria del área mediterránea. Se reproduce casi en su totalidad por hijuelos, aunque en la actualidad se están desarrollando híbridos propagados por semilla.

- **Parte útil de la planta:** hojas.
- **Ecología:**
 - *Altitud:* 1.900 – 2.800 msnm.
 - *Clima:* la temperatura adecuada para una buena cosecha esta entre 7-29°C, no soporta heladas.
 - *Luminosidad:* son plantas de días largos que requiere un fotoperíodo mínimo de 10,5 horas.
 - *Humedad relativa:* humedad relativa optima entre 60 - 80%
 - *Viento:* cuando están bajo condiciones de vientos fuertes se presenta un efecto negativo ya que las hojas se rompen.
 - *Suelo:* se recomiendan suelos profundos, ricos en materia orgánica, arenosos, fértiles y bien drenados. Puede adaptarse a suelos con pH ligeramente alcalinos. La alcachofa es una planta considerada como extractora de grandes cantidades de nutrientes del suelo.
- **Preparación del terreno:** se recomienda labranza mínima haciendo hoyos de 40x40x40 centímetros, incorporando las enmiendas necesarias (cal, roca fosfórica, materia orgánica, entre otros).
- **Siembra:** se utilizan distancias de siembra de 1 metro entre plantas x 1.20 metros entre los surcos. Se pueden alcanzar densidades de 8.300 plantas/ha.
- **Control de arvenses:** cuando no se utiliza el acolchado o “mulch”, se puede mantener coberturas vivas pero a ras de suelo, esta labor se recomienda hacerla cada mes agobiándolas con un rastillo.

- **Fertilización:** responde bien a aplicaciones de materia orgánica (gallinaza, lombricompost, compost) se recomienda aplicar un mínimo de 20 toneladas/hectárea/año, la fertilización química se debe hacer de acuerdo con el análisis de suelo y teniendo en cuenta que esta especie prefiere abonos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.
- **Riego:** requiere de una adecuada disponibilidad de agua principalmente durante el crecimiento vegetativo, formación de yemas y maduración de cabezuelas florales. Se puede efectuar con manguera que es el más empleado, sin embargo el riego por goteo tiene la ventaja que crea un ambiente de humedad alrededor de la planta lo cual favorece el crecimiento y la producción. Si el riego es excesivo puede causar problemas de pudrición de raíces.
- **Cosecha:** esta se realiza cada quince días a partir del sexto mes de su establecimiento en campo. Se seleccionan las hojas más viejas las cuales deben tener un color verde intenso y un peciolo no leñoso; deben estar libres de plagas y enfermedades. Los rendimientos estimados por planta son 500 gramos/planta/cosecha de masa fresca. La vida útil de la planta es en promedio de cinco años. La recolección se efectúa a nivel del suelo. Se debe recolectar la hoja completa, cerca al tallo central, se sugiere mediante un prensado, similar al del romero o mediante captura por encerramiento, para lo cual se diseñó la herramienta que se presenta en la Figura 12. Para la fabricación se construye en materiales livianos y de textura amable con el usuario, cuenta con un sistema de agarre de la hoja para evitar lesiones a los productores.
- **Poscosecha y secado:** si las hojas cosechadas presentan suciedades se deben limpiar, posteriormente se separa la vena central de la lámina foliar debido a que ésta se oxida más rápido; luego se procede a picarlo en pequeños trozos y llevarlas inmediatamente a marquesina para el secado, este proceso tiene una duración de 4 días. Para garantizar la calidad se debe verificar que la temperatura en la mar-



quesina no supere los 45º centígrados. Se requieren 7 kilos de masa fresca para obtener uno de masa seca.

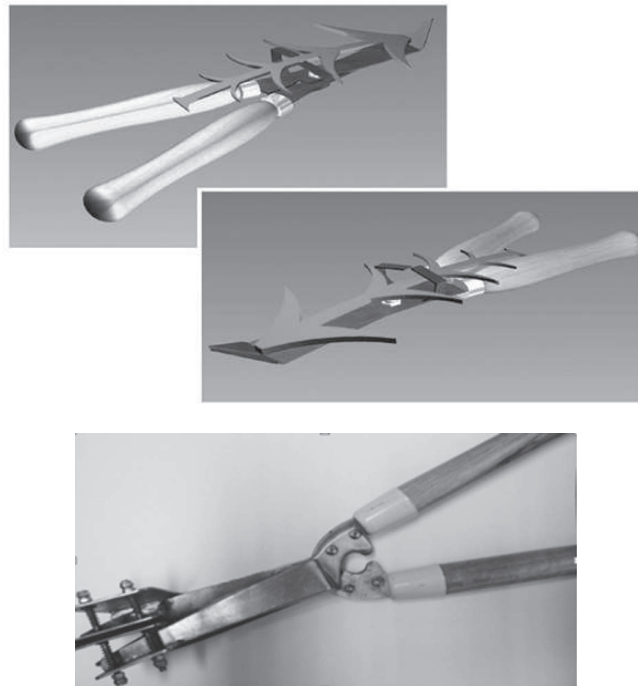


Figura 12. Vista isométrica virtual y real de una herramienta de recolección alcachofa.

4.6. Cultivo de tomillo (*Thymus vulgaris* L.)

Es una planta arbustiva perenne, originaria del sur de Europa y el norte de África.

- **Parte útil:** tallos y hojas.
- **Ecología:**
 - *Altitud:* 0 a 2500 msnm.
 - *Clima:* 8 -24ºC, se comporta mejor en clima frío y templado.
 - *Luminosidad:* requiere buenas condiciones por lo que se deben sembrar a campo abierto.
 - *Humedad relativa:* 50- 70%

- *Suelo*: se adapta con facilidad a diferentes tipos de suelo, sin embargo crece mejor en suelos arenosos.
- **Preparación del terreno**: se recomienda la siembra en camas de 1.20 m. de ancho x 36 metros de largo cubiertas con acolchado plástico, con buena permeabilidad. Se debe remover el suelo, aplicar las enmiendas necesarias (cal, yeso agrícola, roca fosfórica, materia orgánica, hongos entomopatógenos).
- **Siembra**: se utilizan distancias de siembra de 0.30 metros entre plantas y 0.30 metros entre los surcos, para una densidad de 400 plantas/cama de 36 metros cuadrados.
- **Control de arvenses**: se recomienda la utilización de acolchado plástico de tal forma que solo es necesario retirar las arvenses manualmente del sitio donde se sembró la planta y de las calles.
- **Fertilización**: se deben hacer aplicaciones de materia orgánica (gallinaza, lombricompost, compost) después de cada cosecha se recomienda aplicar 1 kilo/metro, la fertilización química se debe hacer de acuerdo con el análisis de suelo y teniendo en cuenta que esta especie prefiere abonos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.
- **Riego**: requiere de una adecuada disponibilidad de agua al momento de la siembra. En épocas de verano prolongado se le debe suministrar riego. No soporta alta humedad o problemas de encharcamiento.
- **Cosecha**: la primera cosecha se realiza aproximadamente tres meses después de la siembra, luego se hacen cosechas cada dos meses aproximadamente, dependiendo de las condiciones ambientales del lugar. La recolección se realiza en camas a nivel del suelo. Se recolecta el manojito completo (150mm de diámetro y 150mm de alto). Los rendimientos en promedio son de 66 gramos/planta/cosecha de masa fresca. Se diseñaron unas tijeras que al realizar el corte, suje-



ten firmemente el manajo, para luego depositarlo suelto en un recipiente, mediante un corte bajero o a ras de piso (10 cm del suelo) (Figura 13). Para la fabricación se emplean materiales livianos y de textura amable con el usuario, cuenta con un sistema de recolección del material cosecha.

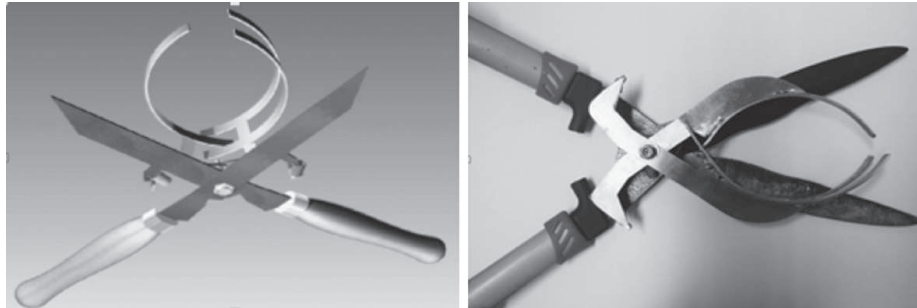


Figura 13. Vista isométrica virtual y real de una herramienta de recolección tomillo.

