

Cadena de valor de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias

UNA INDUSTRIA EN PLENO DESARROLLO



**Carlos David
Grande Tovar**

**Johannes
Delgado Ospina**

Universidad de San Buenaventura Cali



Cadena de valor de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias.
Una industria en pleno desarrollo.

Retos y oportunidades en el panorama colombiano



En varios apartes de este libro usted encontrará este código que al escanearlo con su celular o tableta le permitirá acceder a videos que el autor ha dispuesto como complemento o ampliación de los temas tratados. Para ello, su celular debe tener una aplicación que lea códigos QR, la cual se consigue gratis en cualquier tienda virtual.



**UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA
CALI**

Cadena de valor de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias. Una industria en pleno desarrollo

Retos y oportunidades en el panorama colombiano

CARLOS DAVID GRANDE TOVAR
JOHANNES DELGADO OSPINA

2015

Grande Tovar, Carlos David

La industria de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias / Carlos David Grande Tovar; Johannes Delgado Ospina.--Cali : Editorial Bonaventuriana, 2015

101 p.

ISBN: 978-958-8785-57-8

1. Plantas aromáticas 2. Plantas aromáticas - Producción 3. Plantas medicinales
4. Botánica 5. Extractos medicinales 6. Cultivos de plantas medicinales 7. Análisis químico de las plantas 8. Nombres científicos de las plantas 9. Fitoterapia I. Delgado Ospina, Johannes II. Tít.

581.634 (D 23)

G751

 Editorial Bonaventuriana, 2015
© Universidad de San Buenaventura

Cadena de valor de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias.

Una industria en pleno desarrollo

Retos y oportunidades en el panorama colombiano

© Autores: Carlos David Grande Tovar
Johannes Delgado Ospina
Universidad de San Buenaventura

Grupo de investigación: Biotecnología

Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de San Buenaventura Cali
Colombia

© Editorial Bonaventuriana, 2015
Universidad de San Buenaventura
Dirección Editorial Cali
Calle 117 No. 11A-62
PBX: 57 (1) 520 02 99 - 57 (2) 318 22 00 - 488 22 22
e-mail: editorial.bonaventuriana@usb.edu.co
www.editorialbonaventuriana.edu.co
Colombia, Sur América

Los autores son responsables del contenido de la presente obra.
Prohibida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier medio,
sin permiso escrito de la Editorial Bonaventuriana.

ISBN: 978-958-8785-57-8

Tiraje: 300 ejemplares

Cumplido el depósito legal (Ley 44 de 1993, Decreto 460 de 1995 y Decreto 358 de 2000).
2015

Gracias a todos aquellos que contribuyeron
en la publicación del libro, a nuestras familias
y muy especialmente a nuestros estudiantes
quienes son la inspiración y razón
de la construcción de este libro.

Tabla de contenido

Introducción	9
Conceptos generales.....	13
 PLANTAS AROMÁTICAS MEDICINALES Y CONDIMENTARIAS (PAMC)	
Antecedentes históricos de las PAMC	17
Panorama de las PAMC en Colombia.....	25
Principales aprovechamientos	33
Tintes y colorantes.....	36
Principios activos para el tratamiento de enfermedades (fitoterapia)...	36
Producción y comercialización	43
Ipecacuanha (<i>Cephaelis ipecacuanha</i>)	44
Achiote (<i>Bixa orellana</i>)	46
Bálsamo de Tolú (<i>Myroxilon balsamum</i>)	46
Ají (<i>Capsicum</i> sp.)	47
Borojó (<i>Borojoa patinoi</i>)	48
Asaí (<i>Euterpe precatoria</i>)	49

Gualanday (<i>Jacaranda caucana</i>).....	49
Arazá (<i>Eugenia stipitata</i>)	50
Muña (<i>Myntostachys mollis</i>).....	50
Prontoalivio (<i>Lippia alba</i>)	51
Jagua (<i>Genipa americana</i>)	52
Seje (<i>Jessenia bataua</i>)	52
Añil (<i>Indigofera suffruticosa</i>)	53
El cultivo de plantas aromáticas y medicinales	61
El suelo y su origen	63
La materia orgánica del suelo	70
Manejo del suelo.....	71
Poscosecha	83
Secado.....	85
Transporte	89
Conclusiones y perspectivas	91
Bibliografía	93



Introducción

El grupo biológico de las plantas apareció hace unos 3.000 millones de años aproximadamente y ha evolucionado constantemente para adaptarse a los cambios ambientales que se han producido desde el surgimiento de la vida en la Tierra (Bernal, García, Londoño, Molano, Quevedo y Vásquez, 2011). Son las encargadas de otorgar los principios inmediatos y los principios activos a los animales a través de la cadena trófica. Los principios inmediatos están compuestos por aquellas moléculas que permiten la supervivencia y el desarrollo de los seres vivos y son elaboradas por las plantas alimenticias en la base de la cadena. Entre estas moléculas se encuentran los lípidos, los carbohidratos y las proteínas.

Sin embargo, muchas plantas sintetizan sustancias que pueden ejercer una acción beneficiosa sobre los seres vivos. Dentro de estas se encuentran las plantas medicinales, las cuales elaboran principios activos que provienen del metabolismo secundario de las plantas y sirven de defensa y protección contra insectos, parásitos, predadores e incluso sequías o altas temperaturas (Arraíza, 2009). Estos principios, a su vez, ejercen una acción farmacológica generalmente beneficiosa sobre los organismos (Muñoz, 2002), que comprende desde la analgesia hasta el alivio de la enfermedad. Al día de hoy se han aislado unos 12.000 principios activos, un 10 % del total que se cree pueden contener estas plantas.

El descubrimiento de estos beneficios ha generado un mercado que según el diario *La República* asciende a los trescientos mil millones de dólares anuales; sin embargo, cabe anotar que estas cifras corresponden apenas a una fracción de las diez mil especies que pueden ser utilizadas medicinalmente. Los principales consumidores son Japón, China, Alemania, Estados Unidos, Francia, Italia, España y Reino Unido, que conforman un jugoso mercado al que, sin duda, Colombia podría acceder con algunas de las empresas que hoy en día se empiezan a consolidar.

Nuestro país es el cuarto en extensión de América del Sur, con una superficie de 1.141.814 km². Por su ubicación geográfica en la zona ecuatorial, se beneficia

de gran variedad de climas y ecosistemas que hacen factible la existencia de una megabiodiversidad y una variedad de climas que le brindan la posibilidad de cultivar diferentes especies de plantas, dada la fertilidad de sus suelos (Legiscomex.com, Producción, 2006).

Por lo anterior, Colombia presenta unas características envidiables para el desarrollo de la industria de ingredientes naturales; sin embargo, necesita diseñar y desarrollar cadenas de valor de talla mundial, que le permitan ser competitiva en sectores que demandan estos productos, como el farmacéutico, el cosmético y el alimentario. Es cierto que existe considerable materia prima que no ha sido plenamente aprovechada y aunque se ha avanzado en el desarrollo tecnológico de cultivos y en la industria propiamente dicha, aún queda mucho por hacer en relación con el desarrollo de esta cadena de valor, amén de un marco legal eficiente para regular la explotación y el aprovechamiento de estos recursos naturales. De hecho, existen en el mundo unas 260.000 especies vegetales, de las cuales unas 60.000 se dan en Colombia y unas 5.000 tienen potencial medicinal; pero en este ámbito el Invima solo reconoce noventa y seis (Fonnegra y Jiménez, 2006).

La cadena agroindustrial de las plantas aromáticas, medicinales y condimentarias (PAMC) involucra materias primas que pueden ser comercializadas en fresco (las plantas y sus partes) o en productos derivados de su transformación primaria y secundaria (tisanas, tes, colorantes, aceites esenciales, etc.). Estos elementos básicos requieren especialidades tecnológicas –según cada especie– para una producción adecuada y un máximo aprovechamiento. Por su parte, para su extracción y purificación los productos de transformación demandan una tecnología y una infraestructura cada vez más complejas para satisfacer un mercado exigente, compuesto principalmente por las industrias farmacéuticas, alimentarias y cosméticas (conocidas como industrias FAC) (Rugeles, Ortiz, Guaitero, y Huertas, 2011). Los mayores productores se encuentran en Europa, Asia y América del Sur.

De la interacción entre los diferentes eslabones de la cadena (producción, transformación y comercialización) surge la posibilidad de convertir esta actividad y otras asociadas a ella –como el turismo– en negocios altamente rentables (Rugeles, *et al*, 2011). Por esta razón se considera como una cadena agroindustrial, al permitir que múltiples cadenas productivas y diversos factores socioeconómicos y territoriales interactúen alrededor de un negocio central.

A nivel mundial, este negocio genera transacciones que ascienden a los 300 billones de dólares anuales, de acuerdo con el diario *La República* (*La República*, 2011); (Rugeles, *et al*, 2011) y el mercado de la herbolaria mueve alrededor de

14 billones de dólares al año. Estas cifras corresponden una fracción pequeña de las 10.000 especies que, se calcula, pueden ser utilizadas medicinalmente. De este gran mercado, los principales consumidores son Japón, China, Alemania, Estados Unidos, Francia, Italia, España y Reino Unido, un mercado jugoso e interesante que Colombia pretende alcanzar con algunas empresas que se empiezan a consolidar en su territorio.

En nuestro país, el mercado de las seis mil PAMC es básicamente informal y está compuesto por pequeñas tiendas naturistas, algunos laboratorios y ventas ambulantes, cuya actividad se centra en los usos fitoterapéuticos. Unas 156 plantas, de las cuales 41 % son nativas, 50 % foráneas y 9 % naturalizadas (Rugeles, *et al*, 2011), son comercializadas a nivel nacional, y entre ellas la caléndula (*Calendula officinalis*), la alcachofa (*Cynara scolymis*), la valeriana (*Valeriana officinalis*) y el ajo (*Allium sativum*), son las especies más demandadas; solo una pequeña fracción de estas lo es a nivel internacional.

Según el instituto Alexander von Humboldt, el mercado informal, basado principalmente en las ventas de plazas de mercado, alcanza unos 25 millones de dólares al año, cifra muy baja si se tiene en cuenta la riqueza natural del país en este aspecto, lo que podría deberse a una legislación ineficiente y en muchos casos confusa (Rugeles, *et al*, 2011; ICEX, 2005).

El uso de de estas plantas se ha extendido considerablemente y algunas especies se encuentran seriamente amenazadas, razón por la cual diversas entidades a nivel mundial han procedido a regular su recolección. Frente a este problema, la alternativa del cultivo ha cobrado importancia capital como una de las soluciones más adecuadas.

De las plantas se pueden utilizar prácticamente todos sus órganos: hojas, tallos, raíces, flores, pulpas y semillas –e incluso la planta completa– para su transformación o su venta en fresco. Tienen múltiples aplicaciones en la industria alimentaria (condimentos, extractos, pulpas y jugos), cosmética, del cuidado personal (estética y perfumería) y farmacéutica (aplicaciones médicas y terapéuticas), amén de un sinnúmero de aplicaciones en agricultura y ornamentación (Rugeles, *et al*, 2011).

En este libro se discuten algunos aspectos relacionados con la producción (siembra, recolección y cosecha), la transformación primaria (operaciones de acondicionamiento poscosecha para su conservación y adecuación para su posterior transformación en derivados como aceites, extractos, principios activos, etc.), la transformación secundaria (operaciones de empaque, envase y almacenamiento) y la comercialización, todo ello a través del análisis del comportamiento del mercado en Colombia y el mundo. El propósito es introducir

al estudiante en los aspectos básicos relacionados con la industria creciente de las plantas aromáticas, medicinales y condimentarias en Colombia.





Conceptos generales

En primer lugar, es importante resaltar que todas las plantas tienen nombres comunes y que estos varían según el lugar del planeta donde se encuentren. Así, una misma planta podría tener muchos nombres, lo que podría dar lugar a confusión en lo tocante a su estudio y clasificación. Por esa razón, debemos identificar una planta de acuerdo con su nombre botánico o científico, que consta del género (con mayúscula inicial), seguido del nombre de la especie en minúscula y la inicial de quien la descubrió. Todo el nombre se escribe en letra cursiva.

Otras definiciones que se usarán a lo largo del texto son:

- *Plantas medicinales*. Son aquellas especies vegetales que contienen principios activos en su estructura, responsables de la acción farmacológica en los organismos. Constituyen un 10 % del total de especies vegetales en el mundo.
- *Droga vegetal*. Es la porción de la planta de la que se extraen los principios activos. Pueden ser las hojas, el tallo, las flores o las semillas. En ocasiones es la planta entera.
- *Planta oficial*. Es aquella que tiene usos reconocidos por la farmacopea europea.
- *Plantas aromáticas*. Contienen principios activos volátiles y aceites esenciales. Corresponden a un 0,5 % del total de las plantas medicinales.
- *Extractos*. A diferencia de los aceites esenciales compuestos por sustancias volátiles, los extractos son compuestos no volátiles que se obtienen por procesos de extracción con solventes (agua y éter).

Plantas aromáticas, medicinales y condimentarias (PAMC)



Antecedentes históricos

El uso de plantas con fines aromáticos, medicinales y condimentarios es tan antiguo como la historia de la humanidad. Con el nacimiento de la agricultura su producción se incrementó y el hombre domesticó las que consideró más útiles para su alimentación y el tratamiento de enfermedades (Arraíza, 2009).

Dentro de las culturas que han usado las PAMC se destacan los egipcios. El papiro de Ebers, que data del año 2278 a.C., contiene más de 877 apartados que describen numerosas enfermedades y sus respectivos tratamientos con remedios obtenidos de insectos y arañas y de plantas como la adormidera (Figura 1).

Figura 1
Papiro de Ebers



Fuente: Icke, 2006; Medeiros, 2006.

La cultura china hizo su aporte a través del *Pen Tsao*, un libro sobre plantas medicinales y aromáticas (Figura 2), compilación de la tradición oral. En esta

obra se describe el poder curativo de rocas, animales y plantas como la uva –que según el saber popular curaba el reumatismo–, los melones para rejuvenecer y las castañas para el tratamiento de los riñones enfermos.

Figura 2
Pen Tsao chino



Fuente: Pankrat, 2010; Museo oriental de Valladolid.

Los babilonios, quienes eran excelentes comerciantes por su ubicación estratégica entre el mundo oriental y occidental, lograron comercializar esencias, perfumes y productos para la belleza de la mujer.

El *Rig Veda*, libro sagrado del hinduismo, contiene diversos escritos que describen el poder curativo de las plantas (Figura 3).

Figura 3
Fragmento del *Rig Veda* hindú



Fuente: Saco, 2012.

En la cultura griega, el médico, farmacólogo y botánico, Pedanio Discórides Anazarbeo (Anazarbus, Cicilia, 40-90 d.C.), publicó su obra *De materia médica*, cuyo éxito fue tan grande que se diseminó por toda Europa y llegó a ser el principal texto de la farmacopea en la Edad Media y el Renacimiento. Publicado

en cinco volúmenes y traducido a diversos idiomas, (figura 4) recopiló más de seiscientas especies de plantas de importancia medicinal.

Figura 4
Fragmento de *De materia médica*,
obra cumbre del médico griego Discórides



Fuente: Osborn, 2007.

Otros médicos griegos que contribuyeron al conocimiento del uso farmacológico y terapéutico de las plantas fueron Galeno de Pérgamo (130-200 d.C.) e Hipócrates de Cos –considerado el padre de la medicina–, quien aseguraba que para tratar enfermedades se debían usar hierbas, ya que las causas de los padecimientos eran netamente naturales (Arraíza, 2009).

Por sus hábitos poco sedentarios, el hombre de la antigüedad iba de un lugar al otro en busca de alimentos, los cuales provenían principalmente de las plantas que recolectaba. Algunas le resultaron agradables, otras amargas, y no pocas le provocaron estados de conciencia alterados. También observó a los animales y analizó su comportamiento respecto de algunas plantas, a las cuales recurrían cuando se sentían enfermos. De esta manera fue conociendo todo el universo de posibilidades que ofrecían, desde aquellas que causaban vómito (eméticas), hasta las que producían alucinaciones (alucinógenas), disminuían la fiebre (antipiréticas), regulaban la función renal (diuréticas), las que purgaban y las que atenuaban los molestos síntomas de la menstruación (emenagogas); algunas estimulantes, otras aperíticas. En fin, todo un universo de posibilidades que

desde nuestros ancestros hemos heredado y que son la base del conocimiento actual (Montaña, 2010).

En la Edad Media, los árabes mejoraron el conocimiento de la destilación de las PAMC y llevaron estos procesos a un desarrollo notable. En el siglo XIII, los árabes comercializaron esencias basadas principalmente en la extracción con alcohol, entre ellas el romero (Muñoz, 2002).

A pesar de que el conocimiento de las plantas medicinales es milenario, en la Edad Media la separación de la herbolaria y la medicina debida a las restricciones impuestas por la Inquisición llevó a este saber a un franco deterioro y muchos de sus practicantes fueron acusados de herejes. El cornezuelo de centeno (*Claviceps purpurea*) (Figura 5), cuyo principio activo –la dietilamida de ácido lisérgico (LSD)– generaba alucinaciones en sus consumidores consideradas como posesiones demoníacas, fue calificada de planta maldita y su posesión duramente castigada (Arraiza, 2009). Sin embargo, gracias a la irrupción del Renacimiento en el siglo XV y a la invención de la imprenta de tipos móviles, la fitoterapia resurgió de manera espectacular y muchos fueron los escritos sobre el tema que vieron la luz, aunque todavía con un buen grado de superstición.

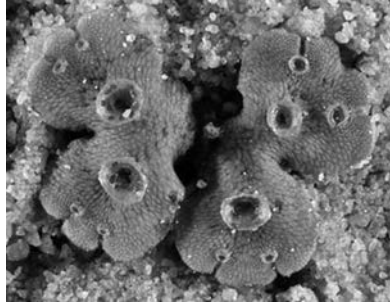
Figura 5
Cornezuelo del centeno (*Claviceps purpurea*)



Fuente: Millán, 2010.

Para la época, la doctrina instituida por Paracelso (1451-1493), la *Dottrina dei Segni*, fue la dominante. Esta filosofía argumentaba que la efectividad de una planta medicinal dependía en gran medida de su morfología, dogma que se sustentaba en una analogía entre la forma de la planta y los órganos del cuerpo humano (Figura 6). Así, las plantas hepáticas recibieron su nombre gracias a su similitud con la forma del hígado, por lo cual se creía que servía para su tratamiento; aquellas que se parecían al corazón se usaban para remediar los padecimientos cardíacos; la infia amarilla era efectiva contra la ictericia. Y así, con cuantiosas especies.

Figura 6
La hepática para el tratamiento del hígado,
según la *Dottrina dei Segni*



Fuente: *Neofronteras*, 2010.

Por su parte, los colonizadores de América se fascinaron con la inmensa diversidad de plantas que el mismo Colón describiría como valiosas para preparar tinturas y colorantes, pero que no podía reconocer con exactitud (Faggioni, 2005). Francisco Hernández, médico enviado por Felipe II, describiría más de 1.200 especies de plantas medicinales, un número en mucho superior al descrito por Discórides en la farmacopea europea. Los aztecas se destacaron por su alto conocimiento en plantas medicinales y el emperador Moctezuma I poseía el jardín botánico más grande de Tenochtitlán, admirado por los colonizadores americanos.

Uno de los descubrimientos más importantes fue la quina (*Cinchona sp*) (Figura 7), de donde se extrae la quinina, un potente alcaloide capaz de curar arritmias cardíacas, tratar la fiebre y con una efectiva acción antimalárica (descubierta recientemente). Esta planta fue exportada a Europa por los jesuitas, quienes controlaron lo relacionado con su venta y producción (Faggioni, 2005).

Figura 7
Quina (*Cinchona officinalis*)



Fuente: Köhler, 1897.

Otra de las plantas de origen americano de gran acogida por la comunidad europea fue la coca (*Erythroxylum coca*) (Figura 8), venerada por la nobleza debido a sus “poderes afrodisíacos” y a los estados de euforia que causaba cuando se la combinaba con bebidas como el vino. Hacia finales del siglo XIX, muchas infusiones se preparaban con base en extractos de hoja coca (Faggioni, 2005).

Figura 8
Coca (*Erythroxylum coca*)



Fuente: Melo, 2014.

Durante sus expediciones en la Guayana, Walter Raileigh fue el encargado de descubrir la manera como cazaban los indígenas, quienes utilizaban dardos impregnados con curare disparados con cerbatanas (Figura 9). Esta substancia, al entrar en contacto con el organismo, produce parálisis progresiva y la muerte final por asfixia. Los derivados del curare han sido estudiados y fue Daniel Bovet quien en 1947 logró obtener un derivado, lo que en 1992 le significó el premio Nobel (Faggioni, 2005).

Figura 9
Curare



Fuente: Remedios naturales.

El tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Figura 10), fue introducido en Europa por Hernández de Boncalo, cronista e historiador de las Indias. Fue usado por los chamanes para entrar en estados de trance y elevar sus plegarias a los dioses.

