

PRODUCCIÓN DE PIMIENTA GORDA EN MÉXICO

DOMINGO MONTALVO HERNÁNDEZ / ENRIQUE GENARO MARTÍNEZ GONZÁLEZ / ISIS MONTALVO LÓPEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

ISBN: 978-607-12-0692-3

PRODUCCIÓN DE PIMIENTA GORDA EN MÉXICO

PRODUCCIÓN DE PIMIENTA GORDA EN MÉXICO

DOMINGO MONTALVO HERNÁNDEZ / ENRIQUE GENARO MARTÍNEZ GONZÁLEZ / ISIS MONTALVO LÓPEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

PRODUCCIÓN DE PIMIENTA GORDA EN MÉXICO

D.R. © Universidad Autónoma Chapingo
Carretera México-Texcoco, km 38.5,
Texcoco, Estado de México, C.P. 56230
Tel: 595 952 1500, ext. 5142
publicaciones@chapingo.mx
Primera edición, febrero 2025
ISBN: 978-607-12-0692-3

DIRECTORIO DE LA UACh

Dr. Angel Garduño García
Rector

M.C. Noé López Martínez
Director General Académico

Dra. Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros
Directora General de Investigación, Posgrado y Servicio

Dr. Samuel Pérez Nieto
Director General de Patrimonio y Finanzas

Ing. Jorge Torres Bribiesca
Director General de Administración

Mtra. Tania Jessica Pérez Buendía
Directora General de Difusión Cultural

M. C. Daniel Rodríguez Martínez
Subdirector de Comunicación Universitaria

Dr. Mario Salvador González Rodríguez
Jefe del Departamento de Publicaciones

Dr. Jorge Aguilar Ávila
Director del CIESTAAM

ESTA OBRA, ARBITRADA POR PARES ACADÉMICOS, SE PRIVILEGIA CON EL AVAL DE LA INSTITUCIÓN EDITORA.

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Jorge Aguilar Ávila
Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortés
Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez
Dr. Manrrubio Muñoz Rodríguez

Cuidado de la edición: Carlos Uziel Porras Carrasco
Ilustración de portada y diseño editorial: Carlos de la Cruz Ramírez

Para citar esta publicación se recomienda el formato APA:
Montalvo Hernández, D., Martínez González, E. G., & Montalvo López, I. (2024). Producción de pimienta gorda en México: Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 11

1. LA PIMIENTA GORDA O XOCOXÓCHITL EN MÉXICO 13
   1.1 Importancia 13
   1.2 Situación actual en México 17

2. BOTÁNICA Y TAXONOMÍA 19
   2.1 Descripción general 19
   2.2 Origen y distribución 19
   2.3 Descripción botánica 21

3. ETAPAS DE CRECIMIENTO EN PIMIENTA 29
   3.1 Germinación-emergencia 29
   3.2 Adaptación 31
   3.3 Crecimiento vegetativo (juvenilidad) 31
   3.4 Etapa productiva 33
      3.4.1 Brotación 33
      3.4.2 Floración 35
      3.4.3 Fructificación 38
      3.4.4. Quiescencia 38

4. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO Y EDÁFICO 41
   4.1 Temperatura 42
   4.2 Luminosidad 42
   4.3 Humedad 43
   4.4 Suelo 44

5. MANEJO DE LA HUERTA 47
5.1 Época de establecimiento 47
5.2 Material vegetativo 47
5.3. Manejo de la planta en vivero 49
5.4 Sistemas de plantación 52
5.5 Control de maleza 56
5.6 Nutrición 59
5.7 Poda 61
5.8 Control de plagas y enfermedades 63
5.9 Otras actividades 75

6. COSECHA 77
6.1 Cosecha de fruto 77
6.2 Cosecha de rama con hoja 82

7 . PROCESO DE SECADO, CLASIFICACIÓN Y EMPAQUE 85
7.1 Secado artesanal 85
7.2 Secado industrial o mecánico 86
7.3 Secadora solar 87
7.4 Clasificación e inocuidad de producto y subproductos 89
7.5 Empaque y conservación 93

8. SITUACION DEL MERCADO 95

9. MEJORAMIENTO GENÉTICO 101

10. RETOS Y PERSPECTIVAS 105

BIBLIOGRAFÍA 107





INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales de México, dentro de los que destacan los fitogenéticos, representan una gran fortaleza que no ha sido suficientemente estudiada y mucho menos aprovechada de forma eficiente.

La posición geográfica de México, junto con su gran diversidad geológica, ha generado una amplia variedad de climas, suelos y culturas. Esto ha fomentado el desarrollo de una biodiversidad genética y cultural notable, la cual es custodiada principalmente por las comunidades y pueblos originarios. A lo largo del tiempo, estas comunidades han acumulado un vasto conocimiento práctico en la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. En muchos casos, este conocimiento tradicional supera las comprensiones y soluciones ofrecidas por la ciencia moderna en cuanto a la preservación y manejo sostenible de estos recursos.

Un ejemplo destacado es la pimienta gorda (*Pimenta dioica* [L.] Merr). Esta planta simboliza la estrecha relación entre los pueblos originarios del Golfo de México, especialmente los totonacos, y su entorno natural. La pimienta gorda es valorada por sus usos medicinales tradicionales, como aliviar problemas digestivos y dolores musculares, y por su papel crucial como condimento aromático que enriquece guisos y adobos con su distintivo aroma a canela, clavo y nuez moscada. Además, en rituales y ceremonias ancestrales, la pimienta gorda desempeña un papel crucial asociado con la purificación espiritual y el fortalecimiento. Estos diversos usos subrayan la importancia de la etnobotánica para revelar tanto el conocimiento ancestral sobre las plantas como la profunda conexión cultural entre el ser humano y la naturaleza en esta región.

La pimienta gorda o xocoxóchitl (del náhuatl: planta con flores de olor a agrio) es una especie perteneciente a la familia Myrtaceae, originaria de América Central y el Caribe que ha dejado una marca indeleble en la historia agrícola y cultural de México. Desde tiempos antiguos, esta planta ha sido apreciada por

las civilizaciones mesoamericanas por sus propiedades aromáticas y medicinales. Los pueblos precolombinos la utilizaban tanto en la cocina como en rituales ceremoniales, reconociendo su importancia no solo como condimento, sino también por sus presuntas cualidades curativas.

Durante la época colonial, la pimienta gorda continuó desempeñando un papel fundamental en la cocina mestiza emergente. La colonización española introdujo nuevos métodos de cultivo y explotación de esta especia, fortaleciendo su demanda tanto en el mercado local como en el internacional. Su sabor distintivo y su capacidad para mejorar una variedad de platillos hicieron que la pimienta gorda fuera una mercancía codiciada, contribuyendo significativamente a la economía regional y a la cultura culinaria mexicana.

En la actualidad, la pimienta gorda sigue siendo valorada por sus propiedades sensoriales únicas y su potencial como recurso fitogenético, formando parte de la composición de la selva tropical mexicana. Su fruta seca ha sido utilizada desde hace mucho tiempo por distintas comunidades indígenas; es un producto de exportación y también se explota como recurso forestal no maderable por lo que aporta un importante ingreso económico a los productores del sur-sureste de México. Además, su conservación es crucial no solo para preservar la biodiversidad, sino también para proteger el patrimonio cultural asociado con su uso ancestral en la cocina regional para la preparación de una gran diversidad de platillos.

A pesar de su relevancia, el conocimiento sobre esta especie es aún limitado. Aunque diversos organismos e instituciones públicas y privadas han realizado esfuerzos por estudiarla, en México no se cuentan con datos precisos sobre los problemas asociados a los sistemas de producción de pimienta gorda. Esta especie ha sido en general tolerada en huertos tradicionales o simplemente recolectada en la naturaleza.

Este documento compila información acerca de la importancia de la pimienta gorda o xocoxóchitl, incluyendo su descripción botánica y taxonómica según diversos autores, y las etapas de su crecimiento. Además, se detalla el proceso de producción basado en 20 años de experiencia en una huerta establecida en la región norte del estado de Veracruz (región del Totonacapan). La información se complementa con investigaciones específicas realizadas en la Universidad Autónoma Chapingo y el CINVESTAV Unidad Irapuato. También, se abordan los retos y perspectivas en el manejo de dicha especie, con el objetivo de contribuir al conocimiento y ofrecer soluciones para mejorar el sistema de producción de pimienta en México.

1. LA PIMIENTA GORDA O XOCOXÓCHITL EN MÉXICO

1.1. IMPORTANCIA

Nativa de las Indias Occidentales y América Central, la pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merr), también conocida como: pimienta de Tabasco, pimienta de Jamaica, *allspice* (en inglés), xocoxóchitl (del vocablo náhuatl que significa flor de olor a agrio), es una especie arbórea que se desarrolla naturalmente en elevaciones menores a 700 msnm, propia de las regiones tropicales y subtropicales (Tucker & Maciarello, 1991; Loizzo et al., 2016).

En México se distribuye en la vertiente del Golfo correspondiente a los estados de Veracruz, Tabasco y la región peninsular de Yucatán, así como en los estados de Puebla, San Luis Potosí y Chiapas (Tucker & Maciarello, 1991; Rebollar & Quintanar, 1998).

El fruto del árbol de pimienta tiene diversos usos por los pobladores originarios, principalmente como condimento en platillos regionales en donde la hoja es también aprovechada (Figura 1). Como actividad económica, el cultivo de la pimienta ha representado una opción viable, ya que se exporta como fruto seco a diversos países, principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica.

De esta especie se utiliza principalmente el fruto seco y molido como condimento para realzar el sabor de los alimentos en la cocina regional en estofados, caldos, guisados de carne, salsas y verduras encurtidas, ya que se trata de una especia aromática, y como preservador de carne (Dima et al., 2014; Loizzo et al., 2016). El término *allspice* se deriva de la combinación de olores y sabores de la canela, el clavo y la nuez moscada.

Figura 1. El "chirmole", platillo típico tradicional con base en pimienta.



Fuente: Propia

Las hojas se utilizan por los pobladores originarios como condimento, para ello, identifican árboles que se caracterizan por emitir el olor y sabor propio de la pimienta gorda y que les confiere sabor especial a los platillos regionales (Figura 2); los estudios en laboratorio han permitido demostrar que la composición fitoquímica de la hoja es similar al del fruto. También se ha reportado su uso en la industria cosmética, en la medicina, como insecticida, fungicida, para fabricar licor y combustible; (Jun-Ran et al., 2012; Gore et al., 2021; Velázquez et al., 2021). La madera del árbol de pimienta es muy apreciada por su resistencia al impacto, también es aprovechada para elaborar diversos productos con fines artesanales, partes de instrumentos musicales, pisos o mangos para herramientas (Rebollar & Quintanar, 1998).

En su uso medicinal ha sido aplicado como antiséptico local, además de un analgésico que ayuda a curar molestias gastrointestinales propiciando un buen apetito, para controlar hemorragias, mejora los problemas del hígado, el manejo de la salud reproductiva en mujeres y la menopausia (Doyle et al., 2018). Estudios recientes han encontrado cierta afectividad para tratar envenenamientos por mordedura de serpientes en Centroamérica (Saravia-Otten et al., 2022).

Figura 2. Árbol de pimienta (*P. dioica* L. Merr) en etapa productiva.



Fuente: Propia

Como fruto seco aporta al organismo cantidades importantes de fósforo y potasio; una muestra de 100 gramos proporciona 110 y 1,100 mg, respectivamente (Cuadro 1). Sin embargo, su valor fundamental está en los aceites esenciales que promedian un 3.0 % en base a una muestra de 100 gramos de fruto seco en donde el eugenol es el metabolito más importante.

México ocupa el segundo lugar como productor y exportador después de Jamaica con una superficie estimada de 4,000 ha y un rendimiento que fluctúa entre 1.1 y 1.8 t/ha de fruto fresco (Martínez et al., 2013). El estado de Veracruz es el principal productor seguido de Tabasco, Chiapas, Puebla y Oaxaca (Figura 3).

De acuerdo con la Secretaría de Economía (2002, citada por Martínez et al., 2013), la pimienta gorda se exporta a 55 países distribuidos en los cinco continentes. En el año 2000 hubo un repunte en las exportaciones logrando enviar 4,499 toneladas. Por otro lado, el volumen total de

Cuadro 1. Contenido en una muestra de 100 g de pimienta gorda seca de acuerdo con dos fuentes de información.

Componente	ASTA[1] (1977)	Peter (2004)
Agua (%)	9.0	8.46
Calorías (K cal)	38.0	26.30
Proteínas (g)	6.0	6.09
Grasa (g)	6.6	8.69
Carbohidratos (g)	74.4	72.12
Cenizas (g)	4.2	4.65
Calcio (g)	0.800	0.661
Fósforo (mg)	110.0	113.0
Sodio (mg)	80.0	77.0
Potasio (mg)	1100.0	1044.0
Ácido ascórbico (mg)	39.0	39.2

[1]/Asociación Estadounidense de Comercio de Especias (ASTA, por sus siglas en inglés)

Figura 3. Participación estatal en la producción de pimienta gorda en México.



Fuente: Financiera Rural (2011) citado por Martínez, et al., (2013)

las importaciones a partir de 1997 ha mostrado un crecimiento del 20 % anual; el precio medio por kg seco también ha pasado de 1.08 dólares en 1993 a 4.0 en los últimos años, situación que indica un ambiente prometedor para su producción en México. Sin embargo, Montalvo-López (2016) señala que en el periodo 2012-2015 la superficie decreció al pasar de 4,288 a 3,000 ha, no obstante, en el último año de este periodo el rendimiento incrementó 4.6 %, lo que sugiere mejoras en los sistemas de producción (Cuadro 2).

Cuadro 2. Panorama de la producción de pimienta gorda en México 2012-2022

Año	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor producción (miles de pesos)	Estado con mayor producción
2012	4,288.95	2,495.50	3,024.81	1.21	49,762.42	Veracruz
2013	3,381.50	2,593.50	3,199.43	1.23	45,677.11	Veracruz
2014	3,346.50	2,586,50	3,308.76	1.28	52,782.30	Veracruz
2015	3,000.80	2,663.80	3,566.95	1.34	71,698.45	Veracruz
2016	3,255.30	2,959.00	5,205.91	1.76	81,519.26	Veracruz
2017	3,433.50	3,120.00	7,951.06	2.55	116,241.28	Veracruz
2018	3,431.50	3,186.00	9,141.07	2.87	112,603.32	Veracruz
2019	3,536.85	3,242.60	9,384.33	2.89	136,854.78	Veracruz
2020	5,304.20	5,286.20	14,789.07	2.80	202,100.59	Veracruz
2021	4,868.47	4,850.19	13,716.05	2.80	188,379.33	Veracruz
2022	3,448.70	3,401.70	10,265.34	3.02	161,377.94	Veracruz

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON (2023); SIAP (2023).

1.2. SITUACIÓN ACTUAL EN MÉXICO

La producción de pimienta gorda se sustenta en dos ejes de desarrollo; por un lado, el productivo y, por otro las relaciones de acopio, procesamiento y comercialización del producto.

En el primer caso se observa un retraso considerable en la producción en términos de competitividad y sostenibilidad, aunque se han generado algunos paquetes tecnológicos por instituciones públicas como SAGARPA e INIFAP (2011), la mayor parte de las parcelas de producción carecen de tecnología de producción apropiada. Para la mayoría de los productores sólo representa un ingreso marginal por lo que el cultivo de pimienta es relegado a espacios intercalados, huertos familiares, linderos o simplemente especies toleradas y asociadas a cultivos como café, plátano, cítricos y forestales en general.

Para el segundo caso existe una industria bien desarrollada en cuanto a procesamiento y comercialización, basada en criterios claros de calidad y con los contactos necesarios para garantizar el comercio nacional **e** internacional del producto; sin embargo, no existe una integración eficaz entre la industria de procesamiento y comercialización con el productor lo que trae como consecuencia que estos no accedan a precios razonables por no garantizar volúmenes y calidad del producto pero, al mismo tiempo, la industria padece problemas en la estandarización de la calidad durante el acopio del producto por falta de controles.

Martínez et al. (2013) concluyen que la dinámica de la innovación en el cultivo de pimienta es muy limitada en la actualidad, ya que los bajos índices de innovación así lo demuestran. Los productores perciben la producción de pimienta como una actividad de recolección y por lo tanto invierten el mínimo de recursos (tiempo, trabajo, dinero, etc.). El proceso de innovación requiere que el mercado o las empresas comercializadoras incentiven cambios y mejoras en la producción; sin embargo no lo hacen, ya que al funcionar prácticamente como acopiadoras se limitan a acaparar el producto sin criterios de calidad claramente establecidos; éstos en la actualidad se refieren sólo a cuestiones físicas (impurezas y aspecto del fruto), pero no realizan ningún análisis químico para poder establecer la calidad de los aceites esenciales o volátiles del fruto.

2. BOTÁNICA Y TAXONOMÍA

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La pimienta (*Pimenta dioica* L. Merr), también conocida como pimienta gorda, es un árbol perennifolio, comúnmente de 6 a 10 m de altura (hasta 30 m, en algunos casos) con diámetro de 20 a 50 cm y que, conforme crece, desprende la corteza externa en fragmentos o escamas (Figuras 4 a 6).

En 1821 fue nominada como *Pimenta officinalis* Lindl, y en 1947 como *Pimenta dioica* (L) Merr (Gayle, 2013). El género *Pimenta* sp involucra unas 21 especies entre árboles y arbustos aromáticos que se desarrollan en ambientes tropicales de América (Contreras-Moreno, 2018). El número básico de cromosomas es X=11 y la pimienta es un diploide 2n=22 (Purseglove et al., 1981). Es una especie hermafrodita funcionalmente dioica.

2.2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Procede del sur de México, Guatemala, Honduras, Cuba y Jamaica. Se distribuye por todo el Caribe y Centroamérica en forma natural, posteriormente fue introducida a Barbados, Trinidad, Granada y Puerto Rico. En condiciones controladas ha sido llevada a diferentes partes del mundo sólo con fines de ornato o investigación. La descripción taxonómica se indica en el Cuadro 3.

Figura 4. Al fondo se observa un árbol de pimienta de aproximadamente 150 años y 25 m de altura con capacidad para producir 250 kg de fruto verde por cosecha al año.