- **Poscosecha y secado:** inmediatamente después de la cosecha el material vegetal se distribuye sobre bandejas y se lleva a condiciones de marquesina para el proceso de secado el cual tiene una duración de tres días aproximadamente. Para obtener un kilo de masa seca se requieren 4,5 kilos de masa fresca.

4.7. Cultivo de romero (*Rosmarinus officinalis* L.)

Subarbusto perenne originario de la región mediterránea.

- **Parte útil:** tallos y hojas.
- **Ecología:**
 - *Altitud:* 1.600 a 2600 msnm.
 - *Clima:* se comporta mejor en climas frío y templado 19°C a 25°C.
 - *Luminosidad:* requiere buenas condiciones por lo que se deben sembrar a campo abierto.
 - *Humedad relativa:* 50 – 60%

- *Suelo*: se adapta con facilidad a diferentes tipos de suelo; sin embargo, crece mejor en suelos arenosos.
- **Preparación del terreno**: se recomienda la siembra en camas de 1.20 m. de ancho x 30 m. de largo cubiertas con acolchado o “mulch” (cobertura plástica), con buena permeabilidad. Se debe remover el suelo, aplicar las enmiendas necesarias (cal, materia orgánica, hongos entomopatógenos, entre otros).
- **Siembra**: se utilizan distancias de siembra de 0.5 metros entre plantas y 0.50 metros entre los surcos. Para optimizar el suelo se puede sembrar a tres bolillos lo que permite una densidad de 166 plantas/cama de 36 metros cuadrados.
- **Control de arvenses**: si se utiliza acolchado plástico solo es necesario mantener las calles limpias de arvenses.
- **Fertilización**: responde bien a aplicaciones de materia orgánica (gallinaza, lombricompost, compost) se recomienda aplicar 0,5 kilos/metro cuadrado después de cada cosecha, la fertilización química se debe hacer de acuerdo con el análisis de suelo y teniendo en cuenta que esta especie prefiere abonos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.
- **Riego**: requiere de una adecuada disponibilidad de agua al momento de la siembra. En épocas de verano prolongado se le debe suministrar riego. No soporta alta humedad o problemas de encharcamiento.
- **Cosecha**: la cosecha se inicia aproximadamente seis meses después del trasplante a campo; se cortan tallos apicales de 20 centímetros de longitud o como lo requiera el cliente. Se seleccionan plantas que tengan la rama central leñosa y las ramificaciones adyacentes medianamente leñosas. La cosecha se efectúa cada cuatro meses. Es recomendable realizar las cosechas en horas de la mañana. Los rendimientos por planta son en promedio de 150 gramos/planta/cosecha. La vida útil es de cinco a ocho años.



Para el corte individual de las ramas se diseñaron unas tijeras con pisador de resorte (Figura 14).



Figura 14. Vista isométrica virtual y real de una herramienta de recolección romero y menta.

- **Poscosecha y secado.** Los tallos y hojas deben tener un color verde intenso y estar libres de plagas, enfermedades y suciedades, se colocan bajo condiciones de marquesina para el secado. El tiempo de secado es de cuatro días. Para obtener un kilo de masa seca se necesita cosechar cuatro kilos de masa fresca.

4.8. Cultivo de diente de león (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.)

- **Parte útil:** raíces.
- **Ecología:**
 - *Origen:* Europa y Asia.
 - *Altitud:* 0 – 2500 msnm.
 - *Luminosidad:* crece bien a libre exposición sin embargo también soporta sombrero.
 - *Suelo:* prefiere suelos fértiles y profundos.
- **Siembra:** la distancia de siembra recomendada es de 0.25 m entre plantas y 0.25 m entre surcos.
- **Fertilización:** debe hacerse de acuerdo con el análisis de suelo y teniendo en cuenta que es una especie poco exigente en nutrientes.
- **Riego:** requiere buena humedad pero sin encharcamientos.
- **Cosecha:** se recomienda que esta se realice a los tres meses, la recolección se efectúa a nivel del suelo. Se cosecha la planta completa, pero el follaje se descarta para aprovechar solamente la raíz. Aunque los productores utilizan toda la planta. Las raíces se lavan con la ayuda de un cepillo y agua corriente, para acelerar el secado se pueden cortar en pequeños trozos. Los rendimientos estimados en masa fresca son 85 gramos/planta/cosecha. Se diseñó una herramienta de 20 cm de largo que retrae la extremidad inferior arrancando la raíz y su perfil permite apalancar la misma para fácil extracción (Figura 15).

Para la fabricación se construye en materiales livianos y de textura amable con el usuario (Figura 17).

- **Poscosecha y secado:** se colocan en bandejas de secado bajo condiciones de marquesina durante cuatro días, se re-



quiere cosechar cuatro kilos de masa fresca para obtener un kilo de masa seca.

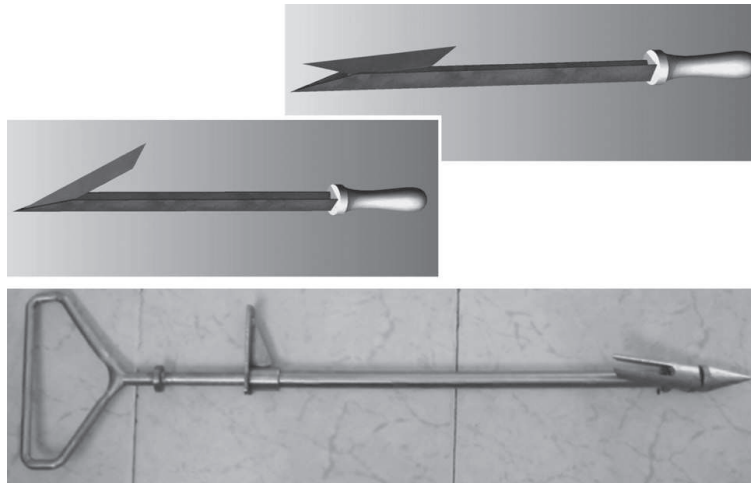


Figura 15. Vista isométrica virtual y real de una herramienta de recolección diente de león.

4.9. Cultivo de menta (*Mentha piperita* var. *citrata*)

- **Parte útil:** hojas y tallos.
- **Ecología:**
 - *Origen:* regiones mediterráneas.
 - *Altitud:* 0 – 2500 msnm, es muy susceptible a heladas.
 - *Clima:* se obtiene mejores resultados en climas templados, por lo general en regiones frías se cultiva bajo cubierta plástica.
 - *Luminosidad:* requiere alta intensidad lumínica.
 - *Suelo:* se desarrolla en gran variedad de suelos, pero son adapta bien en suelos ligeros, areno-arcillosos,

francos, que sean fértiles, profundos y con buena humedad y bien drenados.

- **Preparación del terreno:** la siembra se realiza en camas de 1.20 m. de ancho x 36 metros de largo, por su hábito de crecimiento rastrero e invasor no requiere cobertura plástica. Se debe remover el suelo, aplicar las enmiendas necesarias (cal, yeso agrícola, roca fosfórica, materia orgánica, hongos entomopatógenos).
- **Siembra:** se utilizan distancias de siembra de 0.20 metros entre plantas y 0.20 metros entre los surcos, para una densidad de 900 plantas/cama de 36 metros cuadrados.
- **Control de arvenses:** debe hacerse de forma manual durante todo el ciclo del cultivo siendo más intensivo durante los dos primeros meses mientras los estolones cubren toda el área de la cama.
- **Fertilización:** es una especie que responde muy bien a aplicaciones de materia orgánica.
- **Riego:** después de la siembra es necesario realizar riegos frecuentes para mantener una humedad de 85% de la capacidad de campo; después se disminuye la frecuencia, pero sin permitir que el suelo llegue a secarse.
- **Cosecha:** se seleccionan y cortan primero los tallos que cumplan con los requerimientos de calidad y posteriormente con guadaña o machete se corta a ras de suelo para estimular de nuevo la brotación para la siguiente cosecha. Se estiman rendimientos de 250 gramos/metro² /cosecha de masa fresca.
- **Poscosecha y secado:** después de la cosecha los brotes son trasladados a condiciones de marquesina para el secado durante un periodo de cinco días. Para obtener un kilo de masa seca se requieren cinco kilos de masa fresca.



4.10. Instalación del acolchado plástico o “mulch”

El acolchado plástico permite acelerar el desarrollo de las plantas, disminuye el consumo de agua, protege el suelo de la erosión, evitar el crecimiento de malezas y aumenta la intensidad de luz alrededor de la planta. Además reduce considerablemente los costos de mano de obra para el control de arvenses.