Figura 10
Plantación de tabaco (*Nicotiana tabacum*)



Fuente: Saludalia interactiva, 2000.

Hoy en día muchos medicamentos tienen su base en principios activos aislados de plantas medicinales o en preparaciones basadas en las mismas plantas, como se verá más adelante. De hecho, el primer paso para iniciar una investigación sobre el principio activo eficaz contra una enfermedad parte del conocimiento tradicional. Tal es el caso de la digitalina, un alcaloide aislado de la *Digitalis purpurea* utilizado para el tratamiento de patologías cardíacas (Arráiza, 2009).

De la adormidera (*Papaver somniferum*) se extrae el opio (usado desde la antigüedad) del cual deriva la morfina –un potente analgésico– y de las más de cuatrocientas especies de *salix* (sauce; familia Salicaceae), se aísla el ácido acetilsalicílico que dio origen a la aspirina, uno de los medicamentos más vendidos en el mundo. Estos hallazgos dieron origen a la actual industria farmacológica, cosmética y perfumera basada en ingredientes naturales, tema que será el punto central a lo largo de este libro.



Panorama de las PAMC en Colombia

Según el Instituto Alexander von Humboldt, plantas medicinales son aquellas cuyos principios activos poseen acción farmacológica y son usadas para tratar enfermedades o problemas de salud en personas y animales, para lo cual deben cumplir con los requisitos internacionales y nacionales de calidad, inocuidad, seguridad y disponibilidad, de forma tal que se reconozca que el medicamento es un binomio entre la planta y la dosis que se debe aplicar para obtener su acción terapéutica (Bernal *et al.*, 2011).

En Colombia existen alrededor de 2.404 especies de plantas medicinales, de las cuales unas 1.656 son nativas del neotrópico y 214 son exclusivas del país, mientras que las restantes 1.442 son oriundas de países del neotrópico (Bernal *et al.*, 2011).

Lo anterior nos indica que Colombia posee un enorme potencial económico en este campo, razón por la cual debe aumentar el número de investigaciones centradas en la extracción y procesamiento de este tipo de plantas, que le permitirán una explotación sostenible y duradera con productos de mejor calidad al tratarse de productos nativos, y orientar la normatividad en torno al favorecimiento de estas materias primas para posicionar esta cadena de valor en niveles altos a escala mundial.

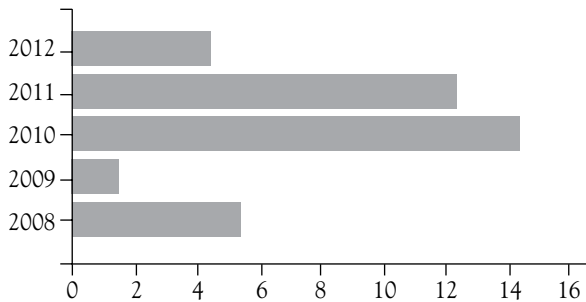
Actualmente, Colombia integra productores, empresas transformadoras, universidades, centros de investigación, comercializadores, distribuidores y al gobierno mismo, en un esfuerzo por vincular estos actores a la cadena productiva de las plantas aromáticas y medicinales a fin de conquistar mercados internacionales con la mayor rentabilidad posible (Corpoica, 2014).

Al hacer un análisis más profundo del número de investigaciones en este campo llevadas a cabo en Colombia entre el 2008 y el 2012, se encuentra que el núme-

ro es aún bajo (cuarenta y siete), si se tienen en cuenta la brecha tecnológica existente y la necesidad del sector de convertirse en un competidor de clase mundial (Gráfico 1).

Gráfico 1

Número de proyectos de investigación finalizados en Colombia en el campo de la cadena de plantas aromáticas y medicinales, periodo 2008-2012

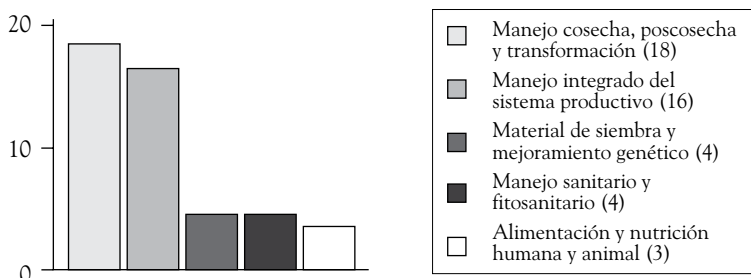


Fuente: Corpoica, 2014.

Estas investigaciones se centran en la cosecha, la poscosecha, la transformación y el manejo integrado del sistema productivo (18) y en muy baja proporción en el manejo sanitario y fitosanitario de los cultivos (4), así como en el material de siembra y en el mejoramiento genético (4), factores claves en el mejoramiento de la calidad de los productos fuente (materias primas) ofrecidos y suplir las demandas de aquellos países consumidores como Estados Unidos y la Unión Europea (Gráfico 2).

Gráfico 2

Áreas de investigación estudiadas en el desarrollo de los proyectos de investigación de la cadena

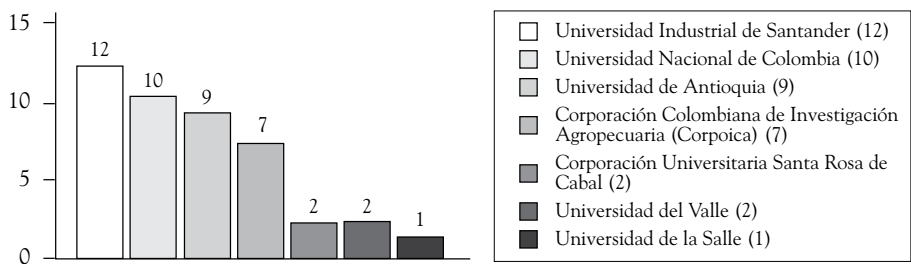


Fuente: Corpoica, 2014.

Dentro de las instituciones involucradas con los proyectos (Gráfico 3), se encuentran la Universidad Industrial de Santander, con doce investigaciones,

la Universidad Nacional de Colombia con diez, la Universidad de Antioquia con nueve y Corpoica con siete, lo que demuestra una alta concentración de la investigación en la región andina y la necesidad de concentrar esfuerzos en fortalecer las capacidades de investigación en aquellas regiones que contienen la mayor biodiversidad, como son la región Pacífico y la Amazonia.

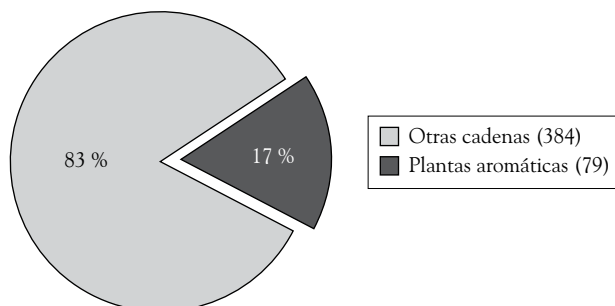
Gráfico 3
Organizaciones involucradas en los proyectos de investigación en la cadena de plantas aromáticas y medicinales



Fuente: Corpoica, 2014.

Dentro de estas instituciones hay setenta y nueve grupos que investigan temáticas relacionadas con plantas aromáticas, que corresponden a un porcentaje importante (17 %) del total de grupos de investigación reconocidos y avalados por Colciencias (463) (Gráfico 4). Estos grupos pertenecen en su mayoría a instituciones públicas como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia, la Universidad de Nariño, la Universidad de Antioquia y Corpoica, fenómeno que enfatiza la necesidad de fortalecer aquellas instituciones ubicadas en regiones menos desarrolladas (Gráfico 5).

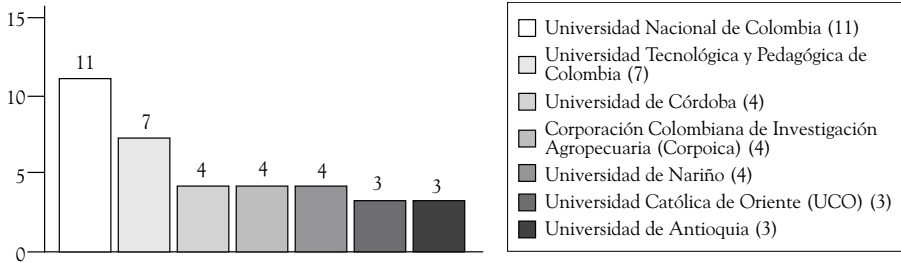
Gráfico 4
Número de grupos de investigación involucrados en los proyectos de los últimos años en la cadena de plantas aromáticas y medicinales



Fuente: Corpoica, 2014.

Gráfico 5

Instituciones a las cuales están adscritos los grupos de investigación involucrados en los proyectos de los últimos años en la cadena de plantas aromáticas y medicinales



Fuente: Corpoica, 2014.

En este estudio también se identificaron las principales demandas tecnológicas de la cadena y las áreas con las cuales se relacionan (Corpoica, 2014) (Tabla 1).

Tabla 1

Consolidado de demandas de la agenda de plantas aromáticas y medicinales

Prioridad	Demanda	Área relacionada
1	Identificación de especies nativas o silvestres de PAMC con potencial de uso	Manejo integrado del sistema productivo
2	Bioprospección: validación científica del uso de especies potenciales e ingredientes naturales derivados	Manejo cosecha, poscosecha y transformación
3	Determinación de condiciones agroecológicas y desarrollo de estrategias para el manejo agronómico de plantas medicinales, aromáticas y condimentarias en Colombia.	Manejo integrado del sistema productivo
4	Desarrollo de sistemas de propagación para el suministro de material vegetal certificado	Material de siembra y mejoramiento genético
5	Establecimiento de un banco de germoplasma que permita el estudio, la evaluación y el mejoramiento de los recursos genéticos de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias, para su conservación y uso sostenible.	Material de siembra y mejoramiento genético

Prioridad	Demanda	Área relacionada
6	Implementación de esquemas de buenas prácticas agrícolas y producción orgánica que garanticen productos sanos para el beneficio del consumidor y permitan cumplir con los estándares de calidad nacionales e internacionales	Calidad e inocuidad de insumos y productos
7	Métodos y protocolos de manejo de cosecha y poscosecha para la optimización de la composición, la conservación de la calidad y la prolongación de la vida útil	Manejo cosecha, poscosecha y transformación
8	Desarrollo de procesos de obtención, transformación, caracterización y adecuación tecnológica de ingredientes naturales	Manejo cosecha, poscosecha y transformación
9	Desarrollo de nuevos productos y aplicaciones a partir de las PAMC para su aplicación en las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética y de agroinsumos	Manejo cosecha, poscosecha y transformación
10	Adaptación e implementación de sistemas de trazabilidad y estandarización de procesos para asegurar la calidad y la inocuidad	Calidad e inocuidad de insumos y productos
11	Crear y mantener un sistema de información de cadena que permita identificar la oferta y demanda de productos frescos o con valor agregado y las oportunidades, diferenciar mercados internacionales y nacionales, publicar investigaciones y constituirse en un espacio de divulgación y encuentro para los actores de la cadena.	Sistemas de información, zonificación y georreferenciación
12	Institucionalizar los procesos de articulación y fortalecimiento de la cadena productiva	Socioeconomía, mercadeo y desarrollo empresarial
13	Gestión del conocimiento, formación de recurso humano, transferencia de tecnología y asistencia técnica	Transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación

Como se observa, las principales demandas están relacionadas con las áreas manejo integrado del sistema productivo, manejo cosecha, poscosecha y transformación, calidad e inocuidad de insumos y productos y mejoramiento del material de siembra, lo que genera oportunidades de participación para las instituciones dedicadas a la investigación y desarrollo tecnológico, en este importante proceso de consolidación de un negocio de talla mundial.

Por otra parte, el estudio de Bernal y colaboradores (2011) muestra que de las 1.656 especies estudiadas, solo un 12,5 % (206 especies) tienen más de tres estudios documentados y de las especies nativas exclusivas de Colombia, solo un 2 % (cinco especies) presentan más de tres referencias. Todo esto deja entrever la creciente necesidad de investigar más este campo, de la mano con una política gubernamental apoyada en una legislación accesible y actualizada que permita impulsar el conocimiento de este patrimonio nacional.

Cabe resaltar igualmente en el estudio de Bernal y colaboradores, el reconocimiento de cincuenta y tres referencias que involucraban algún uso terapéutico en todas las unidades biogeográficas (excepto en las zonas insulares del mar Pacífico), relativamente bajo en la zona insular del Caribe, en la Sierra Nevada de Santa Marta y en la provincia biogeográfica de la Orinoquia. Ello reitera la exigencia de incrementar el número de estudios en estas regiones a fin de ampliar la oferta de productos exclusivos del territorio colombiano (Bernal *et al.*, 2011).

Las 2.404 especies nativas de uso tradicional en Colombia encontradas en la literatura pertenecen a setenta y siete órdenes, de los cuales los más comunes son Asterales, Fabales, Gentianales, Lamiales, Scrophulariales, Violales y Solanales, y a 202 familias botánicas cuya mayor frecuencia corresponde a la familia Asteraceae (Compositae), seguida de la Fabaceae (Leguminosae), Rubiaceae, Solanaceae, Lamiaceae (Labiatae), Euphorbiaceae, Piperaceae y Rosaceae (Bernal *et al.*, 2011).

Según el Instituto Alexander von Humboldt, el mercado informal de las PAMC, constituido principalmente por las ventas en plazas de mercado (Figura 11), asciende a unos 25 millones de dólares al año, una cifra baja si se tiene en cuenta la riqueza natural del país, situación que podría deberse a una legislación deficiente en relación con este sector (Rugeles, *et al.*, 2011; ICEX, 2005). De ahí que su estudio no solo permite profundizar los conocimientos sobre estas especies sino también conquistar una serie de beneficios, entre los que se cuentan la utilización de mano de obra rural campesina en terrenos que normalmente no son aptos para otros cultivos –lo cual hace posible que sean utilizados y no abandonados–, la recuperación de terrenos yesosos, salinos, marginales y montañosos, la

polinización de plantas y el desarrollo de la agricultura ecológica, que implica el uso de otras plantas para el control de plagas y no de productos químicos.

Figura 11

Venta de PAMC en plazas de mercado de Bogotá



Fuente: Negron, 2013.

Asimismo, el cultivo de estas plantas protege los terrenos y otros cultivos contra la erosión, evita que se recolecten de manera indiscriminada especies silvestres y es una alternativa productiva para terrenos áridos y rocosos.



Principales aprovechamientos

Las principales industrias consumidoras de este tipo de materia prima, ya sea en fresco o a través de sus respectivas transformaciones, se encuentran en el sector farmacéutico, alimentario y cosmético (FAC) (Figura 12), a diferencia de la herbolaria (del latín *herba*: hierba), cuya actividad se basa en transacciones con las plantas en fresco. La obtención de ingredientes naturales es, sin duda, una actividad agroindustrial de carácter químico, por cuanto involucra procesos de cultivo y recolección (cosecha) de especies nativas o introducidas y actividades de identificación, extracción y caracterización de los principios activos para ser entregados a las industrias que los requieran (Rugeles, *et al*, 2011).

Figura 12
Industria de PAMC. Adecuación de materia prima



Fuente: Index Guanajuato.

Hoy en día, el mercado de las PAMC satisface principalmente dos demandas: la industria farmacéutica y la industria de medicina herbal. Las PAMC son, definitivamente, una opción viable de ingresos por su alta demanda en el tratamiento de enfermedades y como condimento para los alimentos en todo el mundo. Países industrializados como Alemania, Italia, Francia y España, muestran un creciente interés por las PAMC, gracias a su contenido de compuestos saludables y sin riesgos para la salud. En el mundo, los mayores productores son los países del lejano oriente y el este de Europa; sin embargo, presentan deficiencias en

cuanto a la calidad e inocuidad, ya que muchas llegan a sus lugares de destino contaminadas con sustancias tóxicas, por lo que su regulación debería ser mucho más estricta y controlada.

Actualmente, unas 150 especies se encuentran amenazadas dada la recolección indiscriminada en países como España, Albania, Hungría y Turquía (Arraíza, 2009). En Colombia, los ingredientes naturales son regulados por el Ministerio de Salud y el Invima, instituciones que velan por el cumplimiento de los estándares de calidad y otorgan los permisos sanitarios respectivos. En nuestro país, existen empresas dedicadas al tratamiento de enfermedades a partir del uso de ingredientes naturales (fitoterapéutica), como por ejemplo la aromaterapia, un tipo de tratamiento de enfermedades psicológicas y de estrés a partir del aroma de ciertos aceites esenciales (Rugeles, *et al*, 2011).

Muchos laboratorios naturistas en Colombia producen sus propios extractos utilizando en el proceso tecnología de secado, aunque la recolección de las especies es silvestre, lo cual disminuye la sostenibilidad del negocio a largo plazo, impacta negativamente el medioambiente y pone en peligro de extinción muchas especies. Adicionalmente, la recolección manual puede alterar la composición de los principios activos, a diferencia de la recolección en cultivo donde se seleccionan y reproducen las especies de mayor rendimiento y mejores características.

En la industria farmacéutica colombiana el sector de las PAMC se destaca como promisorio gracias a la abundancia de especies existentes en nuestro país y a una política regulatoria que facilita la certificación para su producción, comercialización, importación y exportación, que pueden llegar a generar unas cifras interesantes en términos económicos. Según un informe publicado en Legiscomex.com (Legiscomex.com, 2014), empresarios de Suiza, Alemania, Bélgica y Holanda visitaron diferentes empresas proveedoras de estos productos en Cali y Bogotá. Al respecto, Thierry Buchs, entonces jefe del Programa de Cooperación Económica y Desarrollo de la embajada de Suiza en Colombia, aseguró:

Lo que estamos diciéndoles a los empresarios europeos es que deben venir para que conozcan este país, que por su geografía y diferencia de climas ofrece muchísimos productos. Su diversidad es fuente de una gran cantidad de posibilidades de negocios (Legiscomex.com, 2014).

Recientemente se ha incrementado el consumo de sustancias naturales por cuanto al no ser procesadas no incluyen químicos residuales que pueden ser perjudiciales para la salud. Los ingredientes naturales son considerados suplementos alimenticios más que aditivos, razón por la cual agencias como el Departamento de Administración de Drogas y Alimentos (FDA) los certifica como sustancias seguras. Por su parte, los condimentos son importantes en la industria alimen-

taria porque sazonan los alimentos y les adicionan cualidades como resistencia a la descomposición, gracias a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Ejemplo de ello son los aceites de romero y orégano que permiten conservar alimentos como la carne y las salchichas, además de sazonarlos.

La comercialización mundial de especies silvestres de PAMC alcanza los seiscientos millones de euros. Del total producido, un 19 % comprende suplementos alimenticios y un 14 % se enfoca a la medicina natural. Por su parte, el mercado de bebidas y alimentos naturales oscila alrededor de los 25 mil millones de dólares en Europa y un poco más en los Estados Unidos (Rugeles, *et al*, 2011).

En Colombia, la industria cosmética evidencia un aporte importante a la economía. Empresas como Henkel, Natura, Yanbal y Belcorp, producen más de 35 millones de dólares al año y son responsables de más del 60 % de las exportaciones. Elaboran cosméticos, protectores solares, bronceadores, perfumes, etc., a base de ingredientes naturales con propiedades astringentes, tonificantes, antisépticas, antiinflamatorias, cicatrizantes, emolientes, calmantes, suavizantes, e hidratantes, entre otras (Rugeles, *et al*, 2011).

Otras empresas relacionadas con el sector de las plantas aromáticas y medicinales y la obtención de productos derivados de aplicación en las industrias FAC, son Labfarve, Ever Green Herbs y Agrícola Himalaya.

Muchos colorantes sintéticos han sido reemplazados por colorantes de origen natural, como el extracto de la spirulina (*Spirulina maxima*), una alga unicelular de color verde azulado por su contenido de clorofila y ficocianobilina, pigmentos que le confieren el color verde y azul, respectivamente (Figura 13). Recientemente, la compañía M&M recibió el permiso de la FDA para usar el extracto de spirulina para y darles coloración azul a sus productos. La empresa también utiliza pigmentos naturales para los colores amarillo y rojo a base de β -caroteno y carmina, principalmente (Bomgardner, 2014).

Figura 13
Concentrados de spirulina



Fuente: *Quiero salud*, 2014.

De acuerdo con Rugeles *et al.* (2011), los principales ingredientes naturales producidos en el país se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Tintes y colorantes.
- Principios activos para el tratamiento de enfermedades (fitoterapia).
- Condimentos y especias.
- Aromatizantes.
- Aceites esenciales.
- Grasas, ceras y mantecas.
- Savias, gomas, resinas y oleorresinas.
- Jugos, pulpas, extractos, zumos y concentrados.
- Harinas y almidones.

Tintes y colorantes

Son compuestos constituidos principalmente de pigmentos (Figura 14), moléculas orgánicas con grupos funcionales insaturados y conjugados que dan la coloración.

Figura 14
Colorantes naturales



Fuente: Silvateam, 2014.