Fuente: Propia

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la pimienta gorda

Categoría	Nombre
Familia	Myrtaceae
Subfamilia	Myrtoideae
Tribu	Myrteae
Género	*Pimenta*
Especie	*dioica*

Fuente: Rao et al. (2012).

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Raíz: es típica o pivotante y puede alcanzar hasta 5 m de profundidad, la mayor proporción se ubica en los primeros 1.5 metros. Presenta baja capacidad de regeneración y no forma raíces adventicias. Cuando el árbol proviene de la producción de planta en vivero y es plantado, la raíz sufre modificaciones y su crecimiento posterior es horizontal y más superficial. En estas condiciones se ha observado mayor susceptibilidad al ataque de enfermedades provocando la muerte de árboles en etapa productiva.

Tallo: es erecto, semi-leñoso, de 0.6 a 0.8 cm de diámetro en el primer año. Conforme se desarrolla, a partir del tercer año, desprende capas de corteza en forma de escamas dejando un aspecto liso y blanquecino dando la apariencia de un tallo blanco almidonado (figuras 5 y 6). Un árbol de más de 50 años puede alcanzar una altura superior a los 30 metros con un diámetro promedio de 40 cm, sobre todo en aquellos que han crecido en condición espontánea (ver Figura 4). Un árbol de injerto es más precoz y alcanza alturas menores.

La ramificación puede iniciar desde los 60 cm de altura de forma opuesta aproximadamente al año de la siembra. Los brotes laterales (ramas) tienen cuatro lados en forma de aristas y emergen de las axilas de las hojas que tienen disposición opuesta (Figura 5).

En cada entrenudo, dos de los cuatro lados opuestos son iguales y alternan esta condición en el siguiente lo que permite observar un tallo herbáceo inicial prismático alternante (Figura 7). Esta característica desaparece conforme se desarrolla en diámetro. A mayor altura, y sin competencia, desarrolla de tres a cinco ramas vigorosas desapareciendo las basales iniciales o aquellas que están bajo la sombra del mismo árbol. Las ramas son de aspecto quebradizo por lo que sufren desgarres o desprendimientos con facilidad. La emisión de ramas nuevas (brotación lateral) puede limitarse si se eliminan en su totalidad del tronco pudiendo provocar la muerte del árbol.

Figura 5. Planta de un año sin injertar en vivero.



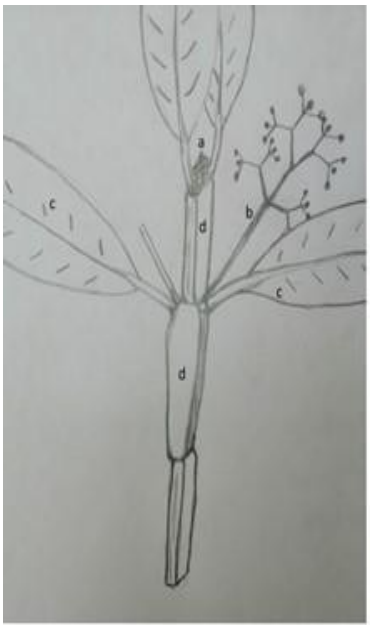
Fuente: Propia

Figura 6. Desprendimiento de la exo-dermis del tallo de pimienta conforme crece en diámetro.



Fuente: Propia

Figura 7. Estructura de un brote nuevo floral. a: ápice, b: panícula axilar, c: hoja, d: entrenudo.



Fuente: Propia

La madera que produce es muy apreciada por los pobladores por su dureza y color; es usada comúnmente para leña ya que confiere buen sabor a los alimentos.

Hojas: son simples, opuestas, brillantes, de color púrpura-amarillo-verdoso cuando tiernas y verde intenso en la madurez (Figura 8). Están provistas de glándulas de aceite lo que les confiere su olor típico intenso. El peciolo mide de 2 a 3 cm de largo y tiene una nervadura central pinnada y prominente. El tamaño varía de 6 a 18 cm de largo y de 2.5 hasta 6 cm de ancho; su ciclo de vida se estima en promedio de un año, cuando envejecen se cubren de algas lo que les da un aspecto sucio y posteriormente caen al suelo. Para la región del Totonacapan, en el estado de Veracruz, la emisión de brotes nuevos se da a partir de finales de febrero, durante todo marzo y mediados de abril, ésta va acompañada de la aparición de botones florales (Figura 9). En junio y julio ocurre una segunda emisión de brotes de tipo vegetativo (ver Figura 23).

De acuerdo con estudios de laboratorio, el contenido de aceite esencial en hojas de árboles que se comportan tanto como macho y hembra no varió, y es parecido al contenido en el fruto. Las hojas son usadas como condimento por pobladores de la región.

Flor e inflorescencia: la inflorescencia es de tipo axilar integrada por panículas cimosas que puede variar desde 5 hasta 15 cm de longitud; es decir, se integra de ramilletes florales que emergen de la axila de cada hoja en forma opuesta en la porción terminal de un brote anual (Figuras 10 y 11).

Figura 8. Hojas de pimienta en pleno desarrollo.



Fuente: Propia

Figura 9. Hojas nuevas y maduras, brotación de primavera



Fuente: propia

Figura 10. Etapa de inicio de antesis en pimienta.



Fuente: Propia

Figura 11. Emisión de ramilletes florales, axilares en brotes nuevos de febrero.



Fuente: Propia

Las flores son hermafroditas, pero funcionalmente dioicas, lo que se traduce en árboles que se comportan como "macho" y "hembra". En las plantas que se comportan como "macho" durante la antesis las flores tienden a ser más intensas y con mayor expresión (aspecto algodonoso) debido a que, en cada flor, la longitud y número de estambres es mayor que en las "hembras"; en promedio 0.5 cm y 101 estambres en flores "macho", y 0.2 cm y 48 estambres en flores "hembras" (Figuras 12 y 13). Es un hecho que la apariencia algodonosa en la antesis corresponde

a la exposición de los estambres, ya que los pétalos de cada flor son de menor tamaño y cantidad. Tanto en la planta "macho" como en la "hembra" cada flor presenta ovario ínfero con cuatro sépalos persistentes color verde claro y cuatro pétalos blancos de menor tamaño que los estambres (Figura 14). El ovario en plantas "macho" es de menor volumen y conforme ocurre la antesis tiende a deshidratarse y cae al suelo, ya que en estas plantas no se desarrolla normalmente la estructura sexual femenina (estigma rudimentario) y como consecuencia no existe la fecundación, de ahí que se le considere a la pimienta gorda una especie hermafrodita funcionalmente dioica. En las plantas "hembra" el estigma se desarrolla normalmente y sobrepasa el nivel y tamaño de los estambres (Figuras 12, 13 y 14).

Figura 12. Flor de árbol "hembra". El estigma es de mayor longitud que los estambres.



Fuente: Propia

Los árboles que se comportan como "macho" son más precoces en cuanto a la aparición de flores y juegan un papel importante en la polinización con el auxilio de insectos, aunque las plantas "hembra" tienen la capacidad de polinizarse con polen que proviene de cualquier otra planta de pimienta diferente a la misma, garantizando con ello el amarre del fruto (se ha observado autoincompatibilidad en pruebas de polinización controlada). Esto explica la producción de fruto en árboles solitarios "hembra" que han crecido en forma espontánea en el ecosistema. El olor típico de las esencias florales corresponde a una sensación de fermento u olor a "agrio" según los pobladores, de ahí su denominación "xocoxochitl" en náhuatl.

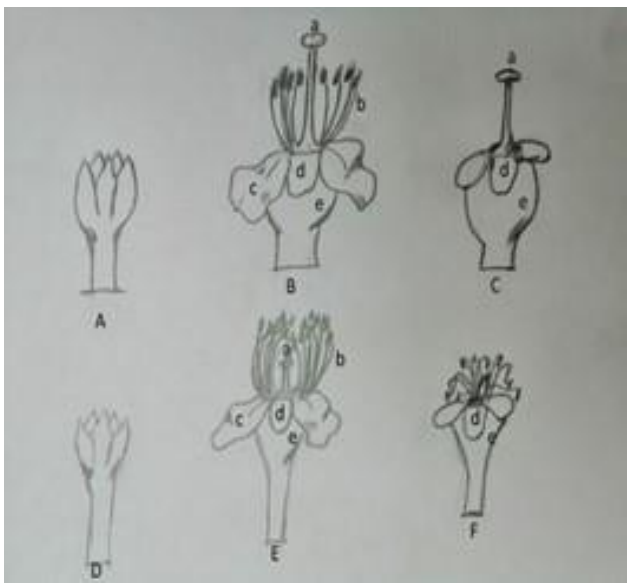
Fruto: Es una baya de color verde intenso mientras crece y morado púrpura cuando madura; contiene de una a tres semillas lo que define su tamaño, alcanzando 0.8 cm de diámetro, en promedio, y con peso que varía de 0.5 a 1.6 g. Los sépalos permanecen adheridos al fruto hasta la madurez (Figuras 15 y 16). Los frutos son producidos por las plantas "hembras" y en casos esporádicos por plantas tipo "macho", en este último los frutos son de una sola semilla y de aspecto rudimentario.

Figura 13. Flor de árbol “macho”. Presenta mayor cantidad de estambres que plantas “hembra”



Fuente: Propia

Figura 14. Comportamiento floral: flor “hembra” (A, B, C), flor “macho” (D, E, F). Descripción: A, D: Botón floral; B, E: antesis (a: estigma, b: estambres, c: pétalo, d: sépalo, e: ovario); C: Ovario fecundado; F: Ovario sin fecundar.



Fuente: Propia

Figura 15. Frutos de pimienta en estado verde y maduro en el mes de septiembre-octubre.



Fuente: Propia

Figura 16. Estructura del fruto (izquierda) y de la semilla de pimienta (derecha).



Fuente: Propia

Semilla: de color café marrón a verde obscuro de 2.5 mm de largo por 2.0 de ancho. Tienen forma de caracol y puede germinar en cuanto son extraídas del fruto en estado maduro por lo que se clasifican como recalcitrantes. Cada semilla presenta una testa cartilaginosa transparente (ver Figura 16). El embrión es poco desarrollado o inmaduro con cotiledones cortos y raíz seminal alargada.

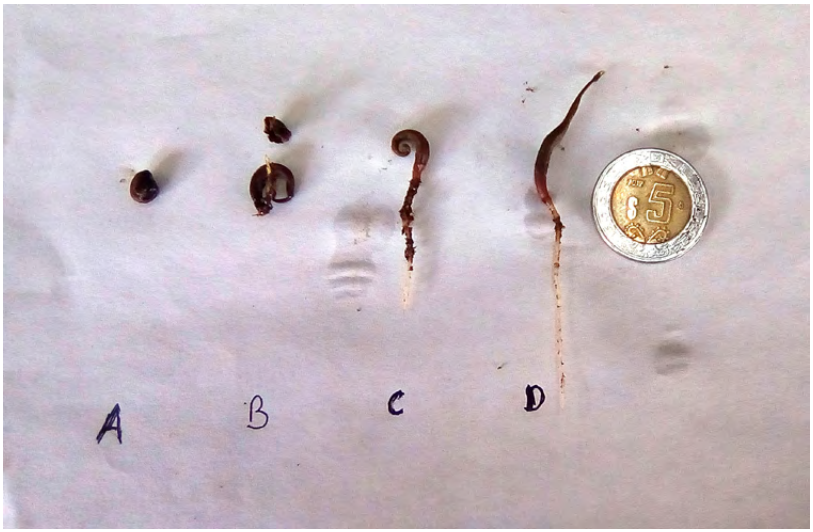
3. ETAPAS DE CRECIMIENTO EN PIMIENTA

3.1. GERMINACIÓN-EMERGENCIA

Esta fase inicia en el momento en que la semilla es colocada en condiciones favorables de germinación y se caracteriza por la emisión de la radícula, producto de la reactivación del crecimiento. Para ello se requiere una temperatura del sustrato de 23 a 26 °C, humedad constante, buena aireación y retención de humedad, así como protección con ligero sombreo del espacio del semillero. La semilla se integra por un embrión rudimentario que, tan pronto como recibe el estímulo de la humedad en el sustrato, comienza un proceso de reactivación del crecimiento mediante elongación celular aprovechando las reservas nutrimentales que posee en su estructura. La germinación podría asumirse que se da en cuanto se reactiva el crecimiento (3 a 5 días después de siembra) y la emergencia (9 a 10 días de la siembra) cuando aparece la plúmula (hoja rudimentaria) sobre el sustrato. La apariencia de caracol de la semilla desaparece en el momento en que se elonga el embrión formándose, como consecuencia, una plántula con un tallo corto y grueso de 2 cm (Figura 17 y 18).

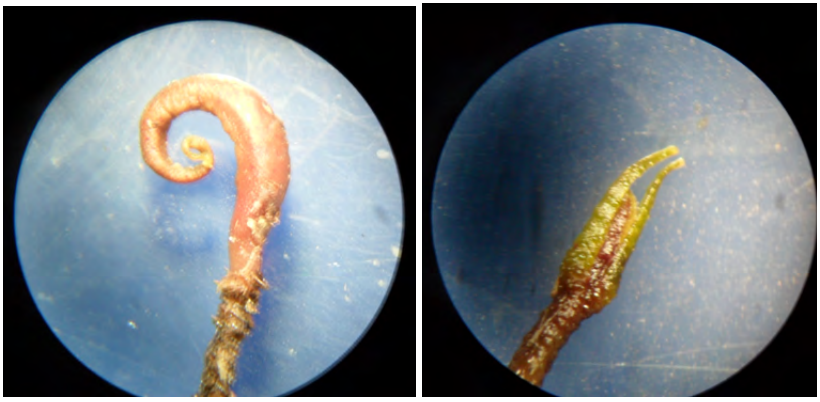
Temperaturas por abajo del rango óptimo retrasan los procesos de germinación- emergencia. En esta condición, si los niveles de humedad son excesivos se acentúa el ataque de patógenos a la semilla asociados con *Phytopthora* sp, *Rhizoctonia* sp, *Colletotrichum* sp, *Phytium* sp, entre otros, que causan pudriciones. Por el contrario, temperaturas por arriba del rango óptimo derivan en plántulas débiles por el gasto excesivo de reservas nutrimentales, cuestión que se acelera si la humedad ha sido restringida.

Figura 17. Proceso de germinación-emergencia. A: semilla, B: 5 dds, C: 10 dds, D: 15 dds. (dds: días después de siembra).



Fuente: Propia

Figura 18. Elongación del embrión y expresión de las primeras hojas rudimentarias en la germinación-emergencia de pimienta gorda.



Fuente: Propia

3.2. ADAPTACIÓN

Comprende desde la emergencia hasta la formación de las primeras hojas verdaderas fotosintéticamente activas. En esta condición se requiere una temperatura ambiente ligeramente menor (entre 18 y 23 °C) e intensidad de luz baja (Figura 19). La humedad debe ser constante en sustrato, y no es requisito indispensable suministrar nutrientes. Esta etapa ocurre 10 días después de la siembra (dds) y tiene una duración de 15 a 20 días; es decir, después de 30 dds debe estar en plena luz. El exceso de agua con temperaturas bajas conduce al ataque de hongos causando la muerte de plántulas en un síntoma conocido como damping-off.

Figura 19. Estado de adaptación de la plántula de pimienta gorda 15 días después de siembra.



Fuente: Propia

3.3. CRECIMIENTO VEGETATIVO (JUVENILIDAD)

La juvenilidad se ubica dentro de la fase vegetativa de una planta y hace referencia a un crecimiento en donde no aparecen de forma aparente los órganos de reproducción sexual. Para que eso ocurra, la planta debe de haber desarrollado las estructuras suficientes para soportar la carga de frutos. Sin embargo, eso no significa que en esta fase internamente no estén ocurriendo procesos preparativos como la inducción y la diferenciación floral.

En pimienta gorda, la parte que corresponde al período juvenil se ubica a partir de que aparecen las hojas verdaderas fotosintéticamente activas en almácigo y que corresponde a los 30 dds. Dicho período, dependiendo del manejo, termina cuando aparecen las primeras flores, etapa que puede suceder aproximadamente seis años después de siembra o cinco después de la plantación (Figuras 20 y 21). Este período es más corto si se realizan prácticas de injerto, ya que, por tratarse de propagación vegetativa (clonación), se reduce considerablemente el período de juvenilidad (la planta de injerto emite flores al año siguiente).

Figura 20. Expresión de primeras hojas verdaderas en pimienta gorda después de 30 días después de siembra.



Fuente: Propia

El suelo y clima juegan un papel importante en el desarrollo del árbol. El control de estos factores determinará la duración de dicha fase, así como la expresión del crecimiento, este punto se aborda en el apartado de requerimiento climático. Mientras tanto, es posible observar que el árbol crece en función de estaciones de crecimiento: en primavera-verano (P-V) ocurre una primera brotación y la segunda en verano-otoño (V-O), que coinciden con los meses de febrero-marzo y julio-agosto, respectivamente, ambas vegetativas durante esta etapa.

Figura 21. Árbol de cinco años de plantación sin injertar iniciando floración-fructificación



Fuente: Propia

3.4. ETAPA PRODUCTIVA

3.4.1. BROTACIÓN

La etapa productiva inicia cuando la planta emite las inflorescencias y, como consecuencia, se desarrolla la flor y el fruto. Independientemente si se trata de un árbol que proviene de semilla o de injerto, una vez que inicia la fase reproductiva, se pueden observar ciertos acontecimientos en el crecimiento de la planta a través del año; es decir, el crecimiento depende de las estaciones del año y está en función de las condiciones climáticas de cada región en particular. En un ambiente típico de transición climática tipo (A) C a 450 a 650 metros sobre el nivel del mar (msnm) y precipitación por arriba de los 2250 mm, la primera brotación ocurre en los meses de febrero y marzo (Figura 22). Se caracteriza por el desarrollo del ápice terminal en ramas del ciclo anterior y que viene acompañada de la aparición de los racimos florales. Existe una segunda brotación de yemas terminales que ocurre en los meses de junio, julio y agosto que sólo son de tipo vegetativo, ésta se puede dar en las ramillas del ciclo pasado que no rebrotaron en enero-febrero y en ramillas nuevas, las cuales en ese momento tienen carga productiva (Figuras 23 y 24).