Para su instalación, previamente se limpia el terreno de arvenses y se trazan las camas con dimensiones de 1.20 metros de ancho y largo variable dependiendo de las condiciones del terreno. Entre las camas se dejan caminos de 0.40 metros. En los cuatro extremos de cada cama se coloca una estaca de madera y, con una fibra gruesa, se delimita el área de estas. La fibra servirá para fijar la cobertura plástica. Luego se incorporan las enmiendas definidas para cada cultivo de acuerdo con los resultados del análisis de suelo y se realiza un arado a una profundidad de 30-40 centímetros, con el fin de que estas se incorporen y crear condiciones favorables para el desarrollo de las raíces, oxigenar el suelo y por lo tanto favorecer el desarrollo de las plantas. Finalmente, se nivela el sustrato de las camas elaboradas y se aplica yodo agrícola (0,5 cc/L) y extractos de ruda (1 cc/L) como desinfectante de suelo.

Para su instalación se corta el plástico dependiendo de la longitud de la cama y ambos extremos se enrollan en un larguero de madera de 1.20 m de longitud, lo que permite tensionarlo hasta que quede uniforme, y con la ayuda de una puntilla se aseguran en ambos extremos de las estacas. Posteriormente, con una grapadora se procede a fijar el mulch a las fibras laterales de cada cama. Finalmente con ganchos hechos de alambre galvanizado calibre 12 se procede a fijar el mulch al suelo (Figura 16).

Una vez instalado el mulch se procede a realizar el trazado y elaboración de los huecos sobre el mulch de acuerdo a la densidad de siembra deseada. Finalmente en cada uno de los huecos realizados se procede a realizar la siembra de los materiales.



Figura 16. Instalación del acolchado plástico.

4.11. Utilización de microorganismos y extractos vegetales para mejorar la calidad de plantas aromáticas y medicinales

Durante la permanencia en bandejas de germinación se realizan podas fitosanitarias y control manual de plagas como *Spodoptera sp.* Para la prevención de *Damping off*, inmediatamente después de la siembra en el semillero se recomienda aplicar *Trichoderma harzianum* en forma de drench. Para el trasplante se procede a inocular el suelo con micorrizas (200 g/metro cuadrado) y se efectúa una aplicación con *Trichoderma harzianum* (antagónico de otros hongos) en proporción de 1 mL/L. En el caso de presencia de mosca blanca, trips, áfidos se aplicarán



productos como Extracto ajo – Ají, Aceites vegetales y *Beauveria Bassiana*.

4.12. Especificaciones técnicas de la marquesina

La estructura de la marquesina (ver figura 17) es abovedada (tipo túnel) con columnas rígidas y empotradas en el piso. Enramado de techo en cintas de guaduas colocadas cada 0.8 m, uniones pernadas y atornilladas, con cuatro metros de ancho, seis metros de largo, tres metros y veinte centímetros de altura central y un área total de veinticuatro metros; la cubierta y cerramiento es perimetral en plástico de color negro calibre seis (6), la estantería es paralela de guadua rolliza, rieles en lata de guadua de tres por tres (3X3) centímetros que soportan cajones contruidos con tablillas de guadua de tres centímetros (3 cm) por diez centímetros (10 cm) y tela sintética tipo sarán.

La marquesina tiene una zona de almacenamiento separada de la zona de secado con un plástico blanco, con capacidad de carga de doscientos cincuenta (250) kilogramos de material fresco.



Figura 17. Marquesina para el secado de plantas aromáticas.



5. PROBLEMAS FITOSANITARIOS

Durante la propagación y el cultivo de plantas aromáticas y medicinales pueden presentarse problemas fitosanitarios, que pueden afectar la calidad del material vegetal, retrasar el crecimiento de las plántulas o generar pérdidas económicas, entre otros.

5.1. Enfermedades

De acuerdo con Agrios (2005), las plantas presentan enfermedad cuando una o varias de sus funciones son alteradas por organismos patógenos o por determinadas condiciones del medio. En el primer caso, se clasifican como enfermedades infecciosas o bióticas, dado que pueden ser ocasionadas por hongos, bacterias, micoplasmas, virus y viroides, o nemátodos. En el segundo, se clasifican como no infecciosas o abióticas, y pueden ser el resultado de cambios extremos en factores ambientales como: temperatura, humedad, luz, etc., y de excesos o deficiencias en sustancias químicas, botánicas o biológicas.



5.2. Plagas

Los insectos plaga pueden atacar los cultivos de plantas aromáticas y medicinales en cualquier etapa de su desarrollo, causando pérdidas económicas debido a la disminución en el rendimien-



to y la calidad de los productos. Para combatir este problema de manera acertada y eficiente, lo primero que debe hacerse es identificar el tipo de insecto para poder tomar la decisión de cómo controlarlo y escoger la mejor alternativa (Huici, 2007). Igualmente, se debe realizar un manejo integrado que incluya prácticas culturales, extractos vegetales, organismos entomopatógenos y otros.

A continuación se presentan algunos de los daños causados por la presencia de plagas y enfermedades durante la fase de propagación y cultivo de plantas aromáticas y medicinales.

Tabla 1. Enfermedades		
Síntomas	Manejo	Hospedante
Moho gris (<i>Botrytis cinérea</i>)		
Lesiones oscuras en hojas o tallo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tomar medidas preventivas. ▪ Mantener un monitoreo constante. ▪ Retirar los residuos después de la cosecha. ▪ Usar productos permitidos de síntesis química o biológica. 	Alcachofa, menta 
Cenicilla (<i>Oidium sp</i>)		
Manchas blancas harinosas en tallos u hojas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Destruir residuos de cosecha afectados. ▪ Aplicar caldo sulfocálcico. ▪ Asperjar con productos de síntesis química registrados para estos cultivos. 	Caléndula, alcachofa, romero, diente de león 



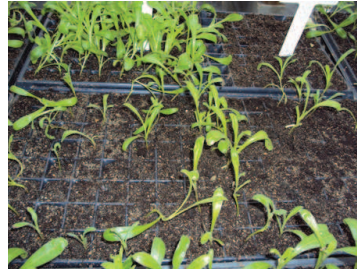
Problemas fitosanitarios

Pudrición basal y raíces (*Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, spp)

Pudriciones en la base de los tallos de las plántulas, que ocasionan el doblamiento y la muerte de las mismas. Las raicillas pueden presentar coloraciones oscuras.

- Usar semillas de reconocida calidad y procedencia.
- Tratar semilleros con solarización o algunos fumigantes de uso permitido.
- En lo posible, utilizar sustrato nuevo para semilleros.
- Evitar el exceso de humedad en los semilleros y plantaciones.
- Evitar la siembra profunda.
- Rotar cultivos en campo.
- Tratar la semilla con productos permitidos de síntesis química o biológica.

Tomillo, romero, caléndula, menta

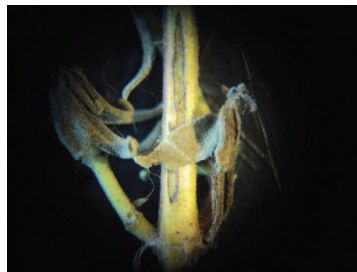


Pudrición Radical (*Rhizoctonia solani*)

Lesiones cuarteadas en tallos: puede ser basal o en otra región del tallo; y en ocasiones pudrición de las raíces.

- Emplear semillas o material de propagación de reconocida calidad y procedencia.
- Tratar los semilleros con solarización o algunos fumigantes.
- Permitidos.
- Tratar el área de siembra con productos permitidos de síntesis química o biológica.

Tomillo, romero



Royas

Pústulas de color amarillo, especialmente por el envés de la hoja.

- Monitorear constantemente la presencia de la enfermedad en hojas.
- Prevenir con productos a base de cobre o azufre.
- En ataques severos realizar podas fuertes.