A esta clase de compuestos pertenecen los taninos, los fenoles, los compuestos azoicos, los xanténicos, los quinolénicos, los fenilmetánicos, los indigoides y los ftalocianínicos. Tienen diversas aplicaciones en las industrias textil, alimentaria y farmacéutica. Proviene de fuentes como las bayas, las cortezas, las semillas, las flores y las raíces de algunas plantas, así como también de algas y líquenes luego de su procesamiento.

Principios activos para el tratamiento de enfermedades (fitoterapia)

Son sustancias químicas que se encuentran en todos los órganos de las plantas y tienen la capacidad de alterar las funciones básicas de los seres vivos (acción

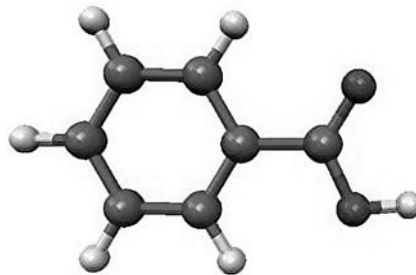
farmacológica). Se utilizan para tratar algunas enfermedades o como suplemento alimenticio para prevenir desórdenes de la salud. Los principios activos se clasifican de la siguiente manera:

Ácidos vegetales

Se encuentran distribuidos en todo el reino vegetal. Son ácidos orgánicos débiles que no se disocian totalmente en agua. Los hay de cadena abierta (alifáticos) y de cadena cerrada (cíclicos). Son ácidos porque al disociarse en solución acuosa la escala del pH está por debajo de 7, producto de la solubilización de algunos iones hidronio. Todos presentan un grupo ácido (-COOH). Los más sencillos son el ácido fórmico (de cadena abierta) que se encuentra en la ortiga y el ácido valérico, que tiene aplicaciones farmacológicas en medicina alopática. En las resinas y bálsamos de muchas plantas, se encuentra el ácido benzoico (Figura 15) y algunos derivados (ácidos cíclicos). Dentro de los bálsamos se encuentran los de Benjuí, Tolú, y Perú y el bálsamo de los arándanos.

Figura 15

Estructura del ácido benzoico



Fuente: Jens Antony, 2005.

Alcaloides

Son sustancias con la actividad farmacológica más potente. Afectan el hígado, los nervios, los pulmones y el sistema digestivo. Aunque si bien es cierto su función no está muy clara, sirven a la planta como defensa contra los de predadores y los insectos, forman parte de los factores de crecimiento y actúan en los procesos de asimilación de nutrientes. Generalmente se encuentran en las semillas y en las flores, aunque también en otras partes de las plantas. Según su procedencia, se dividen en pseudoalcaloides y alcaloides verdaderos (O'Connor, 2010). Algunos ejemplos conocidos son la cocaína, la morfina, la nicotina y la cafeína. Se consideran metabolitos exclusivamente secundarios con propiedades no necesariamente básicas, en los que parte de la estructura –incluido el nitrógeno– procede de los aminoácidos. No incluye azúcares ni lípidos nitrogenados,

ni tampoco compuestos en los que el nitrógeno forma parte de funciones neutras no amínicas o amídicas, tales como nitro, ciano o isociano. No se incluyen ciertas aminas bioactivas estructuralmente simples (etanolamina, adrenalina, dopamina) que actúan como mensajeros químicos, aminoácidos o péptidos raros derivados de hongos o microorganismos, y derivados heterocíclicos nitrogenados simples y pigmentos pirrólicos (Crews, 2014).

Taninos

Originalmente se conocían con ese nombre las sustancias que participan en el proceso de producción de cueros a partir de pieles crudas (*tanning* o curtido). Son compuestos polifenólicos con propiedades astringentes, sabor amargo y colores que van desde el amarillo hasta el café oscuro. Actúan sobre las proteínas y forman una capa protectora sobre la piel y las mucosas con propiedades antimicrobianas, además de facilitar la coagulación y acelerar la cicatrización. También se utilizan en el tratamiento de infecciones de ojos, boca, cuello del útero, vagina y recto y en episodios diarreicos. Están presentes en mayor proporción en las ericáceas, las leguminosas, las rosáceas y las salicáceas. Otras aplicaciones son en la industria de tintes y curtiembres (Pizzi, 2008).

Glucósidos cardiotónicos

Son compuestos que resultan de la unión química entre un azúcar y compuestos como las agliconas esteroideas. Se descubrieron en 1785 y se sabe que poseen propiedades tónicas cardíacas. Plantas como el digital, la convalaria o lirio de los valles, la escila y la familia del estrofantó los contienen en grandes cantidades. Aumentan la fuerza e intensidad del pulso cardíaco y regulan su ritmo sin agotarlo (Marshall, 1964).

Compuestos fenólicos

El fenol, un anillo bencénico con un grupo hidroxilo (Abdollahi, Hassani y Derakhshani, 2014), es la estructura básica de los compuestos fenólicos. Los hay de estructura más compleja, donde el fenol está ligado a un azúcar formando así un glucósido (Stewart y Stewart, 2008). Es conocido por sus propiedades antisépticas, como en el caso del ácido salicílico presente en la corteza del sauce, el mundillo, el té del Canadá y la ulmaria, que además posee propiedades antiinflamatorias y analgésicas. Actualmente, su estructura ha sido acetilada para obtener el ácido acetilsalicílico –un compuesto sintético que se utiliza como el principio activo de muchos fármacos– de forma que los efectos colaterales del ácido salicílico se disminuyen sin perder sus propiedades terapéuticas. Otros

compuestos que presentan propiedades similares al ácido salicílico son el eugenol, presente en el clavo y el timol, presente en el aceite esencial del tomillo.

Cumarinas

Son compuestos que no poseen propiedades terapéuticas importantes, pero se usan como precursores de otros que sí las poseen, como el dicumarol, un potente anticoagulante. El warfarín se utiliza en grandes dosis como raticida y se obtiene a partir de la cumarina y en dosis bajas se receta para el control de la trombosis. En la industria cosmética se emplea como fijador de aromas, dada su interacción con las sustancias aromáticas a través de enlaces secundarios, las cuales “retiene” en la piel o en el lugar que se aplica como producto cosmético.

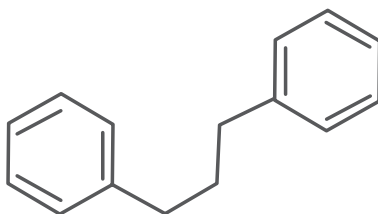
Antraquinonas

Estos glucósidos son aprovechados por la industria de tintes y farmacológicamente como purgantes, al estimular los movimientos peristálticos del colon. Las plantas con mayor contenido de estas moléculas son el ruibarbo, la acedera, el sen, el espino cerval y el aloe.

Flavonas y flavonoides

Son moléculas con dos anillos bencénicos (Figura 16) unidos por una cadena de tres átomos de carbono, por lo cual se conocen como compuestos tipo $C_6C_3C_6$ y constituyen los principios activos más comunes de las plantas. Poseen una gran cantidad de efectos farmacológicos, como antiespasmódicos, diuréticos, estimulantes cardiacos y coadyuvantes en la absorción de vitamina C. Algunos ejemplos son la hesperidina y la vitamina P, bioflavonoides que estimulan la circulación sanguínea merced a un efecto reforzante de las paredes de los capilares. Se los considera, además, pigmentos no nitrogenados de acción antiinflamatoria y propiedades antioxidantes al actuar como trampas de radicales libres a través de sus grupos químicos insaturados (presencia de enlaces dobles conjugados) (Ioannone, Miglio, Raguzzini y Serafini, 2013).

Figura 16
Estructura general de los flavonoides



Mucílagos

Están compuestos principalmente por polisacáridos y son parcialmente solubles en agua, factor que incrementa su viscosidad debido a la formación de geles. Se pueden utilizar en la preparación de antidiarreicos por su capacidad de absorber líquidos presentes en el intestino, además de actuar como antiácido al recubrir las paredes de las mucosas intestinales. También se los conoce por su actividad calmante sobre las mucosas irritadas del sistema respiratorio.

Principios amargos

Son sustancias de sabor extremadamente amargo, con diversas estructuras químicas, generalmente iridoides o terpenos. Estimulan la secreción de las papilas gustativas, los jugos digestivos y la actividad del hígado, reforzando así la eliminación por vía hepática, mejorando la digestión y facilitando la absorción de nutrientes. También se les atribuye propiedades antibióticas, antifúngicas y antitumorales, por lo cual son objeto de numerosas investigaciones actualmente. Otros efectos que se les pueden atribuir son los de actuar como sedantes (el lúpulo y la valeriana), antitusivos (marrubio) y antiinflamatorios (trébol de agua, harpagofito o garra del diablo).

Saponinas

Han sido objeto de numerosos estudios como precursores de la síntesis de cortisona (un medicamento antiinflamatorio) y de hormonas sexuales. Dentro de las plantas que sobresalen por su contenido, se encuentran la vara de oro, el ál sine, la escrofularia y la dioscorea villosa. También tienen acción expectorante, por su acción estimulante sobre el tracto digestivo.

Condimentos y especias

Son ingredientes naturales provenientes de plantas y animales que se utilizan para reforzar el sabor, el olor, la textura, el dulzor y evitar la oxidación, entre otras propiedades, todo ello como parte de los procesos de innovación y búsqueda de nuevos ingredientes en la industria de alimentos.

Aromatizantes

Son sustancias producto del procesamiento de materias primas de origen biológico, de gran interés en la industria cosmética de esencias y fragancias. Generalmente, están constituidas por compuestos altamente volátiles como monoterpenos, ésteres y aldehídos.

Aceites esenciales (compuestos volátiles)

Principales características:

- Se encuentran en casi todas las plantas, principalmente en las labiadas, las coníferas, las mirtáceas, las liliáceas y las lauráceas.
- Dan el olor característico a los organismos que los producen, como los tallos, las flores, las hojas, las semillas, las especias, las hormonas, las cáscaras, etc.
- Son de carácter hidrofóbico, por lo cual no son solubles en agua.
- Generalmente se obtienen mediante destilación por arrastre con vapor o hidrodestilación (técnicas desarrolladas por los árabes), por extracción con solventes, extracción en fase sólida, por presión en frío y por medios más elaborados, como la tecnología de fluidos supercríticos.
- Se degradan fácilmente por exposición al oxígeno, poseen propiedades antisépticas, antimicrobianas y antioxidantes y constituyen productos de reserva para las plantas.
- Se forman por terpenos, moléculas que contienen una estructura básica de carbono e hidrógeno y una estructura de dobles enlaces que cumplen con la regla isoprénica (múltiplos de la molécula base de cinco átomos de carbono).
- Son importantes en la aromaterapia, una forma de tratamiento de enfermedades y del estrés a partir de los aromas de aceites esenciales, algunos con propiedades antisépticas como los aceites de eucalipto, ajo, tomillo y romero, entre otros.
- Estimulan la producción de glóbulos blancos y fortalecen los mecanismos de defensa del organismo.
- Son importantes para las plantas frente al ataque de herbívoros, insectos, virus, bacterias y hongos.
- Otras aplicaciones se verán más adelante en este texto (Volodymyrivna y Kumar, 2013; Bakkali, Averbeck, Averbeck, y Idaomar, 2008).



Grasas, ceras y mantecas

En este grupo son muy importantes las resinas generadas a partir de ligninas provenientes de los troncos, hojas, flores, raíces y hojas. Las ceras vegetales se componen principalmente de aldehydos de cadena larga, esterios, cetonas y ácidos grasos libres, compuestos muy útiles en las industrias cosmética y de aseo.

Savias, gomas, resinas y oleorresinas

Las savias son los exudados de las plantas obtenidos por maceración, trituración y otros procedimientos físicos y mecánicos. Dada su poca solubilidad en agua, se utilizan para la preparación de emulsiones y cremas con fines cosméticos. Por su parte, las resinas y bálsamos obtenidos del bálsamo de Tolú (*Myroxylon balsamum*) o del Perú tienen numerosas aplicaciones medicinales y terapéuticas (Taylor, 1996).

Jugos, pulpas, extractos, zumos y concentrados

De múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, se obtienen a partir del procesamiento de plantas y frutas en pulpas, compotas y bebidas. Su composición inicial no varía, pero sí sus características físicas. La transformación de las frutas en estos productos permite su conservación, almacenamiento y fácil transporte, así como su aplicación en otras variedades.

Harinas y almidones

Constituyen la reserva alimenticia de las plantas. Se obtienen a partir del procesamiento de cereales y de algunos tubérculos. Con base en diversos procesos de hidrólisis enzimática o química, se obtienen del almidón azúcares fermentables que a su vez dan origen a productos como el etanol, aminoácidos y otros compuestos de interés en la industria química. Por su parte, las harinas posibilitan la transformación y obtención de otros productos gracias a la reducción del tamaño de partícula, lo cual aumenta la superficie de contacto con solventes y otras moléculas en diversos procesos físicos, entre ellos la extracción.



Producción y comercialización

En Colombia, el cultivo de las PAMC presenta una alta heterogeneidad en términos de especies sembradas y áreas cultivadas, con especies como albahaca, cebollín, menta, orégano, romero, tomillo, cilantro, salvia y cardamomo, en diferentes zonas del país, principalmente en Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Valle del Cauca y el eje cafetero (*La República*. Editorial de abril 18 de 2012).

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en el 2012 la producción de PAMC alcanzó las 7.235 toneladas en 1.893 áreas sembradas, lo cual hace evidente la necesidad de incrementar estas áreas con fines exportación y conquista de mercados internacionales (*La República*. Editorial de abril 18 de 2012). En esta dirección, cabe destacar los esfuerzos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, que a través del plan “Cadena productiva de plantas aromáticas, condimentarias, medicinales y afines” apoyó proyectos de investigación con el fin de mejorar aspectos esenciales como la inocuidad (*Agronoticias America Latina y el Caribe*, 2012). En este aspecto, la agricultura ecológica cobra importancia suma, como se verá en el siguiente capítulo.

La cadena productiva de las PAMC en Colombia es un sector altamente dinámico, que con más de cien laboratorios y unas 2.500 empresas comercializadoras genera cerca de 8.200 empleos directos (Restrepo, *et al.*, 2013). Sin embargo, si bien es cierto que esta cadena productiva ha generado los empleos en los eslabones de transformación y comercialización, el eslabón de la producción primaria requiere especial atención, ya que a él corresponde la producción de materia prima de óptima calidad y una adecuada composición de principios activos que garantice el éxito de su comercialización (Restrepo, *et al.*, 2013).

El cultivo de PAMC se constituye en la mejor alternativa para zonas cuyas características climáticas y geográficas, a saber, terrenos montañosos áridos y yesosos, impiden el desarrollo óptimo de cultivos convencionales. Además, los

procesos de transformación dan lugar a una serie de productos de valor en industrias alimentarias, farmacéuticas y cosmética, tales como bebidas alcohólicas, condimentos, aditivos, colorantes, aromas y extractos, entre otros.

El cultivo se debe llevar a cabo sin olvidar las buenas prácticas de agricultura (BPA) que garanticen alta calidad e higiene en los procesos y en los productos obtenidos de la producción primaria, lo cual generaría una mejor expectativa entre los compradores. En ese sentido, el éxito de la actividad económica de las PAMC no depende solo de una actividad productiva adecuada (recolección y cultivo), sino también de una correcta comercialización, bajo las exigencias de calidad de los clientes y la legislación (Herbotecnia.com, 2004).

Una vez seleccionado el mejor material, adecuado el suelo y efectuada la cosecha de un material de alta calidad, se requiere un proceso poscosecha que cumpla con los más altos estándares de calidad, a fin de garantizar la preservación de los principios activos y la calidad organoléptica de la planta. Si los productos revelan materiales extraños, se secan mal, se envasan en recipientes inadecuados o se hace una mala desinfección, estos perderán calidad, serán rechazados por muchos mercados y generarán pérdidas económicas a sus productores, quienes se verán obligados a invertir dinero extra en su reacondicionamiento (Herbotecnia.com, 2004).

Países como Alemania exigen que plantas como la pimienta, la nuez moscada y el clavo tengan solo entre el 8 % y el 10 % de humedad, ya que son muy útiles en la elaboración de bebidas aromáticas como el té común, el té verde e infusiones de manzanilla, limoncillo y hierbabuena. Los procesos poscosecha adecuados para preservar los productos en condiciones de calidad son limpieza, selección, desinfección, secado y producción de esencias (Herbotecnia.com, 2004).

En Colombia se destacan productos de alto potencial comercial, dados sus características, el contenido de principios activos y la demanda en industrias FAC, como se pudo observar en la asociación andino-amazónica para el biocomercio de ingredientes y productos naturales Bionativa (Rugeles *et al.*, 2011). Esta entidad comercializa un sinnúmero de productos, pero aquí destacamos los de mayor potencial por su carácter nativo y sus propiedades nutricionales y medicinales, que los hace muy atractivos en los mercados nacionales e internacionales:

Ipecacuanha (*Cephaelis ipecacuanha*)

Conocida también como ipecacuana o ipeca, nombre común aplicado a las raíces de *Uraguoga ipecacuana* (Wildn.) Baillon o *Cephaelis ipecacuanha* (Br.) A. Richard, o *Psychotria ipecacuanha* (Br.) Stokes, de las cuales se extraen alcaloides

como la efetina y la cafelina. También se la conoce como ipeca del Brasil, ipeca de Río o ipeca anillada menor, ya que crecen de manera silvestre en Brasil, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y América del Sur (Herbotecnia.com, 2004).

Otra especie relacionada es la ipeca de Cartagena o ipeca anillada mayor (*Ipeca granatensis* H. Ben.) que crece en Venezuela y Colombia. Pertenece a la familia de las rubiáceas y su altura no supera los cuarenta centímetros. Sus hojas son pecioladas, obovadas y enteras, de color verde oscuro brillante y flores de uno a dos centímetros de diámetro con corola de color blanco y forma de embudo. Los frutos son bayas de color púrpura, muy oscuras en la etapa de madurez y contienen dos semillas. La parte útil de esta planta son los rizomas y las raíces, en cuya corteza se encuentran la mayoría de los principios activos útiles. Requiere abundantes lluvias y las sequías arruinan su crecimiento. Necesita suelos bien drenados, profundos, húmedos, ácidos y con subsuelos arcillosos. Crece en los bosques tropicales donde la abundante sombra le favorece. Su reproducción se lleva a cabo por semillas o por órganos vegetativos. La cosecha se hace entre los tres y cuatro años de sembrada, cuando aparecen sus primeras raíces comerciales. Se puede recoger en cualquier época del año, pero se prefiere la época de lluvias cuando el suelo está húmedo y es más fácil desprender las raíces sin que se rasguen. Esta planta posee alcaloides importantes, saponinas, taninos, materias grasas, azúcares y almidón (Figura 17).

Figura 17
Ipecacuanha (*Cephaelis ipecacuanha*)



Fuente: Osuna, 2011.

Achiote (*Bixa orellana*)

Se conoce comúnmente como achiote y es cultivado desde épocas precolombinas en México, Bolivia y Brasil. Parece ser originaria de este último país y su cultivo se ha extendido por los trópicos de Asia y África, hasta las islas Filipinas, Hawaii y la India, aunque su mayor producción se da en América Latina. Desde antes de la llegada de los conquistadores se ha utilizado como tinte para la piel y repelente de insectos. Los colonizadores lo introdujeron en su dieta como condimento por sus propiedades similares al azafrán (*Crocus sativus* L.). No es un cultivo exigente en cuanto a suelos, pero su rendimiento en principios activos mejora si se tienen suelos drenados preparados con cuidado. Es un arbusto perenne, con una altura entre tres y cinco centímetros, un tallo oscuro a poca altura del suelo, hojas grandes y simples de color verde claro, flores hermafroditas disponibles en ramilletes terminales de colores blanco a rosado según las variedades (no definidas de manera sistemática, sino empírica). Se puede multiplicar por semillas, estacas o injertos. La primera cosecha se puede hacer entre los tres y cuatro años, aunque una pequeña se puede llevar a cabo entre los dieciocho y veinticuatro meses de efectuada la plantación. Para la extracción del colorante, las semillas se deben secar hasta obtener una pasta que luego de secada dará un polvo fino, útil como colorante en la industria de alimentos y como condimento (Herbotecnia.com, 2004) (Figura 18).

Figura 18
Achiote (*Bixa orellana*)



Fuente: Infojardín.

Bálsamo de Tolú (*Myroxilon balsamum*)

Es un excelente agente antimicrobiano que inhibe el crecimiento de hongos, bacterias, parásitos y gérmenes, además de reducir la flema, la tos y la inflamación de tejidos. Es un árbol nativo del norte de América del Sur, principalmente Colombia, Perú y Venezuela, aunque se encuentra también en algunas regiones

de Brasil, Argentina, Paraguay y Bolivia. Puede crecer hasta 35 metros y sus flores son blancas. De su corteza se extrae el látex, un bálsamo con ligero aroma a vainilla que contiene entre un 28 % y un 30 % de resina y un 50 % a 60 % de elementos volátiles y se comercializa para diversas aplicaciones, entre ellas como aditivo alimentario en diversos productos. Para estos procesos, el árbol debe tener al menos veinte años de edad y en sus mejores etapas puede producir hasta tres kilogramos de bálsamo al año. Los principales productores de esta sustancia son Colombia y Venezuela (Taylor, 1996) (Figura 19).