Figura 22. Brotación vegetativa-reproductiva de pimienta en los meses de febrero y marzo.



Fuente: Propia

Figura 23. Brotación vegetativa en los meses de junio, julio y agosto.



Fuente: Propia

Figura 24. Brotación vegetativa en ramilla reproductiva en los meses de junio, julio y agosto.



Fuente: Propia

Por lo anterior, un árbol de pimienta gorda experimenta dos crecimientos activos anuales que promedian en total de 15 a 30 cm de longitud, los cuales se acumulan al volumen total de crecimiento. Las hojas senescentes de un año caen al suelo y es notorio este proceso en los meses de febrero y marzo, período que coincide con la nueva brotación de yemas y racimos florales. Los árboles vienen saliendo de experimentar las temperaturas más bajas de la región (algunos registros indican temperaturas hasta de 8 °C), presencia de alta humedad relativa, lo que se conoce como "nortes" y en donde el crecimiento en general de la planta disminuye considerablemente en los meses de diciembre y enero.

3.4.2. FLORACIÓN

La floración comienza con la emisión de botones florales en la brotación de febrero a marzo (ver Figura 22). La antesis ocurre a partir de la segunda quincena de abril y permanece hasta la primera semana de mayo con cuatro a cinco eventos (Figuras 25 y 26). Dado que existen diferencias propiciadas por la variabilidad entre árboles y dentro de cada uno de estos, es posible observar alternancia y precocidad, ya que, en un año donde un árbol se comporta como altamente productivo, en el siguiente año como consecuencia baja su producción.

Figura 25. Estado de antesis de un árbol de pimienta gorda "macho", la apariencia algodonosa corresponde a los estambres, que son de mayor expresión



Fuente: Propia

Figura 26. Estado de antesis de un árbol de pimienta gorda "hembra". Los estambres son en menor cantidad que en "machos" pero el estigma es de mayor longitud.



Fuente: Propia

Dentro de cada árbol se observa que alternan las ramas productivas, y dentro de cada ramilla la emisión de racimos florales (panícula) tienen diferente grado de expresión y desarrollo de las florecillas, por lo que es posible observar diferentes generaciones de floración (antesis) en un período de 15 a 20 días. En un racimo o panícula axilar, la florecilla central ubicada en la bifurcación del eje del racimo floral es más precoz (Figura 27).

Figura 27. Variabilidad en la antesis dentro de un racimo floral. La flor central es más precoz.



Fuente: Propia

En general se ha observado que los árboles que se comportan como "macho" son más precoces en cuanto a la antesis y su floración es muy intensa y expresiva, a diferencia de los que se comportan como "hembra". En estos, tan pronto ocurre la antesis, los rudimentos florales caen al suelo por falta de fecundación. En los que se comportan como "hembra", si las condiciones climáticas lo favorecen, habrá prendimiento del fruto. Esta es una situación muy sentida por los productores, ya que es común que existan fenómenos meteorológicos como lluvias intensas que a veces se acompañan con granizo, lluvias ácidas, fuertes vientos o sequías prolongadas que afectan el amarre. El cambio climático es una realidad que los productores han padecido en los últimos años en donde los rendimientos han sido afectados considerablemente.

3.4.3. FRUCTIFICACIÓN

Después de la antesis en árboles "hembra", si las condiciones son favorables, ocurre el amarre o prendimiento del fruto (Figura 28). De acuerdo con ciertas observaciones de campo, se ha logrado constatar que del 100 % de flores emitidas por el árbol, el prendimiento es del 90 % en el mejor de los casos.

Figura 28. Amarre de fruto después de antesis producto de una buena polinización-fecundación.



Fuente: Propia

El pequeño fruto enfrentará diversas circunstancias para llegar al estado de madurez, sobre todo, aspectos climáticos y fitosanitarios los cuales se abordan en apartados siguientes. Se requieren cuatro meses para que alcancen la madurez comercial después del amarre (Figura 29), la cosecha debe efectuarse antes de que el color del fruto cambie a morado intenso o púrpura. Un fruto con estas características no es deseable para el secado y la comercialización.

En la región del Totonacapan la madurez fisiológica del fruto coincide con los meses de septiembre y octubre (Figura 30).

3.4.4. QUIESCENCIA

La quiescencia es característico de especies caducifolias que evolutivamente se han adaptado a regiones en donde el invierno es más agresivo. Por lo tanto, las plantas suspenden el crecimiento y entran en reposo aprovechando el frío para procesos de inducción floral. Esta situación no es

Figura 29. Fruto de pimienta en madurez comercial en condiciones de cosecha.



Fuente: Propia

Figura 30. Tamaño normal de fruto maduro de pimienta (cm).



Fuente: Propia

propia de árboles perennifolios adaptados a ambientes cálidos que no necesitan suspender el crecimiento, ya que el ambiente permite el crecimiento continuo durante todo el año. Sin embargo, existen especies que se desarrollan en franjas climáticas de ambiente cálido y de transición, entre éstas se encuentran el café, mamey y, desde luego, la pimienta gorda. Estas especies, en época fresca, entran en un aparente reposo mejor conocido como quiescencia, y en pimienta, el árbol suspende el crecimiento activo, sus hojas llegan al máximo desarrollo y aquellas de al menos un año se tornan verde-intenso-opaco producto de la senescencia y se preparan para caer. La entrada a esta fase empieza en octubre y continua en noviembre, diciembre y parte de enero para la región norte del estado de Veracruz (Región del Totonacapan) (Figura 31).

Figura 31. Entrada a quiescencia de una plantación de pimienta en el mes de octubre.



Fuente: Propia

Las condiciones climáticas juegan un papel importante ya que definen el tiempo de entrada y salida de ésta y otras fases de crecimiento.

4. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO Y EDÁFICO

Los árboles de pimienta se desarrollan adecuadamente en climas cálido-húmedos con lluvias todo el año y subhúmedos con lluvias en verano (Figura 32), en suelos profundos, con buen drenaje; tolera suelos arcillosos, rocosos, profundos, con textura migajón-arcillosa (Monrroy, 2011). En el Cuadro 4 se dan a conocer los parámetros climatológicos para pimienta.

Figura 32. Ambiente cálido-húmedo donde el árbol de pimienta crece en forma espontánea a 620 msnm.



Fuente: Propia

Cuadro 4. Parámetros climatológicos para el cultivo de pimienta gorda

Variable	Característica
Precipitación pluvial	1500-2500 mm
Temperatura media anual	22 -29° C
Pendiente	12 %
Velocidad del viento	No mayor a 90 km/h
Altitud	500 msnm
pH	4-5.9

Fuente: Monrroy (2011).

4.1. TEMPERATURA

Se reporta como el rango adecuado para su crecimiento de 22 a 29 °C (Monrroy, 2011). Se ha observado que temperaturas menores al rango óptimo provocan retraso en los procesos de emisión de brotes nuevos y, como consecuencia, en la emisión de flores. La temperatura está relacionada con la altitud, la diferencia en la emisión de brotes en plantaciones que se desarrollan entre los 50 y 100 msnm con aquellas por arriba de los 500 msnm es de 10 a 12 días. En altitudes mayores se favorece la aparición de ciertas enfermedades como la roya (*Puccinia psidii* Wint.) y manchas en frutos por antracnosis (*Colletotrichum* sp). Se ha observado que la pimienta gorda es tolerante a temperaturas bajas cercanas a los 5 °C (Figura 33) y los brotes pueden sufrir quemaduras con 0 °C, bajo estas condiciones los procesos fisiológicos se retrasan considerablemente. De igual forma, temperaturas por arriba de 38 °C también tienen efectos nocivos, sobre todo en la floración, pero su efecto será fatal si se acompaña con restricciones de humedad en suelo y atmósfera. En 2019 una sequía sin precedente, acompañada con altas temperaturas en la región costera en el norte del estado de Veracruz, provocó abortos en la floración y algunos árboles llegaron a perecer. La temperatura fresca (12 a14 °C) que se asocia a la época invernal, junto con las condiciones de día corto y alta humedad relativa, detienen el crecimiento activo siendo más marcado este efecto a medida que se tiene mayor altitud. Esta condición permite la entrada a quiescencia en los árboles (ver Figura 31).

4.2. LUMINOSIDAD

Es una planta exigente en intensidad lumínica, aunque soporta el sombreo, de ahí que se encuentre asociada a otras especies, ya sean forestales o cultivos, como café, plátano, cítricos, especies maderables, entre otros. La falta en intensidad de luz por la presencia de otras especies competidoras provoca alargamiento del tallo y ramas, por lo que en estas condiciones los árboles experimentan mayor altura, situación contraria cuando se manejan como monocultivo cuyos árboles son más compactos.

Figura 33. Ejemplar con fines ornamentales situado a 2250 msnm con ambiente templado donde existen registros de temperaturas de 5 °C en el invierno.



Fuente: Propia

En la medida que los días se hacen cortos y la temperatura es más fresca, se favorece la entrada a quiescencia durante los meses de noviembre, diciembre y enero. Enseguida viene la aparición de brotes nuevos con botones florales que coincide con los meses de febrero y marzo a medida que se transita hacia la primavera.

4.3. HUMEDAD

Las condiciones de humedad para el crecimiento de la pimienta se ubican entre los 1500 y 2500 mm de precipitación (Monrroy, 2011). En México su cultivo está asociado a condiciones de temporal, en donde la humedad relativa fluctúa desde el 85 a 100 %, sin embargo, cuando los períodos de sequía son considerables, los árboles pueden resultar afectados. En cambio, los árboles que crecen en forma espontánea resultan más tolerantes a los momentos de sequía, ya que experimentan mayor desarrollo radicular. La presencia de lluvia en etapa cercana a la cosecha puede favorecer la expresión de enfermedades y dificultar al mismo tiempo, la cosecha (Figura 34).

Figura 34. Aspecto típico de una ramilla productiva expuesta a la acción de la lluvia.



Fuente: Propia

Se considera una especie susceptible a la falta de oxígeno en el suelo, por lo que en condiciones de anegamiento perecen con facilidad. Además, en estas condiciones se favorece la aparición de enfermedades de tipo fungoso en la raíz y base del tallo. Las condiciones de precipitación en exceso, en plena floración, afecta el amarre de frutos, favorecen la aparición de enfermedades y limita la aplicación de productos. Cuando la cosecha está a punto de iniciar, estas condiciones propician también la aparición de enfermedades en los racimos afectando en más del 50 % la producción por caída de fruto y, en plena cosecha, dificulta dicha labor, ya que los troncos son demasiado resbalosos.

4.4. SUELO

Se desarrolla en suelos de textura media a ligera de tipo franco, franco-arenosos, arenosos y limo-arenosos ricos en materia orgánica y con pH en un rango de 4.0 a 5.9. Puede soportar suelos arcillosos siempre que no se inunden. Dado su estado aún silvestre, es común observar árboles en áreas pedregosas, de gran pendiente, incluso arraigados a espacios inhóspitos (Figura 35).

Figura 35. Árbol de pimienta injertado creciendo en suelo pedregoso.



Fuente: Propia

No se encontraron reportes de estudios en cuanto a extracción de nutrientes; sin embargo, se ha observado una respuesta positiva a la práctica de encalado del suelo. También se ha observado que un buen manejo del suelo y de la nutrición mejoran la cantidad y calidad de la cosecha; por ejemplo, se reporta para la región del Totonacapan en el estado de Veracruz, México, una relación 3:1 de fruto verde a seco en promedio, pero que, con buen manejo de nutrición se puede obtener una relación 2.7:1, lo que significa mayor contenido de materia seca.

5. MANEJO DE LA HUERTA

5.1. ÉPOCA DE ESTABLECIMIENTO

Se recomienda realizar la plantación en junio o julio cuando las lluvias son frecuentes, de esta forma la planta tendrá cuatro meses para adaptarse al nuevo espacio, ya que en los meses siguientes la temperatura es más fresca y el crecimiento se detiene reiniciándose en febrero y marzo. Lo anterior significa planear el establecimiento de la huerta en función de criterios climáticos, los propósitos de la producción y los protocolos que se seguirán dependiendo de las exigencias del mercado; por lo tanto, se debe obtener la semilla dos años antes, preparar el vivero y, si es el caso, producir el injerto con el material genético apropiado.

En la actualidad, muchos de los árboles que están en etapa productiva no fueron establecidos bajo un esquema de planeación, éstos simplemente fueron tolerados en cultivos de otras especies como café, cítricos, árboles maderables, o plantados como complemento en el huerto.

5.2. MATERIAL VEGETATIVO

En México, para el cultivo de pimienta gorda no se reportan variedades mejoradas, los propagadores extraen las semillas de árboles madre que ya tienen identificados como sobresalientes en producción. Los frutos maduros (Figura 36) se seleccionan una vez que adquieren un color púrpura, éstos pasan por un proceso de machacado (despulpado) para extraerles las semillas y proceder a la siembra en almácigos. Las semillas no deben secarse, sino permanecer húmedas, para ello, si se tienen que trasladar del sitio de cosecha a la zona de vivero, se recomienda colocar los frutos maduros en bolsas de plástico evitando su calentamiento con el sol y extraer las semillas en el momento de la siembra. Devadas y Manomohandas, et al. (1988, [citados por K. W. Pe-

ter, 2004]), reportan que la viabilidad de la semilla puede mantenerse hasta en 50 % con temperaturas de 21 a 30 °C por nueve semanas siempre que permanezcan en el fruto y evitando su deshidratación.

Figura 36. Ramillas con fruto maduro de pimienta apto para semilla.



Fuente: Propia

En una huerta comercial de 18 años se han observado variantes que sugieren poder llevar a cabo procesos de planeación y mejora genética. Aunque los viveristas aseguran que pueden obtener –a partir de semilla sexual– plantas "hembra" en un 70-80 %, lo cierto es que prácticamente existe 50 % de plantas "hembra" y 50 % "macho" de forma natural, por lo que sus planteamientos donde aseguran que frutos con dos semillas garantizan "hembras" no están sustentados.

También es posible observar árboles de porte erecto o de gran ramificación lateral, con hojas grandes, medianas y chicas. Existen árboles con fruto mediano a grande en racimos terminales o distribuidos en el brote en un rango de 5 a 20 cm. De igual forma, se ha observado que existe variabilidad en cuanto a la tolerancia a enfermedades foliares, principalmente roya (ver apartado enfermedades y plagas). Un aspecto importante es la variación en cuanto a la distribución de la cosecha, ya que existen árboles precoces y tardíos con cosecha de frutos concentrada o dispersa. Los lugareños también identifican genotipos para producción de hoja en donde el aroma deberá ser intenso, típico de la pimienta, ya que existen variantes con olor distinto cercano a canela, aguacate u otros que no son preferidos.

Los árboles que serán plantados en la huerta se desarrollan inicialmente en almácigos y viveros, ahí se obtienen plantas aptas desde un año a partir de semilla para ser plantadas o, bien, aquellas que serán injertadas y plantadas a los dos años (Figuras 5, 37 y 38).

Figura 37. Producción de plántula de pimienta en contenedor de 200 cavidades de 90 días después de siembra.



Fuente: Propia

5.3. MANEJO DE LA PLANTA EN VIVERO

Las semillas se siembran al voleo o en surcos en almácigos de cama. La cama de siembra no debe ser mayor a 1.0 m de ancho por la longitud necesaria. La tierra recomendada es la que se acumula en orillas del río (suelo areno limoso con buen contenido de materia orgánica) o tierra de monte comúnmente conocida por los pobladores. La semilla se coloca a 1.0 cm de profundidad y 2.0 cm de separación. Se cubre con el mismo suelo y de preferencia se aplica un riego para sellado usando regadera. Después se coloca algún material para proteger y proveer sombreo, así como evitar daños por el impacto de la lluvia. Una vez que las semillas germinaron y las plántulas han emergido (cuando tienen dos pares de hojas verdaderas) (ver Figura 37) son trasplantadas en bolsas negras (Figura 38) para vivero que pueden ser de 13 X 25 cm, las cuales se llenan con un sustrato que contiene arena (40 %), tierra de monte (30 %) y tierra común del lugar (30 %).

Figura 38. Trasplante de plántula de pimienta a bolsa de polietileno para vivero.



Fuente: Propia

Existe la posibilidad de sembrar las semillas en charolas de poliestireno de 200 cavidades las cuales se llenan con un sustrato comercial del género *Sphagnum* sp. Se deposita una semilla por cavidad. Transcurridos 90 días, se procede al trasplante en bolsas de polietileno negro para vivero con las características ya señaladas en el párrafo anterior. La planta sin injertar está lista para ser plantada en campo una vez que alcanza una altura de 50 cm (aproximadamente un año después de sembrada).

El uso del injerto es una estrategia importante que permite tener plantas con mayor rendimiento y calidad, así como lograr mayor precocidad (Figura 39). Garantiza el establecimiento del 100 % de árboles "hembra" que producirán frutos (Figura 40). La producción inicia al año siguiente de la plantación y su conducción y producción se facilita, ya que el crecimiento es más compacto comparado con aquellos árboles sin injertar. Sin embargo, presenta algunas desventajas como el bajo porcentaje de prendimiento al momento de realizar el injerto y son pocos los injertadores que han logrado afinar sus procedimientos manteniéndolos celosamente en secreto. Esta situación hace que el material injertado sea entre cuatro a cinco veces más caro que una planta sin injertar. Por ello, algunos productores prefieren establecer el doble de densidad con material sin injertar para asegurar el número de plantas "hembra", de esta forma les resulta más económico con la salvedad de que en esas poblaciones la variabilidad y el tiempo de espera para la cosecha será mayor.

Figura 39. Planta de injerto de pimienta (planta-planta) en proceso de plantación de 15 meses de edad.



Fuente: Propia

Figura 40. Planta de injerto enchapado lateral de pimienta gorda apta para plantar.



Fuente: Propia

El injerto de enchapado lateral (ver Figura 40) es el más usado por los injertadores, sin embargo, existe evidencia de que también es posible realizar otros tipos de injerto como el de acercamiento planta-planta (Figura 39) y el de "botella" en el cual la vareta injertada permanece inmersa en agua como si se tratase de un florero.