Menta






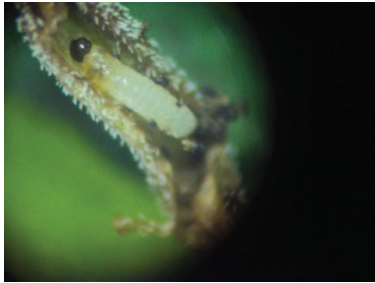

Virus (CMV, TSWV)		
Amarillamiento y deformaciones en hojas jóvenes a veces con presencia de vectores como trips y pulgones.	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear constantemente la presencia de insectos vectores. En lo posible, utilizar material de propagación de cultivo In Vitro o de reconocida calidad y procedencia. Controlar los insectos vectores con productos de uso permitido en estos cultivos. Eliminar plantas con síntomas característicos. 	Manzanilla, caléndula 

Tabla 2. Plagas		
Daños	Control	Foto
Mosca de los sustratos (Mosca de la familia Sciaridae)		
Presencia de larvas pequeñas, generalmente de cabeza negra (1 mm) en el sustrato o en la base de las plántulas, ocasionando daño en las raíces o el tejido de la planta, o la muerte de la misma.	<ul style="list-style-type: none"> Tratar los sustratos, especialmente los ricos en materia orgánica, con solarización, agua caliente o productos de síntesis química permitidos. 	Tomillo, menta, caléndula, romero 
Palomilla o mosca blanca (Trialeurodes vaporariorum)		
Presencia del insecto, principalmente en el envés de las hojas jóvenes y presencia de un moho negro sobre las mismas.	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear constantemente la presencia del insecto en el cultivo. Realizar la aplicación de productos biológicos a base de hongos (<i>Lecanicillium</i>), extractos de plantas o aceites vegetales. Dispersar en el cultivo depredadores o parasitoides (<i>Encarsia</i>, <i>Amitus</i>). 	Caléndula, menta, alcachofa 



Problemas fitosanitarios

Pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*)

Entorchamiento de hojas jóvenes, generalmente acompañado de un moho negro (Fumagina).

- Monitorear constantemente la presencia de estos insectos en el cultivo.
- Colocar mallas antiáfidos en el caso de los invernaderos.
- Colocar trampas amarillas con pegantes específicos en el caso de invernaderos.
- Realizar la aplicación de productos biológicos a base de hongos (*Lecanicillium*), extractos de plantas o aceites vegetales.
- En ataques severos aplicar productos de síntesis química específicos permitidos.

Caléndula, tomillo, romero, alcachofa, menta, diente de león






Trips (*Frankliniella occidentalis* y *Thrips palmi*)

Deformación de hojas jóvenes y coloraciones bronceadas en el envés de las hojas.

- Monitorear constantemente la presencia de estos insectos en el cultivo.
- Colocar mallas antitrips en el caso de los invernaderos.
- Colocar trampas azul claro o blancas con pegantes específicos en el caso de invernaderos.
- Realizar la aplicación de productos biológicos a base de hongos (*Lecanicillium*, *Beauveria*), extractos de plantas, aceites vegetales o insectos depredadores (*Crisoperla*, *Oryus*).
- En ataques severos aplicar productos de síntesis química específicos permitidos.





Minadores (<i>Liriomyza huidobrensis</i> y <i>L. trifolii</i>)		
<p>Inicialmente, aparición de puntos cloróticos en las hojas, los cuales luego forman caminos sobre las mismas. En ocasiones, estas minas pueden ser afectadas por bacterias que dan apariencia oscura a los caminos formados.</p>	<ul style="list-style-type: none">▪ Monitorear constantemente la presencia de estos insectos en el cultivo.▪ Colocar trampas amarillas con pegantes específicos en el caso de invernaderos.▪ Realizar la aplicación de productos botánicos a base de extractos de plantas o aceites vegetales.▪ Dispersar en el cultivo depredadores o parasitoides (Mosca Tigre) o parasitoides (<i>Diglyphus</i>).▪ En ataques severos aplicar productos de síntesis química específicos permitidos.	<p>Caléndula, diente de león, menta</p> 
Gusanos (<i>Spodoptera exigua</i>, <i>S. litoralis</i>, <i>Heliiothis armigera</i>, <i>H. peltigera</i>, <i>Chrysodeisis chalcites</i> y <i>Autographa gamma</i>)		
<p>Trozado de los tallos de la plántulas, y perforación de tallos y hojas.</p>	<ul style="list-style-type: none">▪ Monitorear permanentemente la presencia de estos insectos en el follaje y el suelo.▪ Emplear <i>Bacillus thuringiensis</i> solo en larvas recién eclosionadas.▪ Permitir el control biológico con el uso de hongos (<i>Metarhizium</i>, <i>Beauveria</i>) o depredadores (avispas).▪ En ataques severos aplicar productos de síntesis química específicos permitidos.	<p>Caléndula, alcachofa, menta, diente de león</p>  



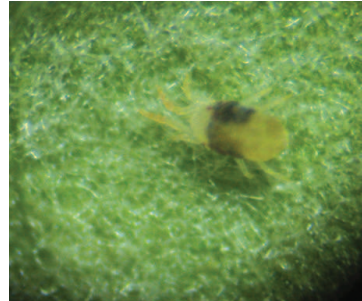
Problemas fitosanitarios

Ácaros (*Tetranychus sp*)

Aparición de puntos cloróticos muy pequeños y abundantes en las hojas de la parte media de la planta, que posteriormente ocasionan secamiento de las hojas. Por el envés, se observa el movimiento de los ácaros.

- Monitorear permanentemente la presencia de los ácaros en el envés de las hojas.
- Realizar el control biológico con el uso de hongos (*Metarhizium*, *Beauveria*).
- Permitir el establecimiento de control biológico del ácaro *Phytoseiulus*.
- En ataques severos, aplicar productos de síntesis química específicos permitidos.

Caléndula, tomillo, romero, alcachofa, menta, diente de león



Babosas (*Deroceras reticulatum* y *Sarasinula cf. Plebeia*, *Milax gagates*)

Perforaciones, principalmente en hojas jóvenes, dejando un rastro (baba) que afecta la estética del producto final en fresco. Ataques ocasionales a los tallos, que producen lesiones en éstos.

- Monitorear la presencia de huevos en las áreas cercanas al cultivo afectado.
- Colocar trampas en los focos y áreas externas del cultivo (físicas, como tablas, costales, tejas, que son los refugios de estas plagas). Las trampas deben inspeccionarse diariamente en las primeras horas de la mañana y eliminar las que allí se encuentren.
- En la medida de lo posible, realizar control manual, buscando los refugios.
- Aplicar productos de síntesis química específicos permitidos.

Caléndula, tomillo, romero, alcachofa, menta, diente de león



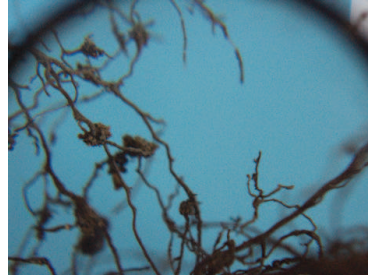


Nematodos

Plaga microscópica, cuyos daños pueden observarse principalmente en las raíces y ocasionalmente en hojas, tallos y flores. El más cosmopolita ocasiona nudos en las raíces, que pueden ser de diferentes tamaños, dependiendo del cultivo y de la especie del nematodo. Esta plaga puede facilitar la entrada de otras enfermedades.

- Monitorear suelos o tejidos de planta donde se sospeche la presencia de nematodos.
- Utilizar material de propagación de reconocida calidad y procedencia.
- En caso de alta infestación en los suelos, aplicar esterilizantes del suelo con propiedades nematocidas o solarizar los suelos por lo menos durante un periodo de 30 días.
- Para algunas especies de nematodos puede realizarse aplicación de hongos, rotación con plantas no hospederas o extractos de plantas con propiedades letales para estos fitoparásitos.

Tomillo, romero, diente de león



Cochinillas harinosas

Aparición de puntos como harinosos sobre las raíces; ocasionalmente pueden encontrarse en la parte superior de las plantas. Las cochinillas producen amarilleamientos de hojas y crecimiento retardado de las plantas.

- Monitorear suelos o tejidos de planta donde se sospeche la presencia de cochinillas.
- Utilizar material de propagación de calidad y procedencia reconocidas.
- En casos severos, esterilizar el suelo con fumigantes permitidos.

Tomillo, romero, caléndula, menta





6. METABOLITOS SECUNDARIOS

Un aspecto metabólico que distingue el reino animal del vegetal es la capacidad de plantas y hongos de producir sustancias no esenciales para su supervivencia. Esas sustancias, denominadas metabolitos secundarios, no parecen participar directamente en el crecimiento o desarrollo ni son necesarias para que un organismo pueda existir como tal. Simplemente aportan una ventaja a la especie que las produce para responder a estímulos del entorno. Los animales superiores raramente producen metabolitos secundarios, si acaso pueden ser encontrados ocasionalmente en insectos y otros invertebrados.