Figura 19
Bálsamo de Tolú (*Myroxylum balsamum*)



Fuente: Sunshine seeds, 2007.

Ají (*Capsicum* sp.)

Es una especie nativa de América de gran importancia por su diversidad de usos (Cardona, Peña, y Arcos, 2008). Perteneció a la familia Solanaceae y se considera un arbusto perenne que produce pequeños frutos picantes agrupados en racimos. Si bien la Amazonia colombiana es uno de los centros de origen, los países productores más importantes son India, Tailandia, Indonesia, Japón, México, Kenia, Sudán, Uganda y Nigeria. El cultivo está adaptado a las condiciones edafoclimáticas de países tropicales, con un rendimiento por hectárea cultivada que oscila entre las veinte y las treinta toneladas. Los frutos son rojos cuando maduran, de tamaños variados, contienen múltiples semillas y usualmente son muy pungentes (Amusa, Kehinde y Adegbite, 2004). Las aplicaciones del ají van desde el alivio de la gripa común hasta el tratamiento de enfermedades mentales (Vélez, 1991). En algunas regiones colombianas, los indígenas lo emplean molido para el control de plagas (Cardona, et. al, 2008) y a nivel mundial se usa en la producción de oleorresinas que forman parte de repelentes y gases lacrimógenos. En la industria alimentaria su uso se enfoca en la elaboración de condimentos y en el ámbito farmacológico en la extracción de metabolitos como la capsaicina (Melgarejo, 2004) (Figura 20).

Figura 20
Ají (*Capsicum* sp.)



Fuente: *Fleur des tropiques*.

Borojó (*Borojoa patinoi*)

El borojó es un árbol originario del Pacífico colombiano (Chocó) y panameño. La fruta es globosa y tiene un diámetro que oscila entre los siete y los doce centímetros. Sus colores van de verde a marrón y pesa entre 740 y 1.000 gramos, de los cuales la pulpa representa el 88% del peso total. Sus frutos son considerados exóticos y se sabe que contienen altas cantidades de fósforo, fundamental en el crecimiento y desarrollo de los niños y en ancianos evita el deterioro de las funciones vitales. Adicionalmente, regula el contenido de azúcar en sangre, la presión arterial y en muchas comunidades se le atribuyen propiedades afrodisíacas. Compañías colombianas como *C.I. Borojó de Colombia S.A.*, se dedican a su procesamiento y comercialización en el país y el mundo, en presentaciones como pulpas, jaleas, conservas en almíbar, en salmuera, deshidratados y tabletas (Figura 21).

Figura 21
Árbol de borojó (*Borojoa patinoi*)



Fuente: ebay, 2012.

Asaí (*Euterpe precatoria*)

Es una palmera nativa del norte de Sudamérica, presente en bosques húmedos situados sobre los 1.220 de altitud. Ampliamente distribuida en el Amazonas, su fruto es una baya redonda de color verde que torna a violeta cuando madura. En Brasil su cultivo se ha tecnificado, mientras que en el Amazonas colombiano y en Venezuela su recolección se lleva a cabo de manera artesanal por comunidades indígenas. Se da muy bien en climas tropicales preferiblemente lluviosos, con un período de zafra que va de julio y diciembre. Prácticamente infaltable en la dieta brasilera, sus perspectivas de producción mejoran y el número de publicaciones e investigaciones que alaban sus múltiples beneficios y contenido nutricional aumenta (Neida y Elba, 2007). Se considera muy útil por sus propiedades antioxidantes y en la producción de colorantes. En el Pacífico colombiano existen más de 300.000 hectáreas de asaí, lo que resulta una excelente oportunidad de explotación debido a su alta demanda en Estados Unidos y Europa (Rugeles *et al.*, 2011), siempre y cuando sea regulada por entidades ambientales (Figura 22)

Figura 22
Asaí (*Euterpe precatoria*)



Fuente: Portal amazonía.bo, 2008.

Gualanday (*Jacaranda caucana*)

Se da muy bien en altitudes de 1.000 metros (Rugeles, Ortiz, Guaitero y Huertas, 2011). Es un árbol que pertenece a la familia Bignoniaceae, puede medir entre cinco y veinte metros de altura, con una copa redondeada y un tronco de poca altura (Medicina Natural, 2014). Es una especie nativa del Valle del Cauca que se ha extendido a otras regiones cálidas y templadas. La corteza, la hoja y la flor tienen propiedades curativas, aunque es cultivado principalmente por razones ornamentales (Figura 23).

Figura 23Gualanday (*Jacaranda caucana*)

Fuente: Alpronatura, 2014.

Arazá (*Eugenia stipitata*)

Es un árbol perenne, leñoso, que puede llegar a los seis metros de altura. Nativo de la región amazónica, su fruto es de color marrón, con excelente sabor y aroma e ideal para producir jugos, mermeladas y helados. La producción industrial de pulpa congelada, fruta disecada y aromas para perfumes, ha impulsado su industrialización en Brasil. Algunos indígenas utilizan infusiones de sus raíces para tratar problemas renales y del hígado (Figura 24).

Figura 24Arazá (*Eugenia stipitata*)

Fuente: Botanofilia, 2011.

Muña (*Myrthostachys mollis*)

Es una planta arbustiva, leñosa, frondosa en la parte superior, erecta y vellosa. Nativa de la cordillera de los Andes, su crecimiento óptimo ocurre entre los 1.000 y los 3.400 metros de altitud (Rugeles et al, 2011) y puede alcanzar hasta

un metro de altura. La muña es utilizada como especia en el centro de Suramérica y la infusión de sus hojas tiene un efecto estimulante, reduce o elimina los mareos, calma el dolor de estómago, facilita la digestión y coadyuva en la eliminación de parásitos. Las hojas también se emplean en la curación de luxaciones, fracturas y golpes (*Simplemente plantas*, 2011). El extracto de sus hojas se usa para preparar repelentes de insectos (Figura 25).

Figura 25
Muña (*Myntostachis mollis*)



Fuente: Jardín botánico de plantas medicinales del Centro Nacional de Salud Intercultural, 2011.

Prontoalivio (*Lippia alba*)

Arbusto aromático con fuerte olor a limón que puede alcanzar alturas de hasta de dos metros. Sus hojas son opuestas lanceoladas y aserradas y se recolecta de manera silvestre. Requiere suelos fértiles y ricos en materia orgánica. La especie se distribuye desde Centroamérica hasta algunos países de Suramérica. En Colombia se da principalmente en la zona andina (hasta los 2.500 metros de altitud). La infusión de las hojas y la inflorescencia se ha empleado como sedante gastrointestinal y en el tratamiento de la diabetes, las hemorroides y las enfermedades venéreas (*Plantas medicinales*, 2009) (Figura 26).

Figura 26
Prontoalivio (*Lippia alba*)



Fuente: *Las plantas y la salud*, 2009.

Jagua (*Genipa americana*)

La jagua es una especie del género *Genipa*. Nativa del norte de Sudamérica (Perú), tiene también presencia en el Caribe y en el sur de México. Perteneció a la familia de las rubiáceas y crece principalmente en territorio selvático. Es un pequeño árbol que alcanza una altura de quince metros, de hojas opuestas, lanceoladas u oblongas y de color verde oscuro. Sus flores pueden ser blancas, amarillas o rojas. El fruto es una baya comestible de cáscara gruesa y color castaño, que alberga entre cuarenta a ochenta semillas. A partir de su procesamiento se puede obtener un colorante y también sirve de base para preparar mermeladas, bebidas, pulpas y demás, gracias a su contenido nutricional. Se puede reproducir sexual o asexualmente (Linneo, 1759) (Figura 27).

Figura 27
Jagua (*Genipa americana*)



Fuente: *Genipa americana* L.

Seje (*Jessenia bataua*)

Es una palma que pertenece a la subfamilia Arecoideae (Borgtoft y Balslev, 1992). Se encuentra ampliamente distribuida en el norte de Suramérica donde se la aprecia por el alto contenido nutricional de sus frutos, los cuales, adicionalmente, son una fuente importante de aceite que aún no ha sido explotada. La razón principal de este hecho es la falta de cultivo, ya que la recolección de sus frutos se hace de manera silvestre y las palmas, en algunos casos, se encuentran muy dispersas entre sí, lo que conlleva altos costos en su producción. Se considera que existen en la zona del medio Atrato alrededor de 80.000 hectáreas de seje (Rugeles *et al.*, 2011). Tiene alta demanda en países como Estados Unidos y la Unión Europea, pero su extracción se encuentra regulada por ser un producto nativo (Figura 28).

Figura 28
Seje (*Jessenia bataua*)



Fuente: Expediciones botánicas siglo XXI.

Añil (*Indigofera suffruticosa*)

Es un arbusto erecto, ramoso, de hojas pinnadas, cuya altura puede alcanzar los tres metros de altura y se encuentra en zonas que no sobrepasan los 1.600 metros de altitud (*Inaturalist*, 2013). Se usa para obtener el colorante índigo azul que resulta de la fermentación de la pasta obtenida a partir del procesamiento de las hojas luego de la oxidación con el oxígeno del aire (Rugeles et al, 2011) (Figura 29).

Figura 29
Añil (*Indigofera suffruticosa*)



Fuente: *Wikimedia commons*, 2009.

Los ingredientes naturales se reconocen como un segmento importante de la economía, ya que intervienen directamente en diversos campos, como las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria. La principal razón del interés por estos ingredientes es la tendencia mundial hacia lo natural, que muchas veces se asocia con salud, bienestar, mejoras en el aspecto físico y una mejor

nutrición. Esto resulta en una oportunidad para Colombia, país que puede constituirse en potencia productora de materias primas de excelente calidad en la industria alimentaria (conservantes, colorantes, saborizantes, reguladores de pH) y en los sectores cosmético y farmacéutico.

Adicionalmente, en el mundo se abren nuevos mercados para productos derivados de la combinación de sectores como el alimentario y el farmacéutico, lo que da origen a lo que se denomina sustancias nutraceuticas, productos alimentarios que además de nutrir, cumplen una función farmacéutica al aliviar o prevenir desórdenes de la salud. Por otro lado, se encuentran los cosmeceúticos, que resultan de la combinación de las propiedades cosméticas con las de prevención de las enfermedades y el envejecimiento.

Los principales proveedores de ingredientes para la industria farmacéutica son China, India, Turquía, Marruecos y Egipto y las plantas que más se destacan son la equinácea (*Echinacea purpurea*), el ginkgo biloba (*Ginkgo biloba*), el palmito (*Sabal serraluta*), el hipérico (*Hypericum perforatum*), el ajo (*Allium sativum*), el jengibre (*Zingiber officinalis*) y el ginseng (*Panax ginseng*).

Estas designaciones refuerzan la importancia de los ingredientes naturales como eje articulador de las cadenas alimentarias, farmacéuticas y cosméticas, las cuales acuden con mayor frecuencia al uso de estas materias primas, buscando con ello no solo un beneficio cosmético o nutritivo sino también farmacológico.

Estados Unidos se destaca como el principal consumidor de ingredientes naturales –principalmente alcaloides–, con una participación del 28 % en el mercado mundial. Esto obedece a que es uno de los países líderes en la industria farmacéutica y los alcaloides tienen propiedades farmacológicas importantes. Otros países con una fuerte participación en la industria farmacéutica son Alemania, España y Francia.

En el año 2006, la demanda de productos farmacéuticos en Europa alcanzó la cifra de 182 billones de euros, lo que hace que este continente sobresalga como el principal consumidor de este tipo de productos. Los principales productores son Francia, Italia, Alemania y Reino Unido (Rugeles *et al.*, 2011).

Por otra parte, los productos farmacéuticos a base de hierbas obtuvieron ventas por 58,5 billones de euros a nivel mundial –según cifras de la Organización Mundial de la Salud–, de los cuales 19 billones corresponden a la demanda europea. Dentro de los países de ese continente sobresalen Alemania, Francia e Italia, con una participación cercana al 77 %.

En la industria alimentaria, se observa una tendencia hacia el uso de los ingredientes naturales debido a los daños a la salud que causan algunos productos sintéticos. En el sector bebidas, los datos muestran que para el 2007 el 13 % de los productos estaba hecho a base de ingredientes naturales. En el Reino Unido, por ejemplo, un 70 % de los consumidores prefiere alimentos y bebidas de origen natural, conducta motivada por un creciente respeto por el medioambiente y por la creencia de que el consumo de esta clase de productos es más saludable.

Los países que figuran como los mayores consumidores de cosméticos a nivel mundial son Italia, Francia, Alemania y el Reino Unido, principalmente en lo tocante al uso de aceites naturales, lo que ha llevado a un importante incremento en su producción.

Lo anterior demuestra, sin duda, que la demanda de ingredientes naturales para las industrias FAC va en aumento, debido al interés general por productos libres de aditivos sintéticos, los cuales se relacionan con problemas de salud y deterioro del medioambiente.

La dinámica de los ingredientes naturales y de las PAMC, se puede clasificar de acuerdo con el tipo de industria que lidera los procesos de transformación y comercialización. La cadena productiva que los engloba fue reconocida por Rugeles *et al.* (2011) (Figura 30) en una investigación que incluyó entrevistas a los principales actores de la cadena e información secundaria. De acuerdo con este estudio, la cadena se encuentra conformada por diez eslabones distribuidos según la tecnología, el esquema de organización y el territorio. Un hallazgo que cabe resaltar radica en que sigue siendo un sector pequeño en el país, con transacciones informales e indefinidas y cuantiosa intermediación. Hasta hoy, la industria de los ingredientes naturales no es un eje importante alrededor del cual las transacciones –hacia atrás y hacia adelante de la cadena– giren y se sostengan, de acuerdo con las exigencias del mercado.

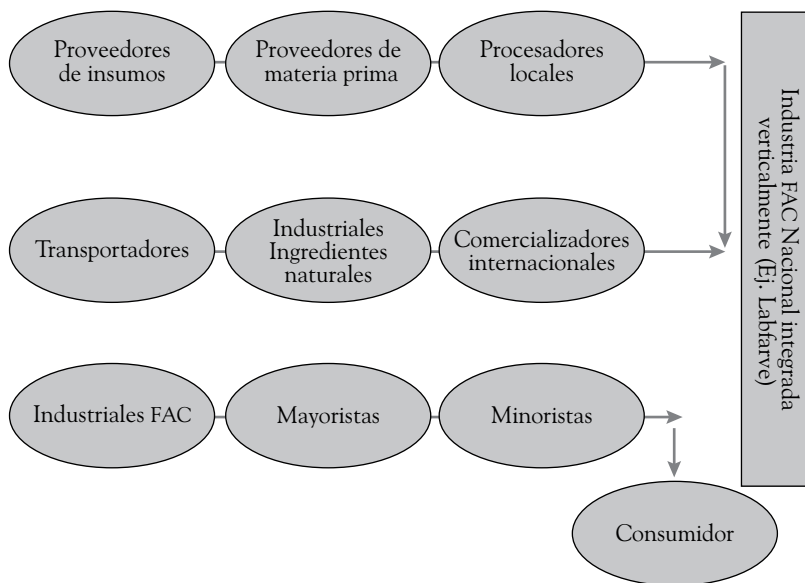
En el primer eslabón se hallan los proveedores de insumos, con poca participación y relativa importancia, pues su actividad se basa fundamentalmente en la recolección silvestre que requiere poca maquinaria y herramienta y no en el cultivo. Sin embargo, las perspectivas de ampliación son evidentes dado el creciente desarrollo de las industrias transformadoras FAC. Otra pieza importante son los proveedores de envases y etiquetas para industrias de transformación primaria. Son pequeñas empresas contratadas por mayoristas, laboratorios y productores de fragancias, aromas y aceites esenciales,



que se encargan del acondicionamiento, empaclado y etiquetado de los recipientes en los cuales se envasan los productos derivados de las PAMC.

Figura 30

Esquema de la cadena de comercialización de las PAMC



Fuente: adaptado de Rugeles *et al.*, 2011.

En el segundo eslabón se encuentran los proveedores de materia prima, los cuales pueden clasificarse como recolectores/productores (asociados o no), importadores y algunos cultivadores. Se considera que estos productores carecen de la capacidad para abastecer la demanda mundial debido a que requieren mejorar la calidad, el volumen y la frecuencia de producción, todo ello alineado con la sostenibilidad y respeto por el medioambiente. Sin embargo, algunos programas de gobierno están apoyando investigaciones para mejorar la capacidad de producción y su calidad, de forma que este eslabón pueda articularse de manera eficiente al biocomercio mundial.



El tercer eslabón lo componen los procesadores locales, que en muchos casos trabajan de manera articulada con los recolectores y en ocasiones desarrollan actividades de transforman de materia prima, como es el caso de la empresa C.I. Borojó de Colombia S.A., que se dedica a la preparación de pulpas, jaleas y mermeladas (transformación primaria). Estas empresas se encuentran ubicadas

muy cerca de los lugares de recolección con el fin de abaratar costos, lo cual, sin embargo, conlleva un efecto positivo por cuanto genera empleo.

Se manifiesta aquí la necesidad imperante de certificación de buenas prácticas de manufacturas (BPM) para facilitar su inserción en el mercado global y en este sentido cabe resaltar que muchas corporaciones están recibiendo capacitaciones. Sin embargo, se requiere una mayor inversión, pues en muchos casos estas empresas son esfuerzos asociativos de pequeños productores que no cuentan con los recursos necesarios para estos fines.

En el cuarto eslabón de la cadena se sitúan los comercializadores nacionales, cuyo papel es de vital importancia para la integración de los productores con las industrias transformadoras y las industrias FAC. Además, conocen a fondo el mercado y sus demandas y poseen información sobre las tendencias en cuanto a regulación en el mercado global, exigencias que transmiten a los productores.

En el quinto eslabón concurren las industrias productoras de ingredientes naturales, como aceites esenciales, resinas y oleorresinas y elaboradoras de tintes y colorantes. Es un componente de alta importancia por cuanto genera productos diferenciados (nativos) de alto valor agregado, los cuales deben cumplir con estándares de alta calidad y pureza. Algunas empresas integran todo el proceso, desde su producción primaria hasta su transformación y comercialización, pero son pocos casos y con una capacidad de producción relativamente baja comparada con la demanda mundial. Es importante anotar que este tipo de industria –que incluye procesos de maquila de grandes industrias FAC– deben contar con certificaciones ISO 9001, BPM, HACCP, el certificado de capacidad técnica Invima, certificaciones internacionales y sellos de calidad, entre otros. Estos generalmente se ubican cerca de zonas de recolección o de cultivo de las plantas. Generalmente, sus clientes son empresas productoras de fragancias y aromas que utilizan materia prima seca que no tiene riesgo de deterioro, por lo cual no es necesario que se ubiquen cerca de los cultivadores sino de las industrias que compran los extractos (laboratorios farmacéuticos, laboratorios cosméticos, industrias de insumos de aseo, etc.).

En el sexto eslabón se encuentran los distribuidores internacionales, los cuales facilitan los canales de distribución a aquellos productores que no alcanzan a cubrir grandes demandas y ponen a su disposición su experiencia y conocimiento del mercado internacional. En algunos casos hacen integración hacia atrás al asociarse con productores y transformadores primarios a fin de lograr transacciones internacionales exigentes en cuanto a calidad, identificación de ingredientes y trazabilidad.

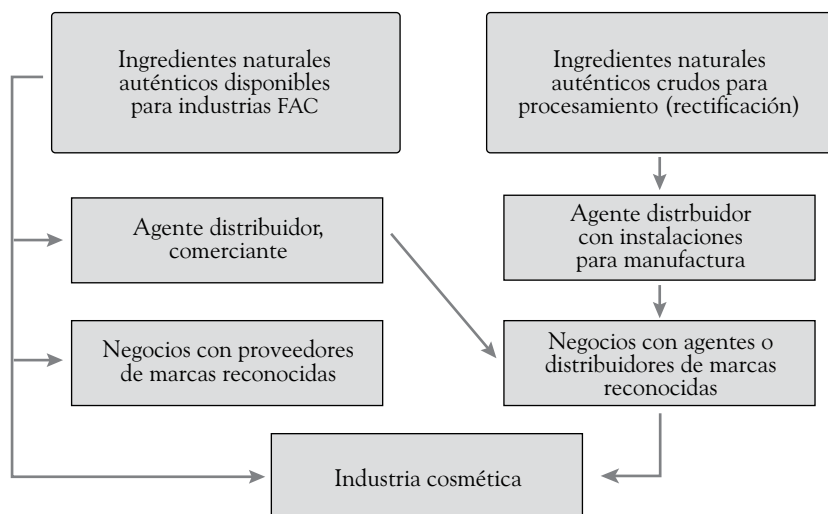
Un informe de Legiscomex.com (2006) reporta que las compañías europeas demandan materias primas afectadas por mucha intermediación, lo que incrementa los costos de adquisición. Sin embargo, se ha dado una tendencia hacia la compra directa de productos gracias en parte al aumento en la confianza en los productores y en la transparencia de los compradores europeos.