Otras formas de propagación han sido evaluadas sin mucho éxito, el acodo ha sido posible en algunos casos (Figura 41), el enraizamiento de estacas es muy difícil y el cultivo *in vitro* no está lo suficientemente desarrollado. El reto fundamental en el establecimiento de la huerta sigue siendo la propagación que garantice árboles "hembra" a bajo costo, altos rendimientos, precocidad, sanidad y calidad del producto. Al respecto, Montalvo (2016) estudió, mediante marcadores moleculares, la expresión sexual de la pimienta encontrando que el marcador ISSR-06 fue el más apto para realizar la distinción del sexo abriendo así la posibilidad de poder distinguir, desde las primeras etapas del crecimiento, una planta tipo "hembra" de una "macho".

Figura 41. Planta por acodo en pimienta.



Fuente: Propia

5.4. SISTEMAS DE PLANTACIÓN

El marco de plantación común consiste en utilizar 6 m entre surcos y entre hileras obteniéndose un total de 280 plantas por hectárea (Figura 42 y 43). Sin embargo, con buen manejo de poda se pueden usar 6 m entre surcos y cuatro entre hileras con una densidad de 417 plantas/ha. Cuando se utilizan plantas sin injertar, puede usarse un trazo de 6 m entre surcos y tres entre hileras con

la posibilidad de eliminar, a partir del quinto año, aquellas plantas que no son productivas. La poda de formación se encargará de dar una buena apariencia a los árboles para su manejo posterior, ya que bajo esta modalidad los árboles están más juntos. Con plantas de injerto es recomendable un marco de plantación de 5 x 5.

Figura 42. Establecimiento de una huerta de pimienta.



Fuente: Propia

El trazo de la plantación es muy importante ya que permite orientar la huerta facilitando su manejo y evitando problemas futuros. Al respeto se recomienda:

- Trazar surcos e hileras que no favorezcan la pérdida del suelo por erosión.
- En los linderos, dejar por lo menos 3 m de separación para evitar sombreo del terreno ajeno
- En caso de establecer la huerta asociada con otras especies como: café, cítricos, o banano, considerar el espacio necesario para cada especie; el café, por ejemplo, puede ubicarse a la orilla por ser de menor porte
- Definir rutas de acceso
- En lo posible, definir áreas para bodega, de alojamiento, para consumo de alimentos, sanitaros y todo aquello que se asocia con las Buenas Prácticas Agrícolas o del Sistema de Reducción de Riesgos de Contaminación de acuerdo con los protocolos establecidos por los organismos responsables.

Figura 43. Huerta de nueve años en monocultivo en marco de plantación 6x6.



Fuente: Propia

Las cepas se realizan de 30 x 30 x 40 cm con el apoyo de la herramienta adecuada según las condiciones de campo (pala recta, cava-hoyos, palanca). De la planta que proviene del vivero, se retira la bolsa plástica, se recortan las raíces torcidas, se coloca en la cepa, se orienta la planta y se procede a llenar la cepa con tierra superficial apisonando para no dejar bolsas de aire en el suelo (ver figuras 39 y 42). A cada planta, antes de plantarse, se le debe aplicar algún fungicida en el cepellón a fin de prevenir daños por enfermedades, los recomendables son captán, metalaxyl o propamocarp. En este momento es oportuno empezar con la adición de algunos bio-activadores del crecimiento que favorezcan el enraizamiento y a la vez, la protección de la raíz como son el uso de productos que contienen fosfito potasio, silicio, *Trichoderma* sp, *Bacillus* sp, etc. Éstos se aplican después del establecimiento de la planta (ver Figura 39). A cada planta recién establecida se le coloca una estaca o vara para su protección.

El árbol de pimienta puede establecerse en combinación con árboles maderables como caoba y cedro rojo los cuales tienen un crecimiento diferente al de la especie en cuestión, y además ocupan un estrato arbóreo superior, por lo que, en la etapa de madurez, la competencia por luz y nutrientes es menor, situación que favorece este sistema agroforestal. En este caso se recomienda que la plantación se haga alternando una línea de árboles de pimienta y una línea de las otras especies (cedro o caoba). La pimienta debe plantarse a seis metros de distancia entre plantas y a cuatro de la hilera de la especie forestal, es decir, a ocho metros de la otra hilera de pimienta (6 x 8). La especie forestal debe plantarse a cuatro metros entre plantas y a cuatro de la hilera de pimienta (4 x 8); es decir, a ocho metros entre hileras de la especie forestal.

En sistema de monocultivo, mientras crecen los árboles de pimienta, puede aprovecharse el espacio entre hileras para sembrar especies de ciclo anual como maíz, frijol, chile, entre otras (Figuras 44 y 45). La asociación con café, plátano y cítricos deberá ser bien planificada, ya que en estos sistemas los árboles de pimienta tienden a crecer a mayor altura por la competencia de luz, complicando las labores de cosecha (Figura 46).

Figura 44. Asociación pimienta-maíz.



Fuente: Propia

Figura 45. Asociación pimienta-frijol.



Fuente: Propia

Figura 46. Asociación pimienta-plátano-café.



Fuente: Propia

5.5. CONTROL DE MALEZA

Las regiones que producen pimienta gorda se caracterizan por la presencia de altos niveles de humedad, lo que propicia la aparición de gran cantidad de maleza, su control es uno de los renglones más importantes dada la alta inversión en el proceso de producción (el 30 % del costo de producción está asociado al control de maleza). Son particularmente una gran amenaza diferentes tipos de zacates o pastos (*Cynodon* sp, *Rottboellia* sp), la picapica (*Mucuna priuriens* L.), la sierrilla (*Mimosa diplotricha* S.), entre otras especies. La maleza, además de competir por agua y nutrientes, dificulta las labores de cosecha y se convierte en reservorio de plagas y animales peligrosos como avispas y serpientes (Figura 47). El punto crítico se ubica en los primeros dos años de la plantación en donde las gramíneas y algunas malezas de hoja ancha pueden ser gran problema retrasando el desarrollo de los árboles

El control de maleza ha sido manual, mecánico y/o químico. El control químico tradicional consiste en aplicar herbicidas en forma dirigida del tipo glifosato para hoja angosta (zacates) o desecantes como paraquat, para hoja ancha (Figura 48). Sin embargo, es conveniente definir una estrategia integral o sustentable para el manejo de la huerta. En ese sentido, y de acuerdo con cada

Figura 47. Presencia de avispas en árboles de pimienta



Fuente: Propia

región, se recomienda el uso de herbicidas desecantes sólo en época de lluvia torrencial que corresponde a los meses de abril a septiembre. En ese período la maleza tiende a crecer en forma acelerada, ya que la presencia de agua y alta temperatura la estimulan. Por lo tanto, la aplicación dirigida de desecantes cuando la maleza tiene entre 10 y 15 cm de altura permite buen control, no requiere grandes volúmenes de agua y el costo de la aplicación es el menor. El control de maleza se complementa con deshierbe mecánico cuando la plantación aún es de porte bajo y el terreno lo permite, para ello se puede usar desbrozadora, rastreo con tractor y chapeo con machete. Para evitar daño mecánico a los árboles es necesario, en algunos casos, realizar redondeo con azadón y media luna si el terreno es muy accidentado. Esta práctica ayuda también a evitar el arraigo de malezas trepadoras (Figura 49) y facilita la labor de fertilización. El uso del deshierbe manual con machete y/o azadón conviene realizarlo en la época fresca (octubre a marzo), ya que la maleza no crece a gran velocidad. Cuando la huerta alcanza los 10 años de haber sido plantada, el sombreo natural que propician los árboles reduce el desarrollo de maleza por lo que su control se facilita.

El uso de coberteras usando especies como el cacahuatillo (*Arachis pintoi*) en plantaciones ya desarrolladas es una buena alternativa de conservación del suelo y de control de maleza, manteniendo la capacidad productiva de la huerta en un sistema con enfoque sustentable (Figura 50). El propósito final es el manejo sustentable y sostenible del modelo de producción.

Figura 48. Aplicación de desecantes para el control de maleza en pimienta.



Fuente: Propia

Figura 49. La presencia de picapica (*Múcuna pruriens* L.) dificulta las labores de cosecha.



Fuente: Propia

Figura 50. Cobertera con cacahuatillo (*Arachis pintoi*) en una huerta de pimienta.



Fuente: Propia

5.6. NUTRICIÓN

Los estudios en cuanto a nutrición en pimienta aún son escasos en México. Se ha observado que existe una respuesta positiva a la práctica de fertilización, ya que las huertas mejoran sustancialmente la calidad del producto, sobre todo en cuanto a la cantidad de materia seca (fruto más pesado). En el diseño del plan de nutrición es recomendable partir siempre del análisis del suelo para tener mayor precisión en cuanto al estado nutrimental de la parcela, tener el análisis químico del agua en caso de riego y conocer las curvas de absorción nutrimental por parte del cultivo. En pimienta gorda se ha observado que el nitrógeno es fundamental para el crecimiento expresado a través de la brotación de febrero-marzo y junio-julio, sabiendo que la primera se acompaña de la emisión de racimos florales. El fósforo y el potasio están asociados con la resistencia al estrés, el amarre de fruto y la mejora en cuanto a la calidad de este. Al respecto, Krishnamoorty y Rema (2004) citan la fórmula que usan en otros países para fertilizar el cultivo de pimienta, el cual consiste en aplicar 20 g de N, 18 g de P_2O_5 y 50 g de K_2O por árbol después de la plantación. Luego se debe subir paulatinamente dicha dosis hasta llegar a 300, 250 y 750 g, respectivamente, hasta que la huerta tenga 15 años; lo anterior en dos aplicaciones por año: en mayo y septiembre.

Un programa de fertilización se puede implementar a base de triple 16 como se indica en el cuadro 4. Se coloca el fertilizante en forma de círculo en el área de goteo de la planta y es necesario incorporarlo al suelo para evitar la pérdida por volatilización.

Monrroy (2011), en su documento *Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sursureste de México*, recomienda aplicar en el primer año 100 g/planta de 16-16-16, en el segundo 300 g y después del tercero, 400 g. A partir del segundo año repartir en dos momentos la fertilización (julio y diciembre) (Cuadro 4).

Cuadro 5. Programa de fertilización en pimienta gorda a partir de la plantación

Año	Aplicación de 16-16-16 (g/planta)	
	Julio	Diciembre
1	00	100
2	150	150
3	200	200
4	200	200
5	200	200

Fuente: Monrroy (2011).

La aplicación de fertilizantes foliares son una buena alternativa para resolver problemas de brotación vegetativa y de amarre durante la floración. En el mercado existen diferentes marcas y concentración de nutrientes. Si se requiere mejorar la brotación vegetativa, tanto en vivero como en árboles en producción, se recomiendan productos que contengan fundamentalmente nitrógeno; si es para amarre de fruto aquellos que contienen microelementos (principalmente boro). En vivero, aplicaciones de ácido giberélico en concentración de 25 ppm ayuda a una buena emisión de brotes vegetativos que formarán nuevas ramas.

En regiones tropicales y subtropicales, donde el pH del suelo usualmente es de reacción ácida, la aplicación de cal dolomita en 0.5 kg por árbol después del quinto año de plantado ha dado buenos resultados. Para ello se debe limpiar la hojarasca y esparcir el material alrededor del tronco en el área de goteo, posteriormente la lluvia se encargará de su incorporación. La época más recomendable es de diciembre a enero antes de iniciar la brotación de primavera. El encalado es una alternativa viable en aquellas huertas que se pretenden manejar bajo un enfoque orgánico y sustentable.

En plantaciones asociadas a café, plátano o cítricos conviene hacer un programa integral de fertilización considerando las necesidades de cada especie en donde la pimienta se ve favorecida si la aplicación es, por ejemplo, sólo para café.

5.7. PODA

La poda es una actividad fundamental en la producción de pimienta. Los productores tradicionales no la realizan por lo que sus árboles crecen a gran altura complicando la cosecha y exponiendo a accidentes a los cosechadores (Figura 51).

Figura 51. Arboles de pimienta de crecimiento espontaneo de 30 m de altura sin poda de formación.



Fuente: Propia

La poda más importante es la de formación y se realiza desde el segundo año de la plantación con la intención de formar un árbol de porte bajo para facilitar la cosecha, disminuir la incidencia de enfermedades y mejorar la calidad de la producción. Para ello se despuntan las plantas con ayuda de una tijera especial buscando un crecimiento lateral equilibrado. Se debe proteger el corte con pintura o cera para evitar pudriciones. Conforme el árbol crece se realizan podas de brotes y de aquellas ramas internas que se han secado o desgarrado durante la cosecha. Se dejan aquellas que dan un crecimiento equilibrado a la planta en forma de candelero (Figura 52).

Los árboles que provienen de injerto crecen más compactos, y aunque la poda es necesaria no representa mayores complicaciones. En cambio, aquellos que provienen de semilla tienden a ser menos uniformes, de mayor altura, dispersos y la aparición de “machos” es más frecuente

Figura 52. Árbol de pimienta de 10 años de plantación con buena conducción por efecto de poda.



Fuente: Propia

(hasta 50 % de la población). La poda en estos casos es obligada si se requiere ser competitivo en la producción, para ello hay que esperar hasta seis años después de la plantación cuando el árbol entra a floración y se define su comportamiento. Los árboles "macho" que se requiere que permanezcan en la huerta también deben ser podados, para ello se recomienda podar de abajo hacia arriba de tal forma que el árbol tenga mayor altura. La herramienta propia de esta actividad son las tijeras para poda, serrote especial, motosierra telescópica, pintura para sellado y cera de Campeche si es necesario.

En trabajos realizados en huertas en plena producción, donde no se han realizado podas a los árboles, se ha observado que un árbol es muy sensible a la eliminación excesiva de ramas. Ante esta situación, se deben eliminar las ramas de difícil acceso en la cosecha dejando al menos un 30 % de ramas activas, ya que el árbol difícilmente se recupera y puede morir si se eliminan demasiadas (Figura 53). En ese sentido puede aprovecharse el momento de cosecha para podar las ramas de difícil acceso y obtener el fruto sin complicaciones.

La época más apropiada para realizar la poda es de diciembre a enero, esto favorecerá la emisión de nuevos brotes en primavera.

Un árbol bien conducido (ver Figura 52) manifiesta un crecimiento equilibrado, facilita la cosecha, mejora la calidad del fruto, reduce costos de aplicación de productos foliares, reduce los riesgos de accidentes de los cosechadores por caídas durante la cosecha y facilita la incorporación de mujeres las cuales han demostrado gran habilidad para la cosecha.

Figura 53. Poda de formación de un árbol adulto en etapa productiva. Dejar una tercera parte de ramas activas para evitar la muerte del árbol



Fuente: Propia

5.8. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Por tratarse de una especie que no ha sido lo suficientemente domesticada, la información en cuanto a cuestiones fitosanitarias en pimienta aún es escasa. Los problemas asociados a plagas y enfermedades tienen actualmente mayor impacto en la medida que se transita de esquemas tradicionales de producción a un sistema de monocultivo más intensivo. Al respecto, Altieri (1992, 1995, citado por Porcuna, s./f.), menciona que se ha demostrado que los sistemas agrícolas en los que hay una biodiversidad alta y una compleja estructura, se comportan como ecosistemas más maduros con un grado de estabilidad alto, aunque el ambiente sea fluctuante. En estos sistemas, las alteraciones en el ambiente físico externo como un cambio en humedad, temperatura o luz, dañan menos su equilibrio y funcionamiento debido a que la alta biodiversidad proporciona numerosos mecanismos que minimizan el estrés en la transferencia de energía y nutrientes por lo que el sistema puede adaptarse y seguir funcionando. Igualmente, los controles bióticos internos minimizan o evitan las oscilaciones destructivas de poblaciones de plagas, promoviendo la estabilidad del ecosistema (Labrador, 1994, citado por Porcuna, s. f.) incluso manteniendo en equilibrio las poblaciones de insectos que de otra forma se convertirían en plaga (Almaguer-Vargas, et al., 2018). En consecuencia, los ecosistemas modernos suponen un retro-

ceso en las secuencias de la naturaleza, llevando consigo todas las desventajas de los sistemas inmaduros, careciendo de capacidad para reciclar los nutrientes, conservar el suelo y regular las poblaciones de plagas y enfermedades. En otras palabras, una especie vegetal, en la medida que es domesticada, se hace más susceptible a factores adversos del ambiente y, como consecuencia, depende más del hombre.

Las plagas más importantes que se han detectado en una huerta de pimienta de 18 años de establecida son:

Tuza (*Thomomys umbrinus*)

Las tuzas son un grupo de roedores de la familia Geomyidae, de amplia distribución desde América del Norte hasta Centroamérica. Su tamaño oscila entre 12 y 30 cm de longitud, con un peso de hasta un kilogramo; el macho es más grande que la hembra. El color varía de gris a café-rojizo y están dotadas de grandes dientes y mejillas con bolsas adaptadas para guardar el alimento que recolectan. Sus ojos son pequeños, aptos para la obscuridad y tienen una cola corta de gran sensibilidad que las orienta dentro de las galerías cuando se desplaza hacia atrás. Viven en madrigueras que construyen en el suelo, almacenan el alimento que colectan en la superficie a partir de diversas plantas de importancia agrícola y forestal. En los árboles de pimienta, como en otras especies vegetales, roen las raíces lo que provoca el debilitamiento, la caída y, finalmente, la muerte.

La presencia de estos roedores se detecta por la formación de montones de tierra sobre la superficie que corresponden a las galerías que construyen y que permanecen tapadas para protegerse de otros predadores, del agua de lluvia e incluso de las inundaciones.