Los principales metabolitos secundarios se pueden clasificar en tres grupos diferentes: los compuestos fenólicos, los terpenoides (o isoprenoides) y los alcaloides. Los aproximadamente 8.000 compuestos fenólicos provienen de las llamadas vías biosintéticas del shikimato o del acetato/malonato. Los terpenoides derivan del isopentenil difosfato (IPP) por medio de la ruta del ácido mevalónico (se conocen unos 25.000). Mientras que los alcaloides contienen uno o más átomos de nitrógeno y derivan principalmente de aminoácidos, de ellos se conocen unos 12.000. Así pues, en el conjunto de las especies vegetales, se pueden diferenciar tres rutas biosintéticas que dan lugar a los metabolitos secundarios:

- Ruta del ácido shikímico.
- Ruta del acetato-malonato (ruta de los policétidos).
- Ruta del ácido mevalónico (ruta de la condensación isoprénica).



Los metabolitos secundarios proceden de una o varias rutas biosintéticas. La tabla 3 indica la ruta biosintética que da lugar a los principales metabolitos secundarios.

Compuestos fenólicos:	
Ácidos fenólicos	Ruta del ácido shikímico
Cumarinas y lignanos	Ruta del ácido shikímico
Flavonoides	Rutas del ácido shikímico y del acetato-malonato
Taninos	Rutas del ácido shikímico y del acetato-malonato
Antraquinonas	Ruta del acetato-malonato
Isoprenoides:	
Esteroides	Ruta del ácido mevalónico
Terpenos	Ruta del ácido mevalónico
Alcaloides	Rutas del ácido shikímico y del ácido mevalónico

Tabla 3. Rutas biosintéticas a los principales metabolitos secundarios.

A continuación se describirá por separado de cada una de estas familias de compuestos.

6.1. Compuestos fenólicos

Uno de los grupos fitoquímicos de más amplia distribución, tienen considerable importancia, tanto estructural como funcional, para los organismos vivos, ya que cumplen un amplio abanico de funciones biológicas (Balasundram et al., 2006). Además, se han asociado con los beneficios sobre la salud derivados del consumo de buenas cantidades de frutas y vegetales (Parr & Bolwell, 2000); tales efectos benéficos han sido atribuidos a su actividad antioxidante (Heim et al., 2002).

Estructuralmente, los compuestos fenólicos están conformados por estructuras aromáticas con uno o varios sustituyentes hidroxilos, que presentan un rango que va desde simples moléculas fenólicas hasta compuestos altamente polimerizados

(Bravo, 1998). A pesar de su diversidad estructural, este grupo de compuestos se agrupa con frecuencia en el grupo llamado polifenoles. La mayoría de los compuestos fenólicos están conjugados con mono y polisacáridos, unidos a uno o más grupos fenólicos. También pueden presentarse como derivados funcionales de éster y metil-éster (Balasundram et al., 2006). De tal diversidad estructural resulta un amplio rango de compuestos fenólicos, que pueden categorizarse en varias clases, tal como se muestra en la tabla 3 (Balasundram et al., 2006). De éstos, los derivados de ácidos benzoicos e hidroxicinámicos, así como los taninos, son considerados los compuestos fenólicos dietarios más abundantes (King & Young, 1999).

Clase	Estructura
Fenoles simples, benzoquinonas	C_6
Ácidos benzoicos	$C_6 - C_1$
Acetofenonas, ácidos fenilacéticos	$C_6 - C_2$
Ácidos cinámicos, derivados fenilpropanos	$C_6 - C_3$
Naftoquinonas	$C_6 - C_4$
Xantonas	$C_6 - C_1 - C_6$
Estilbenos, antraquinonas	$C_6 - C_2 - C_6$
Flavonoides, isoflavonoides	$C_6 - C_3 - C_6$
Lignanós, neolignanós	$(C_6 - C_3)_2$
Biflavonoides	$(C_6 - C_3 - C_6)_2$
Ligninas	$(C_6 - C_3)_n$
Taninos condensados (proantocianidinas)	$(C_6 - C_3 - C_6)_n$

Tabla 4. Clases de compuestos fenólicos en plantas.

Entre los compuestos fenólicos, quizás los más importantes, desde el punto de vista farmacológico, en las plantas medicinales son:



6.1.1. Los fenilpropanos (compuestos C_6C_3)

Los fenilpropanos son los productos naturales más simples derivados del ácido shikímico. Consisten de un anillo aromático con una cadena insaturada de tres átomos de carbono. Entre ellos se cuentan el cinamaldehído, constituyente principal del aceite esencial de la corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum*, Lauraceae), y utilizado como especia y saborizante. Las hojas del *Cinnamomum* también tienen eugenol, el principal constituyente del aceite esencial de los clavos de olor derivados de *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae). El safrol y particularmente el *trans*-anetol son los componentes principales del aceite esencial del anís (*Pimpinella anisum*, Apiaceae), del anís estrellado (*Illicium verum*, Illiciaceae) y del hinojo (*Foeniculum vulgare*, Apiaceae). Estos compuestos, comunes en plantas aromáticas, presentan actividad efectiva frente a hongos y bacterias. Algunos miembros de esta clase también pueden causar inflamación.

6.1.2. Los lignanos o compuestos $(C_6C_3)_2$

Los lignanos son una clase de compuestos derivados de fenilpropanos ampliamente distribuidos en la naturaleza. Se forman por la dimerización de dos unidades fenilpropano (C_6C_3) a través de sus cadenas laterales de tres átomos de carbono. Gran número de lignanos y neolignanos exhiben diferentes usos terapéuticos, en especial como inhibidores enzimáticos y antihipertensivos, como es el caso de los derivados del pinosresinol; potencializadores de la acción insecticida, como el aceite de sésamo; hepatoprotector, como la schisandrina B aislada de los frutos de *Schisandra chinensis* (Magnoliaceae), etc., pero solo los derivados hemisintéticos de la podofilotoxina, con propiedades citostáticas y antimitóticas, y los flavolignanos del cardo mariano, con propiedades antioxidantes y hepatoprotectoras, se encuentran en formulaciones farmacéuticas y son explotados terapéuticamente.

6.1.3. Las cumarinas (compuestos C_6C_3)

El término cumarina proviene de “Coumarou”, nombre común del haba tonca (*Coumarouna odorata* Aubl., Fabaceae). Son metabolitos típicos de plantas superiores y algunos pocos microorganismos, aunque tienen distribución limitada, lo cual ha permitido su uso para clasificar plantas de acuerdo a su presencia (quimiotaxonomía). También se encuentran cumarinas en ciertos hongos. Por ejemplo, las aflatoxinas de hongos del género *Aspergillus*, que se destacan por su alta toxicidad. Estos compuestos presentan un amplio rango de actividad biológica, en el que podemos citar: la acción anticoagulante y antibacterial del dicumarol, la acción antibiótica de la novobiocina, la hepatotoxicidad y carcinogenicidad de ciertas aflatoxinas, la acción estrogénica del cumestrol y la acción fotosensibilizadora de ciertas furanocumarinas, etc. Se destaca además el uso de cumarinas como saborizantes y en perfumería.

6.1.4. Los flavonoides (compuestos $C_6C_3C_6$)

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales. Protegen el organismo del daño producido por agentes oxidantes, tales como los rayos ultravioletas, la polución ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos, entre otras. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse de los alimentos o en forma de suplementos. Están ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras y en diversas bebidas, y representan componentes sustanciales de la parte no energética de la dieta humana (Martínez et al., 2002). Los flavonoides desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos del daño oxidativo y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías. Es así como son reconocidas sus actividades anti-alérgicas, antiinflamatorias, antivíricas, anticancerosas y antioxidantes. Igualmente, afectan una gran cantidad de enzimas y proteínas asociadas a la fotofosforilación (Winkel-Shirley, 2006).



Algunos flavonoides participan en las interacciones planta-animal, como, por ejemplo, en los colores de las flores y frutos, los cuales normalmente atraen a los polinizadores y dispersadores de las semillas. Tales colores suelen proporcionarlos las antocianinas presentes en las vacuolas celulares, tales como las pelargonodinas (naranja, salmón, rosa y rojo), las cianidinas (magenta y crisol), y las delfinidinas (púrpura, malva y azul). Otros flavonoides relacionados –como los flavonoles, las flavonas y las chalconas– también contribuyen a la definición del color. La manipulación por el hombre del color floral afectando la síntesis de determinados flavonoides ha tenido bastante éxito, particularmente en las petunias. Determinados flavonoides, como por ejemplo: el kaempferol, pueden aportarle a la planta protección frente a la radiación UV-B. Otros pueden actuar como atrayentes de insectos, como es el caso de la isoquercitina en las moreras, un factor implicado en el reconocimiento de sus especies hospedadoras.

Los flavonoides apigenina y luteolina sirven como moléculas señal en las interacciones simbióticas entre las leguminosas y las bacterias fijadoras de nitrógeno. Por otro lado, los isoflavonoides están implicados en inducir respuesta de defensa ante el ataque de hongos en la alfalfa y otras especies vegetales.