A pesar de que muchas empresas líderes cuentan con su propio departamento de compras de modo que los productores venden directamente y consiguen mejores precios para sus productos, los comerciantes y agentes de bolsa todavía desempeñan funciones como:

- Compra de ingredientes naturales alrededor del mundo o en un área geográfica específica.
- Análisis y control de calidad de los productos y procesos de producción.
- Purificación de los ingredientes de acuerdo con la normatividad del mercado.
- Mezclas.
- Venta a usuarios.

Según el informe mencionado, se dan dos canales de comercialización: uno para productos listos para usar y otro para las materias primas crudas (Figura 31).

Figura 31
Canales de distribución para la exportación de ingredientes naturales a la Unión Europea



Fuente: Legiscomex.com, 2006.

El séptimo eslabón está integrado por las industrias farmacéutica, alimentaria y cosmética (FAC) vistas como clientes consumidores de ingredientes naturales. Por su riqueza en materias primas nativas, Colombia tiene una gran oportunidad en estas industrias debido al aumento de la demanda de países como Estados Unidos, Alemania y Francia, que encuentran en los ingredientes naturales insumos para permitir diversificar sus productos.

Según Rugeles *et al.*, (2011), en nuestro país empresas como laboratorios Labfarve, Naturasol Colfood, Mare, Alianza Natural y Yanbal, entre otras, constituyen un excelente mercado para los ingredientes naturales. Este tipo de industria tiene una alta exigencia en cuanto a certificación y altos estándares de calidad, pero siguen presentando problemas en su trazabilidad para el acopio de su materia prima dada la variedad de productores y sus exportaciones las hacen a través de distribuidores internacionales.

Por su parte, los laboratorios farmacéuticos compran a mayoristas o distribuidores las materias primas que utilizan para sus productos. Tienen un plan de producción anual y un plan de abastecimiento detallado que les permite aprovisionarse de acuerdo con sus necesidades.

En lo tocante a la industria alimentaria, estas empresas emplean extractos, principios activos y aceites esenciales como insumos naturales de sus productos (jugos, zumos, bebidas, condimentos, colorantes, confitería). Tienen un plan anual de aprovisionamiento y compran productos de alta calidad suministrados por un buen número de proveedores.

Para la industria cosmética, sus proveedores son mayoristas, importadores y en menor proporción productores. Elaboran productos para el cuidado personal y el embellecimiento a partir de aceites, esencias, fragancias, aromas y colorantes naturales. Sus principales clientes son los laboratorios farmacéuticos y los distribuidores de perfumes y productos cosméticos, aunque en ocasiones ellos mismos distribuyen sus productos.

El octavo eslabón está conformado por los mayoristas que se encargan de distribuir los productos de las industrias FAC. Exigen certificación de acuerdo con la normatividad internacional y en ocasiones participan en la gestión de mercados para estas mismas industrias. También actúan a nivel nacional a través de la distribución para hoteles, restaurantes y tiendas naturistas y hacen acopio de la materia prima proveniente de productores y agricultores.

Para conservar la planta efectúan operaciones de secado, desinfección, limpieza, corte y troceado. Algunos mayoristas se ubican cerca de sus proveedores (mayoristas de origen) debido a que manejan grandes volúmenes y deben disminuir

costos de transporte. Otros lo hacen cerca de sus clientes –en zonas altamente industrializadas– porque se aprovisionan de importaciones, por lo cual no es necesario estar cerca de las zonas de producción.

Hacen acopio de gran cantidad de materia prima a partir de pequeños productores, lo que facilita que las industrias tengan un solo proveedor. Otra ventaja radica en que pueden vender grandes volúmenes de producción a un solo cliente y no pequeñas cantidades a muchos. Conocen muy bien el mercado y pueden asesorar a los cultivadores sobre sus exigencias.

El noveno eslabón lo conforman los minoristas, representados por las tiendas naturistas, las empresas dedicadas a la herbolaria y la aromaterapia, las farmacias y los supermercados que también forman parte de este eslabón.

Finalmente, en el último eslabón de la cadena se encuentran los consumidores de productos FAC de origen natural, quienes se encuentran cada vez más influenciados por las tendencias hacia lo natural asociadas con la salud y el bienestar. Cabe resaltar que este negocio de los ingredientes naturales impulsa el surgimiento comercial de sectores como el turismo, que cada vez se beneficia más de estas tendencias mundiales por productos naturales nativos de países tropicales como Colombia.

El cultivo de plantas aromáticas y medicinales

Es bien sabido que el cultivo de PAMC mejora la calidad y homogeneidad de los productos, bien sea para consumo en fresco, secos o como derivados que requieren de una alta pureza y concentración de principios activos, pues sus clientes son los laboratorios farmacéuticos y las industrias alimentarias, entre otros. Las herboristerías y pequeñas farmacias demandan también calidad en cuanto a textura, color, olor y sabor, aspectos que deben ser tenidos en cuenta por los productores y transformadores de PAMC. Con el cultivo también se logra la preservación de muchas especies que actualmente son explotadas de manera indiscriminada. Algunas como la genciana (*Gentiana lutea*), la gayuba (*Arctostaphylos uva-ursi*), el trébol de agua (*Menyanthes trifoliata*) y la árnica (*Arnica montana*), están dentro de este grupo y se deben emprender acciones para su preservación. Una de ellas es, precisamente, el cultivo, especialmente en un país como el nuestro que cuenta con una sorprendente variedad de microclimas y suelos que permiten el óptimo desarrollo de este tipo de plantas, muchas de las cuales son exclusivas de nuestro territorio.

El cultivo de PAMC es, sin duda, una alternativa importante en la generación de mayor estabilidad laboral y social y mejores ingresos a los cultivadores y productores, alejándolos así de la ilegalidad y permitiéndoles mejorar su calidad de vida y la de sus familias. Asimismo, facilita la recuperación de suelos arcillosos y yesosos y evita su erosión, de modo que es también una opción medioambiental.

Para el cultivo de las PAMC, se debe elaborar un plan de trabajo anual que incluya el manejo y recuperación de los suelos mediante el empleo de abonos orgánicos y buenas prácticas agrícolas, las especies que se planean cultivar y las fechas en las cuales se debe cosechar. Se debe hacer hincapié en la trazabilidad de los productos, lo que comprende una adecuada documentación de los procesos involucrados, a saber, manejo de plagas, manejo del suelo, riego,

fertilización, cosecha y poscosecha, todo lo cual le permite al cultivador llevar un buen control de su producción.

También se debe tener en cuenta hacia dónde se orientará la producción y quiénes serán los clientes finales de los productos, con el fin de seleccionar el tipo de semilla, darse una idea del rendimiento esperado, saber cómo controlar las plagas, llevar a cabo una adecuada fertilización, hacer un buen riego, etc.

Finalmente, el plan de trabajo permite proyectar el manejo poscosecha y de transformación (secado, molturación, troceado, empaque y transporte), lo cual facilita al cultivador planear su producción anual y el abastecimiento de sus clientes.

Las plantas son, tal vez, el grupo biológico con mayor importancia en el surgimiento de la vida. Cuando aparecieron y durante su evolución desde las algas hasta las plantas terrestres o superiores hace unos 500 millones de años, lograron cambiar la atmósfera de la Tierra para que esta pudiera albergar la vida tal y como la conocemos. El aprovechamiento activo de las plantas por el hombre se dio mediante la recogida *in situ* durante su fase de cazador recolector, etapa que perduró hasta mediados del año 8000 a. c. cuando surgió la agricultura en la región conocida como la media luna fértil (Oriente Medio) y el ser humano empezó a desarrollar la agricultura al aprender a manejar las semillas y los sistemas de riego, desencadenando así la revolución denominada del paleolítico que lo llevó al sedentarismo y a la estabilidad, para luego dar nacimiento a lo que se conoce como la civilización.

Uno de los obstáculos que debieron salvar los primeros agricultores fue la disminución de las cosechas debido a la pérdida de fertilidad del suelo, lo cual hicieron mediante diversos sistemas, entre ellos talar y quemar, descansar la tierra y rotar los cultivos. Soluciones que, sin embargo, no daban resultados a corto plazo y la creciente demanda de alimentos creó la necesidad de innovar la manera de sostener y mejorar la fertilidad del suelo. Fue entonces cuando aparecieron los fertilizantes, lo que produjo una nueva revolución agrícola.

Los primeros fertilizantes nitrogenados utilizados por el hombre fueron derivados del estiércol de los animales, que por su alto contenido de nitrógeno mejoraba la calidad del suelo y por ende de las cosechas. No obstante, la siempre creciente demanda obligó a buscar otras fuentes de nitrógeno como el guano (nitrato de sodio), cuyo origen centrado en fuentes orgánicas tenía el problema de que estas fuentes amenazaban con agotarse. Solo hasta a principios del siglo XX se conocieron los primeros fertilizantes nitrogenados de origen sintético que impulsaron la agricultura.

Las plantas aromáticas y medicinales no son ajenas a esta historia. Durante generaciones, el hombre utilizó las PAMC y sus derivados como medios para mejorar el sabor de las comidas, perfumar el ambiente y con fines medicinales. Sin embargo, la mayoría de ellas se obtenía por recolección directa en los campos y bosques (crecen fácilmente y no hay necesidad de sembrarlas) y muy pocas, como el orégano, el tomillo, la menta, la canela y el achiote, emprendieron el camino hacia una producción agrícola a gran escala destinada al mercado de esencias, perfumes y condimentos. Las plantas medicinales experimentaron otro destino con la llegada de la medicina moderna, que basándose en observaciones de sus efectos extrajo e identificó cientos de principios activos y mediante síntesis química se fabricaron medicamentos sin necesidad de recurrir de nuevo a las plantas, lo que significó que estas quedaran relegadas al punto de ser conocidas solo por comunidades apartadas de los grandes centros urbanos.

Las investigaciones en agricultura en Colombia y a nivel mundial están dirigidas básicamente hacia dos frentes: la seguridad alimentaria, en el que cultivos como los cereales, el arroz, el fríjol, el maíz, las hortalizas y las frutas, reciben la mayor atención; y el dirigido hacia la producción de biocombustibles, donde la caña de azúcar, el maíz, la palma africana y las algas acaparan la mayor parte de los esfuerzos investigativos. Así, los centros de investigación se han dado cuenta del enorme potencial inexplorado que ofrecen las PAMC y han empezado estudios serios en torno a nuevos principios activos, pero muy pocos sobre su cultivo.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, vienen trabajando en la identificación de principios activos y en la explotación responsable de las plantas medicinales nativas de Colombia, como estrategia para llevar a cabo un aprovechamiento sostenible del recurso. Este es, sin duda, un primer paso en el desarrollo de investigaciones y programas enfocados al mejoramiento de los cultivos de estas plantas, que aunque resistentes por su gran carga de metabolitos secundarios (de gran interés, sin duda) se ven afectados por factores que atañen a los cultivos tradicionales.

Al igual que en otros cultivos, en el relativo a las PAMC se deben tener en cuenta múltiples variables que son de conocimiento intrínseco de agricultores, ingenieros agrónomos y todos los involucrados en la producción agrícola, para tener una visión global del asunto.

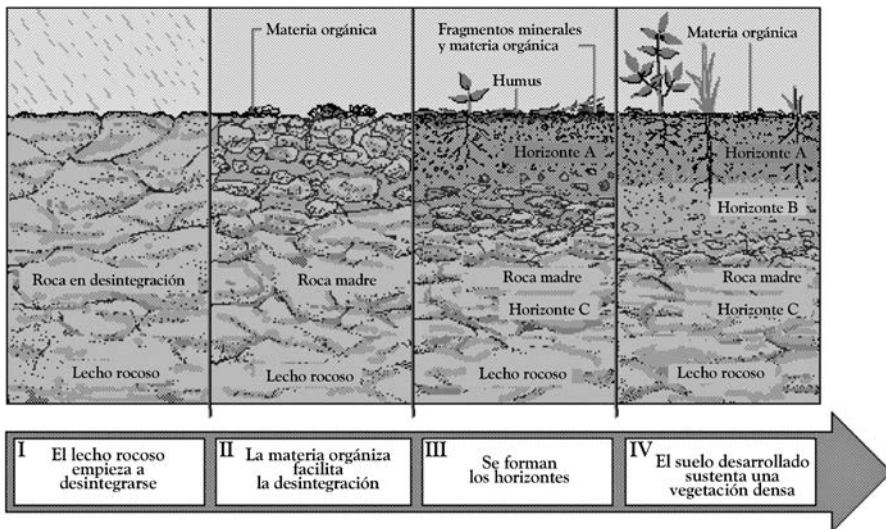
El suelo y su origen

El suelo no es un sustrato inerte, sino un ecosistema. Es decir, un sistema con vida de donde las plantas toman los nutrientes que necesitan, razón por la cual

debe presentar características especiales que garanticen este proceso, dentro de las cuales se encuentran el adecuado balance de nutrientes, la textura, la acidez y una estructura que facilite el drenaje del agua.

Los suelos están constituidos por componentes abióticos o inertes (Figura 32), como el aire, los minerales, el agua, las arcillas y los limos, entre otros, y bióticos u orgánicos, que comprenden los micro, meso y macroorganismos que se encuentran en estrecha relación con los componentes abióticos, de forma que facilitan la nutrición y crecimiento de las plantas. Las prácticas de agricultura alternativa permiten que estos suelos se enriquezcan a través del manejo adecuado del agua, el suelo y el clima (Manual agropecuario. Tecnologías orgánicas de la granja integral, 2002).

Figura 32
Formación del suelo



Fuente: Agentes geológicos externos.

El suelo se forma a partir de la descomposición de los factores abióticos que se generan por acción de las partículas arcillosas presentes en el viento y que paulatinamente disminuyen las capas rocosas, separando algunos de sus compuestos químicos constituyentes. Además, los cambios climáticos facilitan la formación de grietas en las rocas, que al final terminan en un deterioro total que hace que parte de los compuestos inorgánicos se separen y pasen a formar parte del suelo y del agua, quedando así disponibles para que los microorganismos los transformen en compuestos orgánicos.

Dentro de estos espacios o grietas, se aposentan microorganismos capaces de sobrevivir sin necesidad de materia orgánica en ambientes muy hostiles, donde la mayoría no lo lograría. Estos microorganismos hacen fotosíntesis y fijan el nitrógeno a la tierra, produciendo de esta manera aminoácidos y materia orgánica como carbohidratos, ácidos orgánicos y azúcares, la cual mediante el proceso de degradación queda disponible para otros organismos.

Una vez se fija el nitrógeno, este reacciona con las moléculas carbonadas obtenidas de la fotosíntesis y produce aminoácidos que a su vez se unen para formar péptidos, proteínas y cofactores, las principales moléculas generadoras de vida y que las bacterias requieren para su crecimiento y desarrollo (*Manual agropecuario. Tecnologías orgánicas de la granja integral*, 2002).

De esta manera, las cianobacterias se multiplican y generan materia orgánica a través de dos procesos: la fijación de nitrógeno y la producción de carbohidratos a partir de la fotosíntesis, lo que permite la aparición de nuevas formas de vida a partir de aire, agua y minerales. La fijación de nitrógeno (elemento indispensable para el desarrollo normal de los organismos) es un proceso de suma importancia y pocos organismos pueden llevarlo a cabo, dado que gran parte de este elemento se encuentra presente en forma de gas.

Todo esto conduce el aumento de la biomasa, la mineralización de las rocas y la aparición de nuevos compuestos químicos que permiten a otros microorganismos alimentarse y subsistir. Esto a su vez, hace que las rocas sean colonizadas por actinomicetos, bacterias, protozoos, algas, hongos y líquenes, los cuales aceleran la descomposición de más material inorgánico. Es un proceso dinámico que alimenta un ciclo constante de degradación de material mineral y generación de compuestos orgánicos, que favorece la colonización de ambientes que antes eran hostiles para la vida.

A continuación aparecen las bacterias, microorganismos más elaborados capaces de degradar mayor cantidad de material mineral, generar más cantidad de materia orgánica y asociarse con múltiples formas de vida, dinamizando así el proceso mediante diversas formas de relación, bien sea simbióticas o de parasitismo, que facilitan el desarrollo de compuestos necesarios para el crecimiento de nuevas formas de vida. Se generan, además, actinomicetos, de gran potencial multiplicativo que crean compuestos más complejos que inhiben el desarrollo de otros microorganismos, lo cual contribuye al equilibrio del ecosistema en que se forman. Son heterótrofos y pueden fijar nitrógeno al suelo, contribuyendo así a la aparición de nuevas formas de vida. Degradan de forma efectiva sustancias complejas en otras más sencillas que pueden ser asimiladas por diversas formas

de vida. Generalmente, se desarrollan en ambientes secos, con temperaturas que oscilan entre los 28 °C y los 37 °C, en suelos con pH entre 6,5 y 8,0.

El crecimiento poblacional de estos microorganismos puede ser estimulado por el tipo de cobertura vegetal, práctica que promueve la utilización de abonos orgánicos. Dentro de los principales actinomicetos se encuentra el *Streptomyces*, una especie que abunda en los suelos y que tiene una actividad determinante en la descomposición de materia orgánica y en la producción de antibióticos.

A continuación aparecen los hongos, microorganismos heterótrofos no fijadores de nitrógeno, pero con gran capacidad multiplicativa siempre y cuando dispongan de materia orgánica fresca. Son responsables de la producción de buena parte de la biomasa gracias a los largos y numerosos filamentos que permiten su proliferación (micelios). Se nutren de materia orgánica viva y en descomposición, lo que facilita la asimilación de compuestos y la liberación de otros de importancia dentro del proceso de generación de vida y asimilación de minerales. Son vitales en el control de la población de diversos microorganismos, dado que gran variedad de ellos se alimenta de microorganismos como protozoarios, artrópodos y anélidos, así como de plantas, raíces, moléculas orgánicas simples y también complejas, como la lignina, la celulosa y la quitina, presentes en las plantas y en los exoesqueletos de artrópodos.

Los hongos son importantes en la prevención de la erosión del suelo, dado que recubren parte de las partículas de este con sus filamentos, lo que disminuye el riesgo de erosión y aumenta la porosidad, la aireación y la permeabilidad del agua para mayor calidad del terreno (*Manual agropecuario. Tecnologías orgánicas de la granja integral*, 2002).

El siguiente grupo de organismos que colonizan la superficie de rocas y forman parte del suelo son las algas, microorganismos autótrofos de gran importancia para la producción de materia orgánica gracias a su capacidad fotosintética, pero no pueden fijar nitrógeno en el suelo. Se reproducen con relativa facilidad con solo de un poco de humedad. Otras algas producen factores de crecimiento y factores de diferenciación celular, fundamentales para una mejor fijación al suelo. Estos organismos forman asociaciones simbióticas con microorganismos como las cianobacterias y los hongos para la formación de líquenes, que a su vez generan materia orgánica, la descomponen y fijan nitrógeno, lo que facilita la formación y aparición de otras formas de vida como los protozoos, protistas eucariotas y heterótrofos con capacidad de formar colonias.

Todos estos microorganismos y los minerales que se solubilizan crean zonas ricas en materia orgánica e inorgánica, lo que mejora la capacidad de interacción y facilita la permeabilidad del suelo para formar una capa que va cubriendo el

suelo paulatinamente y acoge diversas formas de vida y compuestos químicos, como enzimas, que interaccionan entre sí y favorecen la formación y proliferación de vida.

El trabajo de los microorganismos sobre el material geológico da origen al suelo como lo conocemos y como se aprovecha en la agricultura. Una vez los primeros colonizadores se aposentan sobre las rocas, aparecen nuevos organismos (plantas, musgos, hepáticas, helechos) y animales como ácaros, caracoles, insectos, anfibios y mamíferos.

Los microorganismos presentes en el suelo se pueden considerar como pequeños reactores que producen en su interior miles de reacciones generadoras de compuestos orgánicos. Ello facilita la degradación de los compuestos inorgánicos, la formación de iones y el transporte de otros microorganismos que enriquecen la calidad del suelo y facilitan el crecimiento y desarrollo de organismos y plantas cuya calidad y variedad dependerán de la fertilidad del terreno, determinada a su vez, por la presencia equilibrada de estos microecosistemas.

El concepto de suelo se puede construir a partir de definiciones simples, que van desde aquella que lo detalla como la capa más superficial de la tierra, hasta la que lo delimita desde el punto de vista físico como materia inerte que sirve de soporte a las plantas. En realidad, el suelo debe pensarse como un sistema vivo y dinámico que posee características físicas, químicas y biológicas derivadas de la interacción a lo largo del tiempo, entre los diferentes factores de formación.

Los suelos nacen a partir del material parental, consistente en rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas presentes en la corteza terrestre, que interacciona con factores formadores como el clima, el relieve, las rocas, el tiempo mismo y los microorganismos.

En Colombia, las rocas sedimentarias y los sedimentos constituyen cerca del 80 % de los suelos, el restante lo ocupan las rocas ígneas y las rocas metamórficas que se encuentran en las cordilleras, el escudo guyanés y en la Sierra Nevada de Santa Marta. Por su parte, las rocas metamórficas se hallan principalmente en la cordillera Occidental y las ígneas en las cordilleras Central y Occidental. Cabe mencionar, igualmente, que los suelos de la región andina están fuertemente afectados por la presencia de cenizas volcánicas.