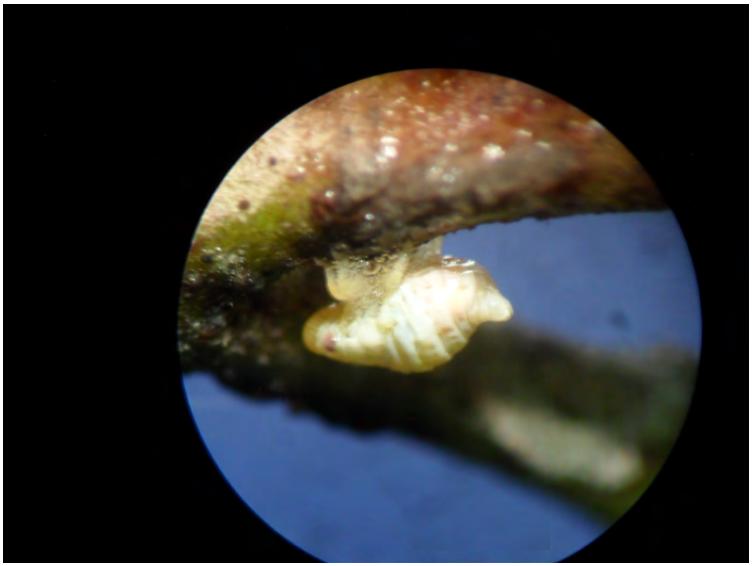
El control más efectivo sigue siendo la colocación de trampas, aunque también se han implementado cebos envenenados usando como carnada caña de azúcar o de maíz.

Chupadores: Pulgones (Aphididae), salivazo (*Aeneolamia* sp), piojos harinosos (*Planococcus* spp) y chicharritas (*Emposca* sp)

Estos chupadores, pertenecientes a diferentes familias, se presentan de forma ocasional dependiendo de las condiciones climáticas de la época y lugar. Normalmente su incidencia es mayor cuando existen condiciones de sequía y alta temperatura.

Se caracterizan por succionar la savia en los brotes tiernos y, aunque los efectos en el crecimiento no son tan evidentes, sus excreciones azucaradas provocan fumagina como daño indirecto y la presencia de hormigas que causan incomodidad a los cosechadores. El salivazo ha sido detectado atacando en los meses de agosto y septiembre en los racimos en producción, dificultando la cosecha, ya que el aspecto de saliva que produce causa incomodidad a los cosechadores (Figura 54).

Figura 54. Estado ninfal del salivazo (*Aeneolamia* sp) atacando un racimo en etapa de cosecha de pimienta.



Fuente: Propia

El control de estas plagas no ha sido evidente, pues no se han detectado mermas significativas en la producción. Sin embargo, cuando ha sido necesario controlarlas se ha recurrido a productos naturales como extracto de neem (azadaractina), BIO-DIE (ricina+argemonina+berberina) y NIRMA (jabón) en aplicaciones foliares.

Picudo en frutos (Curculionidae)

Recientemente se han observado daños en la semilla de frutos maduros asociados a un picudo (Curculionidae) aún no reportado. Se entiende que el adulto oviposita en el fruto casi al final de la cosecha, cuando la larva eclosiona se dispone a consumir la semilla. Es una plaga que se ubica en la etapa de maduración del fruto, por lo que ha pasado desapercibida y no existe una estrategia de manejo definida (Figura 55).

Trozadores (Orthóptera y Lepidóptera)

Dentro de este grupo se ubican diferentes insectos como chapulines o grillos del género *Sphenarium* spp que causan daño a las hojas de forma eventual (Figura 56). Asimismo, daños en hojas asociados a larvas de lepidópteros, dentro de las que destaca una no reportada de 0.5 cm de largo que consume la epidermis del haz de la hoja dejando un aspecto de raspado, que provoca la

Figura 55. Daño en semilla por larva de picudo (Curculionidae).



Fuente: Propia

Figura 56. Daño por chapulines en hojas tiernas.



Fuente: Propia

Figura 57. Daño foliar por un lepidóptero no reportado en pimienta.



Fuente: Propia

muerte en sectores de la hoja (Figura 57). Aún no se ha determinado un control específico para dichas plagas, pero es conveniente tener en cuenta que podrían convertirse en un gran problema en el futuro.

Hormigas (Familia Formicidae)

Las hormigas están presentes en las plantaciones de pimienta desde que se establece la huerta. Algunas especies utilizan las hojas para hacer sus nidos formando caparazones, o bien, en las axilas de las ramas donde se acumula materia orgánica. Normalmente este tipo de hormiga no representa mayor problema ya que sus mordeduras no contienen algún tipo de veneno. En cambio, existen otras especies que causan cierta molestia a los cosechadores ya que sus mordeduras resultan muy dolorosas. Estas especies se asocian con chupadores de savia como chicharritas (*Empoasca* sp), piojos harinosos (*Planococcus* sp) y pulgones (Familia Aphididae) que excretan sustancias azucaradas, alimento favorito de las hormigas. Cuando la plantación es reciente y los árboles aún son pequeños, se ha observado que las hormigas tienden a anidar en la base del árbol, formando una serie de galerías en el suelo que, en periodos prolongados de sequía, afectan su crecimiento ya que la pérdida de agua en el suelo se acelera por la presencia de las minas que la hormiga construye. El control de éstas depende del control de los insectos chupadores.

Dentro de las enfermedades más importantes se encuentran las siguientes:

Roya (*Puccinia psidii* Wint)

La roya (*Puccinia psidii* Wint) es una de las enfermedades más incidentes que pueden afectar considerablemente la producción. El ambiente favorable son temperaturas entre 13 y 25 °C (Mérida y Palmateer, 2006) con la presencia de altos niveles de humedad ambiental. Estas condiciones se presentan en plantaciones por arriba de los 400 msnm altura en la que el invierno suele ser más fresco, lo que favorece la aparición de esta enfermedad. Los daños pueden llegar a ser hasta del 50 % de pérdida de la cosecha y puede afectar el crecimiento, tanto de plantas en vivero como en campo, retrasando significativamente el desarrollo de los árboles. Al principio ataca los brotes nuevos (Figura 58) que coinciden con los meses de febrero a marzo; enseguida invade los racimos florales y después los frutos en desarrollo (Figura 59). El inóculo está presente en residuos del cultivo y en hospederos alternos como guayaba y poma rosa. Una vez establecida la infección, el periodo de incubación es de 12 a 14 días. A partir de ahí aparecen pequeñas pústulas errumpentes cubiertas de un polvo amarillo-ladrillo en el envés de las hojas, peciolos, brotes tiernos y racimos florales.

Figura 58. Daño por roya en brotes de pimienta.



Fuente: Propia

Figura 59. Daño por roya en frutos de pimienta.



Fuente: Propia

Para el manejo de la roya se recomienda realizar diversas prácticas bajo un enfoque integral con el siguiente esquema:

1) Establecer variedades o materiales de pimienta que tengan tolerancia a la enfermedad, sobre todo en huertas que se ubiquen por arriba de los 400 msnm, al respecto, ya se han detectado árboles tolerantes.
2) Realizar poda de formación para evitar crecimiento inútil que incremente la presión de inóculo e infección. De esta forma también se facilita la operación de las aplicaciones reduciendo costos.
3) Establecer un sistema de monitoreo ambiental (clima y suelo) específico y continuo para contar con datos que permitan elaborar un plan de manejo sanitario de la huerta.
4) Desarrollar un programa de nutrición equilibrando el nitrógeno y favoreciendo el fósforo y potasio.
5) Complementar las aplicaciones, ya sea al suelo o al follaje, con productos que estimulen las defensas y controlen el estrés como fosfito potasio y silicio. Dos aplicaciones al año son suficientes.
6) Bajo un enfoque sustentable, aplicar de forma preventiva en enero y junio, caldo sulfo-cálcico al follaje o productos a base de cobre. Es importante la aplicación antes del establecimiento de la infección, ya que una vez que ésta ocurre no es posible detener los daños.

7) Como método curativo aplicar ALTO 100 SL (Ciproconazol) en 250 ml por ha, realizar la aplicación en enero antes de antesis (floración), las siguientes aplicaciones serán con productos a base de cobre, principalmente.
8) Las aplicaciones deben realizarse con aspersora de motor, regulando el pH del agua entre 5.5 a 6.0 y aplicando durante la mañana o por la tarde para evitar pérdidas por volatilidad y foto degradación (Figura 60).

Figura 60. Aplicación de fungicidas contra roya en pimienta.



Fuente: Propia

Antracnosis (*Colletotrichum* sp)

Las pudriciones por antracnosis son muy comunes en lugares tropicales y subtropicales. Se trata de un patógeno que tiene amplio rango de hospederos atacando frutales como aguacate, papaya, mango o plantas anuales como frijol, chile y ornamentales. Su rango de temperatura puede fluctuar desde los 10 hasta los 40 °C con óptima de 28 °C.

En pimienta ataca desde la fase de plántula (Figura 61), en vivero hasta la fase de producción (Figura 62). Los daños a menudo habían sido confundidos con los de roya hasta que observaciones en laboratorios de la Universidad Autónoma Chapingo, en el año 2015, demostraron la presencia de *Colletotrichum* sp en muestras obtenidas en campo. Al respecto, Velázquez, et al., (2018) reportaron las especies *C. acutatum*, *C. fragariae*, *C. gloesporoides* y *C. boninense* en el Estado de Veracruz, México. Este hongo causa lesiones irregulares en los brotes terminales de color

grisáceo a obscuro retrasando significativamente el crecimiento del árbol. Estas lesiones son secas y en el centro se observa un área redonda de entre 2 y 5 mm que corresponde al cuerpo fructífero del hongo de color grisáceo-obscuro. Cercano a la cosecha en los meses de junio y julio invade los ramilletes incluyendo los frutos. Su explosividad se da después de un periodo seco seguido de la presencia de lluvia en donde los frutos caen al suelo observándose pérdidas hasta del 90 % de frutos cercanos a ser cosechados. Los frutos que se salvan presentan grandes manchas de color gris-obscuro que demeritan su calidad. Por lo tanto, el impacto en la cosecha es del 95 % entre frutos que se pierden por caída y los cosechados de baja calidad. En estas circunstancias, muchos productores deciden ya no cosechar puesto que no es rentable la actividad dado el alto costo de la mano de obra.

Figura 61. Daños por *Colletotrichum* sp en plantas de vivero de pimienta gorda.



Fuente: Propia

La estrategia de manejo va de la mano con el plan de manejo integral ya señalado para el control de la roya. Sin embargo, dada la particularidad del ataque en la fase cercana a la cosecha, conviene hacer hincapié en un manejo totalmente dirigido a evitar la caída del fruto, considerando que las lluvias son muy frecuentes en esa época y que las aplicaciones de productos preventivos son poco funcionales, pero que aplicar sistémicos también compromete los intervalos de seguridad. Ante tal situación, conviene centrar la atención en no usar variedades susceptibles y realizar, a partir del mes de junio, aplicaciones de sulfato de cobre penta-hidratado (PHYTON) en dosis de 0.5 ml/l de agua cada semana usando el equipo de aplicación adecuado, regulando el pH del agua y realizando la aplicación en la hora del día adecuada.

Figura 62. Daño por *Colletotrichum* sp en racimos y frutos de pimienta gorda.



Fuente: Propia

Muerte de árboles por pudrición de raíz: *Phytopthora* sp, *Rosellina* sp, *Armillaria* sp

La muerte de árboles en etapa productiva es común que se presente, ya que están expuestos a diversos factores que pueden inducir enfermedades sobre todo de tipo radicular. Los árboles que son plantados sufren alteraciones en el sistema de raíces, esta situación los predispone a infecciones posteriores.

De forma natural, en las regiones tropicales y subtropicales, existen microorganismos benéficos que neutralizan a los que se comportan como patogénicos. Cuando se rompe el equilibrio se expresan las enfermedades en los cultivos establecidos en sistemas de producción modernos.

Los patógenos del suelo asociados a plantaciones como café, cítricos y aguacate en general son los que también se han identificado atacando a los árboles de pimienta.

Los síntomas comienzan con un amarillamiento generalizado de la parte externa (área foliar), la emisión de brotes nuevos se disminuye y, como consecuencia, el crecimiento se detiene (Figura 63). Un árbol muestra que tiene problemas en su interior cuando acelera la producción de fruto de forma abrupta, ya que biológicamente está respondiendo a una señal de sobrevivencia en donde debe garantizar su perpetuidad a través de formar semillas para las nuevas generaciones, después de esto, puede morir.

Figura 63. Árbol con síntomas de amarillamiento foliar por ataque de hongos del suelo.



Fuente: Propia

Los muestreos de partes de raíz y base de tallo han permitido encontrar diferentes patógenos como *Phytopthora* sp, *Armillaria* sp y *Rosellina* sp que se asocian con los síntomas de la enfermedad (Figura 64). Condiciones de exceso de agua, propias de suelos arcillosos también han favorecido la enfermedad.

Figura 64. Daño por hongos en la base del tallo (izquierda) y raíz (derecha) de pimienta



Fuente: Propia

Para el manejo de estas enfermedades se recomiendan las siguientes acciones:

1) Antes de la plantación recortar las raíces dañadas y aplicar un producto preventivo como captán, metalaxyl, quitozeno o propamocarb.
2) Después de la plantación aplicar, por lo menos una vez al año, productos que contengan microorganismos como *Bacillus* sp y *Trichoderma* sp a la base del tallo.
3) En árboles grandes en producción, nunca acumule hojarasca, tierra o cualquier otro material a la base del tallo, la pimienta es muy susceptible a la invasión por patógenos saprófitos asociados a la materia orgánica.
4) Como medida curativa en árboles que presentan síntomas de enfermedad radicular, aplicar productos como RIDOMIL GOLD 480SL (metalaxyl), BENOMYL 50 (benomilo) y TECTO 60 (thiabendazole). Para ello, limpiar el área y realizar una serie de agujeros en el área de goteo del árbol. Preparar una mezcla del fungicida, por ejemplo: en un bote de 19 litros de agua disolver 9.5 g de RIDOMIL GOLD 480 SL (0.5 g/l) y distribuir la mezcla en los diferentes agujeros alrededor del árbol; después, la lluvia se encargará de difundir el producto en el área de raíces (Figura 65), de esta forma el árbol se recuperará satisfactoriamente.

Figura 65. Aplicación de fungicidas a la base del árbol.



Fuente: Propia

5.9. OTRAS ACTIVIDADES

Dependiendo de las condiciones propias de cada huerta, existen otras actividades que se deben considerar para lograr condiciones óptimas de operación. A continuación, se enlistan algunas de éstas:

Limpieza de troncos: es necesario recorrer la huerta limpiando cada uno de los troncos, ya que en las bifurcaciones se acumula hojarasca que, con el tiempo, provoca pudriciones, se desarrollan plagas y hormigas que dificultan las labores de cosecha (Figura 66).

Figura 66. Acumulación de materia orgánica en troncos.



Fuente: Propia

Destrucción de nidos y panales: es común observar, nidos de ardillas y panales de avispas que causan molestias a los cosechadores, por lo que se deberán retirar de los árboles antes de cosecha (Figura 67).

Limpieza de ramas: después de la cosecha quedan ramas rotas o torcidas las cuales se recomienda retirar. Al mismo tiempo, quitar plantas parásitas que son comunes en regiones tropicales y restos de picapica.

Figura 67. Presencia de avispas en árboles de pimienta



Fuente: Propia

6. COSECHA

6.1. COSECHA DE FRUTO

En la región del Totonacapan, en la zona norte del estado de Veracruz, la cosecha inicia a finales de julio, continua en agosto y termina en septiembre. El fruto está listo para ser cosechado cuando sus semillas adquieren un color púrpura y la superficie del fruto cambia de verde intenso a verde claro con aspecto rugoso (ver figuras 15, 16, 29, 36 y 68), éstos deben cosecharse antes de que maduren ya que no tienen valor comercial en ese estado. El inicio de la cosecha depende de la precocidad de cada árbol; es decir, no todos llegan a punto de cosecha al mismo tiempo, por lo que existe un rango de hasta ocho semanas de cosecha, siendo los últimos árboles a los que se les conoce como tardíos. Aun así, un árbol que se encuentra en condiciones para ser cosechado puede esperar hasta dos semanas, momento en el que empiezan a aparecer los primeros frutos maduros. Así mismo, el fruto cosechado dentro de una misma planta muestra diferentes grados de desarrollo, ya que los racimos florales que le dieron origen muestran gradientes de floración. La flor de mayor precocidad se ubica en el centro de cada racimo floral, enseguida abren las flores de la periferia y, finalmente, el periodo de floración termina después de cuatro a cinco eventos de antesis. Esto se refleja necesariamente en gradientes de desarrollo de frutos por lo que en la cosecha se tendrán frutos maduros y frutos verdes de diferente grado de desarrollo en un mismo árbol.

El tiempo de entrada a cosecha no es un factor fundamental en cuanto a valor del producto en el mercado, ya que el fruto puede ser deshidratado (secado) para su venta pudiendo ser almacenado durante varios meses, por lo que el precio depende del mercado internacional. El verdadero valor lo representa el acceso a la mano de obra que es escasa, sobre todo cuando se concentra la cosecha, por lo que árboles precoces o tardíos tienen mayor posibilidad de ser cosechados.

Para la cosecha de árboles grandes cuyo establecimiento no fue planeado (Figura 69) existen personas con la habilidad y la experiencia suficiente para trepar en los árboles con gran altura

Figura 68. Producción de frutos listos para ser cosechados.



Fuente: Propia

Figura 69. Cosecha tradicional en árboles de gran altura.



Fuente: Propia

(pueden alcanzar más de 25 m). Para ello, se apoyan con vigas y escaleras que usan como travesaño entre las ramas, se amarran con cuerdas y usan ganchos de madera para acercar las ramas. Esta modalidad, que es la tradicional, ha tenido serias repercusiones ya que en promedio se registran dos accidentes debido a caídas en cada temporada. En estos casos, el acuerdo al que llegan los cosechadores con los dueños de árboles es que, de la cosecha total, la mitad es para el cosechador (a "medias") y se deslindan de la responsabilidad.

En plantaciones comerciales con manejo apropiado se puede cosechar con el uso de escaleras (Figura 70), el fruto se desprende en forma manual procurando que se encuentre libre de hojas, racimos y/o ramas. El fruto se coloca en depósitos de boca abierta que se amarran a la cintura del cosechador o en un "ayate" que consiste en una bolsa abierta en forma de hamaca tejida de yute o polipropileno que se cuelga cruzada al cuello (Figura 71). Cuando se ha llenado, o su peso es considerable, se vacía en costales de fibra plástica de 30 kg y se traslada al centro de acopio previa limpieza de ramas, hojas, restos de racimos y otros (Figura 72). Un cosechador experimentado puede cosechar hasta 75 kg de fruto limpio en una jornada, aunque la mayoría cosecha entre 40 y 50 kg si la carga del árbol es adecuada.