Entre los efectos benéficos para el hombre, se ha visto que algunos flavonoides tienen cualidades farmacológicas y protectoras para la salud. Se ha demostrado que algunos modulan el sistema inmune y las respuestas inflamatorias. También los hay con cualidades anticancerígenas, antivirales, antitóxicas, y protectoras del hígado. Hay un considerable interés en el uso de los isoflavonoides, ya que son utilizados frecuentemente como fitoestrógenos, entre ellos están la daidzeína y la genisteína, presentes en la soja.

6.1.5. Las antraquinonas

La estructura de las antraquinonas o derivados antracénicos es similar al antraceno, pero con el anillo central más o menos

oxidado, lo cual permite diferenciar los distintos tipos de derivados. Destacan por sus propiedades laxantes, y son de gran interés en farmacia.

La principal acción de dichos derivados es su poder laxante (aumentan el peristaltismo). Ejercen también un efecto colágo (favorecen la salida de bilis de la vesícula biliar), y en dosis elevadas, según el estado de los principios activos, ejercen un efecto purgante. Los principales efectos nocivos son la aparición de diarreas e hipopotasemia (disminución de los niveles de K^+) y también se puede observar la lesión de la mucosa intestinal (coloración negruzca) con dolores abdominales, náuseas y vómitos. No conviene usarlos durante más de ocho días.

Ejemplos de plantas medicinales con compuestos antracénicos incluyen las hojas de penca sábila (*Aloe* sp.), con compuestos como aloína y aloinósido, también el rizoma del ruibarbo (*Rheum officinale* y *Rheum palmatum*), con compuestos como los senósidos A y B y la reicina.

6.2. Terpenoides

Los terpenoides, o isoprenoides, se forman por repeticiones de una molécula de cinco átomos de carbono llamada isopreno. Los compuestos terpenoides son muy numerosos y de estructura diversa. Se pueden encontrar tal cual o formando parte de estructuras más complejas (saponinas) o de mezclas complejas (aceites esenciales).

6.2.1. Clasificación de los terpenoides

Entre los terpenoides tenemos:

- **Monoterpenos, C_{10} :** formados por dos moléculas de isopreno. Suelen ser los componentes de las esencias volátiles.



les de las flores y de los aceites esenciales de las hierbas y especias, en los que pueden constituir incluso el 5% del peso seco de la planta. Los monoterpenos se pueden aislar tanto por destilación como por extracción y se utilizan para la producción industrial de sabores y perfumes.

- **Sesquiterpenos, C_{15} :** constituidos por tres moléculas de isopreno. Al igual que los monoterpenos, muchos sesquiterpenos aparecen en los aceites esenciales. A su vez, muchos sesquiterpenos actúan como fitoalexinas (antibióticos producidos por las plantas en respuesta al ataque de microorganismos) y como agentes repelentes de herbívoros.
- **Diterpenos, C_{20} :** formados por cuatro moléculas de isopreno. A este grupo pertenecen el fitol (que forma parte de la estructura de las clorofilas); hormonas giberelinas; ácidos resinosos de coníferas y especies de leguminosas; fitoalexinas y numerosos metabolitos de importancia farmacológica, como es el caso del taxol, un agente anticancerígeno encontrado en muy bajas concentraciones en la corteza del tejo, y la forskolina, un compuesto utilizado para tratar el glaucoma.
- **Triterpenos, C_{30} :** formados por seis moléculas de isopreno. A este grupo pertenecen los brasinosteroides (otro tipo de hormonas vegetales), los fitoesteroles –que componen las membranas celulares–, algunas fitoalexinas, y compuestos que forman parte de las ceras (recubren y protegen los frutos, tal como el ácido oleanólico de las uvas).

La abundancia y distribución de los diferentes compuestos monoterpenos, diterpenos, triterpenos, etc. es enorme, por lo tanto nos centraremos en el estudio de los aceites esenciales por su importancia fundamental en las propiedades terapéuticas de las plantas medicinales.

6.2.2. Los aceites esenciales

Son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes). Habitualmente también se denominan esencias, si bien esta denominación es mucho más amplia, ya que engloba los aceites esenciales y otras sustancias obtenidas por métodos extractivos diversos.

Características y distribución de los aceites esenciales

Son generalmente líquidos a temperatura ambiente, aunque algunos se solidifican a baja temperatura como, por ejemplo, el aceite de anís. La mayoría son prácticamente transparentes, incoloros o ligeramente coloreados (amarillentos), con excepciones como la esencia de manzanilla, que contiene camazuleno de un intenso color azul. En su gran mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable, como los del ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados. Algunos aceites esenciales son inflamables. Generalmente son menos densos que el agua, aunque también hay excepciones, como los de clavo y de canela. Los aceites esenciales suelen ser insolubles en agua, aunque ciertas esencias tienen algunos componentes que se solubilizan, como es el caso de los fenoles. Así mismo, son lipófilos y solubles en disolventes orgánicos apolares. La solubilidad en alcohol es variable y suelen ser solubles en alcoholes de alta graduación. Poseen índices de refracción elevados y presentan actividad óptica (desvían el plano de la luz polarizada debido a su poder rotatorio). Se oxidan con facilidad y polimerizan dando productos resinosos.

Los aceites esenciales se encuentran en diferentes partes de la planta: en las hojas (ajeno, albahaca, boldo, cidrón, eucalipto, hierbabuena, laurel, limoncillo, mejorana, menta, pachulí, romero, salvia, toronjil, etc.), en las raíces (angélica, asaro, azafrán, cálamo, cúrcuma, galanga, jengibre, sándalo, sasafrás, vale-



riana, vetiver, etc.), en el pericarpio del fruto (limón, mandarina, naranja, etc.), en las semillas (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, comino, etc.), en el tallo (alcanfor, canela, etc.), en las flores (árnica, lavanda, manzanilla, piretro, tomillo, clavo de olor, rosa, etc.) y en los frutos (alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, perejil, pimienta, etc.). Aunque en los aceites esenciales tanto los monoterpenos, los sesquiterpenos y los fenilpropanos se encuentran en forma libre, más recientemente se han investigado los que están ligados a carbohidratos, ya que se considera que son los precursores inmediatos del aceite como tal.

En los vegetales, los aceites esenciales pueden desempeñar diferentes funciones, que aparentemente están siempre relacionados con sus propiedades volátiles y olorosas. Intervienen en la polinización ejerciendo un efecto de atracción sobre ciertos insectos y polinizadores, y actúan como defensa frente al ataque de parásitos e insectos.

Estructura y clasificación

Por lo general son mezclas complejas de hasta más de cien componentes (a veces más de doscientos), que pueden ser: a) compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), b) monoterpenos, c) sesquiterpenos y d) fenilpropanos. Su composición química depende de varios factores, como el origen botánico (la especie y la raza química de las que proceden), el ciclo del vegetal (la composición y la proporción varían según la fase del ciclo vegetativo), las condiciones ambientales, las características del cultivo (suelo, riego, abonos, etc.) y el procedimiento de obtención, ya que durante el mismo se puede alterar la composición del aceite esencial respecto al vegetal.

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios, a saber: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios. De acuerdo con su **consistencia**, se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas. Las primeras son líquidos volátiles a temperatura ambiente. Los segundos exhiben una consistencia más espesa, son poco volátiles

y propensos a sufrir reacciones de polimerización. Ejemplos de esto son: el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, benjuí, bálsamo de Tolú, estoraque, etc. Por último, las oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, balata, oleorresina de paprika, de pimienta negra, de clavero, etc.).

De acuerdo con su **origen**, se clasifican como naturales, artificiales y sintéticos. Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores; debido a su rendimiento tan bajo son muy costosos. Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes; por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecidas con linalool, o la esencia de anís enriquecida con anetol. Los aceites esenciales sintéticos, como su nombre lo indica, son producidos por la combinación de sus componentes, los cuales se derivan la mayoría de las veces de procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

Desde el punto de vista **químico** y a pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, se pueden clasificar de acuerdo con sus componentes mayoritarios. Según esto, los aceites esenciales ricos en monoterpenos se denominan aceites esenciales monoterpenoides (por ejemplo, la hierbabuena, la albahaca, la salvia, etc.). Los ricos en sesquiterpenos son los aceites esenciales sesquiterpenoides (por ejemplo, copaiba, pino, junípero, etc.). Los ricos en fenilpropanos son los aceites esenciales fenilpropanoides (por ejemplo, clavo, canela, anís, etc.). Aunque esta clasificación es muy general nos resultará útil para propósitos de estudiar algunos aspectos fitoquímicos de los monoterpenos, los sesquiterpenos y los fenilpropanos; sin embargo, existen clasificaciones más complejas como que tienen en cuenta otros aspectos químicos.