En cada una de las regiones geográficas del país se pueden encontrar diferentes tipos de suelos, debido a las diferentes condiciones o factores formadores que predominan en ellas. El clima (la precipitación, el viento, la radiación solar, la temperatura, la presión atmosférica), la forma del relieve (valles, montañas), los organismos y los microorganismos, ejercen una acción transformadora sobre

las rocas (ígneas, sedimentarias o metamórficas) y los sedimentos a lo largo del tiempo. Aquí es importante señalar el aporte de la materia orgánica sobre la formación del suelo, ya que esta soporta en gran medida la fauna y la microfauna y puede suscitar alteraciones en las rocas o en sus minerales derivados, además de favorecer la fertilidad.

En región de la Orinoquia se encuentran paisajes de pie de monte, altillanura y llanuras inundables. Los departamentos de Casanare y Arauca presentan suelos ricos en óxidos de hierro y aluminio (goethita y hematita), con poca materia orgánica, pH ácido, alto grado evolutivo y características asociadas a procesos de mayor alteración (se pueden encontrar oxisoles y ultisoles), lo que se traduce en un menor aporte de elementos requeridos por las plantas para su desarrollo.

Al igual que la Orinoquia, la región amazónica forma parte de la cuenca sedimentaria comprendida entre el escudo de la Guayana y la cordillera Oriental. El departamento de Vaupés –representativo de la región amazónica– sobresale por la presencia de suelos de alta evolución (oxisoles y ultisoles), ecosistemas de selva húmeda muy marcados por condiciones climáticas de alta precipitación, ambientes muy cálidos y gran aporte de biomasa a la fertilidad de los suelos.

La región Caribe se caracteriza por un clima cálido y seco que engendra suelos con baja materia orgánica, sobre todo en la península de la Guajira. También se despliegan otros tipos de suelos, entre los que se cuentan los vertisoles, producto de la presencia de arcillas expandibles; los aridisoles por la acumulación de sales y sodio y los mollisoles, suelos con características favorables para la agricultura.

La Sierra Nevada de Santa Marta, gracias a sus condiciones ambientales particulares y en especial al relieve que sube abruptamente desde el nivel del mar hasta las nieves perpetuas a 5.757 metros de altura, presenta diferentes pisos térmicos y grupos ecológicos, donde en los primeros 1000 metros sobresalen suelos relativamente poco evolucionados como los inceptisoles y entisoles, derivados de diferentes materiales, muy superficiales, bien drenados, de baja fertilidad y susceptibles de erosión. Entre los 1000 y los 2000 metros, predominan el relieve escarpado con pendientes superiores al 50 % y suelos inceptisoles, entisoles y andisoles constituidos por depósitos volcánicos y diferentes materiales parentales y poco evolucionados, superficiales y de fertilidad media a baja.

La región del Pacífico posee suelos ácidos y poco evolucionados, características derivadas de su clima lluvioso y su paisaje. Sin embargo, se encuentran zonas menos lluviosas con suelos fértiles aptos para el cultivo, como la región de los ríos Mira y Patía y el Darién chocoano.

En la zona andina, muchos suelos han sido afectados por cenizas volcánicas (arcillas alófanas), en especial por tres núcleos de actividad volcánica reciente, como lo son el núcleo comprendido entre los departamentos de Nariño y Putumayo, el núcleo ubicado en los departamentos de Cauca y Huila y el núcleo situado en los departamentos de Antioquia, Caldas y Tolima. Por su emplazamiento en las cordilleras, los suelos de estas zonas –de pendientes pronunciadas– se erosionan fácilmente y presentan deslizamientos, lo que afecta su estabilidad y su desarrollo evolutivo.

En el departamento de Valle del Cauca, ubicado en la región andina, se encuentra el valle del río Cauca, una planicie intermontañosa ubicada entre los ramales occidental y central de la cordillera andina, con suelos cuya gran fertilidad se debe principalmente al aporte de materiales provenientes de las montañas que lo encierran, que al ser arrastrados por el agua sedimentan y se acumulan en el valle.

El tipo de suelo característico son los vertisoles, suelos fértiles cuyas arcillas más abundantes son de tipo expansivas (vermiculitas y montmorillonitas), que deben ser manejadas adecuadamente ya que al estar húmedas se tornan pegajosas y al secarse se agrietan. Otros órdenes de suelos son: alfisoles (2,2 %), entisoles (1,3 %), ultisoles (0,4 %), inceptisoles (18 %), mollisoles (48,2 %) y vertisoles (29,9 %); los tres últimos ocupan el 96,2 % del área del valle del río Cauca.

El suelo está compuesto, principalmente, por cuatro fracciones o partes: mineral, orgánica, acuosa y gaseosa. La primera está conformada por minerales que derivan directamente de la roca o por material parental resultado de la mineralización. La fracción mineral se puede clasificar de acuerdo con su tamaño, en arenas (0,06-2 mm), limos (0,002-0,06 mm) y arcillas (<0,002 mm) y representan el 45 % de los componentes. La materia orgánica representa el 5 % y está compuesta por materia orgánica que no ha sufrido procesos de transformación, como los restos de hojas, excrementos, cadáveres, microorganismos como bacterias y hongos, y materia orgánica humificada o con avanzados procesos de transformación, como los ácidos húmicos, fúlvicos y huminas.

La fracción líquida está conformada por una solución acuosa compuesta de sales inorgánicas y iones Na^+ , K^+ , Ca_2^+ , Cl^- y NO_3^- , entre otros. Ocupa un 25 % de los elementos del suelo y es el vehículo de transporte de las sustancias.

La fracción gaseosa representa el 25 % restante en volumen y está constituida por gases atmosféricos y por los gases desprendidos del metabolismo de los microorganismos presentes en el suelo, lo que aumenta la proporción de CO_2/O_2 con respecto a la del aire. En suelos con problemas de drenaje se pueden encontrar en mayor proporción gases como CH_4 y NO_2 .

La taxonomía aplicada al estudio del suelo es una herramienta útil al momento de conocer la fertilidad de un suelo. Los órdenes proporcionan información sobre las características, los posibles usos y el manejo del suelo, de acuerdo con parámetros determinados. Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), hay doce órdenes jerarquizados de menor a mayor grado de meteorización, así: entisoles, histosoles, andisoles, gelisoles, inceptisoles, aridisoles, vertisoles, alfisoles, mollisoles, espodosoles, ultisoles y oxisoles.

La materia orgánica del suelo

Está representada por todas las sustancias orgánicas presentes, las cuales se pueden clasificar en dos grupos: la materia orgánica viva, que comprende la biomasa macro y microbiana edáfica y las raíces de las plantas, y la materia orgánica no viva, que proviene de restos de animales y plantas en diferentes estados de transformación, entre los que se cuentan los exudados radicales (ácidos orgánicos), los aportes orgánicos externos (estiércol, compost), los productos del metabolismo, los carbohidratos (celulosa, hemicelulosa, almidón), los compuestos fenólicos (lignina), los compuestos nitrogenados (proteínas, péptidos, aminoácidos y aminoazúcares, entre otros), los lípidos (ceras, grasas, resinas) y las sustancias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas).

La materia orgánica experimenta en primera instancia, una reducción de tamaño gracias a la acción de determinados organismos que la incorporan al suelo. Luego, es atacada por bacterias y hongos que la descomponen por vía biológica en sus componentes básicos (proteínas, hidratos de carbono, ácidos orgánicos, etc.). Parte de estos compuestos soportan procesos de mineralización por acción microbiana y pasándose transforman en formas inorgánicas solubles y asimilables por las plantas (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_2). Los principales elementos que proporciona la materia orgánica son nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

El contenido de materia orgánica de los suelos está estrechamente relacionado con su potencial productivo. Los suelos con alto contenido de materia orgánica son más fértiles y la productividad es mayor, mientras los suelos de fertilidad baja contienen materia orgánica en bajas cantidades. Son muchos los beneficios que brinda la materia orgánica a los suelos, razón por la cual los agricultores buscan mejorar su contenido mediante buenas prácticas agrícolas, como la rotación de cultivos que incluyan leguminosas, abonos verdes, cubiertas vegetales y aplicación de materia orgánica en diferentes formas.

Entre estos beneficios se tiene que la materia orgánica actúa como agente cementante de las arcillas y limos (partículas de pequeño tamaño). De esta manera

se constituyen macroagregados estables, se mejora la porosidad del suelo, se aumentan la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo (ya que su CIC es mayor al de la arcilla), se favorece la estabilidad de los oligoelementos al formar compuestos de coordinación órgano-metálicos y se liberan gradualmente nutrientes que quedan disponibles para las plantas. Asimismo, es fuente de energía y hábitat para los microorganismos del suelo y aporta iones H^+ que permiten a diferentes elementos mejorar su solubilidad y su disponibilidad para las plantas.

Manejo del suelo

El manejo adecuado del suelo implica no maltratarlo, voltearlo o exponerlo al sol luego de eliminar la vegetación que lo protege, pues se acabaría sus formas de vida. Se deben llevar a cabo aquellas acciones que faciliten la conservación de los microorganismos que constituyen el punto de partida de la vida y su desarrollo. En muchos casos, se recomienda conservar el bosque nativo dentro de la granja o finca, de suerte que sus formas de vida originarias se multipliquen y ayuden a fertilizar el suelo. Por esta razón, es fundamental mantenerlo cubierto (Figura 33) durante todo el tiempo, ya que esto favorece la reproducción de aquellas formas de vida que facilitan su mantenimiento. Es importante también la administración correcta de los cultivos asociados, lo cual facilita la proliferación de microorganismos y meso organismos y estimula las interacciones entre ellos y las plantas que enriquecen notablemente la calidad del suelo. La siembra directa, la labranza mínima y el manejo de coberturas, garantizan la buena calidad del suelo ya que mantienen las formas de vida que lo fertilizan y lo hacen apto para la agricultura.

Figura 33
Cobertura de suelo



Fuente: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, 2014.

Cuando se quiere fortalecer y mejorar un suelo es importante entender su estado inicial, de acuerdo con las acciones que sobre él se hayan llevado a cabo;

o si se encuentra en un estado de no perturbación, lo que determinaría la población máxima de microorganismos que bajo las condiciones edafoclimáticas presentes podrían crecer. También es importante reconocer si el suelo ha sido recientemente perturbado por acciones de labranza o rastrilla que interrumpen los procesos naturales del suelo, con el fin de tomar medidas para su reparación (*Manual agropecuario. Tecnologías orgánicas de la granja integral*, 2002). Se trata de construir una historia del suelo, qué ha pasado con él, qué plantas crecen y de qué tipo; reconocer las especies, sus características y los microorganismos que se puedan diferenciar; y finalmente, abrir huecos (calicatas) para determinar la manera como está organizado el suelo, qué color y aspecto físico tiene, si presenta olores y cómo está estructurado.

Se deben adicionar abonos verdes, cultivos de cobertura y distintos tipos de compost, que aumenten el contenido de materia orgánica y mejoren la calidad. Al efectuar distintos tipos de cultivo, se garantiza la existencia de microorganismos que enriquecen el suelo al estar asociados con las raíces de las plantas e interaccionar con ellas, razón por la cual las prácticas de policultivos son más enriquecedoras que los monocultivos.

En resumen, unas buenas prácticas para mantener una buena calidad en el suelo, son:

- Suelo cubierto con cultivos y abonos para evitar que los rayos del sol acaben con la microfauna presente.
- Evitar arar el suelo, para que no se expongan al sol y al aire la materia orgánica y los seres vivos presentes en las profundidades.
- Trabajarlo con labranza mínima. Si está compactado, utilizar abonos orgánicos en la superficie y sembrar leguminosas que facilitan esta labor.
- Sembrar y rotar cultivos asociados que favorecen la proliferación de organismos rizosféricos (aquellos asociados a las raíces de las plantas) y nutren el suelo.
- Usar compost y abonos de buena calidad (preferiblemente en mezclas) que enriquezcan la materia orgánica.

En la agricultura alternativa, se pretende alimentar el suelo y no la planta, ya que se entiende que este le aportará los nutrientes necesarios a través del trabajo asociativo y dinámico entre los microorganismos y las plantas, a diferencia de la fertilización directa con sales inorgánicas que está dirigida a nutrir rápidamente a la planta sin tener en cuenta la nutrición del suelo, lo cual a largo plazo, puede no ser adecuado para su conservación.

El manejo del suelo debe estar encaminado a conservar o mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con el fin de establecer en él un cultivo que pueda generar beneficios no solo a las personas que lo explotan, sino también a la comunidad en general. Son muchas las prácticas que se deben seguir para un manejo eficiente del recurso, entre ellas implementar un sistema de riego adecuado de acuerdo con las características del relieve para que no haya lixiviación o lavado de nutrientes, llevar a cabo una siembra apropiada para prevenir la erosión, no usar maquinaria pesada que pueda compactar el suelo si se hace sobre terreno húmedo, evitar el exceso de herbicidas y plaguicidas que deterioran la microfauna edáfica, así como el exceso de fertilizantes que causan problemas de salinidad y prescindir de los monocultivos, entre muchas otras.

En este libro solo se profundizará en un parámetro, que consideramos el más importante cuando de cultivos orgánicos o ecológicos se trata, a saber, la conservación de la materia orgánica del suelo para los cultivos de PAMC

Los abonos orgánicos

Son abonos orgánicos todos aquellos residuos de origen animal o vegetal que aportan nutrientes a las plantas como macro y micro elementos una vez incorporados al suelo. Luego de un proceso de descomposición controlado por microorganismos, estos residuos mejoran la calidad del suelo al enriquecerlo con un alto contenido de materia orgánica (carbono, nitrógeno, fósforo, entre otros elementos), necesaria para llevar a cabo los ciclos de vida de los organismos vivos.

Características físicas como la estructura, la porosidad, la aireación, la capacidad de retención de agua, la infiltración, la conductividad hidráulica y la estabilidad de los agregados, son mejoradas con la implementación de abonos orgánicos.

En cuanto a las características químicas, estas dependen de la composición de los abonos y su fuente. En general, un abono debe aumentar el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio catiónico, el pH y la concentración de sales.

Las características biológicas que se mejoran inciden sobre las propiedades químicas y físicas, ya que un buen balance de microorganismos crea ciclos de óxido-reducción de elementos y de reciclaje de nutrientes, convirtiéndolos en formas aprovechables desde el punto de vista químico. Igualmente, optimiza la estructura física del suelo por efecto de la agregación que generan los microorganismos.

Al momento de escoger un abono orgánico se deben tener en cuenta las necesidades de nutrientes del cultivo. En caso de que se tengan varias opciones,

se escogería la que mejor se adecue a las necesidades de aporte de nutrientes, en especial nitrógeno, fósforo y potasio. Existen diferentes fuentes de abonos orgánicos con diversas tasas de mineralización. Algunos de ellos aportan sus nutrientes al suelo de manera rápida y otros lo hacen en forma gradual. Es adecuado conocer los diferentes tipos y fuentes de abonos orgánicos que se pueden encontrar y tener en cuenta que el aporte de nutrientes puede variar entre diferentes productores.

Estiércoles sólidos y purines

Los estiércoles son las deyecciones y orinas que pueden contener o no productos de la cama de los animales, resultantes del proceso de digestión. Los estiércoles más abundantes provienen de las especies bovina, ovina, caprina, porcina y aviar.

Gallinaza

Son los excrementos de gallina, pero el término también se puede extender al de otras aves, como pollos de engorde en etapas de cría o desarrollo –con o sin restos de aserrín– piensos, plumas y otros materiales usados para la cama. Es importante no utilizar este abono en fresco; debe ser madurado y estabilizado. La relación carbono/nitrógeno (C/N) debe ser baja (9-12) para que haya menos pérdida de nitrógeno por volatilización.

Estiércol de lombriz

Conocido como vermicompost, es el producto de la transformación de la materia orgánica por una lombriz, generalmente la lombriz roja de California por su mayor tasa reproductiva. La transformación del material se produce tras su paso por el tubo digestivo, donde se mezcla con compuestos minerales, microorganismos y enzimas que hacen más rápida su humificación y mineralización una vez se adiciona al suelo. Es una práctica poco frecuente pero muy favorable para pequeños productores, quienes deben rotar las camas de las lombrices directamente sobre el suelo del cultivo para que estas, además de producir el vermicompost, interactúen con el suelo y optimicen algunas de sus propiedades físicas (aireación, estabilización de agregados).

Estiércoles líquidos

Los purines son mezclas de orina, deyecciones y agua del lavado de los corrales, en especial de porcinos y bovinos. Se trata de un abono líquido con alto contenido de nitrógeno y fósforo en forma asimilable para las plantas. Se debe evitar su aplicación en época de fuertes lluvias y en terrenos con una capa freática superficial, saturados de agua, con fuertes pendientes o muy permeables. Tam-

poco se debe dejar el suelo desnudo después de la aplicación, pues ello aceleraría la pérdida de nutrientes.

El compost

El compostaje es un proceso controlado de oxidación biológica o fermentación aerobia sobre productos orgánicos, como restos de cosecha o de podas, materiales henificados, residuos orgánicos industriales o domiciliarios, estiércoles y otros residuos. El producto resultante puede ser utilizado como sustrato o abono y tiene una relación C/N entre 10 y 20. Durante el proceso, pasa por diferentes etapas hasta su maduración, entre ellas las etapas mesófila, termófila, enfriamiento y maduración, lo que da como resultado una materia orgánica estable, exenta de patógenos y semillas de adventicias, rica en poblaciones de microorganismos útiles y en activadores de la fisiología vegetal. Es importante el control de la maduración y el manejo adecuado del compost, ya que los productos metabólicos intermedios pueden resultar fitotóxicos.

Algas

La adición de algas a los cultivos es una práctica antigua. Es habitual en cultivos cercanos a la costa y uno de los beneficios de este tipo de biofertilizante es la gran higroscopicidad de los ficocoloides que poseen, los cuales permiten captar agua en estado gaseoso y mantienen el suelo a capacidad de campo, reduciendo así la frecuencia de los riegos. Además, su capacidad de acumular cationes le aporta al suelo un número importante de oligoelementos necesarios para aumentar la fertilidad. En contraste, se debe tener en cuenta el origen de las algas, ya que estas también pueden acumular metales tóxicos como cromo, plomo, arsénico, mercurio y metales radioactivos, entre otros.

Recursos fósiles: turbas y lignitos

Las turbas son materiales fósiles o subfósiles que se producen por la descomposición desacelerada de algunas especies vegetales en ambientes con exceso de humedad y poco oxígeno. Las hay de tipo fibroso y de tipo sáprico o descompuestas (mayor contenido de sustancias húmicas y bases intercambiables). Por su parte, los lignitos son carbones de bajo rango, algunos adicionados con nitrógeno que al mezclarse con agentes oxidantes y medios alcalinos entregan al suelo sustancias parecidas a los ácidos húmicos.

Estos recursos se utilizan principalmente como sustrato. Contienen constituyentes macromoleculares de origen húmico y por lo general poco nitrógeno. Estimulan el crecimiento vegetal, favorecen la movilidad de los macro y micronutrientes y aceleran la descontaminación de los suelos por sales o plaguicidas.

Abonos verdes

Es el aprovechamiento de la vegetación que se corta y entierra en el mismo lugar donde fue sembrada. Se hace antes o durante la floración con el fin de mejorar las propiedades físicas del suelo al introducir en él sustancias activas que favorecen la población microbiana edáfica. Las especies vegetales más utilizadas son las gramíneas (centeno, cebada, avena), las crucíferas (colza forrajera) y las leguminosas (leucaena); éstas últimas fijan y aportan gran cantidad de nitrógeno.

Existen otros muchos abonos orgánicos y medios de incorporar materia orgánica al suelo, como los acolchados, los restos de cosecha y el majadeo. Pero cualquiera que sea el método de añadir materia orgánica al suelo y en especial cuando hablamos de cultivos de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias, esta debe estar completamente madura y estabilizada al momento de la siembra, de suerte que la actividad de los microorganismos que se incorporan con la materia orgánica debe ser muy baja para evitar daños a las semillas, las plántulas o a las plantas mismas.

Selección y mejora

La multiplicación de la especie es fundamental para lograr productos de alta calidad, incluso por encima de la selección del medio ecológico donde se desea cultivar, sobre la base, por supuesto, de que este medio no sea desfavorable. Esta calidad se verá directamente afectada en el rendimiento de los cultivos y de los principios activos, que son el fin último del procesamiento de las plantas aromáticas y medicinales. La selección de semillas y de plantas madre de alta calidad es el paso más crítico a la hora de buscar cultivos óptimos, con una composición elevada de principios activos, lo cual hace que el proceso sea aún más complejo en relación con otro tipo de cultivos, de los que solo se espera un buen desarrollo del material, con resistencia a cambios climáticos, plagas y enfermedades, pues lo que más interesa es que tengan una composición elevada de principios activos (Muñoz, 2002).