Es importante que los árboles no sean maltratados, ya que su recuperación es lenta y tardan hasta dos ciclos para reponerse, por ello no se aconseja el uso de tijeras, guadañas o algún tipo de motosierra para derribar ramas con racimos.

Figura 70. Cosecha usando escalera en árboles de pimienta de baja altura.



Fuente: Propia

Figura 71. Cosecha con "ayate" y cosechador mecánico en árboles de baja altura.



Fuente: Propia

Figura 72. Traslado a centro de acopio.



Fuente: Propia

Bajo un esquema de Buenas Prácticas Agrícolas (inocuidad) se recomienda construir sanitarios bien distribuidos en la huerta, dotar a cada trabajador de soluciones sanitizantes como gel anti-bacterial y evitar el acceso de personas enfermas. Estas acciones se deben complementar con cursos de capacitación o concientización, ya que en las regiones productoras de pimienta tradicionalmente no se han realizado estas acciones por lo que las personas se muestran reacias a estos procedimientos.

Un problema asociado a la etapa de cosecha en plantaciones comerciales se relaciona con la falta de mano de obra con experiencia. Esta situación ha llegado a limitar dicha actividad quedando huertas sin cosechar encareciéndose así dicho proceso. Como respuesta, se están evaluado métodos alternativos de cosecha como la mecanización, aunque sin muchos avances hasta el momento. Mientras tanto, resulta prometedor el uso de un rastrillo manual (ver Figura 71) que se apoya con una campana de captación de la cosecha tipo embudo que se cuelga entre las ramas, la pimienta cosechada se conduce a la base del árbol mediante un ducto de polipropileno y después de su limpieza se coloca en sacos para su traslado al centro de acopio (Figura 73).

Figura 73. Cosecha de pimienta usando campana de captación de fruto tipo embudo.



Fuente: Propia

Los frutos de pimienta cosechados se depositan en sacos de polipropileno de 30 kg, luego son transportados al centro de acopio para su venta o, bien, directamente al área de secado (ver Figura 72). La pimienta no tolera más de un día almacenada en fresco y a temperatura ambiente, ya que la temperatura interna (dentro del envase o el fruto amontonado) se eleva alcanzando

más de 55 °C. En esas condiciones cambia de color verde a café claro o marrón. Sin embargo, durante el proceso de secado poner a fermentar el fruto en ciertos momentos, aprovechando el incremento de temperatura interna ("sudado"), es una práctica artesanal de secado que, según los pobladores, mejora su calidad.

6.2. COSECHA DE RAMA CON HOJA

En la región del Totonacapan al norte del Estado de Veracruz, los pobladores consumen la hoja fresca como condimento en diversos platillos regionales y tiene preferencia sobre el fruto (Figuras 74 y 75) el cual es cosechado exclusivamente para la venta fuera de la región.

El consumo de hoja se da durante todo el año por lo que su cosecha se ve limitada en la época de bajo crecimiento activo (noviembre a febrero). Se prefieren hojas frescas bien desarrolladas, no deben estar senescentes ni tiernas y localmente se comercializan en manojos en donde se recortan ramas terminales del árbol de 0.5 m de largo conteniendo las hojas para formar manojos de 5 a 10 ramas (Figura 75).

Figura 74. Tianguis en Altotonga, Veracruz, comercio de manojos de pimienta.



Fuente: Propia

Figura 75. Manojo de ramas con hojas de pimienta, tianguis de Altotonga, Veracruz.



Fuente: Propia

Los pobladores saben distinguir la calidad de la hoja, éstas deben tener olor típico a pimienta ya que existen árboles en los que las hojas que producen despiden olor diferente parecido al del aguacate, clavo o canela.

En estudios preliminares en laboratorio se observó que no existen diferencias considerables en cuanto a contenido de aceite entre las hojas y los frutos, independientemente si las hojas provenían de árboles "macho" o "hembra". Esto confirma lo valioso del conocimiento empírico-tradicional de los pobladores. Además, se abre la posibilidad de darle un uso razonable a los árboles que se comportan como "macho". Al respecto, Montalvo-Lopez *et al.* (2021), en su estudio "Diversity of Volatile Organic Compounds in leaves of *Pimenta dioica* L. Merrill at Different Developmental Stages from Fruiting and no-fruiting Trees", mencionan que en arboles de dos años las hojas maduras son las que contienen más compuestos volátiles, mientras que en árboles adultos productivos se da en las hojas jóvenes, independientemente de si son "hembra" o "macho". Sin embargo, el eugenol que representa el metabolito secundario más importante fue más notorio en plantas "hembra".

En otras observaciones de laboratorio se encontró que las hojas empaquetadas en bolsa celofán (Figura 76) pueden permanecer verdes hasta por 30 días sin refrigeración y manteniendo su calidad. Desde luego, la refrigeración prolonga aún más su vida de anaquel. Las hojas deshidratadas al sol, o mediante estufa, también representan una opción viable de consumo, ya que conservan su olor y sabor indefinidamente.

Figura 76. Hoja fresca de pimienta para consumo.



Fuente: Propia

7 . PROCESO DE SECADO, CLASIFICACIÓN Y EMPAQUE

Después de la cosecha del fruto, éste se traslada al centro de acopio o al sitio de secado. Existen, en general, tres métodos de secado: tradicional (artesanal), industrial y mediante secadora solar.

7.1. SECADO ARTESANAL

Aunque actualmente es poco usado, el método de secado artesanal o tradicional está reconocido por la NMX-FF-063-1987. En éste, los productores secan la pimienta al sol, para ello depositan el fruto en planchas de concreto o en tapetes construidos de palma o yute. Previa limpieza de hojas, palillos y ramas se extiende y con el uso de rastrillos se remueve cada dos horas el fruto. Los primeros dos a tres días se recoge por la tarde y se cubre con petates para que el fruto se "sude" con el incremento de la temperatura interna. Esto permite que se cure el fruto dándole mejor aroma y sabor adquiriendo un color café marrón cuando está seco. Se extiende al sol por los días necesarios hasta conseguir un sonido tipo "sonaja o repiqueteo" cuando se toma un puño de fruto y se sacude la mano. Dicho método actualmente es poco usado ya que depende de las condiciones ambientales y el riesgo de contaminación por partículas extrañas es mayor, situación que limita el mercado cuando se adoptan protocolos de inocuidad. En Honduras, la Secretaría de Agricultura y Ganadería del gobierno de la República (2014), en su documento "El Mercado de la Pimienta Gorda", señala que los granos de pimienta gorda generalmente se cosechan cuando están completamente desarrollados, pero de color verde. La altura de los árboles dificulta la mecanización del proceso, por lo que la cosecha a mano sigue siendo muy común. Los frutos cosechados se apilan en pequeños montones, de aproximadamente 60 cm de alto, y fermentan entre cuatro y cinco días. Durante este tiempo, la temperatura aumenta debido a procesos microbianos de "transpiración" que hacen que los granos se pongan marrones. Los granos curados se secan al sol sobre pisos de hormigón durante siete a diez días. En este periodo, se les rastrilla dos a tres veces al día para evitar el crecimiento de moho y acelerar el proceso de secado. Los granos secos son de color marrón-negruzco y deben repiquetear cuando se los agita. Una vez terminado este proceso, los granos se pueden vender enteros o molidos.

7.2. SECADO INDUSTRIAL O MECÁNICO

Cuando se manejan grandes volúmenes de producción no es posible depender de las condiciones ambientales. Para ello se recurre a un proceso de secado industrial que incluye las siguientes etapas:

a) Recepción del producto: El arribo de la pimienta al área de secado se da en instalaciones propias que permiten el proceso de secado en serie. La primera acción consiste en pesar y determinar la calidad del producto ya que se debe conciliar el precio con el productor o acopiador de campo. Muchas veces la pimienta recién cosechada llega al centro de acopio o de secado con demasiada materia no deseable como ramas, hojas, palillo y fruto maduro. Al mismo tiempo se revisan aspectos de apariencia como son fruto manchado por efecto fitosanitario o quemado por exceso de temperatura no controlada por permanecer demasiado tiempo el fruto en verde amontonado (se estima una merma del 1.5 % por día si el fruto en verde permanece amontonado). Estas condiciones son base importante para la determinación del precio del producto cosechado que ingresa al área de secado.

b) Despicado: Cuando el fruto cosechado trae demasiado material no deseable como fruto con palillo, hojas y ramas, se somete a un proceso de despicado usando una maquina hechiza que provoca un golpeteo mediante aspas sobre el producto provocando su desprendimiento. Con el auxilio de una corriente de aire se separa el fruto del material extraño el cual fluye por un canal diferente. El fruto limpio se traslada mediante un sistema sin fin y canjilones al sitio de secado.

   La basura se colecta por otra salida y se concentra en un sitio de composteo. Sin embargo, dicho material también puede ser un insumo importante para otros procesos como el secado para polvo y para la extracción de aceites y oleorresinas como ocurre en otros países.

c) Traslado a sitio de secado: La pimienta verde limpia puede venir del proceso de despicado y limpieza o directamente de campo cuando la cosecha se ha hecho con el cuidado suficiente. El fruto se deposita en una tolva la cual está conectada a elevadores de canjilones y trasportadores sin fin, que trasladan el fruto verde a las máquinas secadoras.

d) Secado: El fruto verde es captado por una serie de tolvas que alimentan a las secadoras. Las secadoras más comunes son las rotativas tipo GUARDIOLA. Al respecto, Martínez, *et al*. (2013) citan que, el secado artificial se realiza utilizando máquinas secadoras tipo guardiola, con capacidad de 15 a 20 quintales. Se llena la secadora con pimienta verde con 1,000 a 1,500 kg, y se pone en marcha a una temperatura de 60 a 80 °C, con seis vueltas por minuto, en un periodo de ocho a 10 horas; al término de

este lapso, se apaga la secadora y se cubre con una lona o plástico nylon para que sude y escurra la pimienta; al otro día se vuelve a cargar la guardiola, se enciende a 70 °C, seis vueltas por minuto; por un periodo de 28 hasta 32 horas.

Se observa que estas secadoras trabajan usando gas, aunque existen algunas que usan la paja seca del café como material combustible. El calor seco y libre de humo es captado y proyectado mediante una corriente de aire que provoca un ventilador eléctrico y que se canaliza al interior del cilindro rotatorio en donde se encuentra el fruto de pimienta. Aunque el rango de temperatura puede variar entre 60 y 80 °C, algunas empresas llegan a acelerar el proceso usando hasta 90 °C logrando un 10.5 % de humedad en 19 horas (Hugo Barreda, comunicación personal).

Purseglove, *et al*., (1981) indican que temperaturas de secado por arriba de 75 grados centígrados pueden dañar los compuestos volátiles, así como el color del fruto seco. Una combinación entre método tradicional y terminación del proceso de secado con secadora mecánica es un procedimiento que ofrece buenas posibilidades ya que se conserva la calidad y al mismo tiempo se eliminan contaminantes biológicos.

e) Soplado: El fruto de pimienta se considera seco con fines comerciales cuando alcanza entre 10 y 11 % de humedad. En ese momento se extrae de la secadora mecánica y se transporta mediante un sistema sin fin y/o canjilones según sea el caso hacia el área de limpieza. Para ello, se utilizan máquinas diseñadas para tal fin en donde, con el apoyo de un motor eléctrico, se acciona un ventilador que separa el material ligero diferente al fruto seco. Tanto fruto seco limpio como material extraño se envasan para su posterior tratamiento.

f) Envasado: El fruto seco y limpio se envasa en costales de polipropileno o yute de 50 kg. Se almacena en un espacio limpio y con buena ventilación a 21 °C y no más de 75 % de humedad ambiental. Es importante que el producto esté aislado del piso por eso se requieren tarimas de madera o plástico.

7.3. SECADORA SOLAR

Existen otras opciones de secado mediante la energía solar (secadoras solares) las cuales están en proceso de diseño y prometen ser una buena opción (Figura 77). La secadora solar consiste en un espacio cubierto por una película plástica, la cual permite el paso de la luz y por el cambio de longitud de onda corta a larga se produce un incremento de temperatura que puede alcanzar hasta 60 °C. Se pueden diseñar ventilas protegidas con mallas y cortinas para abrir o cerrar cuando sea necesario y al mismo tiempo, colocar un extractor de aire para sustraer la humedad del

espacio interno. En el interior se diseñan camas de 1.0 m de ancho y 0.8 m de altura. Es importante contar con acceso controlado para evitar la entrada de animales domésticos y otras formas de contaminantes.

El fruto verde se deposita en las camas de secado previa limpieza de ramas, palillo y otras partículas extrañas y se remueve cada dos horas. Son suficientes tres días soleados para alcanzar el punto apropiado de secado. Después del secado se procede a limpiar el fruto con el apoyo de ventiladores domésticos.

Figura 77. Secadora solar de pimienta.



Fuente: Propia

Este sistema de secado tiene la ventaja de que no se expone el fruto en proceso de secado a la humedad repentina por efecto de lluvias, se aprovecha el incremento de temperatura por el sol y los procesos son inocuos, la calidad se mejora ya que se logra un buen color de fruto seco y los compuestos volátiles se conservan.

7.4. CLASIFICACIÓN E INOCUIDAD DE PRODUCTO Y SUBPRODUCTOS

Sólo las grandes empresas comercializadoras llevan a cabo procesos de clasificación de la pimienta seca. Normalmente se apegan a la norma oficial mexicana NMX-FF-063-1987 y a protocolos de clasificación específicas de acuerdo con el mercado que así lo requieran. La NMX-FF-063-1987 define a la pimienta gorda seca como la baya cosechada en su estado sazón o madurez fisiológica y posteriormente secada al sol, perteneciente a la familia de las Mirtáceas, del género *Pimenta* y especie *officinalis* o *dioica*. La pimienta gorda beneficiada se clasifica de acuerdo con sus especificaciones en un solo grado de calidad: Calidad México. Dentro de las especificaciones sensoriales señala que las bayas deben ser cosechadas en su madurez fisiológica y sometidas a un tratamiento de secado adecuado (proceso de beneficio) para desarrollar su sabor y aroma, estar bien desarrolladas, enteras, sanas, limpias y de superficie rugosa característica. Ser de olor y sabor aromático y penetrante, libre de olores y sabores extraños y de pedúnculo. Deben estar libres de defectos de origen mecánico, entomológico, microbiológico, entre otros y las bayas deben presentar un color café rojizo o café oscuro.

En cuanto a especificaciones físicas y químicas, la NMX-FF-063-1987 considera las siguientes características (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 6. Especificaciones físicas para pimienta gorda seca según la NMX-FF-063-1987

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION
Tamaño: Diámetro ecuatorial	Mínimo 4.0 cm
Frutos quebrados y/o no desarrollados	Máximo 4.0 (% m/m)
Materia extraña	Máximo 1.0 (% m/m)
Excretas de roedor	Máximo 2 (piezas/kg)
Otras excretas	Máximo 10 (mg/kg)
Insectos enteros muertos	Máximo 2 (piezas/kg)
Frutos manchados o dañados por barrenador	Máximo 1.0 (% m/m)
Frutos con moho	Máximo 2.0 (% m/m)

Nota: m/m= masa/masa en base seca

A nivel internacional cada mercado tiene parámetros definidos de calidad a los cuales se sujetan los exportadores de pimienta. Los aspectos de limpieza, bioseguridad y económicos son los elementos centrales de los criterios de calidad. Los estándares normativos están contenidos en los Sistemas de Gestión (SG) dentro de los cuales se encuentran los ISO (International Organization For Standarization). Las especificaciones de limpieza están contenidas en normas como la "Food and Drug Administration Defect Action Levels" (FDADAL) de los Estados Unidos, o de prácticas comerciales como la "American Spices Trade Association" (ASTA), entre otras. El CO-

Cuadro 7. Especificaciones químicas para pimienta gorda seca según la NMX-FF-063-1987.

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACION
Humedad	Máximo 12.10 (% m/m)
*Cenizas totales	Máximo 6.70 (% m/m)
*Cenizas insolubles en ácido	Máximo 0.35 (% m/m)
**Aceite esencial o volátil	Mínimo 3.0 (cm^3/100g)

Nota: *En base seca, **Centímetros cúbicos por 100 gramos de muestra

DEX ALIMENTARIUS es una organización internacional dependiente de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y de la Organización Mundial de la Salud que regula la producción y distribución de alimentos inocuos y de calidad.

De acuerdo con los criterios internacionales la pimienta gorda o de Jamaica se describe como el fruto seco completamente maduro (madurez comercial), pero inmaduro fisiológicamente de *Pimenta dioica* L. Merrill de 6.5 a 9.5 mm de diámetro, con un color marrón oscuro, superficie algo rugosa y que lleva un pequeño anillo formado por los restos de los cuatro sépalos del cáliz. Puede presentarse entera o molida y aproximadamente 13 frutos por gramo (Figura 78).

Figura 78. Frutos secos de pimienta aptos para consumo.



Fuente: Propia

En cuanto a las normas establecidas, la Asociación Estadounidense de Comercio de Especias (ASTA por sus siglas en inglés) adoptó una serie de Especificaciones de Limpieza para especias, semillas y hierbas en 1969, las cuales han sido modificadas varias veces, habiéndose aplicado los cambios más recientes en 2007. Las Especificaciones de Limpieza de la ASTA se concibieron a fin de cumplir o superar los Niveles de Acción por Defectos (NAD) de la Oficina de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA por sus siglas en inglés). Los Niveles de Acción por Defectos (NAD) se refiere al Título 21 del Código de Regulaciones Federales, Parte 110.110, que habilita a la Oficina de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA), para establecer niveles máximos de defectos naturales e inevitables en alimentos para consumo humano que no representen un riesgo para la salud (Cuadro 8).

Cuadro 8. Especificaciones de limpieza de acuerdo con la FDA para pimienta.

Especificaciones de Limpieza		Niveles Máximos de Acción por Defectos (NAD)
Insectos enteros muertos	Por conteo	2.0
Excrementos de mamíferos	Por mg/lb	1.0
Excrementos de otro tipo	Por mg/lb	1.0
Moho	% por peso	1.0
Daño/infestación de insectos	% por peso	1.0
Materia superflua o extraña	% por peso	0.50

Fuente: Asociación Estadounidense de Comercio de Especias (ASTA), modificada en 2011.1citada por SAG-Gobierno de Honduras, 2014.