Aplicaciones y usos

Las aplicaciones de los aceites esenciales y de las esencias en general son múltiples y variadas. Se utilizan tanto por sus propiedades aromáticas (en la industria alimentaria, en perfumería y en la industria de productos de limpieza), como por sus propiedades farmacológicas (en la industria farmacéutica). Igualmente las acciones farmacológicas son muy variadas en su uso tópico (por vía externa) y por vía interna. Las acciones más frecuentes se esquematizan en la tabla 5.

Vía externa		Vía interna	
Antisépticos	Antiinflamatorios	Expectorantes	Antiinflamatorios
Rubefacientes	Insecticidas y	Carminativos	Coleréticos o
Desodorantes	repelentes	Estomacales	colagogos
Analgésicos	Cicatrizantes	Antiespasmódicos	Digestivos
		Sedantes	Diuréticos
		Estimulantes	Antisépticos
		cardíacos	Estimulantes
			circulatorios

Tabla 5. Aplicaciones y usos de los aceites esenciales.

6.3. Los alcaloides

No existe una definición exacta para los alcaloides, pero se les puede considerar: “Un compuesto orgánico de origen natural (generalmente vegetal), nitrogenado (el nitrógeno se encuentra generalmente intracíclico), derivados mayoritariamente de aminoácidos, de carácter más o menos básico, de distribución restringida, con propiedades farmacológicas importantes a dosis bajas y que responden a reacciones comunes de precipitación” (Arango, 2008b,). Sin embargo, determinadas sustancias que se consideran alcaloides no cumplen las propiedades generales de los mismos.

Los alcaloides son esencialmente sustancias presentes en todos los órganos de la planta. Pueden encontrarse mayoritariamente en hojas (cocaína, nicotina, pilocarpina), en flores (escopolamina, atropina), en frutos (alcaloides del opio, pele-

tiarina, coniina), en semillas (piperina, arecolina), en corteza (quinina, tubocurarina), en la raíz (emetina y cefalina). Las especies que contienen alcaloides rara vez contienen uno solo. Habitualmente contienen varios, así como sustancias relacionadas. Hay alcaloides que son muy específicos y solo se encuentran en individuos de una sola especie: por ejemplo, la cocaína en las hojas de coca o la quinina en la corteza de quina; en cambio, hay alcaloides que son inespecíficos y se pueden encontrar en varias especies e incluso en varias familias; es el caso de la nicotina y la cafeína.

6.3.1. Papel de los alcaloides en los vegetales

La función de los alcaloides en las plantas sigue siendo poco clara; se han planteado sugerencias sobre el “rol” que juegan estas sustancias en los vegetales como:

Sirven como productos de desecho del nitrógeno sobrante. Esta función es equivalente a la del ácido úrico o de la urea en los animales.

Debido a que en su mayoría, los alcaloides están asociados con ácidos orgánicos que le facilita el transporte en la planta, pueden servir como productos de almacenamiento del nitrógeno no metabolizado o para transporte del mismo.

La microquímica ha permitido mostrar en forma general que los alcaloides se localizan en los tejidos periféricos de los diferentes órganos de la planta, es decir, en el recubrimiento de las semillas, en la corteza del tallo, en la raíz o el fruto y en la epidermis de la hoja. Esto permite pensar que cumplen una importante función de protección de la planta, por su sabor amargo, frente al ataque de insectos.

Igualmente pueden servir de reguladores del crecimiento. Se ha demostrado que los alcaloides derivados de la putrescina se incrementan notablemente durante la germinación de algu-



nas plantas como la cebada, cuando se encuentran en suelos deficientes de potasio.

6.4. Metabolitos analizados en material vegetal cultivado en el Oriente Antioqueño

Como se mencionó previamente, existen diferentes metabolitos secundarios en las plantas. Con el fin de realizar el control de calidad de un producto, bien sea materia prima o producto terminado, es necesario implementar metodologías confiables basadas en la cuantificación de marcadores químicos que sirvan para identificar las especies.

Un grupo de metabolitos que presentan gran actividad biológica en muchas de las plantas medicinales comercializadas, son los compuestos antioxidantes, conocidos por su capacidad de proteger la célula contra daños producidos por especies reactivas del oxígeno. El estrés oxidativo ha sido relacionado con el cáncer, el envejecimiento, la arteriosclerosis, el daño isquémico, la inflamación y las enfermedades neurodegenerativas (Parkinson y Alzheimer) (Rice-Evans et al., 1997). Por lo tanto, los antioxidantes constituyen un grupo muy interesante de compuestos y, por ende, sus fuentes son muy apetecidas en el mercado. Sin embargo y pese a lo anterior, existe un enorme problema con respecto a la oferta de plantas medicinales en Colombia, puesto que éstas no cumplen en muchas ocasiones con los requerimientos mínimos de calidad.

Un control de calidad riguroso es posible con la tecnología analítica de la cromatografía planar de alta eficiencia (HPTLC). En dicha tecnología, la automatización de los procedimientos, el tamaño de partícula, el espesor de la capa, la distancia de separación, el tiempo de corrido óptimo, el bajo consumo de solventes y los límites óptimos de detección permiten realizar la cuantificación deseada directamente desde los platos cromatográficos.

Ello soluciona muchos de los problemas de reproducibilidad que históricamente ha planteado la cromatografía planar.

Para realizar análisis cuantitativos, se lleva a cabo un proceso que debe asegurar la calidad del resultado, por lo tanto se lleva un control estricto desde que el material está en campo, su recolección, lavado y desinfección, así como el tratamiento de la muestra (Figura 18).

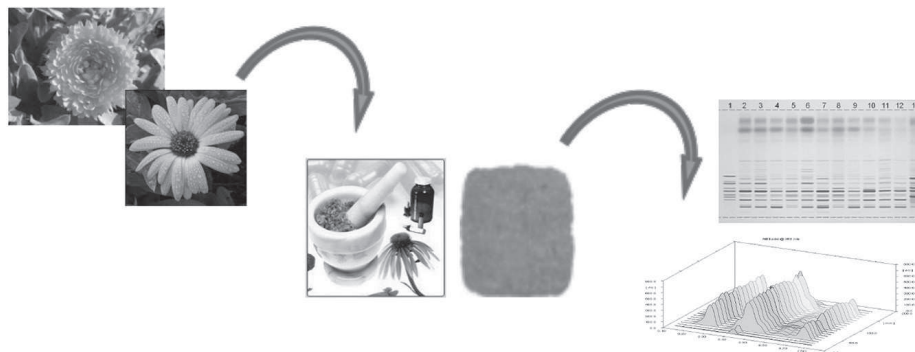


Figura 18. Proceso que se lleva a cabo para realizar el análisis de un material vegetal.

En el presente trabajo se utilizó la tecnología de HPTLC para determinar y cuantificar:

- Rutina en *Calendula officinalis* (Caléndula)
- Borneol en *Rosmarinus officinalis* (Romero)
- Timol en *Thymus vulgaris* (Tomillo)
- Mentol en *Mentha piperita* (Menta)
- Apigenina en *Matricaria chamomilla* (Manzanilla)
- Cynarina en *Cynara scolymus* (Alcachofa)
- Equivalentes de ácido serjánico en *Taraxacum officinale* (diente de león)

Utilizando esta metodología es posible realizar un trabajo comparativo entre las diferentes muestras de cada una de las especies seleccionadas. De este modo, es posible observar si existen diferencias significativas en el contenido de metabolitos secundarios para una misma especie cuando ésta es cultivada



en zonas agroecológicas distintas, como es el caso de los diferentes municipios del Oriente Antioqueño.