La selección y mejora de especies se puede llevar a cabo de manera natural, cuando se escogen individuos dentro de una misma especie con los mejores aspectos morfológicos y de resistencia, a partir de un inventario conocido (químico y botánico), de la flora existente en el territorio. La escogencia de la planta madre se da para conservar sus características genéticas. La selección artificial, por el contrario, consiste en la manipulación de características experimentales mediante mutaciones en su ADN o hibridaciones, para provocar cambios en su material hereditario. Esto generalmente se logra por la acción de agentes físicos o químicos (alcaloides, rayos X y rayos ultravioleta). Las hibridaciones se dan entre variedades de una misma especie o entre dos especies cercanas entre sí.

Se deben reproducir de manera asexual debido a que son estériles, por lo cual se hace necesario utilizar técnicas de reproducción vegetativa como esquejes, estolones, renuevos, etc., permitiendo con ello conservar las características de la planta madre (Muñoz, 2012).

Técnicas

Son muchas las técnicas de cultivo existentes, algunas diseñadas o desarrolladas para tipos de cultivo específicos. Como se comentó, la información en plantas medicinales es escasa; por ello, al desarrollar un cultivo de PAMC se debe tener en cuenta que lo más importante de su cultivo es conservar los metabolitos secundarios característicos de su estado original. Esto se logra observando las condiciones agroclimáticas originales y luego reproducirlas en el lugar de cultivo. No se obtendrán buenos resultados si trae una especie que crece en la montaña para cultivarla en un valle. Se debe ser consciente del alcance del cultivo.

Los factores climáticos relacionados con la variación en la producción de metabolitos secundarios en las plantas, son:

- *La temperatura*: es el elemento de mayor importancia en el metabolismo de las plantas. Cada especie de planta ha logrado, a lo largo del tiempo, adaptarse a un tipo específico de clima.
- *La precipitación*: la fisiología de las plantas se adapta a condiciones de mucha o poca precipitación. Por ello, es necesario tener en cuenta este factor, ya que excesos o deficiencias de agua pueden provocar daños a las raíces y a otros órganos.
- *La luminosidad*: en estado silvestre, las plantas se interrelacionan con otras especies y se adaptan a las condiciones de luz y sombra que puedan tolerar. En el cultivo, sin embargo, la cantidad de luz es casi siempre mayor (condiciones de luz directa), razón por la cual es necesario colocar sombras para algunas especies.
- *La altitud*: algunas especies crecen muy bien a nivel del mar. Al implementar su cultivo en una altitud mayor, las condiciones de temperatura, humedad y presión atmosférica variarán, lo que hará que algunas especies no se adapten y se afecte la producción de metabolitos.

Otro factor importante en la producción de metabolitos secundarios es la disponibilidad de nutrientes. Algunas especies están adaptadas a deficiencias o bien a riqueza en materia de elementos minerales, y la alteración de estas cantidades puede producir cambios en su metabolismo, afectando negativa o positivamente –según sea el caso– su metabolismo secundario.

Condiciones para el establecimiento de un cultivo

Se debe contar con una fuente cercana de agua potable o, en lo posible, con una carga bacteriana tal que no afecte las condiciones de inocuidad del cultivo.

El suelo debe ser fértil o en su defecto, conocer sus requerimientos mediante un análisis del suelo (que incluya la materia orgánica) y del cultivo que se quiere implementar, para adecuarlo previamente con abonos o enmiendas que mejoren sus características y favorezcan su crecimiento.

Las especies seleccionadas para el cultivo deben soportar las condiciones agroecológicas del lugar donde se establecerá el cultivo, sin afectar la producción en cantidad y concentración de los metabolitos secundarios de interés.

Dada la tendencia de las PAMC a convertirse en cultivos orgánicos, los programas de fertilización (que deberán suplir sus necesidades y la carencia del suelo) deben provenir de abonos orgánicos comprados en el mercado o preparados directamente en el sitio con los residuos de la cosecha anterior o cualquier otra fuente disponible, siempre y cuando se conozca la composición química que aporta.

Propagación

Existen dos métodos por los que se pueden propagar las plantas medicinales: la reproducción sexual o por semillas y la asexual o por esquejes, principalmente.

En la reproducción por semillas, estas se obtienen directamente de los frutos. Para la siembra, algunas están disponibles de manera inmediata; otras están en estado de dormancia, un tiempo en el que la semilla se seca, tras de lo cual queda lista fisiológicamente para germinar cuando las condiciones climáticas sean las adecuadas. Las semillas pueden ser sembradas de manera directa sobre el terreno o sembradas en los semilleros y luego trasplantadas hasta el sitio final donde se desarrollará el cultivo.

La compra de semillas certificadas tiene varias ventajas, entre las que se cuentan la calidad, la alta tasa de germinación y el control de enfermedades que las puedan atacar en la etapa inicial del cultivo. Al establecer por primera vez un cultivo, es necesario estar seguro de que se está sembrando la especie que se requiere y no una similar. Después de establecido el cultivo se pueden emplear otras técnicas para obtener la semilla del mismo cultivo, lo que permite ahorrar costos.

La reproducción asexual consiste en la reproducción a partir de diferentes partes de la planta. Algunas técnicas son: estolones, hijuelo, acodado, división, rizoma

y estacas, esta última la más utilizada en el cultivo de plantas aromáticas. Esta técnica consiste en cortar en forma inclinada, una porción de tallo que contenga entre dos y tres nudos, uno de los cuales debe quedar debajo del suelo o sustrato en el que se siembre. Debe regarse varias veces al día para mantener una humedad alta que favorezca la formación de raíces. Es una muy utilizada, ya que de una sola planta se pueden obtener gran cantidad de estacas.

Control de plagas y enfermedades

Las plantas aromáticas han desarrollado compuestos que tienen la capacidad de repeler el ataque de insectos gracias a la presencia de aceites esenciales, cuyos compuestos volátiles y no volátiles tienen también propiedades antimicrobianas que las hace resistentes al ataque de patógenos. No obstante lo anterior, se deben tomar medidas para prevenir esos ataques, ya que las condiciones del cultivo no siempre son las mismas que las de su hábitat natural.

Mencionaremos, entonces, algunas estrategias para ejercer un adecuado control de plagas y enfermedades:

- Evitar el exceso de agua y nitrógeno, ya que puede hacer vulnerables a las plantas al ataque de insectos chupadores, como la mosca blanca.
- Intercalar diferentes especies de plantas para evitar la proliferación de una plaga.
- Usar insecticidas biológicos, como bacterias u hongos que son específicos de algunos parásitos, puede ayudar a diezmar la población y lograr un control aceptable en el cultivo.
- El uso de productos naturales, sustancias del metabolismo secundario o extractos vegetales que se extraen de las plantas con poder insecticida, puede prevenir la aparición de insectos o plagas.
- Esparcir cenizas de madera alrededor de las plantas puede repeler a los gusanos cortadores.
- Emplear abono bien madurado, reduce la cantidad de semillas de malezas que germinan en el cultivo.
- El manejo de malezas en un cultivo de plantas medicinales debe combinar la prevención y el control, sin que se utilicen herbicidas. La mayoría de los métodos empleados en los cultivos orgánicos, aunque poco eficaces, son los métodos físicos, como la deshierba manual, el uso de coberturas inertes y la quema.

Agricultura ecológica

La agricultura ecológica es una técnica que busca la explotación adecuada de los recursos naturales sin la utilización de productos sintéticos, tales como fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, plantas u organismos modificados genéticamente –como los transgénicos–, con el fin de obtener alimentos orgánicos inocuos.

Cabe reconocer que la agricultura ecológica no es algo nuevo, en especial en los países Europeos. En Colombia, el gobierno está empezando a legislar en torno al tema de los productos agropecuarios ecológicos y en esta vía el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en seguimiento de las directrices del programa nacional de agricultura ecológica, expidió la Resolución 187 del 2006 –que derogó la Resolución 74 de 2002–, mediante la cual se reglamenta la producción primaria y el procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. Esta norma aplica en todo el territorio nacional y comprende los sistemas de producción y comercialización de los productos ecológicos provenientes de productos agrícolas vegetales no transformados y los transformados que provengan de los anteriores. Es decir, los cultivos de PAMC que se sean resultado de una producción orgánica al igual que los productos que de ellos se obtengan, deben de cumplir con esta normativa.

La Resolución 74 de 2002 contemplaba el concepto “sistema de producción ecológica”, de acuerdo con los parámetros de la Unión Europea que determinan que los productos orgánicos deben llamarse ecológicos. No obstante, el concepto debe ser considerado sinónimo de orgánico o biológico, aunque la tendencia en nuestro país sea la de hablar de productos orgánicos.

Por su parte, la Resolución 148 del 15 marzo 2004, creó y reglamentó el sello de alimento ecológico en el territorio nacional para promover la producción, la comercialización y el consumo de alimentos obtenidos mediante sistemas de producción ecológica, como un sello distintivo para diferenciar los alimentos producidos mediante agricultura ecológica de aquellos que provienen de cultivos convencionales.

Como se menciona en la Resolución 187 de 2006, la agricultura ecológica abarca todo el sistema de producción agrícola, desde la siembra hasta la comercialización, buscando con ello que los productos sean sanos, inocuos, seguros y libres de contaminantes (fertilizantes o pesticidas artificiales), para que beneficien a la población en todos los aspectos. Para garantizar el cumplimiento de este objetivo, es importante que los procesos involucrados estén certificados por un ente competente acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio y sea posible de esa manera la obtención del sello ecológico nacional.

Momentos de recolección

El momento de recolección depende de la parte de la planta que se quiera aprovechar (semillas, hojas, flor o raíz) y debe tenerse en cuenta que es un factor clave para conseguir la calidad y riqueza deseadas en principios activos. En los países con estaciones, la producción se puede dar a partir del primer año, pero en algunos casos si se planta en otoño, se puede obtener la primera cosecha en verano. El ciclo productivo varía según la especie escogida y la intensidad de la producción. Algunas especies se pueden recolectar entre tres y cuatro veces por año, mientras que otras solo soportan una o dos. Especies como el tomillo, puede soportar hasta tres cortes por año.

Poscosecha

Una vez se han cosechado productos de calidad gracias a una buena selección del material vegetal, se deben llevar a cabo los procesos de adecuación y transformación que garanticen la estabilidad del producido. Estos procedimientos consisten en eliminar las materias extrañas, seleccionar aquellos productos que tengan la calidad adecuada, secar, prevenir los ataques de microorganismos, proteger de la oxidación y el deterioro de los aceites y esencias utilizando envases adecuados para este fin. Entre los principales procesos que se llevan a cabo para este fin se encuentran el secado, la limpieza, la desinfección, la selección y la clasificación y producción de aceites o esencias (Herbotecnia.com, 2004).

Para la transformación primaria los procesos básicos son limpieza de la parte de la planta que se va a utilizar, desinfección, secado, disminución del tamaño de la partícula, obtención de sus principios activos (extracción y destilación), y finalmente, envasado e identificación con la etiqueta correspondiente para un correcto almacenaje y transporte. El procedimiento debe hacerse de acuerdo con los lineamientos establecidos por las buenas prácticas de manufactura (BPM).

Para un correcto proceso poscosecha, es importante contar con mesas desinfectadas sobre las cuales llevar a cabo el proceso de clasificación y limpieza. Se debe retirar todo material que pueda contaminar las raíces y las hojas que no están aptas para el consumo. El deshoje no debe ser excesivo para que el material no pierda demasiado peso y su buena apariencia. La clasificación depende de los criterios del cliente o consumidor, quien se encargará de determinar aquellas exigencias necesarias para clasificar los productos aptos para su consumo

El lavado de la materia prima debe hacerse con agua potable (Figura 34) con el propósito de eliminar la tierra y otros materiales extraños y detectar deterioros en la materia prima. Es ideal utilizar agua con buena presión para arrastrar toda materia extraña y suciedad. Un correcto lavado y desinfección permite eliminar los riesgos de contraer enfermedades transmitidas por alimentos.

La desinfección refuerza el proceso de obtención de materias primas higiénicas e inocuas. Aquí se utiliza una solución de hipoclorito (de sodio o calcio) con una concentración entre 80 ppm y 120 ppm, con el fin de combatir los microorganismos presentes. El tiempo que se utiliza para sumergir las plantas varía según la especie y oscila entre treinta y sesenta segundos aproximadamente, siempre que no se deteriore la calidad de la planta.

Figura 34
Lavado de legumbres



Fuente: Sidces, 2008.

La desinfección también se puede hacer exponiendo el material a radiaciones gamma, especialmente cuando fallan otros métodos.

Para evitar la oxidación de las plantas, se emplean choques térmicos. Se las introduce en agua caliente o vapor de agua para detener la actividad de las enzimas responsables de la oxidación.

Cuando el material vegetal se trata con dióxido de azufre cuya concentración esté entre un 1,2 % y un 2 % en volumen, una cámara cerrada de atmósfera controlada por un tiempo establecido es la mejor opción, ya que logra conservar mejor el color y el sabor naturales, retarda la degradación de vitaminas y evita la proliferación de microorganismos. Con este propósito, también se emplean soluciones de bisulfito o metabisulfito de sodio.

Algunas veces, es necesario realizar un corte de la materia prima (Figura 35) para fin de favorecer el proceso de secado, ya que se expone una mayor superficie de contacto para la evaporación de humedad. En plantas como el té, la aplicación inadecuada de la tecnología puede afectar la calidad del producto de transformación por la pérdida de principios activos.

Figura 35
Máquina troceadora de plantas aromáticas

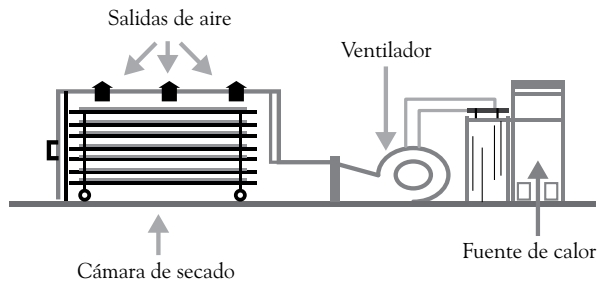


Fuente: los autores.

Secado

Otro procedimiento de capital importancia en poscosecha es el secado (Figura 36). El objetivo es deshidratar por debajo del 10 % a fin de que no puedan actuar los microorganismos causantes de deterioro, al tiempo que se facilita el transporte y se reducen los costos. Se debe tener cuidado pues la textura, el grado de humedad y el contenido de principios activos son distintos para cada planta, por lo cual el proceso se debe controlar muy bien. Según la constitución, los principios activos y el tipo de droga, se elegirá el método de secado.

Figura 36
Cámara de secado de plantas aromáticas y medicinales



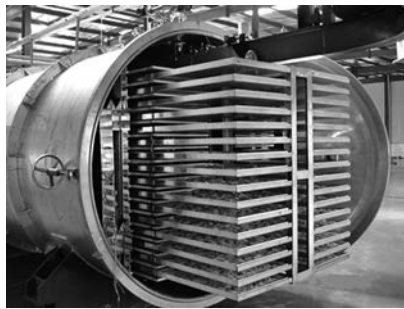
Fuente: Herbotecnia.com, 2004.

Liofilización

Es un proceso de secado muy utilizado en la industria alimentaria. Se basa en el proceso de sublimación de los cristales de agua (el paso de sólido a gas sin pasar por el estado líquido) (Figura 37). Esto se logra congelando las muestras a temperaturas muy bajas (usualmente entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) y haciendo alto vacío. La virtud de este procedimiento es que deshidrata completamente la muestra mientras retiene muchos componentes aromáticos, evitando así su deterioro por pérdida de las características organolépticas como color, sabor y textura. Cabe recordar que esto se lleva a cabo primero ultracongelando la muestra y luego, aplicando alto vacío con una bomba de gran capacidad para extraer todo el gas del sistema. Asimismo, facilita el almacenamiento y la distribución de diferentes tipos de productos (Invap, 2014).

Figura 37

Liofilizador industrial para alimentos



Fuente: ImChef, 2010.

Refrigeración

Este procedimiento de conservación de PAMC disminuye la velocidad de las reacciones de oxidación y la capacidad de degradación enzimática de los microorganismos (Castro, 2011).

Figura 38

Conservación por refrigeración de alimentos



Fuente: Blogia, 2011.

Implica una disminución en la temperatura de almacenamiento de las plantas de 1 °C a -5 °C (Figura 38). Si bien el procedimiento facilita la conservación de los alimentos, su efectividad dependerá del tipo de planta y de los empaques que se utilicen.

Congelación

La congelación (Figura 39) es el proceso mediante el cual la temperatura del alimento se disminuye por debajo del punto de congelación (alrededor de -18°C) lo que disminuye la cantidad de agua disponible para la proliferación de microorganismos y prácticamente inhibe sus reacciones bioquímicas. Esta práctica prolonga la vida útil del producto entre tres y doce meses según sea su tipo. Algunos alimentos no pueden ser conservados por este método, pues los cristales de agua que se forman afectan sus propiedades organolépticas y sensoriales (Castro, 2011).

Figura 39
Congelación de algunas hortalizas



Fuente: Hola.com, 2000

Destilación por arrastre

La destilación por arrastre de vapor se emplea para separar sustancias poco volátiles no solubles en agua de aquellas no volátiles, utilizando el agua como agente facilitador de la destilación. Esta técnica involucra la codestilación de agua y sustancias, con punto de ebullición alto, a presión atmosférica y a temperaturas menores de 100 °C (Verlag Stuttgart, 1987; Grande, 2013).

Extracción

La extracción es una técnica física para separar algunos compuestos de sus matrices naturales. Durante el proceso de extracción, se da la transferencia de una sustancia de una fase acuosa a una orgánica (generalmente), con ayuda de un solvente orgánico. La distribución de los solutos en las dos fases depende de

la diferencia de solubilidades de la sustancia en las dos fases que están en contacto (Valderrutén y Usher, 2009; Grande, 2013). La técnica es conocida con el nombre de lixiviación, con muchas aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y de tratamiento de minerales (Verlag Stuttgart, 1987; Guarnizo y Martínez, 2009; Ocampo, Ríos, Betancur y Ocampo, 2008; Grande, 2013).

Envasado

El embalaje de la materia prima permite su conservación, gracias a su aislamiento del exterior. Según del tipo de materia prima, la tasa de respiración y la susceptibilidad al ataque microbiano, entre otros factores, el envasado se puede hacer en papel, sacos de papel kraft, polipropileno, poliamida y cajas de cartón o madera.

Los aceites se deben almacenar en vidrio opaco o en envases forrados con papel aluminio, para evitar la oxidación de sus moléculas por acción de la luz y el oxígeno.

Etiquetado

La identificación de la materia prima es fundamental, ya que brinda información vital acerca de su composición, la fecha de caducidad y el número de lote. La identificación, debe contener:

- Nombre científico.
- Nombre del producto.
- Parte utilizada.
- Presentación.
- Número de lote.
- Zona y fecha de recolección.
- Fecha de caducidad.
- Nombre del proveedor.
- Peso neto.

Almacenamiento

Un almacenamiento correcto del producto es fundamental, puesto que permite conservar la materia prima cosechada hasta el momento de su transporte hacia su destino final. Es importante conocer las condiciones correctas de almacenamiento tales como humedad relativa, luminosidad, temperatura y ventilación.

Transporte

Se debe efectuar lo más rápido posible y en unas condiciones de asepsia tales que garanticen la estabilidad del producto y evitar el deterioro de la materia prima.

Las condiciones del transporte son variables y dependen de la etapa en la que se encuentre el proceso. El transporte desde el cultivo hasta el centro de acopio o hasta la planta de procesamiento por lo general es el más crítico ya que corre el riesgo de que las condiciones de transporte como son las altas temperaturas, alta humedad del material, alta compactación, condiciones anaerobias, entre otras, favorezcan la descomposición o degradación por dos factores principalmente:

- La proliferación de microorganismos que degradan el material vegetal y además pueden ser contaminantes para los usos posteriores de las plantas,
- El aumento de la actividad enzimática (hidrolasas, oxidasas, peroxidasas) que puede alterar los principios activos de las plantas medicinales ocasionando la pérdida del valor.

Una vez el material está acondicionado y empacado, las condiciones del transporte deben garantizar la estabilidad del producto terminado propendiendo por evitar el daño del empaque, evitar la contaminación cruzada por compartir la carga con otros productos, disminuir el riesgo de humedecer o mojar el material.

Conclusiones y perspectivas

La actividad económica derivada del cultivo, transformación y comercialización de las plantas aromáticas y de numerosos ingredientes naturales, está comenzando a tener un auge considerable, motivado por la creciente demanda mundial de productos nativos de países tropicales como el nuestro, de una gran riqueza en este tipo de productos, cuyos principios activos son útiles en diversas aplicaciones.

Ahora bien, para un desarrollo sólido del sector que conduzca a consolidar una producción efectivamente tecnológica y no artesanal que se abra a mercados internacionales altamente exigentes como el farmacéutico y el alimentario, es esencial mejorar la infraestructura de las empresas y acrecentar el número de investigaciones que permitan identificar principios activos con aplicaciones farmacológicas. Estos estudios deben partir de centros y grupos de investigación asentados especialmente en las regiones menos desarrolladas y con gran potencial en este renglón de la economía, como la región Pacífico y la Amazonia.