El fruto seco contiene aceites fijos y volátiles, resinas, proteínas, almidón, pigmentos, minerales, vitaminas etc. Los diferentes constituyentes de los aceites definen la calidad y el aroma de la pimienta. Los compuestos fenólicos como eugenol, metil eugenol y los compuestos de tipo terpenoide como β-mirceno, eucaliptol y β-cariofileno son los compuestos presentes en mayor cantidad, aunque se han descubierto más de 60 compuestos en menor concentración. Sin embargo, otros factores como el clima, el material vegetal y el estado de madurez pueden hacer variar estos contenidos (B. Krishnamoorty & J. Rema, 2004). Al respecto, Almeda (2019) en un estudio en Guatemala encontró que los niveles de aceite (oleorresinas) varían significativamente en hojas y frutos de acuerdo con la altitud. El eugenol (que es uno de los componentes más importantes) alcanza mayores valores conforme el cultivo se desarrolla a mayor altitud, lo que demuestra la mejor calidad de la pimienta en estas condiciones (Cuadro 9). Aunado a lo anterior, Almeda (2019) reporta un proceso que consiste en someter el fruto cosechado en agua hirviendo por 10 minutos, para eliminar

[1] Para mayor información consultar en:
http://www.egeliihracatcilar.com/duyurudoc/20114211545360%5CASTAGuidance.pdf

microbios y proceder al secado consiguiéndose mejor calidad. En general, una temperatura que no supere los 75°C en el secado es recomendable para que no haya modificaciones en los compuestos volátiles y permite una buena destrucción de microbios (Purseglove, *et al*., 1981).

Cuadro 9. Contenido de eugenol en muestras de pimienta obtenido en diferentes altitudes en municipios de Guatemala

Departamento	Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Parte vegetal	Contenido de eugenol (% de área)
Melchor de Mencos	75		4.040	
Petén	Dolores	400	Hojas	5.830
	San Luis	575		7.400
	Santa María Cahabón	238		0.840
Alta Verapaz			Hojas	
San Pedro Carchá	1300		1.670	
	Campur	1475		0.000
Melchor de Mencos	75		9.870	
Petén	Dolores	400	Frutos	16.050
	San Luis	575		21.540
Santa María Cahabón	238	11.590		
Alta Verapaz	Frutos			
San Pedro Carchá	1300	49.980		
Campur	1475	59.630		

Fuente: Almeda (2019).

La cantidad de aceite que producen los frutos secos fluctúa entre 3.0 y 4.5 %. Los componentes del aceite no son diferentes del que producen los frutos verdes con excepción de los mono-terpenos que son más elevados (Ashurst, *et al*., 1972). Purseglove *et al*. (1981) citan que en Jamaica la pimienta gorda ha presentado concentraciones de aceite esencial que van desde el 3.0 hasta 4.5 % con algunas colecciones que llegaron a reportar hasta 7.0 %, lo que las hace más atractivas para procesos de destilación. Las huertas son establecidas con un buen manejo agronómico a diferencia de México y Centroamérica que gran parte de la producción proviene aun de árboles silvestres. Dicha producción se prefiere en el mercado internacional como pimienta entera, en polvo y molida.

Las hojas también producen aceite el cual se puede extraer por hidro-destilación. Se encontró que las hojas secas producen entre 0.5 y 3.0 % de aceite mientras que las frescas entre 0.3 y

1.25 %. El componente más alto del aceite de hojas es el eugenol (65-96_%), ligeramente más alto que en fruto pero que puede estar influenciado por la ubicación geográfica de la especie (Pino y Rosado, 1996; Pino, *et al*., 1997; citados por B. Krishnamoorty and J. Rema, 2004; Almeda, 2019).

7.5. EMPAQUE Y CONSERVACIÓN

El fruto seco de pimienta gorda se envasa en costales de 50 kg de polipropileno o ixtle. La humedad del fruto seco de entrada al almacén fluctúa entre el 10.5 y 11 % y para conservar sus características debe almacenarse a temperatura de 21°C y humedad ambiental de no más del 70 % por un periodo no mayor a dos años. Debe evitarse el contacto con el suelo o piso por lo que se deben usar tarimas de madera o plástico, estar aislado de otros productos que pueden contaminarlo, ya sea por aroma, partículas extrañas o agentes biológicos.

Purseglove, *et al*. (1981) indican que la mejor conservación de la pimienta seca se consigue con envases de cartón corrugado con revestimiento de polietileno o en recipientes herméticos. En cambio, la NMX-FF-063-1987 establece que el empaque:

a. Deben reunir la calidad y la resistencia que garanticen el estibado y la transportación al lugar de consumo.

b. Pueden ser de cualquier material adecuado y conveniente, de las dimensiones que se adapten a las necesidades de transportación nacional e internacional, según sea el caso.

c. Deben reunir las condiciones de higiene y resistencia a la humedad y temperatura que garanticen una adecuada conservación del producto.

d. Para exportación deben ser sacos de henequén o yute nuevos, con las dimensiones siguientes: capacidad 50 kg, largo 1.10 m por 0.68 m de ancho.

Cada saco deberá ser etiquetado con las siguientes especificaciones:

a. Nombre del producto y presentación.

b. Nombre comercial, marca o identificación simbólica del productor o envasador.

c. Nombre y dirección del productor, distribuidor o exportador y, cuando se requiera, el del importador.

d. Zona regional de producción y la leyenda “Producto de México”.

e. Fecha de cosecha y envasado.

f. Designación del producto “Calidad México”.

g. Contenido neto en gramos o kilogramos.

El efecto fundamental cuando la pimienta seca se almacena en temperaturas superiores a las recomendadas se da por la pérdida paulatina del conjunto de compuestos volátiles que caracterizan el olor y sabor. Al mismo tiempo, el riesgo de contaminación microbiológica cruzada es alto si no se cuentan con instalaciones certificadas para su almacenamiento, situación que pone en riesgo la calidad y bioseguridad del producto poniendo en riesgo su factibilidad de comercialización. El aceite esencial debe almacenarse en condiciones de refrigeración y en frascos de vidrio ámbar bien sellados para evitar derrames.

8. SITUACION DEL MERCADO

Según datos de la Food and Agricultural Organization Statistical (FAOSTAT, 2022), México se posiciona como el décimo productor mundial de pimienta gorda, con una producción cercana a las 11,000 toneladas, y ocupa el decimonoveno lugar en exportaciones globales, alcanzando las 1,764 toneladas. La superficie destinada al cultivo de esta especia es de 3,448 hectáreas, con un rendimiento promedio de 3.02 toneladas por hectárea (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022). En este contexto, Veracruz destaca como el principal productor, liderando la superficie sembrada con un notable 43.07%. Le siguen Tabasco con un 34.65%, Chiapas con un 11.66%, Puebla con un 6.41%, Campeche con un 3.77% y Oaxaca con un 0.43%. Este desglose evidencia la preeminencia de Veracruz y Tabasco en la producción de pimienta en México, subrayando su importancia en la cadena de suministro nacional e internacional.

Martínez et al. (2013), identificaron en su estudio dos principales canales de comercialización de la pimienta gorda. El primero está dominado por la participación de los productores a través de sus uniones y empresas comercializadoras, especialmente cuando el producto está destinado mayoritariamente a la exportación. El segundo canal es más tradicional, en el que intervienen acaparadores locales y regionales que dirigen el producto hacia el mercado interno, como las centrales de abasto (Figura 79).

Las agroindustrias dedicadas a la transformación y comercialización de pimienta se dividen en dos categorías principales. Por un lado, las beneficiadoras pequeñas, que procesan entre 30 y 40 toneladas anuales, operan con procesos manuales y aplican controles de calidad empíricos o visuales. Estas empresas enfrentan el desafío de limitar su acceso a mercados más amplios debido a sus bajos volúmenes de producción, lo que restringe su capacidad de expansión y competitividad en el mercado. Por otro lado, las grandes comercializadoras, que procesan más de 1,000 toneladas anuales, utilizan tecnologías mecanizadas avanzadas y cumplen con los estándares de calidad establecidos por la Norma Mexicana NMX-FF-063-1987. Aunque tienen acceso a mercados nacionales e internacionales y una mayor capacidad de producción, deben enfrentar el

reto de garantizar la estandarización de la calidad de la materia prima, dado que procesan frutos de pimienta provenientes de múltiples productores. Estos desafíos reflejan las diferencias fundamentales en la operación y en la estrategia de mercado de cada tipo de agroindustria.

De acuerdo con la International Trade Centre (ITC, 2023), la pimienta gorda, conocida en el comercio mundial como Mexican Pepper, se exporta a 18 países distribuidos en tres continentes. En América, los Estados Unidos son el principal importador, adquiriendo el 84.3% de las exportaciones, mientras que, en Europa, los Países Bajos compran el 3.3%, entre otros. Según Córdoba Carballo (2017) en su capítulo de libro "Pimienta y Mercado Diferenciado", para el año 2016, la empresa "Asociaciones Agroindustriales Serranas (AAS)" exportó más del 20% del total de las exportaciones de pimienta gorda, posicionándose como la principal empresa exportadora en México (Cuadro 10).

Cuadro 10. Exportación total de pimienta gorda en México y participación de la principal empresa exportadora.

Cosecha	Exportación total nacional (ton)	Exportación AAS	% Participación.
2016	6,783	1,492	22
2015	8,074	1,681	21
2014	7,802	1,073	14
2013	6,376	602	9

Fuente: Información facilitada por AAS citada por Córdoba, C. P. (S/F)

Entre 2003 y 2022, el volumen de exportaciones de pimienta mexicana disminuyó a una tasa anual compuesta de aproximadamente 2.6%, a pesar de un incremento moderado del valor en 0.41% anual (FAOSTAT, 2022). Esta caída se debe a varios factores, como el cambio en la demanda global hacia otras especias, la competencia de países como Vietnam, Brasil y Emiratos Árabes Unidos que ofrecen precios más bajos o mejor calidad. Además, el aumento de costos de producción y logística, junto con políticas comerciales y arancelarias cambiantes y normativas de calidad en evolución, han restringido el acceso de la pimienta mexicana a ciertos mercados. Aunque el precio ha aumentado, el volumen exportado ha disminuido por estos factores combinados.

En 2013, México lideró las exportaciones de pimienta desde Centroamérica hacia Estados Unidos, con un valor de 1.32 millones de dólares, según la Secretaría de Agricultura y Ganadería del Gobierno de Honduras (2014). Le siguió Honduras, con exportaciones valoradas en 1.31 millones de dólares. Guatemala ocupó el tercer lugar con 314 mil dólares, destacando que su principal mercado para la pimienta es Alemania. Costa Rica, que comenzó a exportar pimienta hacia Estados Unidos en 2012, se situó en última posición con 10 mil dólares en exportaciones, experimentando una disminución en volumen y valor en 2013 en comparación con el año anterior (Cuadro 11).

Cuadro 11. Producción de pimienta gorda de la región Centroamérica

País	2009		2010		2011		2012		2013	
	TM	En miles USD	TM	En miles USD	TM	En miles USD	TM	En miles USD	TM	En miles USD
México	242	603	465	1,453	266	666	410	1,294	430	1,325
Honduras	162	412	120	350	50	176	229	783	388	1,310
Guatemala	165	306	135	473	176	517	228	433	210	314
Costa Rica	0	0	0	0	0	0	14	22	8	10
TOTAL	569	1,321	720	2,276	492	1,359	881	2,532	1,036	2,959

Fuente: SAG. Gobierno de Honduras (2014).

Para el análisis de precios a nivel regional, se utilizaron los precios Free On Board (FOB) de las exportaciones de pimienta hacia Estados Unidos, que es el principal socio comercial de Honduras y el principal destino de sus exportaciones de esta especia. En 2013, Honduras y México destacaron en valor unitario, con precios FOB de 3,376 dólares por tonelada métrica para Honduras y 3,081 dólares para México. Es importante señalar que los precios FOB de México y Honduras han mostrado una tendencia estable al alza, mientras que Guatemala ha experimentado una tendencia a la baja y Costa Rica ha mantenido una tendencia inestable (Cuadro 12).

Cuadro 12. Precios históricos de pimienta en la región Centroamérica.

País	Precio (USD/TM)				
	2009	2010	2011	2012	2013
México	2,492	3,125	2,504	3,156	3,081
Honduras	2,543	2,917	3,520	3,419	3,376
Guatemala	1,855	3,504	2,938	1,899	1,495
Costa Rica	0	0	0	1,571	1,250
TOTAL	2,322	3,161	2,762	2,874	2,856

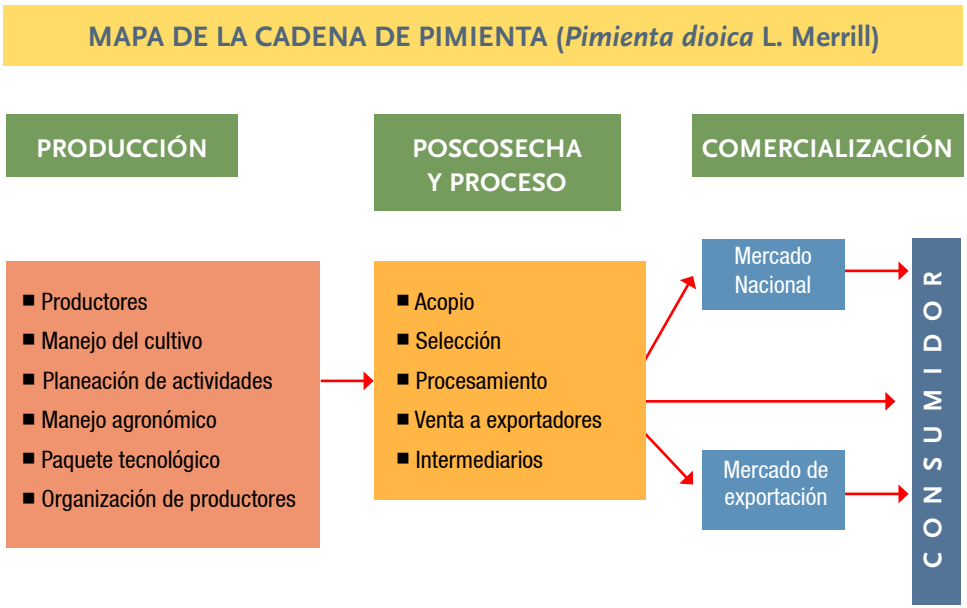
Fuente: SAG. Gobierno de Honduras (2014).

En México los precios de la pimienta en verde pagados directamente al productor han variado desde los $ 8.00 pesos por kg hasta $ 22.00 en el año 2021. Consecuentemente, el kg de pimienta seca ha fluctuado desde $ 42.00 pesos hasta $ 85.00. En este mismo año se registró una baja considerable en los niveles de producción en campo atribuido principalmente a problemas fitosanitarios. Se debe considerar que en promedio se requieren 3.0 kg de pimienta verde para obtener un kg de producto seco (relación 3:1), pero con manejo apropiado es posible tener una relación 2.7:1. En Jamaica se tienen reportes en donde la relación pimienta verde: seca llega a ser de 2:1 (Purseglove, et al., 1981).

Monrroy (2011) estima que para establecer una hectárea se requiere una inversión inicial de $20,062 la cual incluye limpieza de terreno, trazo, ahoyadura, costo de la planta, entre otras actividades, con un gasto de operación de $5,608 al primer año y en el año dos de $3,993.00. Menciona que una hectárea de pimienta de 10 años con producción estable produce entre 450 y 600 kg de fruto verde.

En el municipio de Atzalan, en el estado de Veracruz, una huerta comercial de 18 años de edad, en el ciclo 2017-2018 reportó un costo de producción promedio por hectárea de $4,325.00 y el rendimiento ha sido variable desde 500 hasta 1,600 kg/ha de pimienta fresca por año. La relación pimienta fresca: seca fue de 2.7:1 mientras que el promedio regional fue de 3:1, la diferencia estriba fundamentalmente en el manejo de la nutrición y la fito-sanidad. Sin embargo, una huerta comercial con árboles de entre 15 y 20 años debería exhibir un rendimiento potencial de 20 kg/árbol, lo que significa 5 t/ha de fruto fresco en promedio. En árboles que crecieron en forma espontánea existen ejemplares de más de 150 años que pueden llegar a producir hasta 250 kg/árbol. Lo anterior muestra la gran brecha que existe en cuanto al desarrollo tecnológico para aprovechar el potencial productivo de esta especie.

Figura 79. Cadena de comercialización del cultivo de pimienta gorda en México. Fte: Martínez et al, (2013)



En términos de rentabilidad y considerando referentes del año 2018, en donde el costo de producción se estimó en $ 4,325.00 pesos por hectárea con un costo de cosecha normalmente del 50% del ingreso por lo venta del producto en fresco que en 2021 fue de $ 20.00/kg en promedio en campo. La rentabilidad estimada sería de $ 6,675.00 pesos por ha, si se considera un rendimiento de 1.1 toneladas por hectárea (Financiera Rural 2011, citado por Martínez, et al., 2013). Dicho cálculo, si bien representa un valor positivo, el productor opta por otras especies más rentables que pueden producir durante todo el año como el cultivo de plátano dominico. Significa entonces que se requiere mayor intensificación del cultivo a través del uso de variedades de mayor desempeño, innovaciones tecnológicas en el manejo del cultivo y en general agregar mayor valor a la red de producción y comercialización.

9. MEJORAMIENTO GENÉTICO

El mejoramiento genético de especies vegetales y animales se basa en una premisa fundamental: en las poblaciones naturales existe suficiente variabilidad genética que permite identificar y utilizar genes de importancia específica. Estos genes pueden ser incorporados a través de métodos biotecnológicos en especies relacionadas, con el objetivo de mejorar parámetros de interés como el rendimiento y la calidad.

En la actualidad, se han probado varios esquemas para obtener individuos o especies con atributos superiores sobre cierto parámetro de interés. La biotecnología ha desempeñado un papel importante, incluyendo la creación de organismos genéticamente modificados a pesar de la controversia que esto genera. Sin embargo, la genética convencional ha demostrado históricamente ser una herramienta poderosa para desarrollar individuos sobresalientes, y siguen siendo una alternativa sustentable para abordar problemas en el sector agrícola. Hoy en día, el enfoque del mejoramiento vegetal debe considerar no solo la rentabilidad, sino también criterios de sustentabilidad y sostenibilidad en la producción de alimentos.