6.4.1. Resultados

- **Rutina en *Calendula officinalis* (Caléndula):** se encontró una alta variabilidad fenotípica, por lo que se decidió trabajar con 51 materiales de la especie. Así mismo, se halló una diferencia altamente significativa en el contenido de rutina (flavonoide) para caléndula, influenciada en gran medida por la procedencia. En una segunda etapa se seleccionaron las ocho materiales que presentaron alto contenido de rutina, así como las mejores características agronómicas. Utilizando las mismas condiciones de trabajo se procedió a analizar el material seleccionado, cultivado en diferentes unidades productivas en un nuevo ciclo. Se observó el fuerte efecto del ambiente sobre el contenido de metabolitos para las diferentes procedencias. Se encontró que Rionegro y La Ceja son los lugares que presentan las condiciones bajo las cuales se expresa más el contenido de rutina en las flores de caléndula.
- **Borneol en *Rosmarinus officinalis* (Romero):** se evaluaron tres procedencias de romero en seis municipios del Oriente Antioqueño. Con base en los resultados se seleccionaron las dos procedencias que presentaban el mayor contenido del monoterpeno borneol. Se evaluó un nuevo ciclo de los materiales seleccionados en las unidades productivas de Marinilla (M), El Peñol (P), La Ceja (LC), Guarne (G), Santuario (S) y Rionegro (RN). En este caso se encontró que para ambas procedencias R1 y R2, el mejor lugar para expresar el contenido de borneol es Rionegro, seguido por Guarne, La Ceja, Santuario, El Peñol y Marinilla.
- **Timol en *Thymus vulgaris* (Tomillo):** para el análisis del monoterpeno timol en tomillo se observaron diferencias muy grandes entre las procedencias y los municipios evaluados. Esto se debe muy probablemente a un marcado

efecto del ambiente. Se seleccionaron las variedades T1, T2 y T3 de todas las procedencias, ya que no es muy clara la relación entre el contenido de timol y la variedad. Se evaluaron los materiales seleccionados para un nuevo ciclo productivo en las unidades de Marinilla, El Peñol, Guarne, La Ceja, Santuario y Rionegro, y el análisis arrojó efectos bastante marcados por el ambiente. En este caso en particular se observa un efecto positivo en el contenido de timol presente en las muestras de La Ceja y Guarne. En este aspecto, los picos más altos se obtuvieron en el municipio de la Ceja en la procedencia T1. En contraste, las tres procedencias en el municipio de Guarne mostraron buen contenido de metabolitos. En el municipio de Marinilla, la procedencia T3 presentó los mejores contenidos en comparación con T1 y T2, mientras que los municipios de El Peñol, El Santuario y Rionegro presentaron valores menores.

- **Mentol en *Mentha piperita* (Menta):** se seleccionó una sola procedencia, ME3, debido a que la evaluación taxonómica dio como resultado que ME3 correspondía efectivamente a *Mentha piperita*, lo que no sucedió con la otra procedencia estudiada. Se repitieron los ensayos para ambos materiales. Aunque la especie aprobada es ME3, se decidió evaluar ME2 debido a su alta comercialización. Al igual que con el tomillo, se observó un marcado efecto del ambiente sobre la producción de metabolitos secundarios. En este caso, Rionegro presenta mejores condiciones para una mayor producción de mentol (monoterpeno), pero se observa al mismo tiempo variabilidad entre los grupos, observando un efecto adicional por la procedencia. Aunque ME2 corresponde a *Mentha spicata*, una especie aún no aprobada, se puede observar cómo el contenido de mentol es mayor en Marinilla, El Peñol y Guarne, lo que puede explicar su alta aromaticidad descrita por los productores.
- **Apigenina en *Matricaria chamomilla* (Manzanilla):** se seleccionaron las variedades MA4 y MA5 de todas las procedencias, ya que no es muy clara la relación entre el contenido del flavonoide apigenina y la variedad, puesto que el



ambiente juega un papel muy importante. Así, se realizó la evaluación de los materiales MA4 y MA5 en La Ceja, Rionegro, El Peñol, Santuario, Marinilla y Guarne en un ciclo productivo posterior, a raíz del cual se encontraron diferencias significativas entre las unidades productivas y los grupos. Se halló también que los resultados obtenidos en la primera evaluación no son reproducibles. Como explicación, se pensó que el efecto del clima, la época invernal, la temporada del año y el momento de la cosecha afecta significativamente el contenido de apigenina en la manzanilla.

- **Cynarina en *Cynara scolymus* (Alcachofa):** se evaluaron cuatro procedencias en los municipios de Rionegro, La Ceja y El Peñol, encontrando una gran variabilidad en el contenido de cynarina (un derivado de fenilpropano) para todas las muestras analizadas. Se destaca que la procedencia A3 presentó el mayor contenido de cynarina cuando fue cultivada en Rionegro. La procedencia A1 fue consistente en La Ceja y en Rionegro, pero presentó bajos contenidos de metabolito en El Peñol. El efecto del ambiente es evidente en la expresión de metabolitos secundarios de alcachofa.
- **Equivalentes de ácido serjánico en *Taraxacum officinale* (Diente de león):** en diente de león, se evaluaron tres procedencias D1, D4 y D5 todas en Rionegro, entre las cuales no se encontraron diferencias significativas en el contenido de equivalentes del ácido serjánico (triterpeno). Se encontró que la procedencia no influye, en este caso específico, en el contenido de estos metabolitos.



REFERENCIAS

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5ta ed). s.l.: Elsevier Academic Press.
- Balasundram, N., Sundram, K. & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99, 191-203.
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56, 317-333.
- Castro, D. & Silveira, RLVA. (2010). *Minijardines clonales hidropónicas (MJCH). Innovación y desarrollo tecnológico en la producción de miniestacas-tecnología brasilera*. Bogotá: Universidad Católica de Oriente-UCO, RR Agroflorestral Ltda., Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y Refocosta S.A.
- Chessi, E. (1998). *El mundo de las plantas medicinales*. Barcelona: Ultramar Editores.
- Díaz, J. A. (2003). *Informe técnico. Caracterización del mercado colombiano de plantas medicinales y aromáticas*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt/Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- García, H. (1975). *Flora medicinal de Colombia* (t. III). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A.R. & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 572-584.
- Hinojosa, O. & Cruz, R. (2008). Nota sobre la presencia de *Hypochaeris radicata* L. (Asteraceae: Lactuceae) en la flora del distrito federal, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (82), 63-65. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/577/57708203.pdf>.
- Huici, O. (2007). *Plagas agrícolas: Fundamentos técnicos para el uso y manejo correcto de plaguicidas* (Cartilla 4). La Paz: PLAGBOL. Recuperado de <http://plagbol.org.bo/files/Plagas%20agr%C3%ADcolas.pdf>



- King, A. & Young, G. (1999). Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, 99, 213-218.
- Lloyd, G. & Mccown, B. (1981). Commercially feasible micropropagation of mountain laural (*Kalmia latifolia*) by use of shoot tip cultures. *Combined Proceedings, International Plant Propagators' Society*, 30, 421-427.
- Martínez, S., González, J., Culebras, M. & Tuñón, M. J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 17 (6), 271-278.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s.f). *Agronet, Estadísticas*. Recuperado de www.agronet.gov.co/www/htm3b/repparam.asp.
- Ministerio de la Protección Social. (2008). *Vademécum colombiano de plantas medicinales*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Moore, T., Sánchez, L. P. & Desmarchelier, C. (2005). Manual de Cultivo y Manejo de Caléndula (*Calendula officinalis* L). Buenos Aires: Asociación Argentina de Fitomedicina y Centro Orientamiento Educativo-Italia.
- Muñoz, F. (2002). *Plantas medicinales y aromáticas: Estudio, cultivo y procesado* (4ta reimpresión). Madrid: Mundiprensa.
- Murashige, T. & Skoog F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15 (3), 473-497.
- Pank, F. (2006). Adaptation of medicinal and aromatic plants to contemporary quality and technological demands by breeding: aims, methods and trends. *Revista Brasileira de Plantas Medicinaiis*, 8 (Número especial), 39-42.
- Parr, A. J. & Bolwell, G. P. (2000). Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (7), 985-1012.
- Rice-Evans, C., Miller, N. & Paganda, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2 (4), 152-159.
- Trujillo, CPR de, & Molano, D. (2007). *Propagación de plantas medicinales y aromáticas*. Recuperado de <http://iesmrosodeluna.juntaextremadura.net/web/departamentos/ccnn/silvestres/propagacion.pdf>
- Winkel, B. S. J. (2006). The biosynthesis of flavonoids. En: E. Grotewold (Ed.), *The Science of Flavonoids* (71-96). Nueva York: Springer.

Este libro se terminó de imprimir
en los talleres de Divegráficas Ltda.
en el mes de febrero de 2013.

El presente libro de investigación, fruto del trabajo de los grupos: Unidad de Biotecnología Vegetal, Agroindustria de la Universidad Católica de Oriente y Grupos de Sustancias Bioactivas de la Universidad de Antioquia, pretende contribuir al mejoramiento de la calidad y la trazabilidad de la materia prima cultivada en el Oriente Antioqueño, incluyendo: la alcachofa, la caléndula, el diente de león, la menta, la manzanilla, el romero y el tomillo. La propuesta se basa en la identificación de modelos productivos adaptados a las condiciones regionales para especies seleccionadas. Sin lugar a dudas, la generación de un ingreso complementario a la producción actual, junto con el fortalecimiento de la capacidad de producción, mejorará la competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

ISBN: 978-958-838-574-7



9 789588 385747