Colombia enormes posibilidades de explotación sostenible de estos recursos, al contar con un gran número de plantas nativas ricas en principios activos, lo que le permitiría posicionar las industrias transformadoras en industrias de calidad internacional, siempre y cuando se acojan a la normatividad y a las exigencias del mercado internacional y cuenten con un mayor apoyo gubernamental.

Ahora bien, para capitalizar estas posibilidades es necesaria una mayor integración entre productores, distribuidores y transformadores, de forma tal que se visualice el negocio no como cadenas aisladas que se encuentran en algún punto, sino como una actividad agroindustrial que integra diversas cadenas y múltiples actores que se distribuyen las utilidades de manera equitativa, sobre la base de una explotación ética y responsable de los recursos naturales.



Bibliografía

- ABDOLLAHI, M., HASSANI, S., y DERAKHSHANI, M. (2014). “Phenol”. In: WEXLER, P. *Encyclopedia of Toxicology*. Elsevier.
- Agentes geológicos externos (s.f.). Recuperado de: http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema8/.
- Agronet. (2006). Aspectos generales del arazá. Recuperado de Agronet: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Aspectos%20generales%20del%20araza.pdf.
- Alpronatura. (2014). Sobre la planta llamada gualanday. Recuperado de <http://alpronaturacolombia.blogspot.com/2011/09/sobre-la-planta-llamada-gualanday.html>.
- AMUSA, N., KEHINDE, i., y ADEGBITE, A. (2004). “Pepper (*Capsicum frutescens*) fruit anthracnose in the sumid forest region of South-Western Nigeria”. In: *Nutr. Food Sci.*, 34(3), pp. 130-134.
- ANDRÉIS, I. (2009). *Cromatografía de gases*. Recuperado de <http://www.invenmar.org.co/noticias.jsp?id=3636&idcat=105&pagina=2>.
- ARRAÍZA, M. (2009). *Uso industrial de plantas aromáticas y medicinales*. Universidad politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Forestal. Recuperado de: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales>
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D. y IDAOMAR, M. (2008). “Biological effects of essential oils. A review”. In: *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- BALEARS, U. (2013). *Resonancia magnética nuclear 600MHz*. Recuperado de <http://sct.uib.cat/es/Instruments-i-equipis-dels-Serveis-Cientificotecnics/Area-de-resonancia-magnetica-nuclear/Resonancia-Magnetica-Nuclear-600MHZ-RMN-600.cid215616>.

- BERNAL, H.; GARCÍA, H.; LONDOÑO, C.; MOLANO, M.; QUEVEDO, G. y VÁSQUEZ, C. (2011). Pautas para el conocimiento, conservación y uso sostenible de las plantas medicinales nativas en Colombia: estrategia nacional para la conservación de plantas. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- BIOSCA, Y. M., y CARTAS, S. T. (s.f.). *Guías multimedia del GAMM*. Departamento de Química. Universidad de Valencia. Recuperado de <http://www.uv.es/gammm/Subsitio%20Operaciones/3%20material%20de%20uso%20frecuente%20COMPLETO.htm>.
- BLOGIA (2011). *Sistemas de refrigeración*. Recuperado de <http://www.google.com.co/imgres?imgurl=&imgrefurl=http%3A%2F%2Fsystemasderefrigeracion.blogia.com%2Ftemas%2Falmacenamiento-en-frio.php&h=0&w=0&tbnid=Q0Anr9sUveRRM&zoom=1&tbnh=225&tbnw=225&docid=LStIIrxg4es5gM&tbm=isch&client=firefox-a&ei=5nQPVIXQBc-WgwSO>.
- BORGTOFT, H. y BALSLEV, H. (1992). *Palmas útiles: especies ecuatorianas para agroforestería y extractivismo*. Institute of Biological Sciences, University of Aarhus.
- Borojó de Colombia. (2012). C.I. Recuperado de <http://www.borojodecolombia.co/es/contactenos-2.html>.
- BOSCHMANN, E., y WELLS, N. (1990). *Chemistry in action. A laboratory manual for general organic and biological chemistry*. New York: McGraw Hill.
- Botanofilia (2011). Recuperado de <http://botanofilia.blogspot.com/2011/09/eugenia-stipitata.html>.
- BROWN, T.; LEMAY, H.; BURSTEN, B. (2009). *Química, la ciencia central*. México: Pearson Educación.
- BURBANO, H. y SILVA, F. (2010) (Editores). *Ciencia del suelo. Principios básicos*. Bogotá, D.C.: Guadalupe S.A.
- CARDONA, G., PEÑA, C. y ARCOS, A. (2008). “Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a ají (*Capsicum* sp.) en la Amazonia colombiana”. En: *Agronomía colombiana*, 26(3), pp. 459-470.
- CAREY, F. (2003). *Química orgánica*. México D.F.: McGraw Hill.
- CASTRO, K. (2011). *Tecnología de alimentos*. Bogotá: Ediciones de la U.

- Catalunya, U. d. (s.f.). Portal científico y técnico. Equipos y servicios de la UPC. Recuperado de <http://www.upc.edu/pct/es/equip/322/espectrofotometro-fluorescenciafluorimetro.html>.
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. (s.f.). Difractor de rayos X. Recuperado de <http://www.sees.cinvestav.mx/seccion/antecedentes.htm>.
- COLOMBIA, E. y. (2011). Rotaevaporador. Recuperado de http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/productos_mo.php?it=2183.
- Corpoica. (2014). *Siembra*. Recuperado de <http://www.siembra.gov.co/siembra/agendacadena.aspx?IdCad=21>.
- CREWS, C. (2014). Natural Toxicants: Alkaloids. En Y. Motarjemi, *Encyclopedia of Food Safety. Volume 2: Hazards and Diseases*. (pp. 251-260). Elsevier.
- DURÁN, F.; MONCADA, E.; RODRÍGUEZ, G.; REY, A. y CHAMORRO, D. (2007). *Frutas que curan*. Bogotá: Grupo Latino Editores.
- DURST, H. D., y GOKEL, G. W. (1985). *Química orgánica experimental*. Barcelona: Reverté.
- Ebay. (2012). ebay. Recuperado el 21 de febrero de 2014, de <http://www.ebay.com/itm/Rare-Exotic-Borojo-Borojoa-patinoi-Fresh-Seeds-The-New-Healthy-Superfruit-/200761872270>.
- Esperanza96. (11 de junio de 2012). Esperanza96. Obtenido de Esperanza96: <http://esperanza96.wordpress.com/>.
- Estación experimental del Zaidín. (s.f.). Cromatógrafo HPLC. Recuperado el 17 de enero de 2013, de Cromatógrafo HPLC.: <http://www.eez.csic.es/?q=es/node/1187>.
- Expediciones botánicas siglo XXI. (s.f.). Obtenido de *Uso de plantas encontradas en un ecosistema selvático del municipio de Quibdó*. http://aplicaciones2.colombiaaprende.edu.co/concursos/expediciones_botanicas/ver_proyecto_de_aula.php?id=655.
- FAGGIONI, R. (2005). Ecoportal.net. Recuperado el 04 de febrero de 2014, de *Las medicinas del nuevo mundo*: http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Salud/Las_Medicinas_del_Nuevo_Mundo
- Fleur des tropiques (s.f.). Recuperado el 20 de febrero de 2014, de <http://www.fleurdestropiques.net/capsicum-sp-piment-de-malaisie-lot-de-10-graines-c2x1377368>.

- FLORES, L.; SÁNCHEZ, S. y URIBE, S. (2005). *Manual de prácticas de Bioquímica*. Bogotá: McGraw Hill.
- FONNEGRA, R. y JIMÉNEZ, S. (2006). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. Medellín, Antioquia, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- GARCÍA, M. (2002). *Manual de prácticas de química orgánica I*. Iztapalapa, México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- *Genipa americana* L. (s.f.). Recuperado de http://www.cybertruffle.org.uk/vinales/esp/genipa_americana.htm.
- GILBERT, J. y MARTIN, S. (2006). *Experimental organic chemistry, a mini scale and micro scale approach*. Belmont: Thomson Brooks/Cole.
- GRANDE, C. (2013). *Manual de prácticas de química orgánica aplicada*. Cali: Editorial Bonaventuriana.
- GUARNIZO, A. y MARTÍNEZ, P. (2009). *Experimentos de química orgánica con enfoque en ciencias de la vida*. Armenia: Ediciones Elizcom.
- GUIDOTTI, M. (2004). *Tecniche estrattive*. Recuperado de http://www.galenotech.org/tecniche_est.htm.
- Herbotecnia.com. (2004). Recuperado de <http://www.herbotecnia.com.ar/bpa-y-bpm.html>.
- Hola.com. (2000). *Verduras congeladas: deliciosas ideas para preparar en un abrir y cerrar de ojos*. Recuperado de <http://www.hola.com/cocina/escuela/2013030563632/recetas-verduras-congeladas/>.
- HORMAZA, A. (2004). *Manual de laboratorio de bioinorgánica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- ICKE, I. (2006). *Wikimedia commons*. Recuperado de <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Ebers7766.jpg>.
- INDURA. (2009). Indura. Grupo air products. Recuperado de: http://www.indura.com.pe/productos_detalle.asp?idq=5001ya=ELEMENTOS%20DE%20PROTECCI%D3Nyai=3385yb=PROTECCI%D3N%20DE%20MANOSybi=3409yc=Nitrilo.
- Infojardín. (2002). Recuperado de <http://fichas.infojardin.com/condimentos/bixa-orellana-achiote-bija-achiotillo-achote-analto-bijo.htm>.
- INSUASTY, B., y RAMÍREZ, A. (2008). *Prácticas de química orgánica en pequeña escala*. Cali: Universidad del Valle.

- IOANNONE, F., MIGLIO, C., RAGUZZINI, A., y SERAFINI, M. (2013). *Flavonoids and immune function*. En P. Calder, y P. Yaqoob, *Diet, Immunity and Inflammation*. Woodhead Publishing Limited.
- INVAP. (2014). INVAP. Recuperado el 09 de 09 de 2014, de Liofilización de alimentos: <http://www.invap.com.ar/area-industrial/productos-y-servicios/liofilizacion-de-alimentos.html>
- JARAMILLO, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín: Facultad de Ciencias. Escuela de geociencias. Universidad Nacional de Colombia.
- Jardín botánico de plantas medicinales del Centro Nacional de Salud Intercultural. (01 de 10 de 2011). Recuperado de <http://simplemente-plantas.blogspot.com/2011/10/plantas-medicinales-muna.html>
- LAMARQUE, A., ZYGADLO, J., LABUCKAS, D., LÓPEZ, L., TORRES, M., y MAESTRI, D. (2008). *Fundamentos teórico-prácticos de química orgánica*. Córdoba, Argentina: Encuentro.
- Las plantas y la salud (2009). Recuperado de <http://lasplantasyasalud.blogspot.com/2009/11/pronto-alivio.html>.
- Legiscomex.com. (18 de Enero de 2006). Ingredientes naturales para cosméticos en la Unión Europea (UE)/Inteligencia de mercados. Recuperado el 09 de 09 de 2014, de Canales de comercialización: <http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co:2058/BancoConocimiento/I/ingrenaturaluecanales/ingrenaturaluecanales.asp>.
- Legiscomex.com. (2006). *Producción*. Recuperado de <http://www.legiscomex.com/BancoConocimiento/I/ingrenaturalueprod/ingrenaturalueprod.asp>.
- LENTISCAL, G. (2005). *Laboratorio virtual de química*. Recuperado de 2013, de Laboratorio virtual de química: <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/1-cdquimica-tic/index.htm>.
- LINNEO, C. (1759). *Systema Naturae* (10 ed.). Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/61-rubia5m.pdf.
- Manual agropecuario. *Tecnologías orgánicas de la granja integral* (2002). Bogotá: La biblioteca del campo.
- MARK, B. (2011). *Flora of Zimbabwe: Cultivated plants*. Recuperado de http://www.zimbabweflora.co.zw/cult/imagedisplay.php?species_id=169710yimage_id=1.

- MALAGÓN, D. (2003). “Ensayo sobre tipología de suelos colombianos. Énfasis en génesis y aspectos ambientales”. En: *Revista Académica Colombiana*. 27 (104): 319-341. ISSN 0370-3908.
- MALAGÓN, D.; PULIDO, C.; LLINÁS R. y CHAMORRO, C. (1995). *Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- MARTÍNEZ, P. (2009). *Laboratorio de ciencias naturales y matemáticas*. Recuperado de <http://laboratoriodominguezacosta.blogspot.com/2009/10/equipos-delaboratoirio.html>.
- MCKEE, T., y MCKEE, J. (2003). *Bioquímica: la base molecular de la vida* (3 ed.). McGraw Hill.
- MCMURRY, J. (2008). *Química orgánica* (7 ed.). México D.F.: Cengage Learning editores.
- MEDEIROS, E. (2006). “Los insectos medicinales de Brasil: primeros resultados”. En: *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 38, pp. 395-414.
- Medicina Natural. (2014). *Medicina natural*. Recuperado de: <http://naturalmedicina.net/gualanday.html>.
- MELGAREJO, L. F. (2004). *Caracterización de accesiones del banco de germoplasma de la región amazónica colombiana*. Bogotá: Gráficas Duca.
- MELO, J. (2014). *Colombia es un tema*. Recuperado de <http://www.jorgeorlandomelo.com/coca.htm>.
- MÉNDEZ, Á. (2010). *La guía química*. Recuperado de <http://quimica.laguia2000.com/quimica-organica/reflujo>.
- MILLÁN, R. V. (2010). Espiga de centeno con cornezuelo. Recuperado el 04 de Febrero de 2014, de <http://www.rvaquerom.com/mis%20pueblos/videmala/paginasvdm/ampliaciones/centeno1.htm>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2014). "Plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines – Pamcya". Helen Jhoana Mier Giraldo, Secretaria Técnica Nacional de Cadena. Tomado de: <http://sioc.minagricultura.gov.co/index.php/opc-documentoscadena?ide=4>
- MONTAGNAC, J.; Davis, C. y Tanumihardjo, S. (2009). “Nutritional Value of Cassava for Use as a Staple Food and Recent Advances for Improvement. Comprehensive”. In: *Reviews in Food Science and Food safety*, 8, 181-194.
- MONTAÑA, R. (2010). *Las plantas medicinales velan por nuestra salud. Sus virtudes curativas y cómo aplicarlas en cada caso*. Barcelona: Alas.

- MORRISON, R. T., y BOYLE, R. (1987). *Organic Chemistry*. Boston, Massachusetts: Pearson Addison Wesley.
- MUÑOZ, F. (2002). *Plantas medicinales y aromáticas. Estudio, cultivo y procesado*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- NAKATSU, T.; LUPO, A.; CHINN, J.; y KANG, R. (2000). "Biological activity of essential oils and their constituents". In: *Bioactive Natural Products (Part B)*, 21, pp. 571-631.
- NEIDA, S. y ELBA, S. (2007). "Caracterización del acai o manaca (*Euterpe olerácea*): un fruto del Amazonas". En: *Órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 57(1), pp. 94-98.
- OCAMPO, R., RÍOS, L. A., BETANCUR, L. A., y OCAMPO, D. M. (2008). *Curso práctico de química orgánica. Enfocado a biología y alimentos*. Manizales: Universidad de Caldas.
- OCAMPO, R. y VALVERDE, R. (2000). *Manual del cultivo y conservación de plantas medicinales*. San José, Costa Rica: Enda Caribe-Tramil.
- O'CONNOR, S. (2010). "Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering. Alkaloids". En: *Comprehensive Natural Products II*, Vol. 1, pp. 977-1007.
- Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (2014). Departamento de agricultura y protección para el consumidor. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/ca/es/2a.html>.
- OSBORN, D. K. (2007). *Greek medicine*. Recuperado de http://www.greekmedicine.net/whos_who/Dioscorides.html.
- PASCUAL, J. A. (s.f.). 100ciaquimica.net. Recuperado de <http://www.100ciaquimica.net/labor/material/espату.htm>.
- Piriápolis, L. d. (2011). *Laboratorio de química del Liceo de Piriápolis. Material básico del laboratorio de química*. Recuperado de <http://labquimicapiriapolis.blogspot.com/2011/04/material-basico-de-laboratorio-de.html>.
- QUEVEDO, G. (1995). "Aspectos agronómicos sobre el cultivo del arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh)". En: *Agronomía colombiana*, 12(1), pp. 27-65.
- RAMÍREZ, A., ARGOTI, J. C., y VALDERRUTÉN, N. (2007). *Manual de prácticas de laboratorio de química orgánica general (microescala)*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Remedios naturales. (s.f.). Recuperado de <http://multiplantas.com/para-que-sirve-el-curare/#.UvHCzPsgsvk>.

- Resolución 187 de 2006. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Por la cual se adopta el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización, y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos.
- Resolución 74 de 2002. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos.
- Resolución 148 de 2004. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Por la cual se crea el sello de alimento ecológico y se reglamenta su otorgamiento y uso.
- RESTREPO, D., DÍAZ, J., SERNA, M. M., URREA, P., MUÑOZ, K., y OSORIO, E. (2013). *Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales*. Rionegro: Universidad Católica de Oriente.
- RODRÍGUEZ, J. (2004). *Práctica de fundamentos químicos de la ingeniería 4. Cromatografía de capa fina (TLC)*. Recuperado de http://www.unedcervera.com/c3900038/quimica_ingenieria/cromatografia.html.
- RUGELES, L.; ORTIZ, J.; GUAITERO, B. y HUERTAS, D. (2011). *La cadena de valor de los ingredientes naturales en las industrias farmacéutica, alimentaria y cosmética*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- SACO, J. L. (24 de Enero de 2012). *Sabidurías de las culturas antiguas*. Recuperado de <http://asiahistoria.blogspot.com/2012/01/la-creacion-del-mundo-en-el-rig-veda-i.html>.
- SELLAR, W. (1992). *Guía de aceites esenciales*. Madrid: EDAF, S.L.
- SHRINER, R., HERMANN, C., MORRILL, T., CURTIN, D., y FUSON, R. (2004). *The systematic identification of organic compounds*. United States of America: Wiley.
- SIDCES. (2008). *Lavado de legumbres, verduras y hortalizas*. Recuperado el 09 de http://www.sidces.com/fotos/details.php?image_id=514.
- Simplemente plantas. (2011). Recuperado de <http://simplemente-plantas.blogspot.com/2011/10/plantas-medicinales-muna.html>.
- Starmedia. (2012). *Identificación de aldehídos y cetonas*. Recuperado de <http://html.rincondelvago.com/identificacion-de-aldehidos-y-cetonas.html>.

- STEWART, A., y STEWART, R. (2008). *Encyclopedia of Ecology*. Academic Press.
- TAYLOR, L. (1996). *Tropical plant database*. Recuperado de <http://www.rain-tree.com/balsam.htm#.VAXJ6UCTGRI>.
- Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (2008). “Caracterización y evaluación de la cadena de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias, aceites esenciales y afines en Colombia”. Autores: Ricardo Bonilla, Henry Samacá, Héctor Martínez, Jesús Perdomo, Jazmín Duarte, Diana Gómez, Deison Dimas, Natalia Becerra, Camila Castañeda. Tomado de: <http://sioc.minagricultura.gov.co/index.php/opc-documentoscadena?ide=4>
- Vademécum de plantas medicinales. (2008). *Achiote (Bixa orellana)*. Colombia: Ministerio de la protección social.
- VALDERRUTÉN, N. y USHER, L. (2009). *Extracción de trimiristina a partir de la nuez moscada*. Cali: Universidad Icesi.
- VALDERRUTÉN, N. y USHER, L. (2009a). *Pruebas de caracterización de aldehídos y cetonas*. Cali: Universidad Icesi.
- VÉLEZ, J. (1991). *El ají (Capsicum chinense Jacq.), patrimonio cultural y fitogenético de las culturas amazónicas*. Bogotá: Corporación Colombiana para la Amazonia-Araraucara (COA).
- VERLAG, S. (1987). *Manual de prácticas de química orgánica*. Barcelona: Reverté.
- WADE, L. (2006). *Organic Chemistry of Wade* (Sexta ed.). Prentice Hall.
- ZULUAGA, H. F., INSUASTY, B., y YATES, B. (1999). *Análisis orgánico clásico y espectral*. Cali: Universidad del Valle.



ISBN: 978-958-8785-57-8



9 789588 785578

En este libro se discuten algunos aspectos relacionados con la producción (siembra, recolección y cosecha), la transformación primaria (operaciones de acondicionamiento poscosecha para su conservación y adecuación para su posterior transformación en derivados como aceites, extractos, principios activos, etc.), la transformación secundaria (operaciones de empacado, envase y almacenamiento) y la comercialización, todo ello a través del análisis del comportamiento del mercado en Colombia y el mundo. El propósito es introducir al estudiante en los aspectos básicos relacionados con la industria creciente de las plantas aromáticas, medicinales y condimentarias en Colombia.

Av. 10 de Mayo,
La Umbría,
carretera a Pance
PBX: 318 22 00

488 22 22

www.usbcali.edu.co



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA
CALI