En los sistemas de producción de pimienta, los problemas más notorios están relacionados con el rendimiento y la calidad del fruto, de manera similar a otros cultivos. En los últimos años, el rendimiento ha sido afectado por factores climáticos, posiblemente vinculados al cambio climático, como lluvias fuera de época, sequías prolongadas, granizo sin precedentes y lluvia ácida. Estos eventos han causado pérdidas significativas en la producción de pimienta al impactar negativamente la emisión de racimos florales, la floración y el amarre del fruto.

Por otro lado, el cambio de esquemas de producción tradicionales, en los cuales los árboles de pimienta crecían de manera espontánea, a sistemas modernos que incluyen el monocultivo, conlleva varios desafíos. Entre estos, destaca la aparición más pronunciada o intensa de plagas y enfermedades. Esta problemática es la segunda causa principal de las importantes pérdidas de producción que han enfrentado los agricultores que han intentado adoptar métodos de cultivo más modernos.

La fórmula que establece que el fenotipo es el resultado del efecto genético de un individuo, el ambiente en el que se desarrolla y la interacción entre ambos (F = G + A + interacción GxA), ilustra claramente lo que ocurre en las poblaciones de pimienta y lo que han señalado diversos autores: la producción y calidad del fruto dependen de factores ambientales como la temperatura, la humedad y la altitud sobre el nivel del mar (Pino y Rosado, 1996; Pino et al., 1997, citados por Krishnamoorty y Rema, 2004; Almeda, 2019).

El efecto genético se ha observado también en huertas comerciales, donde los árboles presentan variabilidad en características como: forma, altura, ramificación, tamaño de las hojas, tamaño y forma de racimo floral, distribución de la floración, tamaño de fruto, aroma, sabor y tolerancia a factores adversos como las enfermedades (Figura 80). Estas observaciones son de gran valor, ya que la variabilidad natural permite seleccionar individuos adecuados para condiciones específicas de manejo, en función de los objetivos de producción como rendimiento de fruto, sanidad, concentración de aceites, tamaño de las hojas, materia seca, precocidad, entre otros.

Los métodos tradicionales de mejoramiento genético tienen como base a la selección y la hibridación de especies vegetales. En poblaciones de pimienta, gracias a la variabilidad, es posible en el corto plazo disponer de materiales sobresalientes obtenidos por la ruta de la selección clonal; al respecto, ya existen avances en la detección de árboles sobresalientes en cuanto a precocidad, tolerancia enfermedades como roya y antracnosis los cuales, mediante injerto, se han reproducido para responder a las necesidades de los productores en altitudes mayores de 400 msnm en donde los problemas por roya y antracnosis son más intensos (Figura 81).

Figura 80. Selección de árboles tolerantes a roya (*Puccinia psidii* Wint).



Fuente: Propia

Figura 81. Establecimiento de planta de pimienta, susceptible (izquierda) a roya (*Puccinia psidii* Wint) y tolerante obtenida por injerto (derecha).



Fuente: Propia

Un verdadero programa de mejoramiento debe partir del conocimiento de la especie a partir de la concentración de la máxima variabilidad genética a través de colectas de germoplasma y su desarrollo *in situ* a partir de bancos de germoplasma. Para ello se requieren claras políticas de estado, canalización de recursos económicos y la suma de esfuerzos y voluntades entre instituciones de investigación incluyendo la academia científica.

10. RETOS Y PERSPECTIVAS

El consumo de pimienta tiende a incrementarse, lo que significa una oportunidad para los productores y beneficiadores de esta especia. Sin embargo, también es tendencia el consumo de productos cada vez con mayor diferenciación por lo que será necesario fortalecer la relación de la industria del procesamiento con el productor para agregar valor a la cadena de producción y distribución. En ese sentido existen ciertas innovaciones en las que se requiere de la participación de diferentes actores:

- Fomento de los sistemas de producción con enfoque sustentable. Se requiere aprovechar el conocimiento empírico desarrollado por los pueblos originarios en el manejo de bosques y selvas. Las políticas de estado deben favorecer estos esquemas para elaborar proyectos alineados con los servicios ambientales y el turismo rural.

- Fomento y promoción del uso y consumo de la pimienta. Es necesario difundir la cultura asociada al consumo de pimienta en México, ya que existe una cultura regional desarrollada alrededor de esta especie. Los que han tenido acceso a esta cultura la reconocen como de gran valor, además de la actividad de exportación del producto.

- Innovación en el proceso de producción y de beneficio. Se requieren variedades mejoradas para cada micro-región, desarrollar programas de nutrición en función de estudios sobre curvas de absorción y diagnóstico, implementar protocolos de inocuidad, Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura, establecer Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación.

- Organización para la producción y distribución. Retomar la experiencia por parte de las organizaciones ya existentes a fin de fortalecer la actividad de producción y comercialización explorando nuevos nichos de mercado y atendiendo aspectos de agregación de valor.

- Capacitación y asistencia técnica. La capacitación continua y el acompañamiento técnico son aspectos fundamentales que se deben fortalecer dado que empoderan al productor, a la vez que aportan al mejoramiento de la capacidad productiva y de rentabilidad.

- Perspectivas industriales: La pimienta no sólo desempeña un papel crucial como condimento culinario a nivel mundial, sino que también muestra un potencial significativo en las industrias farmacéutica y cosmética. Esto se debe a la presencia de compuestos como el eugenol, conocido por sus propiedades medicinales y aromáticas. Además, su capacidad como antiséptico natural abre oportunidades en sectores emergentes que buscan productos naturales y orgánicos.

Uno de los retos actuales para México es desarrollar tecnología de producción que se ajuste a las condiciones climáticas, económicas y sociales en las que se cultiva la pimienta gorda. La propuesta tecnológica de SAGARPA e INIFAP (2011) para el manejo de la producción de pimienta enmodalidad sin cobertura y con plantas injertadas proporciona una base inicial para explorar otras opciones tecnológicas. Sin embargo aún es necesario contar con tecnologías de producción validadas para el cultivo de pimienta gorda intercalada con otras especies y para la producción en huertos familiares.

En las modalidades de producción identificadas, las propuestas tecnológicas para la producción deben ir acompañadas de una estimación de costos de producción. Esto es fundamental para tomar decisiones informadas, promover el uso eficiente de recursos financieros y económicos y valorar la viabilidad de adoptar o rechazar las tecnologías de producción propuestas. A mediano y largo plazo, una adecuada estimación de costos permitirá justificar inversiones mayores y optimizar la gestión de recursos.

México es uno de los principales exportadores de pimienta gorda, y es probable que mantenga esa posición en la próxima década. (USAID, 2011), Sin embargo, debido a la ubicación de las principales zonas de producción, que están expuestas a condiciones climáticas adversas como huracanes o sequías, se pueden generar impactos negativos en los rendimientos, los volúmenes de producción y los precios, como se muestra en el cuadro 11. Estos factores podrían poner al país en desventaja frente a otras naciones proveedoras como Guatemala y Honduras.

La producción de pimienta gorda en México representa una oportunidad significativa para fortalecer la actividad productiva nacional y generar riqueza en las áreas involucradas. Aunque esta actividad contribuye al ingreso de divisas, su potencial aún no ha sido explotado completamente debido a diversas áreas de mejora que deben atenderse. En un futuro cercano, la pimienta gorda podría convertirse en una alternativa viable para adaptarse a los cambios productivos históricos que han caracterizado a la región, como la euforia por el café en la década de los ochenta, la presencia de cítricos, la producción de banano dominico y la reciente reactivación del cultivo de limón persa. La pimienta gorda está lista para aprovechar esta oportunidad y desempeñar un papel destacado en el panorama agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

Almaguer-Vargas G., Botello-Castillo M. D., Jacobo-Blas L., Pérez J. M., González-Hernández V. A., Cruz-Huerta N., Ramírez R. I., Mondragón-Pedrero, G. & De la Cruz D. E. (2018). The contribution of weeds in reducing *Diaphorina citri* (asian citrus psyllid) populations on mandarin trees, in Tuxpan, Veracruz, Mexico. *Applied Ecology and Environmental Research, 16*(6):7361-7375. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1606_73617375

Almeda, S., M.F. (2019). Evaluación del rendimiento extractivo de la oleorresina en hojas y frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill) *cultivada en la región norte de Guatemala, mediante lixiviación a escala laboratorio y su caracterización físico-química*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

Ashurst, P.R., Firth, A. R., & Lewis, O.M. (1972). A new approach spice processing. Proceeding of the conference on spices. *Tropical Products Institute*. London.

Córdoba, C. P. (2017). Pimienta y mercado diferenciado. En *Innovar para competir 40 casos de éxito* (1a ed., pp. 135–138). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Contreras M., B. Z. 2018. Chemical Composition of Essential Oil of Genus Pimenta (Myrtaceae): Review. Chapter 2. Intech Open. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.78004

Dima, C., Cotârlet, M., Alexe, P., & Dima, S. (2014). Microencapsulation of essential oil of pimento [*Pimenta dioica* (L) Merr.] by chitosan/k-carrageenan complex coacervation method. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *22*, 203–211. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.12.020

Doyle, B. J., Lawal, T. O., Locklear, T. D., Hernandez, L., Perez, A. L., Patel, U., Patel, S., & Mahady, G. B. (2018). Isolation and identification of three new chromones from the leaves of *Pimenta dioica* with cytotoxic, oestrogenic and anti-oestrogenic effects. *Pharmaceutical Biology*, *56*(1), 235–244. https://doi.org/10.1080/13880209.2018.1448873 Financiera Rural (2011). *Monografía de la pimienta*. www.financierarural.gob.mx.

Gayle, J. R. (2013). Pimento: The Jamaica allspice story. Jamaica-IICA 78 p.

Food and Agricultural Organization Statistical (FAOSTAT). (2022). *Producción de Pimienta (Piper spp.), cruda en el Mundo*. Disponible en: https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Gayle, J. R. 2013. Pimento: The Jamaica allspice story. Jamaica-IICA 78 p

Gore, M. R., Raut, D., & Aruna, K. (2021). Antimicrobial activity of *Pimenta dioica* (L.) Merr. Leaves and its synergystic activity with ampicillin agains ESBL producing clinical isolates. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, *11*(1), 1–6. https://doi.org/10.15414/jmbfs.653 Hardvard University. (1947). *Pimenta dioca* (L.) Merr. Contributions from the Gray Harbarium of Hardvar University 165: 37, f. 1. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/51-myrta2m.pdf

Jun-Ran, K., Perumalsamy, H., Bong-Ki, S., & Young-Joon, A. (2012). Fumigant toxicity of plant essential oils against camptomyia corticalis (diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Economic Entomology*, *105*(4), 1329–1334. https://doi.org/10.1603/EC12049

Krishnamoorthy, B., & Rema, J. A. (2004). In Handbook of Herbs and Spices; Peter, KV, Edited by K. V. Peter. Vol 2. CRC Press LLC, 2000 corporate BLvd, NW Boca Ratón FL 33431 USA. Woodhead Publishing in Food science and Technology.

Loizzo, M. R., Sicari, V., Tenuta, M. C., Leporini, M. R., Falco, T., Pellicanò, T. M., Menichini, F., & Tundis, R. (2016). Phytochemicals content, antioxidant and hypoglycaemic activities of commercial nutmeg mace (Myristica fragrans L.) and pimento (*Pimenta dioica* (L.) Merr.). *International Journal of Food Science and Technology*, *51*(9), 2057–2063. https://doi.org/10.1111/ijfs.13178

Martínez, P. D., Hernández G., M.A., & Martínez G., E.G. (2013). *La pimienta gorda en México (Pimenta dioica* L. Merril): *avances y retos en la gestión de la innovación*. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Colección Trópico Húmedo. Universidad Autónoma Chapingo.

Mérida M., & Palmateer, A. J. (2006). Florida plant disease management guide: guava (Psidium guajava). University of Florida.

Monrroy, R. C.R. (2011). Paquete Tecnológico Pimienta Gorda (*Pimenta dioica* L. Merril); Establecimiento y mantenimiento. *Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México*. Trópico Húmedo 2011. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental "El Palmar", Tezonapa, Ver.

Montalvo-Lopez, I. (2016). *Determinación del sexo en pimienta (Pimenta dioica L. Merr) y papaya (Carica papaya* L.) *utilizando marcadores moleculares*. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Fitotecnia.

Montalvo-Lopez I., Montalvo-Hernández D. & Molina-Torres J. (2021). Diversity of Volatile Organic Compounds in leaves of *Pimenta dioica* L. Merrill at Different Developmental Stages from Fruiting and no-fruiting Trees. *Journal of the Mexican Chemical Society, 65*(3): 405-415. DOI: http://dx.doi.org/10.29356/jmcs.v65i3.1498

Peter, K. V (2004). Handbook of Herbs and Spices. Vol 2. Published in North América by CRC Press LLC, 2000 Corporate Blvd NW Boca Raton FL 33431, USA

Porcuna, C. J. L. (S/F). Manejo de plagas y enfermedades en producción ecológica. Junta de Andalucía. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. *Manuales Técnicos SEAE*.

Purseglove, J. W.; Brown, E. G.; Green, C. L., & Robbins, S. R. J. (1981). *Spices*. Vol 1. Longman, London and New York.

Rao, P.S., Navichandra, S., & Jayaveera, K.N. (2012). An important spice, *Pimenta dioica* (Linn.) Merril: A Review. International Current Pharmaceutical Journal 2012, 1(8): 221-225.

Rebollar, S., & Quintanar, A. (1998). Anatomía y usos de la madera de ocho especies tropicales de Quintana Roo, México. *Revista de Biologia Tropical*, *46*(4), 1047–1057. https://doi.org/10.15517/rbt.v46i4.20578

SAGARPA, & INIFAP. (2011). *Paquete tecnológico pimienta gorda (Pimenta dioica L. Merril)* (Vol. 1, p. 16). file:///C:/Users/C3R1No/Downloads/pimienta_gorda (3).pdf

Saravia-Otten, P., Hernández, R., Marroquín, N., Pereañez, J. A., Preciado, L. M., Vásquez, A., García, G., Nave, F., Rochac, L., Genovez, V., Mérida, M., Cruz, S. M., Orozco, N., Cáceres, A., & Gutiérrez, J. M. (2022). Inhibition of enzymatic activities of Bothrops asper snake venom and docking analysis of compounds from plants used in Central America to treat snakebite envenoming. *Journal of Ethnopharmacology*, *283*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114710

Secretaría de Agricultura, Gobierno de la República de Honduras (2014). *El mercado de la pimienta Gorda*. PRONAGRO. Unidad de Negocios

SIACON. (2023). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta*. https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430

SIAP. (2023). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Cierre de La Producción Agrícola. 2023-06-01 Tucker, A. O., & Maciarello, M. J. (1991). Volatile leaf oils of Caribbean Myrtaceae. II. *Pimenta dioica* (L.) Merr. of Jamaica. *Journal of Essential Oil Research*, *3*(3), 195–196. https://doi.org/10.1080/10412905.1991.9700504

USAID. (2011). El mercado de la pimienta gorda. In *Estudio de Mercado #01* | (p. 7). www.fintrac.com

Velázquez, S. A., Robles, Y. L., & Barrera-Necha, L. l. (2021). Chemical profile and antifungal activity of plant extracts on Colletotrichum spp. isolated from fruits of *Pimenta dioica* (L.) Merr. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *179*(May), 1– 10. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104949

PRODUCCIÓN DE PIMIENTA GORDA EN MÉXICO

La edición de esta obra estuvo bajo la supervisión y cuidado del
Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM),
Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México - Texcoco, km 38.5,
Texcoco, Estado de México, C.P. 56230.
Fecha de publicación en línea: Septiembre 2025
Liga: https://ciestaam.edu.mx/-publicaciones-/libros/produccion-de-pimienta-gorda-en-mexico.pdf

PRODUCCIÓN DE PIMIENTA GORDA EN MÉXICO

En la presente publicación se aborda lo concerniente a la pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merr) también conocida como pimienta de Jamaica, pimienta de Tabasco, *allspice* en inglés y *xocoxóchitl* (del náhuatl que significa planta con flor de olor a agrio). En el apartado referente a la importancia de dicha especie se hace una extensa revisión sobre su historia ligada en principio a la cultura mesoamericana y su evolución durante la colonia, así como, lo que hoy representa como producto para la exportación pero, que al mismo tiempo, preserva su valor como identidad cultural en las regiones en que se desarrolla de forma natural.

Se agrega un apartado referente a la descripción botánica y taxonómica considerando la opinión vertida en diferentes documentos de especialistas en la materia. Así mismo, se hace una descripción de las etapas de crecimiento producto de la observación directa en campo en árboles de mas de 20 años. Con esta base de información se aborda el proceso de producción describiendo cada una de sus etapas desde la producción de planta en vivero, la selección del terreno para la plantación, el establecimiento de la huerta, manejo de la nutrición, poda y la correspondiente cosecha del producto ya sea como fruto fresco o la obtención de ramas para manojo como lo demanda el mercado local.

Particular interés destaca el apartado referente a los aspectos fitosanitarios relacionados con el control de plagas y enfermedades, de maleza y otros relacionados con la inocuidad en el manejo de la huerta y de la postcosecha, lo anterior basado en un enfoque de sustentabilidad y sostenibilidad del sistema de producción.

Dentro de los últimos capítulos se aborda el proceso de secado, clasificación y envasado con base en la norma internacional, así como el comportamiento del mercado y el proceso de comercialización realizándose un análisis de las posibilidades comerciales del producto "pimienta seca" para los próximos años y del uso de nuevas tecnologías, en particular de materiales con características deseables de acuerdo con las necesidades del productor en campo, de los procesos de beneficio en postcosecha y de las exigencias de los consumidores ya sea en el ámbito local o internacional.

Finalmente conviene señalar que esta publicación es apta para aquellos que ya han tendido experiencia con la producción de pimienta como productores, consumidores o investigadores, o bien, para aquellos que, por primera vez, desean conocer y aprovechar todos los beneficios que la pimienta gorda ofrece en nuestro país.

